
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO
HUMANO E TECNOLOGIAS**

**EFEITOS DO TREINAMENTO RESISTIDO COMBINADO À DIETA
ISOCALÓRICA NA COMPOSIÇÃO CORPORAL: INFLUÊNCIA DA
IDADE E SEXO**

LUCAS BERTOLUCI ZUQUIERI

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO
HUMANO E TECNOLOGIAS**

**EFEITOS DO TREINAMENTO RESISTIDO COMBINADO À DIETA
ISOCALÓRICA NA COMPOSIÇÃO CORPORAL: INFLUÊNCIA DA
IDADE E SEXO**

LUCAS BERTOLUCI ZUQUIERI

Dissertação apresentada ao
Instituto de Biociências do Câmpus
de Rio Claro, Universidade
Estadual Paulista, como parte dos
requisitos para obtenção do título
de Mestre em Desenvolvimento
Humano e Tecnologias.

Orientador: Prof. Dr. Dalton Müller
Pessoa Filho

Z95e Zuquieri, Lucas Bertoluci
Efeitos do treinamento resistido combinado à dieta
isocalórica na composição corporal: influência da idade e sexo /
Lucas Bertoluci Zuquieri. -- Rio Claro, 2022
37 p. : tabs.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista
(Unesp), Instituto de Biociências, Rio Claro
Orientador: Dalton Müller Pessoa Filho

1. Treinamento. 2. Nutrição. 3. Composição corporal. I.
Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do
Instituto de Biociências, Rio Claro. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: EFEITOS DO TREINAMENTO RESISTIDO COMBINADO À DIETA ISOCALÓRICA NA COMPOSIÇÃO CORPORAL: INFLUÊNCIA DA IDADE E SEXO

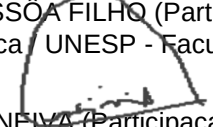
AUTOR: LUCAS BERTOLUCI ZUQUIERI

ORIENTADOR: DALTON MULLER PESSÔA FILHO

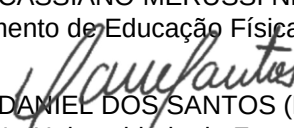
Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em DESENVOLVIMENTO HUMANO E TECNOLOGIAS, área: Tecnologias nas Dinâmicas Corporais pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. DALTON MULLER PESSÔA FILHO (Participação Virtual)
Departamento de Educação Física / UNESP - Faculdade de Ciências de Bauru - SP



Prof. Dr. CASSIANO MERUSSI NEIVA (Participação Virtual)
Departamento de Educação Física / UNESP - Faculdade de Ciências de Bauru - SP



Prof. Dr. DANIEL DOS SANTOS (Participação Virtual)
UNIFRAN - Universidade de Franca - SP

Rio Claro, 06 de janeiro de 2022

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela dádiva da vida e por todas as bênçãos concedidas a mim até hoje. Apesar de todas as minhas falhas, creio que recebo de ti muito mais do que mereço.

A minha família, em especial aos meus pais Rose e Milton, pelo amor incondicional, por nunca me deixarem faltar nada e por todo esforço para que minha única preocupação fosse estudar. A vocês dois, minha eterna gratidão e meu amor.

Ao Prof. Dalton, pela competência e paciência para orientar-me nessa árdua jornada. Seus ensinamentos foram e sempre serão muito importante durante minha vida profissional e acadêmica, levarei-os comigo até o fim.

Aos meus amigos, em especial Leandro, Naiara, Luiz Gustavo e Camila, sem vocês eu não teria chegado até aqui. Obrigado pela amizade, pelo companheirismo, pela preocupação e pela ajuda. Vocês são as melhores coisas que me aconteceram durante esses últimos anos. Não tenho palavras para dizer quanto eu os amo e por ter vocês ao meu lado.

Por fim, a todos aqueles que contribuíram, direta ou indiretamente, para a realização desta dissertação, a minha sincera gratidão.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

RESUMO

Estudos recentes têm demonstrado a eficácia do treinamento resistido (TR) para o controle do peso corporal, bem como para o aumento e/ou manutenção da massa magra entre indivíduos obesos. No entanto, não se sabe ao certo se a idade e o sexo podem influenciar nas respostas da força muscular e composição corporal de indivíduos inseridos em um mesmo protocolo de treinamento e controle alimentar. O presente estudo teve por objetivo comparar as respostas das variáveis força muscular e composição corporal face à intervenção TR, associado à dieta isocalórica, entre indivíduos de diferentes faixas etárias e sexo. Foram selecionados seis homens e cinco mulheres não treinados, entre 21 e 65 anos, que realizaram três sessões semanais de TR em circuito e controle dietético por 16 semanas. A absorciometria de raios-X de dupla energia (DEXA) e o teste de 12-15 repetições máximas (RM) avaliaram respectivamente a composição corporal e força muscular, entre o pré e o pós teste. Análise de variância de dois fatores (ANOVAs *two-ways*) foi usada para determinar as diferenças entre o momento (pré e pós-intervenção), testando as variáveis sexo e idade como co-fatores. Para as comparações múltiplas empregou-se o teste de Bonferroni. O nível de significância foi estabelecido em $p \leq 0,05$. Todos os grupos apresentaram aumento de massa magra e diminuição de massa gorda, bem como aumento da força muscular. As comparações múltiplas não revelaram diferenças significativas para a massa magra e a massa gorda entre os grupos ($p > 0,05$), no entanto a força muscular no leg press horizontal foi maior nos indivíduos mais velhos no pré ($55,0 \pm 16,9\text{kg}$ vs. $33,0 \pm 5,7\text{kg}$) e pós teste ($73,0 \pm 18,2\text{kg}$ vs. $46,0 \pm 7,4\text{kg}$) ($p < 0,05$). Pode ser dizer que uma intervenção com TR prescrito em circuito, associado à dieta isocalórica, é eficaz para melhorar a composição corporal e aumentar a força muscular de indivíduos de diferentes sexos e faixas etárias.

Palavras-chave: obesidade, composição corporal, treinamento resistido e dieta.

ABSTRACT

EFFECTS OF RESISTANT TRAINING COMBINED WITH DIET ON BODY COMPOSITION: INFLUENCE OF AGE AND SEX

Recent studies have demonstrated the effectiveness of resistance training (RT) for body weight control, as well as for the increase and/or maintenance of lean mass among obese individuals. However, it is not known for sure whether age and sex can influence the responses of muscle strength and body composition of individuals included in the same training protocol and food control. The present study aimed to compare the responses of the variables muscle strength and body composition to the RT intervention, associated with an isocaloric diet, among individuals of different age groups and sex. Six untrained men and five women were selected, between 21 and 65 years old, who performed three weekly sessions of circuit RT and dietary control for 16 weeks. Dual energy X-ray absorptiometry (DEXA) and the 12-15 repetition maximum (RM) test evaluated body composition and muscle strength, respectively, between pre and post test. Two-way analysis of variance (two-way ANOVAs) was used to determine differences between time points (pre- and post-intervention), testing the variables sex and age as cofactors. For multiple comparisons, the Bonferroni test was used. The significance level was set at $p \leq 0.05$. All groups showed an increase in lean mass and a decrease in fat mass, as well as an increase in muscle strength. Multiple comparisons did not reveal significant differences for lean mass and fat mass between groups ($p > 0.05$), however muscle strength in the horizontal leg press was greater in older individuals in the pre ($55.0 \pm 16, 9\text{kg}$ vs. $33.0 \pm 5.7\text{kg}$) and post test ($73.0 \pm 18.2\text{kg}$ vs. $46.0 \pm 7.4\text{kg}$) ($p < 0.05$). It can be said that an intervention with RT prescribed in circuit, associated with an isocaloric diet, is effective to improve body composition and increase muscle strength in individuals of different sexes and age groups.

Keywords: obesity, body composition, resistance training, diet.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	08
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	10
2.1	Balanco energético e adiposidade	10
2.2	Abordagem dietética e treinamento resistido no tratamento da obesidade	11
3	OBJETIVO.....	17
3.1	Objetivo geral	17
3.2	Objetivos específicos I	17
4	MÉTODOS	18
4.1	Sujeitos	18
4.2	Avaliação antropométrica.....	18
4.3	Teste de 12-15 repetições máximas (12-15RM)	19
4.4	Intervenção	19
4.5	Análise estatística	20
5	RESULTADOS	21
6	DISCUSSÃO	26
7	CONCLUSÃO.....	32
8	REFERÊNCIA	33

1 INTRODUÇÃO

Segundo dados da Organização Mundial de Saúde (OMS), a prevalência da obesidade quase triplicou desde 1975. Em 2016, 1,9 bilhão de adultos estavam com sobrepeso; destes, 650 milhões eram obesos, o que representa, respectivamente, 39% e 13% da população mundial com 18 anos ou mais (WHO, 2021). No Brasil, dados recentes do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) publicados em 2019, reportam que 6 em cada 10 brasileiros apresentavam sobrepeso, e que a porcentagem de adultos com obesidade aumentou para 26,8% no mesmo ano de 2019.

A obesidade tem etiologia multifatorial e resulta do balanço energético positivo, e o consequente aumento do tecido adiposo. O sobrepeso e a obesidade pode ser avaliado pelo índice de massa corporal (IMC), que é uma métrica simples e amplamente utilizada para classificar o estado da obesidade, com valores $IMC \geq 25$ kg/m² correspondente ao sobrepeso, enquanto que o $IMC \geq 30$ kg/m² classifica o indivíduo como obeso (WHO, 2021).

Embora a causa do ganho de peso seja complexa, podendo estar relacionada a fatores ambientais, socioculturais, fisiológicos, genéticos e comportamentais, alguns autores tratam a globalização e a modernização como determinantes dessa epidemia (GADDE *et al.*, 2018). Isso porque a globalização aumentou a disponibilidade e o consumo de alimentos processados, com grande densidade energética e pobres em nutrientes, enquanto a modernização contribuiu para a diminuição da prática de atividades físicas e a manutenção de um estilo de vida mais sedentário (CHOOI; DING; MAGKOS, 2019). A partir disso, a principal estratégia de enfrentamento para o ganho de peso e a obesidade é a adoção de hábitos alimentares mais saudáveis junto com a prática regular de atividade física (WHO, 2021).

Vale ressaltar que atividade física é qualquer movimento corporal produzido pelos músculos que resulta em gasto energético, que é determinado pela massa muscular envolvida e a intensidade, duração e frequência das contrações musculares. Já os exercícios devem ser planejados, estruturados, repetitivos e com o objetivo de melhorar ou manter um ou mais componentes da aptidão física, incluindo resistência muscular, força muscular, aptidão cardiorrespiratória, composição corporal e flexibilidade (CASPERSEN; POWELL; CHRISTENSON,

1985). Embora as atividades físicas contribuam para aumentar o gasto energético, os exercícios físicos tendem a promover benefícios adicionais para a saúde. No entanto, ambas as formas de movimentos devem ser encorajados no indivíduo com sobrepeso.

A Organização Mundial de Saúde (OMS) recomenda que adultos (entre 18 a 64 anos de idade) realizem pelo menos 150 a 300 minutos por semana de treinamento aeróbico em intensidade moderada, incluindo o treinamento resistido em segundo plano para benefícios adicionais para saúde (BULL *et al.*, 2020). Contudo, o Colégio Americano de Medicina Esportiva (ACSM) também menciona que o treinamento resistido (TR) parece não ser uma estratégia eficaz para perda de peso, mas está associado a outros benefícios para a saúde, como diminuição dos fatores de risco de doenças crônicas e aumento da massa livre de gordura (MLG) (DONNELLY *et al.*, 2009).

Por outro lado, é bem estabelecido na literatura a eficácia de TR para indivíduos obesos em processo de emagrecimento, e que a perda de peso associada ao treinamento aeróbico (TA) está relacionada também à reduções de MLG, enquanto no TR ela é preservada (CLARK, 2015). O treinamento em circuito (TC) é um método de TR onde os exercícios são executados sucessivamente com pequenos intervalos (15 a 30 segundos) entre eles, o que pode ser muito eficiente para pessoas que tem uma disponibilidade de tempo reduzida. Além disso, foi demonstrado que TC é capaz melhorar a composição corporal e força muscular tal qual o TR tradicional, mas com benefícios adicionais à aptidão cardiorrespiratória, que só são observados com o TA (RAMOS-CAMPO *et al.*, 2021).

No entanto, não há relatos de estudos preocupados em comparar a efetividade das respostas da composição corporal entre adultos jovens e idosos de ambos os sexos, após um período de intervenção nutricional combinada apenas ao treinamento resistido em circuito, sobretudo quando a ingestão calórica não é calculada para gerar um déficit calórico. Desta forma, há ainda que se questionar sobre a efetividade do exercício resistido associado ao controle dietético como intervenção apresenta o mesmo desfecho favorável ao aumento da massa magra e redução da massa gorda em populações de diferente idade e sexo.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Balanço energético e adiposidade

O conceito de balanço energético tem sido utilizado para explicar o comportamento do peso corporal frente às mudanças na entrada e saída de energia. Dessa forma, o peso corporal sofrerá variações somente em casos de desequilíbrio energético. O corpo humano gasta energia de três formas: 1) taxa metabólica de repouso (TMR), que é a energia mínima necessária para manter as funções vitais do organismo em repouso; 2) gasto energético de atividades física, que é o próprio custo energético proveniente de atividades físicas e exercícios físicos; e 3) efeito térmico dos alimentos, que contabiliza a energia necessária para metabolizar e absorver os alimentos. Já a ingestão de energia nos humanos é proveniente da energia química contida nos macronutrientes presentes nos alimentos e bebidas que consumimos. Quando a ingestão de energia supera o gasto energético, ocorre um estado de balanço energético positivo e o resultado é o ganho de peso, sendo de 60 a 80% na forma de gordura. Por outro lado, uma vez que o gasto de energia é maior que a ingestão, temos um balanço energético negativo, e o resultado é a perda de peso, em sua maior parte pela diminuição do tecido adiposo (HILL; WYATT; PETERS, 2013).

Em situações de balanço energético positivo crônico, o tecido adiposo pode aumentar de tamanho através de duas maneiras: hipertrofia e hiperplasia. Na hipertrofia ocorre o aumento do tamanho dos adipócitos já existentes, ao passo que na hiperplasia há formação de novos adipócitos através da diferenciação de células precursoras chamadas de pré-adipócitos, processo conhecido como adipogênese. Nos adipócitos, o armazenamento ou a mobilização de ácidos graxos são estimulados por alguns hormônios. Durante a privação de nutrientes (jejum e balanço energético negativo), glucagon e noradrenalina estimulam a liberação de ácidos graxos e glicerol para serem usados como energia pelos tecidos. Já em situação de excesso de nutrientes, o aumento dos níveis de glicose sanguínea estimula a insulina, que promove a captação de glicose e seu armazenamento na forma de triglicerídeos (GHABEN; SCHERER, 2019).

Não obstante, o tecido adiposo também secreta diversas proteínas de sinalização, chamadas de adipocinas. Enquanto algumas dessas adipocinas

auxiliam na regulação do metabolismo energético (leptina e adiponectina), outras são pró-inflamatórias e promovem a resistência à insulina (fator de necrose tumoral- α (TNF α), interleucina-6 (IL-6), progranulina e leptina) (ALI *et al.*, 2013; GHABEN; SCHERER, 2019). Juntos, o estado inflamatório crônico de baixo grau, produzido por essas citocinas, e a resistência à insulina são os precursores de diversas doenças crônicas, como diabetes mellitus e doenças cardiovasculares (CHOOI; DING; MAGKOS, 2019; GBD 2015 OBESITY COLLABORATORS *et al.*, 2017).

Existem dois tipos distintos de tecido adiposo, o tecido adiposo branco (TAB) e o tecido adiposo marrom (TAM), que se diferenciam entre si pelas funções que assumem para a nossa sobrevivência. Enquanto o TAB é responsável pelo armazenamento de energia (na forma de triglicerídeos) nos humanos, o TAM está mais associado ao processo de termogênese, ou seja, liberação de calor para regular a temperatura corporal. Sendo assim, o TAB está muito mais relacionado com os riscos metabólicos do que o TAM (SARJEANT; STEPHENS, 2012).

Em comparação aos homens, mulheres geralmente apresentam porcentagens mais altas de gordura corporal, mas tendem a armazená-la na cavidade subcutânea, enquanto os homens tendem a acumular gordura visceral. Além disso, o processo de envelhecimento é caracterizado por uma redistribuição da gordura corporal, migrando dos tecidos subcutâneos para o tecido visceral. Isso é de extrema importância, pois a contribuição da gordura visceral para a circulação das citocinas inflamatórias é significativamente maior do que a contribuição do tecido adiposo cutâneo. Por essa razão, tanto a idade quanto o sexo do indivíduo podem indicar uma maior vulnerabilidade desenvolver doenças metabólicas (ALI *et al.*, 2013; PARARASA; BAILEY; GRIFFITHS, 2015).

2.1 Abordagem dietética e treinamento resistido no tratamento da obesidade

Considerando que a redução do peso corporal só ocorre mediante a um balanço energético negativo, reduzir a ingestão calórica e aumentar o gasto de se fazem necessários durante intervenções para o tratamento da obesidade. Por outro lado, conforme mostram alguns estudos, a perda de peso à curto prazo, decorrente de um balanço energético negativo, pode ser alcançada somente com restrição calórica, porém, à longo prazo, esse desfecho pode ser extremamente desfavorável,

visto que as dietas para essa finalidade devem ser extremamente restritas e boa parte do peso perdido corresponde a perda na massa livre de gordura (MLG).

Munro e Garg (2011) compararam a perda de peso através de duas abordagens dietéticas diferentes em indivíduos obesos (IMC entre 30-40kg/m²), sendo uma delas uma dieta de baixa energia (LED) por 12 semanas e a outra uma dieta de muito baixa energia (VLED) por 4 semanas. Enquanto a LED forneceu em torno de 1400kcal para os homens e 1200kcal para as mulheres, a VLED forneceu aproximadamente 700kcal. Após o período de intervenção respectivo a cada abordagem dietética, a perda de peso foi significativamente superior para o grupo VLED em relação ao grupo LED (VLED = - 6,54kg vs. LED = - 3,17kg).

Em outro estudo, Christensen et al. (2011) demonstraram não haver diferenças na perda de peso de indivíduos obesos através LED ou VLED. Nesta ocasião, LED forneceu em torno de 800kcal, enquanto que a VLED forneceu algo entre 400 e 500kcal. Após 8 semanas, a perda de peso entre os grupos foi semelhante (VLED = - 11,4 ± 0,5kg; LED = -10,7 ± 0,5kg), no entanto a perda de peso no grupo VLED foi acompanhada de diversos efeitos colaterais como mau hálito, flatulência e dores de cabeça. Além disso, a composição corporal não foi avaliada neste estudo, sendo impossível avaliar a proporção de massa gorda perdida em relação a massa magra. Todavia, é possível inferir que boa parte do peso perdido seja proveniente do tecido muscular, visto que balanço energético negativo favorece diminuições na massa livre de gordura (MLG), o que dificulta o controle de peso à longo prazo, além de trazer consequências negativas para a saúde (CARBONE; MCCLUNG; PASIAKOS, 2012).

Segundo Sardeli et al. (2018), a restrição calórica, necessária para se atingir o balanço calórico negativo e a perda de peso, está relacionada também com a perda de massa muscular, o que pode ser deletério para saúde. Diante disso, estratégias para perda de peso que promovem o aumento ou a manutenção da massa muscular, especialmente tendo como base o exercício resistido, tornam-se ainda mais relevantes, uma vez que uma baixa quantidade de massa muscular está relacionada com uma pior saúde metabólica e uma menor força muscular, que em associação contribuem para reduzir a qualidade e a expectativa de vida, sobretudo de obesos.

Conforme mostram alguns estudos, é esperado que o TR por si só exerça pouca ou nenhuma influência sobre o peso corporal, devido aos seus efeitos

simultâneos no ganho de massa magra e perda de gordura, que resultam na alteração da composição corporal, mas com efeitos mínimos sobre o peso corporal (SWIFT *et al.*, 2014; WESTCOTT, 2012). Segundo Petridou *et al.* (2019), embora o gasto energético do treinamento resistido seja baixo em comparação ao treinamento aeróbio, por conta dos intervalos de descanso, o treinamento resistido pode influenciar positivamente no peso corporal à longo prazo, através de aumentos na massa livre de gordura que, por sua vez, aumenta a taxa metabólica de repouso (TMR) contribuindo para uma maior gasto energético (WESTCOTT, 2012).

Sabe-se que a perda de peso induzida por dieta geralmente está associada com diminuições da massa gorda (MG) e da massa livre de gordura (MLG). Em pacientes obesos e com sobrepeso, essas diminuições em MG e MLG são acompanhadas por uma diminuição da taxa metabólica de repouso (TMR). Sabendo que TMR corresponde a cerca de 60% do gasto energético diário, é importante prevenir a perda de MLG durante o processo de emagrecimento.

Hunter *et al.* (2008) compararam os efeitos da perda de peso induzida por dieta combinada com o treinamento resistido ou aeróbico na composição corporal e taxa metabólica de repouso em mulheres pré menopausa. Durante aproximadamente 21 semanas, 94 mulheres com sobrepeso (IMC entre 27 e 30kg/m²) seguiram uma dieta de 800kcal/dia para reduzirem seu peso corporal até um IMC < 25kg/m². O grupo controle (GC) não realizou nenhum tipo de treinamento durante esse período, enquanto um grupo (TR) realizou treinamento resistido 3 vezes/semana e o outro grupo (TA) realizou o treinamento aeróbico com a mesma frequência. De acordo com os resultados, todos os grupos reduziram de forma significativa o peso corporal (GC = - 12,9kg; TA = - 13,0kg; TR = - 11,6kg) e o percentual de gordura (GC = - 9,5%; TA = - 10,6%; TR = - 11,3%). No entanto, apenas o grupo TR conseguiu manter a MLG (GC = - 1,5kg; TA = - 1,0kg TR = + 0,4kg) e a TMR (GC = - 103kcal/dia; TA = - 75kcal/dia TR = -54kcal/dia).

Em outro estudo, Hunter *et al.* (2015) demonstraram que a perda de peso induzida por dieta sem exercício físico resultou na diminuição do gasto energético com atividades físicas (GEAF) (Δ = - 142 $\pm$ 326 kcal/dia) e o gasto energético diário (GED) (Δ = - 259 $\pm$ 355 kcal/dia), enquanto o TR foi superior ao TA em para aumentar o GEAF (TR, Δ = + 109 $\pm$ 370 kcal/dia; TA, Δ = + 13 $\pm$ 354 kcal/dia) e o GED (TR, Δ = + 63 $\pm$ 411 kcal/dia; TA, Δ = - 63 $\pm$ 404 kcal/dia). Considerando que níveis relativamente altos de GEAF são importantes para manter um GED elevado e

a perda de peso induzida por dieta geralmente acaba diminuindo-os, incorporar o TR durante o período de emagrecimento pode amplificar os resultados sobre o peso corporal e prevenir o reganho de peso.

No estudo de Miller et al. (2017), três condições foram investigadas: restrição calórica isolada (D), apenas treinamento resistido (TR) e a combinação de ambos (D + TR), além do grupo controle (GC). O valor calórico da dieta foi fixado na taxa metabólica basal (TMB) e o treinamento resistido foi realizado de 2 a 3 vezes na semana, sendo realizadas 4 séries de 10-12RM para 10 exercícios para os principais músculos (full body). Enquanto o grupo D manteve um déficit de aproximadamente 500 kcal, o grupo D + TR atingiu uma restrição diária em torno de 630 kcal.

Após 16 semanas de intervenção, a massa gorda (GC, $\Delta = 0,6\text{kg}$; D, $\Delta = -2,5\text{kg}$; TR, $\Delta = 0$; TR + D, $\Delta = -3,3\text{kg}$) e o peso corporal (GC, $\Delta = 0,8\text{kg}$; D, $\Delta = -2,3\text{kg}$; TR, $\Delta = 2,1\text{kg}$; TR + D, $\Delta = -3,1\text{KG}$) diminuíram significamente apenas nos grupos que seguiram restrição calórica, mas sem diferenças estatísticas entre eles. No entanto, os autores sugerem que incorporar um programa de treinamento resistido junto a intervenção dietética promove os melhores resultados na composição corporal, uma vez que a massa muscular é mantida através do treinamento, mesmo com resultados semelhantes entre os grupos que seguiram a dieta com ou sem treino (GC, $\Delta = 0,1\text{kg}$; D, $\Delta = 0,1\text{kg}$; ER, $\Delta = 2,2\text{kg}$; ER + D, $\Delta = 0$). Além disso, incorporar uma rotina de treinamento resistido fez com que as mulheres atingissem um déficit calórico maior com a mesma ingestão calórica relativa, baseada na TMB.

De acordo com Westcott (2012), o envelhecimento implica na perda de massa muscular, diminuindo a TMR que, por sua vez, contribui para o ganho de peso e o excesso de gordura corporal. Além disso, a perda de massa muscular está diretamente relacionada com diversos fatores de risco cardiometabólicos, tais como dislipidemia, diabetes tipo 2 e doenças cardiovasculares, uma vez que o músculo esquelético é o principal tecido responsável pela metabolização da glicose e dos triglicerídeos. Assim, essa sucessão de eventos leva ao adoecimento da população mais velha. Entretanto, o TR regular 2 a 3 vezes por semana, durante 10 semanas é capaz de reverter a perda muscular ocasionada pela idade, promovendo aumento médio de 1,4kg de massa muscular em adultos de todas as idades, além de reduzir a massa gorda em 1,8g e aumentar a TMR em cerca de 7%. Não obstante, o TR também se mostrou eficaz em melhorar os fatores de risco cardiometabólicos,

diminuindo o tecido adiposo visceral, a pressão arterial e aumentando a sensibilidade à insulina (STRASSER; ARVANDI; SIEBERT, 2012; STRASSER; SCHOBERSBERGER, 2011; WESTCOTT, 2012).

Além disso, visto que baixos níveis de força muscular estão relacionados com risco aumentado de desenvolvimento de doenças, maior taxa de mortalidade, maior fragilidade e menor gasto energético com atividades físicas é essencial incorporar o TR em programas de emagrecimento, visto que o TR promove aumentos significativos de força (FLECK; KRAEMER, 2017). Uma metanálise recente demonstrou que praticantes de TR podem experimentar ganhos hipertróficos e de força com pelo 6 semanas de treinamento, independente se utilizado altas cargas (<15RM) ou baixas cargas (>15RM). No entanto, para ganhos mais expressivos de força máxima, o uso de altas cargas demonstrou ser superior (SCHOENFELD *et al.*, 2017).

Em relação aos métodos de treinamento resistido (TR), o treinamento em circuito (TC) tem se demonstrado um método de treinamento completo para aprimorar condicionamento físico e melhorar a composição corporal. No TC os exercícios são divididos em estações e realizados sucessivamente com pouco ou nenhum intervalo entre eles, repercutindo na manutenção de uma frequência cardíaca elevada, mas com requisitos de forças semelhantes a uma sessão do treinamento resistido tradicional, sendo capaz de promover melhorias na aptidão cardiorrespiratória ao mesmo tempo que produz ganhos significativos de força muscular (ALCARAZ; SÁNCHEZ-LORENTE; BLAZEVICH, 2008; RAMOS-CAMPO *et al.*, 2021). Além disso, o custo metabólico de uma sessão de TC é igual ou até superior ao do treinamento resistido tradicional ou treinamento aeróbico, o que pode favorecer a perda de gordura e a alteração da composição corporal (ELLIOT; GOLDBERG; KUEHL, 1992; PICHON *et al.*, 1996).

Além dos benefícios já mencionados na composição corporal, força muscular e aptidão cardiorrespiratória, alguns estudos mostram efeitos positivos do TC sobre marcadores de saúde cardiometabólica. Kolahdouzi *et al.* (2019) demonstraram que o TC pode melhorar nos marcadores inflamatórios e outros fatores de risco cardiometabólicos em homens obesos destreinados (idade = $23 \pm 3,2$ anos, IMC = $30,67 \pm 3,06$). O TC foi composto por 8 exercícios para o corpo todo e a intensidade foi aumentando (65-85%1RM) ao longo das 8 semanas à medida que o intervalo de repetições diminuiu (8 a 12  6 a 8) e o número total de séries aumentaram .

peso corporal (Pré = $99,1 \pm 12,3\text{kg}$; Pós = $96,6 \pm 12,08\text{kg}$), o IMC (Pré = $30,12 \pm 2,99\text{kg/m}^2$; Pós = $28,06 \pm 3,00\text{kg/m}^2$) e a razão cintura/quadril (Pré = 90 ± 08 ; Pós = 87 ± 05) diminuíram significativamente após o treinamento. Essas reduções foram acompanhadas reduções também nas concentrações plasmáticas de lipoproteína de baixa densidade (LDL), insulina, triglicerídeos, colesterol total, ressaltando o efeito benéfico do exercício sobre a adiposidade e os fatores de risco cardiometabólicos.

Safarzade et al. (2020) avaliaram os efeitos de 8 semanas de TC na composição corporal, índice de resistência à insulina e progranulina em homens obesos. O TC durou 8 semanas, sendo 3 sessões por semana. Em cada sessão os participantes realizaram 3 passagens por um circuito de 12 estações. Ao decorrer das semanas de treinamento, a intensidade foi aumentando. Após 8 semanas, o peso corporal ($\Delta = - 2,25\%$), percentual de gordura ($\Delta = - 4,45\%$), IMC ($\Delta = - 2,25\%$) diminuíram no grupo treinado. Além disso, amostras de sangue demonstraram reduções dos valores de insulina ($\Delta = - 18,7\%$), índice de resistência à insulina (HOMA-IR) ($\Delta = - 14,1\%$) e progranulina ($\Delta = - 19,4\%$).

Pensando nos desfechos à longo prazo, o sexo pode influenciar na perda de gordura de indivíduos submetidos ao treinamento em circuito para perda de peso. Ortego et al. (2009) que comparam o gasto energético de uma sessão de treinamento em circuito em homens e mulheres. No total, 10 homens e 10 mulheres, treinados, ao realizaram o mesmo treinamento. A sessão consistiu em 3 passagens de 10 repetições para 6 exercícios com carga 12RM com gasto energético total de $820 \pm 68,27 \text{ kJ}$ vs. $473 \pm 25,35 \text{ kJ}$ para homens e mulheres, respectivamente. As diferenças podem ser explicadas, entre outros fatores, pela maior quantidade de massa muscular dos homens que contribuem para um maior consumo de oxigênio e, consequentemente, gasto energético.

3 OBJETIVO

3.1 Objetivo geral

O objetivo do presente estudo foi comparar a variáveis da composição corporal e a força em resposta a intervenção com TR prescrito em circuito, associado à dieta isocalórica, entre indivíduos de diferentes idades e sexo

3.2 Objetivos específicos

Avaliar o efeito da idade, controlado pelo sexo, sobre IMC, peso, força e composição corporal em indivíduos submetidos a mesma intervenção de treinamento e dieta;

Avaliar o efeito do sexo, controlado pela idade, sobre sobre IMC, peso, força e composição corporal em indivíduos submetidos a mesma intervenção de treinamento e dieta.

4 MÉTODOS

4.1 Sujeitos

A amostra em cada grupo foi calculada para detectar um efeito principal do tratamento sobre a porcentagem de alteração da massa magra em 5%, com potência de 80% e nível de segurança em 95%. O ajuste inicial do tamanho da amostra para cada grupo (sexo: homem e mulher; e faixa etária: $18 \geq 35$ e ≥ 45 anos), com um máximo de 25% de desistência em cada grupo estipulou 112 indivíduos no total, ou 28 em cada grupo de intervenção: jovens homens e mulheres (GJH e GJM) e adultos homens e mulheres (GAH e GAM). No entanto, devido a pandemia do novo coronavírus implicou na perda de participantes e na interrupção das avaliações finais. Sendo assim, foram incluídos nesse trabalho ao todo 11 participantes, sendo 6 homens e 5 mulheres. Os participantes faziam parte de um grupo de funcionários e discentes da Universidade Estadual Paulista (UNESP) – Câmpus de Bauru. Apesar de não serem sedentários, nenhum deles contemplava a frequência mínima de 150 minutos/semana de prática de exercício físico para ser considerado fisicamente ativo, segundo a OMS. Todos os participantes assinaram um termo de consentimento para participar voluntariamente, deste estudo. O presente projeto foi registrado (CAEE: 3 2232620.4.0000.5398) e aprovado (Parecer nº: 4.212.978) pelo comitê de Ética de pesquisas humana da Universidade Julio Mesquita Filho (UNESP).

4.2 Avaliação antropométrica

O IMC foi calculado a partir do peso e da altura obtidos através de uma balança com estadiômetro (Welmy ®) com escala de 0,1 cm. Conforme sugerido por Wang et al. (2010) e Kohrt (1998), o exame DXA (modelo Hologic®, QDR Discovery Wi®) foi utilizado para obter a composição global e regional. O software (Hologic APEX®) gera valores absolutos (em gramas) de massa gorda (MG), massa livre de gordura (MLG), massa magra (MM) e massa total para referências de corpo inteiro e regionais (cabeça, tronco, braço esquerdo e direito, perna esquerda e direita). Para os valores de IMC dos sujeitos, foram considerados valores abaixo de $18,5 \text{ kg/m}^2$ como baixo peso, entre $18,6$ e $24,9 \text{ kg/m}^2$ como eutrófico, entre 25 e $29,9 \text{ kg/m}^2$ como sobrepeso e acima ou igual a 30 kg/m^2 como obesos (WHO, 2021). Todos os procedimentos de garantia e qualidade, assim como o processo de calibração e análise de dados do DXA, foram realizados por um técnico experiente.

4.3 Teste de 12-15 RMs

Para o teste da intensidade da carga de treinamento, os exercícios escolhidos foram avaliados seguindo as recomendações de Mayhew et al. (1995) e de Baechle e Earle (2012): (1) um aquecimento específico precedeu a primeira tentativa do teste e foi realizado com cargas baixas e sem estimular a falha concêntrica, (2) a carga inicial do teste foi escolhida com base nas taxas médias de força máxima de membros inferior e superior, de acordo com idade, sexo e peso, (3) os participantes realizaram até três séries de tentativas, com 3 min de descanso entre elas, aumentando ou diminuindo a carga inicial de 1,1 - 4,5 kg de acordo com a facilidade ou dificuldade da primeira tentativa. A carga suficiente para estimular a falha concêntrica entre 12 e 15 repetições foi determinada como a carga inicial de treinamento, sendo seu valor descrito em quilogramas (kg). O teste de 12-15 RM foi repetido três vezes com intervalo de 48 horas entre cada teste. Os participantes foram ainda instruídos a realizar os movimentos com a técnica adequada, seguindo as recomendações da NSCA (BAECHLE; EARLE, 2012).

4.4 Intervenção

O protocolo foi planejado por 16 semanas, e composto por aquecimento de 10 minutos seguido pela realização do circuito de treinamento, que está delineado com três passagens, 10 repetições máximas, carga a 100% de 15RM ($\approx 60\% 1RM$), intervalo de repouso entre cada estação de 30 segundos e intervalo de repouso de cinco minutos entre cada uma das três passagens completas por cada circuito. Delineou-se três circuitos (#A, #B e #C), cada um com sete estações de exercícios, executados 3 vezes por semana (segunda, quarta e sexta-feira). A ordem de execução dos exercícios em cada um dos circuitos de treinamento está descrita na Tabela 1. As sessões de treinamento foram concluídas em ~ 1 h e as cargas de treinamento foram ajustadas quinzenalmente. Todos os treinos foram monitorados pela equipe do estudo.

A avaliação, prescrição e o controle nutricional foram realizadas por uma profissional nutricionista formada através do software Dietbox®. O consumo alimentar foi avaliado antes e durante o período de intervenção, a cada quatro semanas, aplicando-se o registro alimentar prospectivo por três dias consecutivos (2 dias na semana e 1 dia no final de semana) (PIERRI; ZAGO; MENDES, 2015). A

partir dos resultados desse relatório dietético, o número de refeições foi recomendado para cada participante, seguindo as recomendações da Organização Mundial de Saúde (OMS): 55 a 60% de carboidratos, 15 a 20% de proteínas e 20 a 30% de lipídios . A ingestão calórica diária foi calculada com base na equação da taxa metabólica basal FAO/OMS (2001) multiplicada pelo fator atividade 1,2 (sedentários), de modo a fornecer o equivalente as calorias gastas durante o dia (dieta isocalórica e isoproteica). A ingestão de proteínas foi calculada para fornecer 1,4g/kg de peso corporal.

Tabela 1 – Exercícios em cada programa de treinamento diferente: #A, #B e #C.

Treinamento em circuito			
Estação	#A	#B	#C
1	Supino reto	Crossover	Supino inclinado
2	Cadeira extensora	Leg press horizontal	Cadeira adutora
3	Peck deck	Tríceps na polia	Peck deck invertido
4	Mesa flexora	Stiff	Cadeira abdução
5	Puxada na frente	Elevação lateral	Puxada atrás
6	Leg press 45°	Rosca direta	Afundo
7	Remada baixa	Agachamento hack	Desenvolvimento máquina

4.5 Análise Estatística

A normalidade dos dados será comprovada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov. Análise de variância de dois fatores (ANOVAs *two-ways*) foi usada para determinar as diferenças entre o momento (pré e pós-intervenção), testando as variáveis sexo e idade como co-fatores. Para as comparações múltiplas empregou-se o teste de Bonferroni. O nível de significância foi estabelecido em $p \leq 0,05$. O tamanho do efeito foi calculado por eta-quadrado parcial e os efeitos pequeno, moderado e grande corresponderam a valores iguais ou superiores a 0,001, 0,059 e 0,138, respectivamente (RICHARDSON, 2011). As análises foram realizadas com o

software estatístico SPSS (versão 20; SPSS, Inc, Chicago, IL) e os gráficos elaborados no GraphPad Prism 8.0.

5 RESULTADOS

A Tabela 2 apresenta as características antropométricas individuais de cada participante e suas alterações com o treinamento. Foram classificados como indivíduos com obesidade antes da intervenção (P1, P2 e P3), sobrepeso (P4, P7 e P8), eutrófico (P6, P9, P10 e P11) e baixo peso (P5). Após a intervenção, verificou-se alterações da classificação de IMC em obesidade para sobrepeso em P1, que ocorreu em virtude, principalmente, da redução da massa gorda no corpo.

A Figura 1 apresenta as alterações das variáveis da composição corporal para cada indivíduo, entre o período pré e pós treinamento resistido. Quanto a resposta da variável gordura corporal, houve tendência de redução proporcionalmente maior em indivíduos mais velhos ($\Delta = -4505.0$ g) quando comparados aos indivíduos jovens ($\Delta = -3041.1$ g) (Figura 1, Painel C e D), com maiores alterações entre homens ($\Delta = -4870.9$ g) do que entre mulheres ($\Delta = -2602.0$ g), mas que não se confirmaram estatisticamente ($p > 0,05$). Em relação as alterações da massa muscular, observou-se tendência de aumento (Figura 1, Painel E e F), sendo que a população de idosos apresentou alterações maiores ($\Delta = 2770.1$ g) quando comparadas aos jovens ($\Delta = 1820.9$ g), mas a comparação homem vs mulher não apresentou tendências distintas ($\Delta = 2320.7$ g vs. $\Delta = 2360.1$ g), porém essas comparações não foram significativas ($p > 0,05$).

Quanto ao efeito do treinamento resistido sobre a força muscular (Figura 2), foram observados aumentos significativos ($p < 0,05$) dos valores médios para as faixas etárias e sexos. A comparação entre faixas etárias revelou que indivíduos mais velhos possuíam maior força muscular no leg press 180 no momento pré teste em relação ao grupo mais jovem e que essa diferença se manteve no pós teste ($p < 0,05$) (Tabela 3).

Tabela 2 - Características antropométricas dos participantes e algumas respostas importantes entre o pré e o pós-teste para o estudo piloto

Faixa etaria	Sexo	Idade (anos)	Altura (cm)	Massa corporal		IMC		MG		MLG	
				(kg)	(Δ)	(kg/m²)	(Δ)	(%)	(Δ)	(%)	(Δ)
Adultos											
P 1	M	47	175	95,0	-10,0	31,0	-3,2	28,8	-10,8	71,2	8,8
P 2	M	51	174	93,4	-0,9	30,8	-0,2	26,6	-1,4	73,4	-0,8
P 3	M	65	172	112,8	-1,8	38,1	-1,0	34,7	-4,3	65,3	1,7
P 4	F	45	167	81,5	0,3	29,0	0,2	37,1	-8,4	62,9	5,3
P 5	F	52	158	44,0	0,3	17,6	0,1	30,3	-7,2	69,7	3,2
P 6	F	57	161	64,0	-2,0	24,7	-0,8	29,1	-0,1	70,9	-3,7
Jovens											
P 7	M	28	178	92,0	-1,0	29,0	-0,3	25,5	-1,7	74,5	4,5
P 8	M	23	190	104,0	-4,0	28,8	-1,1	31,1	-6,3	68,9	2,1
P 9	M	27	176	67,0	-2,0	21,6	-0,6	19,1	-4,8	80,9	1,2
P 10	F	29	172	73,0	-0,2	24,7	-0,1	35,8	-1,1	64,2	-2,2
P 11	F	21	153	53,0	0	22,6	0	35,5	-4,0	64,5	0,5

P: participante, M: masculino, F: feminino, MG: massa gorda, MLG: massa livre de gordura.

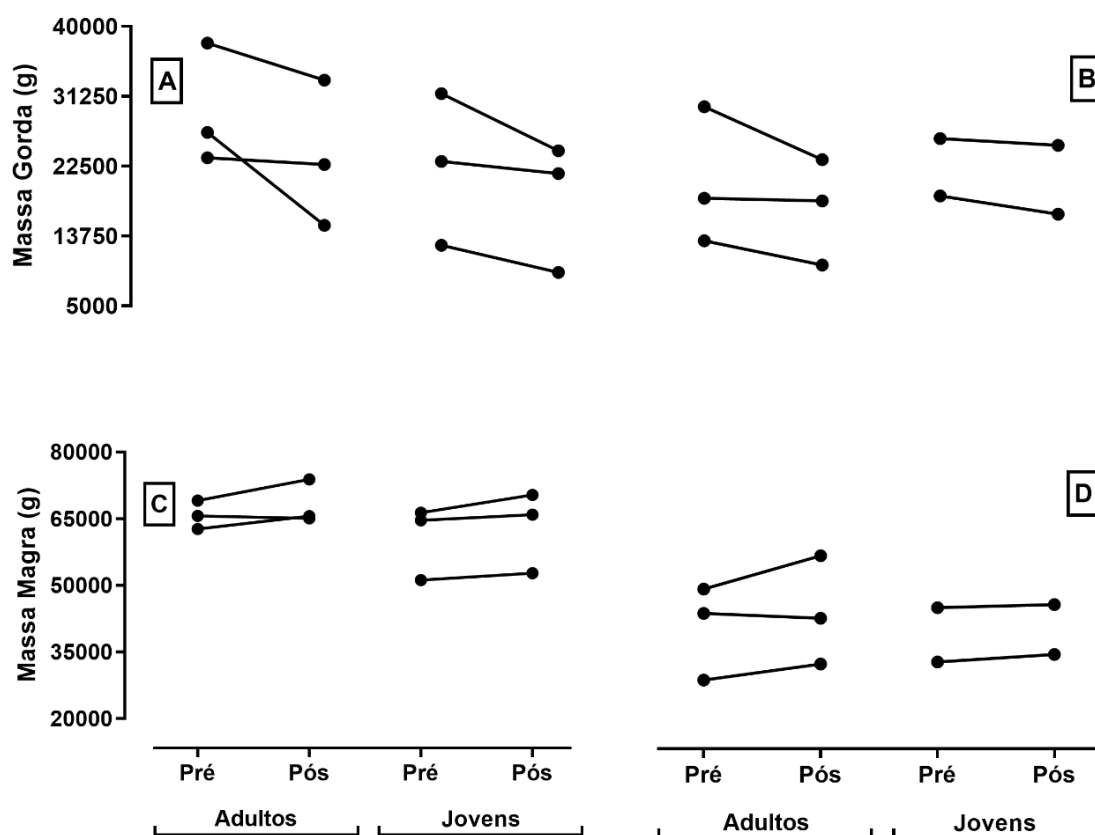


Figure 1 - As respostas de massa gorda (Painéis A e B) e massa magra (Painéis C e D) entre o pré e pós-teste durante o estudo piloto incluindo ambos os sexos e duas faixas etárias. N =11.

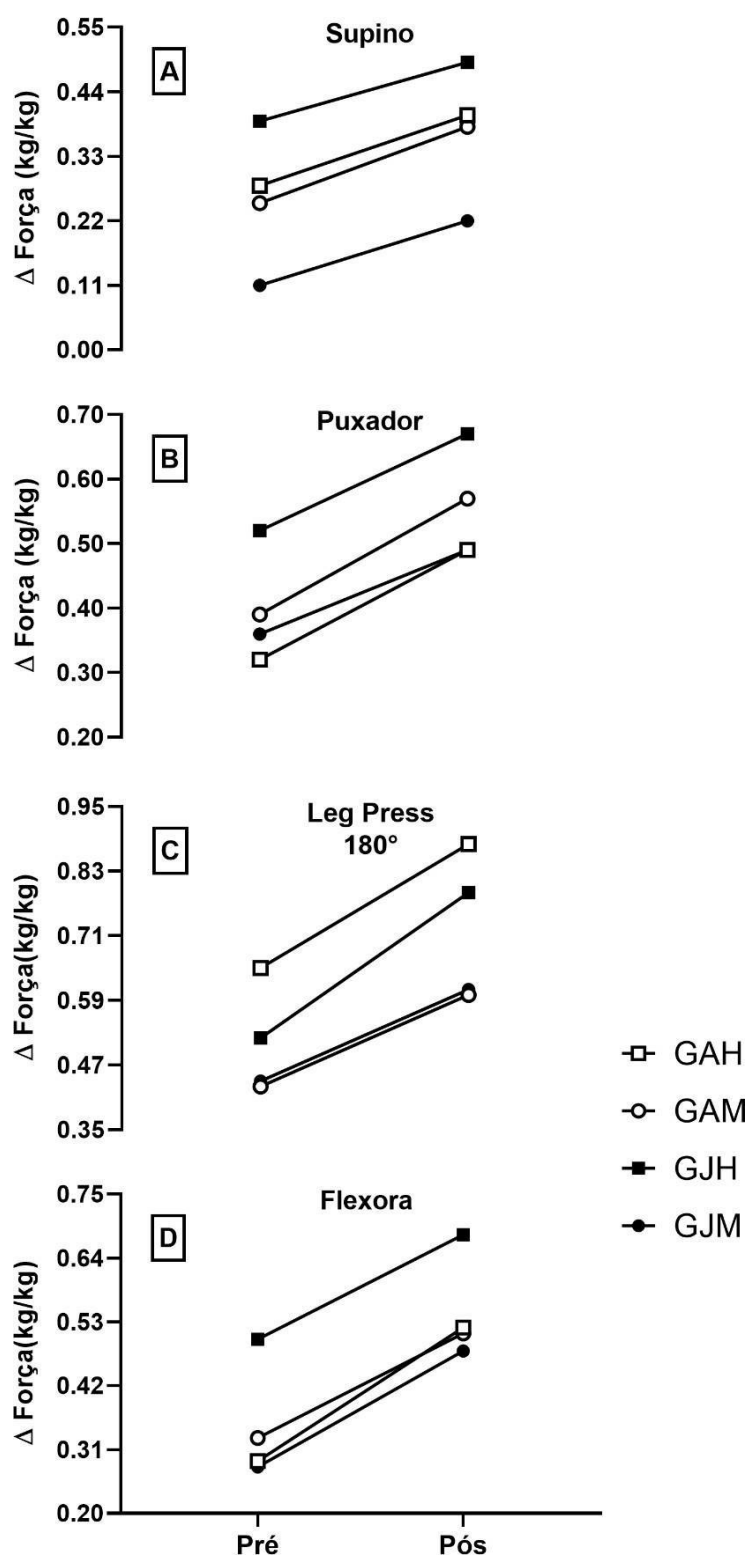


Figure 2 - As respostas da variação da força muscular no supino (painel A), puxador (painel B), leg-press horizontal (painel C) e flexora (painel D) entre o pré e pós-teste durante o estudo piloto incluindo ambos os sexos e dois grupos de idade.

Tabela 3 – As respostas da variação da força muscular entre o pré e pós-teste durante o estudo piloto incluindo dois grupos de idade e a comparação entre eles

Força muscular	Jovens		Adultos	
	Pré	Pós	Pré	Pós
12-15 RM supino (kg)	22,0 ± 14,6	29,2 ± 15,1*	15,6 ± 6,6	24,6 ± 10,0*
12-15 RM puxador (kg)	35,0 ± 11,7	45,0 ± 15,4*	31,0 ± 4,1	43,0 ± 7,5*
12-15 RM leg180 (kg)	33,0 ± 5,7	46,0 ± 7,4*	55,0 ± 16,9¥	73,0 ± 18,2*¥
12-15 RM flexora (kg)	32,0 ± 13,9	46,0 ± 17,4*	27,0 ± 11,5	43,0 ± 12,5*

* p < 0,05 antes vs. depois; ¥ p < 0,05 adultos vs. jovens* p < 0,05 antes vs. depois; ¥ p < 0,05 adultos vs. jovens

6 DISCUSSÃO

O presente estudo verificou que um programa de treinamento de 16 semanas, abrangendo três sessões semanais de TC, combinado à dieta isocalórica, melhorou a composição corporal e a força muscular de todos os indivíduos, independente do sexo ou idade. As comparações entre os grupos não apresentaram diferenças significativas ($p > 0,05$), o que pode ter acontecido devido ao N reduzido e a heterogeneidade da amostra.

Uma metanálise recente demonstrou um efeito significativo do TC na composição corporal, força muscular e capacidade aeróbica de indivíduos saudáveis, reduzindo a massa gorda (-4,3%), aumentando a massa muscular (+1,9%), a força de membros superiores (+20%) e inferiores (+23%) e o VO₂máx (+6,3%), independente do protocolo utilizado, sendo a magnitude das mudanças na composição corporal e dos ganhos de força consideradas tanto um efeito do treinamento como das características dos sujeitos (RAMOS-CAMPO *et al.*, 2021).

Para esses autores, se o objetivo for aumentar as mudanças na composição corporal, intervenções com duração entre 7 e 10 semanas, abrangendo três sessões semanais, constituídas por 3 séries, alto volume (>12 repetições) e curtos intervalos de descanso (10-30 segundos) aparentam maior eficácia, uma vez que produziram um maior efeito sobre a perda de gordura e o ganho de massa muscular. Porém, em relação a magnitude dos ganhos de força, os autores reportaram que o nível de treinamento dos sujeitos parece influenciar nesse aspecto, onde apenas sujeitos destreinados experimentaram ganhos significativos de força nos membros inferiores.

De fato, de acordo com Harber *et al.* (2004), os ganhos de força através do TC limitam-se a sujeitos destreinados e são menos expressivos quando comparados a outros métodos de treinamento, que normalmente utilizam intensidades de carga mais elevadas. Por essa razão, alguns autores recomendam o TC utilizando altas cargas para otimizar os ganhos de força, mas sem deixar de lado os benefícios na composição corporal e na aptidão cardiorrespiratória (ALCARAZ *et al.*, 2011; ALCARAZ; SÁNCHEZ-LORENTE; BLAZEVIČ, 2008; ROMERO-ARENAS *et al.*, 2013).

Alcaraz *et al.* (2008) descobriram que acrescentar um descanso ativo entre as séries de um exercício não interfere na potência gerada e no número de repetições realizada das séries subsequentes, mas também aumenta a carga cardiovascular.

Em uma espécie de mini circuito (grupo TC), os sujeitos (10 homens com experiência em TR) realizaram cinco séries de 6RM no supino reto, cadeira extensora e flexão plantar com 35 segundos de descanso entre os exercícios. Já os sujeitos integrantes do grupo de treinamento tradicional realizaram apenas cinco séries de 6RM no supino reto com três minutos de descanso entre elas. Uma vez que todos os sujeitos foram testados nas duas condições, a potência máxima e o número de repetições realizadas não diferiram entre os grupos, porém a frequência cardíaca média foi significativamente superior no TC em comparação ao treino tradicional ($129 \pm 15,6\text{bpm}$ vs. $113 \pm 13,1\text{bpm}$, respectivamente).

Em outro estudo, Alcaraz et al. (2011), compararam o treinamento em circuito com o treinamento resistido tradicional em homens treinados e encontraram resultados semelhantes para força, potência e composição corporal em ambos os métodos, onde a carga utilizada (6RM, 85-90%) e o trabalho realizado foram os mesmos, apenas o que diferiu entre os métodos foi o descanso entre as séries, que no treinamento em circuito foi de 35 segundos e no treinamento tradicional foi de três minutos. Após 8 semanas de treinamento, a massa magra aumentou (TC = $+ 1,5 \pm 1,9\text{kg}$; tradicional = $+ 1,2 \pm 1,6\text{kg}$) e o percentual de gordura diminuiu (TC = $- 1,5 \pm 1,6\%$; tradicional = $-1,1 \pm 1,9\%$) em ambos os grupos. Apesar da ausência de diferenças estatísticas entre os grupos para os parâmetros acima, a duração total média da sessão de TC (55 minutos) foi muito menor em relação a do treino tradicional (105 minutos), demonstrando uma maior eficiência de tempo do TC para melhorar o condicionamento físico geral. Além disso, os curtos intervalos de descanso utilizados no TC contribuem para manter a frequência cardíaca (FC) elevada durante toda a sessão, o que favorece adaptações cardiorrespiratórias positivas, tais como aumento do $\text{VO}_{2\text{máx}}$ e melhora do volume sistólico e débito cardíaco, conforme reportado em outros estudos (GETTMAN; WARD; HAGAN, 1982; RAMOS-CAMPO *et al.*, 2021).

Nossos achados estão alinhados aos apresentados até aqui, uma vez que observamos melhora da composição corporal em todos os indivíduos, utilizando um protocolo de TC de alto volume (> 12 repetições). Além disso, o uso de cargas moderadas foi suficiente para promover ganhos significativos de força muscular de membros inferiores e superiores, independente do sexo ou faixa etária, uma vez que todos os indivíduos eram destreinados. Além disso, nem a idade tampouco o sexo parece influenciar nas respostas da composição corporal e força muscular, já que as

comparações não geraram resultados significativos ($p > 0,05$), exceto no exercício leg 180, onde a força muscular foi maior nos indivíduos mais velhos.

Adicionalmente aos estudos acima, Romero-Arenas et al. (2013) constataram que idosos (61.6 ± 5.3 anos) também se beneficiaram do treinamento em circuito de alta intensidade (~ 6 RM). Utilizando um protocolo semelhante ao de Alcaraz et al. (2008), diferindo apenas os exercícios escolhidos, os autores Romero-Arenas et al. (2013) reportaram que o TC de alta intensidade promoveu adaptações semelhantes ao treinamento tradicional, porém com benefícios extras sobre a composição corporal e a aptidão cardiorrespiratória. Após 12 semanas de treinamento, ambos os grupos experimentaram aumentos semelhantes de força muscular, massa magra (TC = + 3,4%; TT = + 2,2%) e densidade mineral óssea (TC = + 1,2%; tradicional = + 1,1%), porém o TC foi mais eficaz na redução da massa gorda (TC = - 4,4%; tradicional = -1,4%) e na melhora da aptidão cardiorrespiratória, observada pela diminuição do consumo de oxigênio (VO_2) durante o teste incremental.

Apesar de alguns estudos apresentarem efeitos significativos do TC sobre a composição corporal e outros parâmetros de saúde (KOLAHDOUZI *et al.*, 2019; SAFARZADE; ALIZADEH; BASTANI, 2020), o treinamento em circuito progressivo (60% 1RM – 80% 1RM) de 12 semanas, associado a dieta isocalórica promoveu melhorias satisfatórias na composição corporal, diminuindo a massa gorda ($\Delta = -2,14 \pm 1,88\%$) e aumentando a massa magra ($\Delta = + 1,62 \pm 0,79\%$). Além disso, a intervenção combinada aumentou força muscular e capacidade funcional de idosos sedentários de ambos os sexos (MARCOS-PARDO *et al.*, 2019). Em nosso estudo, em relação as diferenças entre os grupos, observamos uma tendência de redução da gordura corporal proporcionalmente maior em indivíduos mais velhos quando comparados aos indivíduos jovens, com maiores alterações entre homens do que as mulheres. Já no que diz respeito às alterações da massa muscular, observou-se uma tendência de aumento, com maiores alterações entre a população de idosos quando comparadas aos jovens, mas sem diferenças entre os sexos.

Em relação as diferenças encontradas para a perda de gordura entre as populações de sexos diferentes, Ortego et al. (2009) apontam a quantidade de massa muscular como a principal justificativa. Os autores compararam o gasto energético de uma sessão de TC entre homens ($n = 10$) e mulheres ($n = 10$) treinados. A sessão, que consistiu em três passagens de 10 repetições para seis exercícios com carga 12 RM, produziu maior gasto energético total para os homens

em relação as mulheres ($820 \pm 68,27$ kJ vs. $473 \pm 25,35$ kJ). De acordo com Ortego et al. (2009), ainda, além da quantidade de massa muscular, as diferenças podem ser explicadas pelo maior volume sistólico e fração de ejeção dos homens que contribuem para um maior consumo de oxigênio. Considerando que para cada litro de oxigênio consumido gasta-se 5,0 kcal, quanto maior o consumo de oxigênio durante o treinamento maior será o seu gasto energético total. (MCARDLE et al., 2016). Além disso, conforme descrito em outro estudo, uma maior quantidade de massa muscular pode refletir na TMR, implicando em maior gasto energético diário (STRASSER, Barbara; SCHOBERSBERGER, 2011).

Já para as diferenças encontradas entre a população de jovens e a de idosos, o nível de comprometimento com o exercício e dieta e a falta de adesão à intervenção podem explicar a maior parte da variação na perda de peso entre os sujeitos (DENT; MCPHERSON; HARPER, 2020). Uma revisão sobre fatores associados à adesão em programas de modificação do estilo de vida e controle do peso entre a população adulta sugere que indivíduos com idades mais avançadas são mais propensos a aderirem à dieta em relação aos mais jovens (LEUNG et al., 2017). Levando isso consideração, hipostenizamos ter existido um maior nível de comprometimento com nosso estudo por parte da população mais velha.

Outra possível explicação para maior tendência de redução do peso corporal na população mais velha é o seu estado nutricional inicial e o maior nível preliminar de obesidade, uma vez que existiam mais indivíduos com sobrepeso e obesidade dentro do grupo de adultos em comparação ao grupo de jovens. Seo et al. (2019) avaliaram os efeitos de intervenções baseados no treinamento em circuito sobre a perda de peso em adultos e encontrou efeitos significativos em indivíduos obesos ($-5,15$ kg) e com sobrepeso ($-3,89$ kg), mas não naqueles com peso normal ($-2,38$ kg). De acordo com os autores, a magnitude da perda de peso tende a ser maior entre indivíduos que apresentam maiores IMC.

Em outro estudo, Bocalini et al. (2012) investigaram os efeitos do treinamento em circuito na composição corporal de mulheres idosas (≥ 60 anos), agrupando-as de acordo com a classificação de IMC, incluindo peso adequado, sobrepeso e obesidade. O programa de treinamento aplicado foi o mesmo para todas as participantes e compreendeu três sessões semanais de TC. Após 12 semanas, a perda de peso e gordura foi significativamente maior ($p < 0,05$) no grupo de mulheres obesas em relação ao grupo de mulheres com sobrepeso e peso

adequado.

Tendo em vista que a composição corporal e o padrão de distribuição da gordura corporal podem influenciar no taxa metabólica de repouso, as necessidades energéticas diárias podem diferir para indivíduos de idade, sexo e peso comparáveis (DENT; MCPHERSON; HARPER, 2020; SOARES; MÜLLER, 2018). Além disso, considerando que processo de envelhecimento está relacionado com mudanças no peso corporal, que refletem a redistribuição da composição corporal, com uma tendência de aumento e centralização da massa gorda, assim como e diminuição da massa magra (BUFFA *et al.*, 2011), nossa hipótese é que as diferenças encontradas para as reduções de massa gorda entre a população mais velha e a população mais jovem estejam atreladas a composição corporal de cada grupo. Por outro lado, a literatura é escassa de estudos preocupados em comparar e explicar a variabilidade da perda de peso/gordura entre indivíduos de diferentes classificações de IMC.

Por fim, sabe-se que o envelhecimento está associado ao declínio de todas as funções biológicas. O sistema endócrino é responsável por regular diversas funções do organismo através da produção e secreção de hormônios. Com o passar da idade, o padrão de secreção e a regulação desses hormônios é alterado (VAN DEN BELD *et al.*, 2018). Conforme descrito por van den Beld *et al.* (2018), o envelhecimento é acompanhado da diminuição gradual e progressiva do hormônio do crescimento (GH) e da testosterona. Paralelamente a isso, o envelhecimento também é acompanhado pela sarcopenia, que corresponde ao declínio progressivo da musculatura e da força muscular e está relacionada as mudanças no ambiente hormonal (GIALLAURIA *et al.*, 2016; KRAEMER; RATAMESS, 2005; WEST; PHILLIPS, 2010). Tendo em vista que o TR é capaz de reverter a perda de massa muscular decorrente da sarcopenia e induzir ao aumento nas concentrações séricas dos hormônios relacionados a massa muscular é possível que o maior aumento de massa muscular na população mais velha no nosso estudo seja reflexo de uma maior variação hormonal e muscular em comparação a população mais jovem que não sofreu ainda com a sarcopenia e o declínio do sistema endócrino.

Dentre as limitações desse estudo, podemos destacar o N reduzido, que possivelmente nos impediu de encontrar resultados estatisticamente significativos para as comparações da composição corporal entre os grupos nos momentos pré e pós teste. Além disso, nosso protocolo de treinamento foi baseado exclusivamente no treinamento em circuito, o que impossibilita avaliar os efeitos de outros protocolos

de TR na composição corporal de indivíduos de diferentes faixas etárias e sexo.

7 CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos pode ser dizer que uma intervenção com TR prescrito em circuito, associado à dieta isocalórica, é eficaz para melhorar a composição corporal e aumentar a força muscular de indivíduos de diferentes sexos e faixas etárias. Novos estudos são necessários envolvendo outros métodos de treinamento associados a diferentes tipos de dieta e que se preocupem em comparar a variabilidade das respostas de composição corporal, força muscular e taxa metabólica de repouso entre indivíduos de diferentes classificações de IMC.

Referências

- ALCARAZ, P. E.; PEREZ-GOMEZ, J.; CHAVARRIAS, M.; BLAZEIVICH, A. J. Similarity in Adaptations to High-Resistance Circuit vs. Traditional Strength Training in Resistance-Trained Men. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 25, n. 9, p. 2519–2527, set. 2011. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182023a51>.
- ALCARAZ, P. E.; SÁNCHEZ-LORENTE, J.; BLAZEIVICH, A. J. Physical Performance and Cardiovascular Responses to an Acute Bout of Heavy Resistance Circuit Training versus Traditional Strength Training. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 22, n. 3, p. 667–671, maio 2008. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31816a588f>.
- ALI, A. T.; HOCHFELD, W. E.; MYBURGH, R.; PEPPER, M. S. Adipocyte and adipogenesis. **European Journal of Cell Biology**, v. 92, n. 6–7, p. 229–236, jun. 2013. <https://doi.org/10.1016/j.ejcb.2013.06.001>.
- BOCALINI, D. S.; LIMA, L. S.; DE ANDRADE, S.; MADUREIRA, A.; RICA, R. L.; DOS SANTOS, R. N.; SERRA, A. J.; SILVA, J. A.; RODRIGUEZ, D.; FIGUEIRA, A.; PONTES, F. L. Effects of circuit-based exercise programs on the body composition of elderly obese women. **Clinical Interventions in Aging**, v. 7, p. 551–556, 2012. <https://doi.org/10.2147/CIA.S33893>.
- BUFFA, R.; FLORIS, G. U.; PUTZU, P. F.; MARINI, E. Body Composition Variations in Ageing. **Coll. Antropol.**, , p. 7, 2011. .
- BULL, F. C.; AL-ANSARI, S. S.; BIDDLE, S.; BORODULIN, K.; BUMAN, M. P.; CARDON, G.; CARTY, C.; CHAPUT, J.-P.; CHASTIN, S.; CHOU, R.; DEMPSEY, P. C.; DIPIETRO, L.; EKELUND, U.; FIRTH, J.; FRIEDENREICH, C. M.; GARCIA, L.; GICHU, M.; JAGO, R.; KATZMARZYK, P. T.; ... WILLUMSEN, J. F. World Health Organization 2020 guidelines on physical activity and sedentary behaviour. **British Journal of Sports Medicine**, v. 54, n. 24, p. 1451–1462, dez. 2020. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2020-102955>.
- CARBONE, J. W.; MCCLUNG, J. P.; PASIAKOS, S. M. Skeletal Muscle Responses to Negative Energy Balance: Effects of Dietary Protein. **Advances in Nutrition**, v. 3, n. 2, p. 119–126, 1 mar. 2012. <https://doi.org/10.3945/an.111.001792>.
- CASPERSEN, C. J.; POWELL, K. E.; CHRISTENSON, G. M. Physical activity, exercise, and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research. **Public Health Reports (Washington, D.C.: 1974)**, v. 100, n. 2, p. 126–131, abr. 1985. .
- CHOOI, Y. C.; DING, C.; MAGKOS, F. The epidemiology of obesity. **Metabolism: Clinical and Experimental**, v. 92, p. 6–10, mar. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.metabol.2018.09.005>.
- CHRISTENSEN, P.; BLIDDAL, H.; RIECKE, B.; LEEDS, A.; ASTRUP, A.; CHRISTENSEN, R. Comparison of a low-energy diet and a very low-energy diet in sedentary obese individuals: a pragmatic randomized controlled trial. **Clinical Obesity**, v. 1, p. 31–40, 21 mar. 2011. <https://doi.org/10.1111/j.1758->

8111.2011.00006.x.

CLARK, J. E. Diet, exercise or diet with exercise: comparing the effectiveness of treatment options for weight-loss and changes in fitness for adults (18-65 years old) who are overfat, or obese; systematic review and meta-analysis. **Journal of Diabetes and Metabolic Disorders**, v. 14, p. 31, 2015.
<https://doi.org/10.1186/s40200-015-0154-1>.

DENT, R.; MCPHERSON, R.; HARPER, M.-E. Factors affecting weight loss variability in obesity. **Metabolism: Clinical and Experimental**, v. 113, p. 154388, dez. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.metabol.2020.154388>.

DONNELLY, J. E.; BLAIR, S. N.; JAKICIC, J. M.; MANORE, M. M.; RANKIN, J. W.; SMITH, B. K.; AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. American College of Sports Medicine Position Stand. Appropriate physical activity intervention strategies for weight loss and prevention of weight regain for adults. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 41, n. 2, p. 459–471, fev. 2009.
<https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181949333>.

ELLIOT, D. L.; GOLDBERG, L.; KUEHL, K. S. Effect of Resistance Training on Excess Post-exercise Oxygen Consumption. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 6, n. 2, p. 77–81, maio 1992. .

GADDE, K. M.; MARTIN, C. K.; BERTHOUD, H.-R.; HEYMSFIELD, S. B. Obesity. **Journal of the American College of Cardiology**, v. 71, n. 1, p. 69–84, jan. 2018.
<https://doi.org/10.1016/j.jacc.2017.11.011>.

GBD 2015 OBESITY COLLABORATORS; AFSHIN, A.; FOROUZANFAR, M. H.; REITSMA, M. B.; SUR, P.; ESTEP, K.; LEE, A.; MARCZAK, L.; MOKDAD, A. H.; MORADI-LAKEH, M.; NAGHAVI, M.; SALAMA, J. S.; VOS, T.; ABATE, K. H.; ABBAFATI, C.; AHMED, M. B.; AL-ALY, Z.; ALKERWI, A.; AL-RADDADI, R.; ... MURRAY, C. J. L. Health Effects of Overweight and Obesity in 195 Countries over 25 Years. **The New England Journal of Medicine**, v. 377, n. 1, p. 13–27, 6 jul. 2017.
<https://doi.org/10.1056/NEJMoa1614362>.

GETTMAN, L. R.; WARD, P.; HAGAN, R. D. A comparison of combined running and weight training with circuit weight training. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 14, n. 3, p. 229–234, 1982. .

GHABEN, A. L.; SCHERER, P. E. Adipogenesis and metabolic health. **Nature Reviews Molecular Cell Biology**, v. 20, n. 4, p. 242–258, abr. 2019.
<https://doi.org/10.1038/s41580-018-0093-z>.

GIALLAURIA, F.; CITTADINI, A.; SMART, N. A.; VIGORITO, C. Resistance training and sarcopenia. **Monaldi Archives for Chest Disease = Archivio Monaldi Per Le Malattie Del Torace**, v. 84, n. 1–2, p. 738, 22 jun. 2016.
<https://doi.org/10.4081/monaldi.2015.738>.

HARBER, M. P.; FRY, A. C.; RUBIN, M. R.; SMITH, J. C.; WEISS, L. W. Skeletal muscle and hormonal adaptations to circuit weight training in untrained men. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, v. 14, n. 3, p. 176–185, jun. 2004. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2003.371.x>.

HUNTER, G. R.; BYRNE, N. M.; SIRIKUL, B.; FERNÁNDEZ, J. R.; ZUCKERMAN, P. A.; DARNELL, B. E.; GOWER, B. A. Resistance Training Conserves Fat-free Mass and Resting Energy Expenditure Following Weight Loss. **Obesity**, v. 16, n. 5, p. 1045–1051, maio 2008. <https://doi.org/10.1038/oby.2008.38>.

HUNTER, G. R.; FISHER, G.; NEUMEIER, W. H.; CARTER, S. J.; PLAISANCE, E. P. Exercise Training and Energy Expenditure following Weight Loss. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 47, n. 9, p. 1950–1957, set. 2015. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000622>.

KOLAHDOUZI, S.; BAGHADAM, M.; KANI-GOLZAR, F. A.; SAEIDI, A.; JABBOUR, G.; AYADI, A.; DE SOUSA, M.; ZOUITA, A.; ABDERRAHMANE, A. B.; ZOUHAL, H. Progressive circuit resistance training improves inflammatory biomarkers and insulin resistance in obese men. **Physiology & Behavior**, v. 205, p. 15–21, jun. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2018.11.033>.

KRAEMER, W. J.; RATAMESS, N. A. Hormonal Responses and Adaptations to Resistance Exercise and Training: **Sports Medicine**, v. 35, n. 4, p. 339–361, 2005. <https://doi.org/10.2165/00007256-200535040-00004>.

LEUNG, A. W. Y.; CHAN, R. S. M.; SEA, M. M. M.; WOO, J. An Overview of Factors Associated with Adherence to Lifestyle Modification Programs for Weight Management in Adults. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 14, n. 8, p. 922, 16 ago. 2017. <https://doi.org/10.3390/ijerph14080922>.

MARCOS-PARDO, P. J.; ORQUIN-CASTRILLÓN, F. J.; GEA-GARCÍA, G. M.; MENAYO-ANTÚNEZ, R.; GONZÁLEZ-GÁLVEZ, N.; VALE, R. G. de S.; MARTÍNEZ-RODRÍGUEZ, A. Effects of a moderate-to-high intensity resistance circuit training on fat mass, functional capacity, muscular strength, and quality of life in elderly: A randomized controlled trial. **Scientific Reports**, v. 9, n. 1, p. 7830, 24 maio 2019. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-44329-6>.

MUNRO, I. A.; GARG, M. L. Weight loss and metabolic profiles in obese individuals using two different approaches. **Food & Function**, v. 2, n. 10, p. 611–616, out. 2011. <https://doi.org/10.1039/c1fo10143a>.

PARARASA, C.; BAILEY, C. J.; GRIFFITHS, H. R. Ageing, adipose tissue, fatty acids and inflammation. **Biogerontology**, v. 16, n. 2, p. 235–248, abr. 2015. <https://doi.org/10.1007/s10522-014-9536-x>.

PETRIDOU, A.; SIOPI, A.; MOUGIOS, V. Exercise in the management of obesity. **Metabolism: Clinical and Experimental**, v. 92, p. 163–169, mar. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.metabol.2018.10.009>.

PICHON, C.; HUNTER, G.; MORRIS, M.; BOND, R. L.; METZ, J. Blood Pressure and Heart Rate Response and Metabolic Cost of Circuit Versus Traditional Weight Training. 1996. [https://doi.org/10.1519/1533-4287\(1996\)010<0153:BPAHRR>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1519/1533-4287(1996)010<0153:BPAHRR>2.3.CO;2).

PIERRI, L.; ZAGO, J.; MENDES, R. Eficácia dos Inquéritos Alimentares na Avaliação do Consumo Alimentar. **Revista Brasileira de Ciências da Saúde**, v. 19, n. 2, p.

91–100, 2015. <https://doi.org/10.4034/RBCS.2015.19.02.02>.

RAMOS-CAMPO, D. J.; ANDREU CARAVACA, L.; MARTÍNEZ-RODRÍGUEZ, A.; RUBIO-ARIAS, J. Á. Effects of Resistance Circuit-Based Training on Body Composition, Strength and Cardiorespiratory Fitness: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Biology**, v. 10, n. 5, p. 377, 28 abr. 2021. <https://doi.org/10.3390/biology10050377>.

ROMERO-ARENAS, S.; BLAZEVIČ, A. J.; MARTÍNEZ-PASCUAL, M.; PÉREZ-GÓMEZ, J.; LUQUE, A. J.; LÓPEZ-ROMÁN, F. J.; ALCARAZ, P. E. Effects of high-resistance circuit training in an elderly population. **Experimental Gerontology**, v. 48, n. 3, p. 334–340, mar. 2013. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2013.01.007>.

SAFARZADE, A.; ALIZADEH, H.; BASTANI, Z. The effects of circuit resistance training on plasma progranulin level, insulin resistance and body composition in obese men. **Hormone Molecular Biology and Clinical Investigation**, v. 41, n. 2, p. 20190050, 24 jul. 2020. <https://doi.org/10.1515/hmbci-2019-0050>.

SARDELI, A. V.; KOMATSU, T. R.; MORI, M. A.; GÁSPARI, A. F.; CHACON-MIKAHIL, M. P. T. Resistance Training Prevents Muscle Loss Induced by Caloric Restriction in Obese Elderly Individuals: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Nutrients**, v. 10, n. 4, p. E423, 29 mar. 2018. <https://doi.org/10.3390/nu10040423>.

SARJEANT, K.; STEPHENS, J. M. Adipogenesis. **Cold Spring Harbor Perspectives in Biology**, v. 4, n. 9, p. a008417–a008417, 1 set. 2012. <https://doi.org/10.1101/cshperspect.a008417>.

SCHOENFELD, B. J.; GRGIC, J.; OGBORN, D.; KRIEGER, J. W. Strength and Hypertrophy Adaptations Between Low- vs. High-Load Resistance Training: A Systematic Review and Meta-analysis. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 31, n. 12, p. 3508–3523, dez. 2017. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002200>.

SEO, Y.-G.; NOH, H.-M.; KIM, S. Y. Weight loss effects of circuit training interventions: A systematic review and meta-analysis. **Obesity Reviews: An Official Journal of the International Association for the Study of Obesity**, v. 20, n. 11, p. 1642–1650, nov. 2019. <https://doi.org/10.1111/obr.12911>.

SOARES, M. J.; MÜLLER, M. J. Resting energy expenditure and body composition: critical aspects for clinical nutrition. **European Journal of Clinical Nutrition**, v. 72, n. 9, p. 1208–1214, set. 2018. <https://doi.org/10.1038/s41430-018-0220-0>.

STRASSER, B.; ARVANDI, M.; SIEBERT, U. Resistance training, visceral obesity and inflammatory response: a review of the evidence: Resistance training in obesity. **Obesity Reviews**, v. 13, n. 7, p. 578–591, jul. 2012. <https://doi.org/10.1111/j.1467-789X.2012.00988.x>.

STRASSER, Barbara; SCHOBERSBERGER, W. Evidence for Resistance Training as a Treatment Therapy in Obesity. **Journal of Obesity**, v. 2011, p. 1–9, 2011. <https://doi.org/10.1155/2011/482564>.

SWIFT, D. L.; JOHANNSEN, N. M.; LAVIE, C. J.; EARNEST, C. P.; CHURCH, T. S.

The role of exercise and physical activity in weight loss and maintenance. **Progress in Cardiovascular Diseases**, v. 56, n. 4, p. 441–447, fev. 2014.
<https://doi.org/10.1016/j.pcad.2013.09.012>.

VAN DEN BELD, A. W.; KAUFMAN, J.-M.; ZILLIKENS, M. C.; LAMBERTS, S. W. J.; EGAN, J. M.; VAN DER LELY, A. J. The physiology of endocrine systems with ageing. **The Lancet Diabetes & Endocrinology**, v. 6, n. 8, p. 647–658, ago. 2018.
[https://doi.org/10.1016/S2213-8587\(18\)30026-3](https://doi.org/10.1016/S2213-8587(18)30026-3).

WEST, D. W. D.; PHILLIPS, S. M. Anabolic processes in human skeletal muscle: restoring the identities of growth hormone and testosterone. **The Physician and Sportsmedicine**, v. 38, n. 3, p. 97–104, out. 2010.
<https://doi.org/10.3810/psm.2010.10.1814>.

WESTCOTT, W. L. Resistance training is medicine: effects of strength training on health. **Current Sports Medicine Reports**, v. 11, n. 4, p. 209–216, ago. 2012.
<https://doi.org/10.1249/JSR.0b013e31825dabb8>.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Obesity and overweight**. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>. Acesso em: 29 set 2021.