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

**EFEITO DE DIFERENTES PROGRAMAS DE EXERCÍCIOS SOBRE ÍNDICES DO
CONDICIONAMENTO E DESEMPENHO AERÓBIO DE MULHERES E HOMENS
OBESOS ADULTOS**

ELISÂNGELA SILVA

**Rio Claro - SP
2021**

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

**EFEITO DE DIFERENTES PROGRAMAS DE EXERCÍCIOS SOBRE ÍNDICES DO
CONDICIONAMENTO E DESEMPENHO AERÓBIO DE MULHERES E HOMENS
OBESOS ADULTOS**

ELISÂNGELA SILVA

Tese apresentada ao Instituto de Biociência do Campus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutora em Desenvolvimento Humano e Tecnologias.

Orientador: Dr. Dalton Müller Pessoa Filho

**Rio Claro - SP
2021**

S586e Silva, Elisângela
Efeito de diferentes programas de exercícios sobre índices do condicionamento e desempenho aeróbio de mulheres e homens obesos adultos / Elisângela Silva. -- Rio Claro, 2022
135 p. : il., tabs.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Biociências, Rio Claro
Orientador: Dalton Müller Pessôa Filho

1. Exercício Físico. 2. Obesidade. 3. Treinamento. 4. Consumo Máximo de Oxigênio. 5. Adultos. 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 TESE: EFEITO DE DIFERENTES PROGRAMAS DE EXERCÍCIOS SOBRE ÍNDICES DO
CONDICIONAMENTO E DESEMPENHO AERÓBIO ENTRE MULHERES E HOMENS
OBESOS ADULTOS**

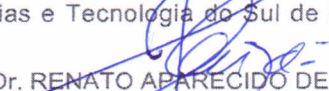
AUTORA: ELISÂNGELA SILVA

ORIENTADOR: DALTON MULLER PESSÔA FILHO

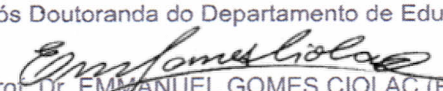
Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em DESENVOLVIMENTO HUMANO E TECNOLOGIAS, área: Tecnologias nas Dinâmicas Corporais pela Comissão Examinadora:


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


Prof. Dr. WONDER PASSONI MÍGINO (Participação Virtual)
Centro de Ciências Aplicadas à Educação e Saúde / IFSULDEMINAS - Instituto Federal de Educação -
Ciências e Tecnologia do Sul de Minas - Campus Muzambinho / MG


Prof. Dr. RENATO APARECIDO DE SOUZA (Participação Virtual)
Centro de Ciências Aplicadas à Educação e Saúde / IFSULDEMINAS - Instituto Federal de Educação, Ciência
e Tecnologia do Sul de Minas Gerais - Campus Muzambinho /MG


Profa. Dra. ELIANE APARECIDA DE CASTRO (Participação Virtual)
Pós Doutorado do Departamento de Educação Física / UNESP - Faculdade de Ciências de Bauru - SP


Prof. Dr. EMMANUEL GOMES CIOLAC (Participação Virtual)
Departamento de Educação Física / UNESP - Faculdade de Ciências de Bauru - SP

Rio Claro, 27 de abril de 2021

Dedicatória

À minha família, pelo apoio e compreensão
nos momentos de ausência.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho é resultado de um sonho que começou em 2006. Durante a minha trajetória até o dia de hoje passei por muitos obstáculos, não por falta trabalho em prol da realização deste sonho, mas devido a questões pessoais, como de saúde.

Por isso, em primeiro lugar, agradeço a Deus por ter permitido que eu vencesse todas as dificuldades e mantivesse minha determinação ao longo de todos esses anos. Agradeço também ao meu anjo da guarda que guiou todos os meus passos e ações.

Em especial a minha mãe, Maria de Lurdes, que abdicou das suas próprias vontades em prol da minha criação e dos meus irmãos. Pelas conversas incentivadoras e por todas as orações. Você é o exemplo para minha vida.

Ao Wagner, meu marido, pelo companheirismo, cumplicidade, encorajamento, paciência e compreensão durante todos esses anos.

Aos meus irmãos Evane e Denilson, por estarem sempre presentes nos momentos mais difíceis e prontos para me ajudar, seja com palavras ou com demonstrações de carinho e união familiar.

Às minhas cunhadas Anita, Márcia e Sirlene, por acreditarem na minha capacidade de concluir mais essa etapa da minha vida.

Aos meus amados sobrinhos e sobrinhas de sangue e de coração, sempre tão presentes em minha vida, nos momentos alegres ou nas dificuldades.

Às minhas amigas, Daniela, Letícia, Mariza, Stefani e Tamires que sempre estiveram ao meu lado, pela amizade incondicional e pelo apoio demonstrado ao longo de todo o período em que me dediquei a este trabalho.

A todos que participaram, direta ou indiretamente do desenvolvimento deste trabalho de pesquisa, enriquecendo seu conteúdo e o meu processo de aprendizado.

A todos professores que compõe a banca avaliadora, pela disponibilidade de contribuir para o aperfeiçoamento deste trabalho.

Ao professor Dalton Müller Pessôa Filho, por ter sido meu orientador e ter desempenhado tal função com dedicação e paciência para me explicar o passo a passo para a conclusão deste estudo.

À UNESP - Rio Claro, especialmente aos idealizadores do Dinter do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Humano e Tecnologias.

À direção do IFSULDEMINAS, por incentivar e proporcionar o aprimoramento de meus estudos.

Por fim, embora este trabalho tenha sido um desafio enorme, ele se tornou alcançável e mais brando porque as importantes pessoas citadas neste agradecimento estiveram presentes por meio do incentivo, das orações, da proteção, do apoio técnico e científico e do amor. Em mim, só sentimento de alegria e gratidão.

RESUMO

Uma estratégia segura para reduzir e prevenir a incidência de comorbidades entre indivíduos obesos é melhorar a aptidão cardiorrespiratória com o exercício físico. Dessa forma, o objetivo deste estudo foi avaliar o efeito de diferentes tipos de programas de exercícios sobre as respostas máximas e submáximas do consumo de oxigênio durante um teste incremental em mulheres e homens adultos obesos. Este estudo foi desenvolvido em uma população de 96 obesos distribuídos em grupos de treino de força (GF), treino aeróbico (GE), treino combinado de força e aeróbico (GM) e treinamento baseado em recomendações de atividade física (GR). O grupo de recomendações seguiu as orientações gerais de atividade física. Todos foram submetidos à intervenção dietética com base em uma dieta hipocalórica (redução de 25-30% no gasto diário). A intervenção teve duração de 22 semanas. Os resultados indicaram aumento do $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ apenas para o GM (+9,9%; $p<0,001$), cujos valores diferiram dos observados para GE ($p=0,006$) e GR ($p=0,002$). Para o $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ relativo, observou-se aumento em todos os grupos ($p<0,001$), com diferenças apenas entre GM e GR (+21,1% para GR em relação ao GM; $p=0,037$). O valor de LV1 melhorou apenas para os grupos GE (+12,7%; $p=0,003$) e GM (+16,4%; $p<0,001$), mas o LV1 relativo aumentou para GF (+15,5%), GE (+24,8%) e GM (+28,4%) com $p<0,001$, e para GR (+10%, $p=0,016$). Ao agrupar as respostas por sexo, o $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ absoluto melhorou somente nos homens (+6,2%, $p<0,001$), mas o $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ relativo aumentou tanto em homens (+16,8%; $p<0,001$) quanto em mulheres (+10,7%, $p<0,001$), assim como as repostas de LV1 absoluto e relativo com percentuais de melhora para mulheres e homens de +9,4% e +8,4% (absoluto) e +20,4% e +19,2% (relativo), respectivamente, todos com $p<0,001$. Ao agrupar as respostas em Supervisão (incluindo os 3 grupos com treinamento supervisionado - GF, GE e GM) e Recomendações, observou-se melhoras no $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ de +14,5% e +11,2%, respectivamente. Além disso, houve aumento no LV1 absoluto somente para o grupo Supervisão ($p<0,001$, +11,3%) e no LV1 relativo tanto para Supervisão (+22,8%, $p<0,001$) quanto Recomendações (+10%, $p=0,010$). No que se refere às taxas de efeito, observou-se que homens apresentaram 5,3 mais chances que mulheres em aumentar o $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ absoluto, 4,6 chances de aumentar o $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ relativo e 6,5 chances de aumentar LV1 absoluto quando submetidos a supervisão ($p<0,05$). Diante dos resultados, atenção especial em relação ao sexo é essencial na proposta e

desenvolvimento de treinamento voltado para as respostas cardiovasculares em pessoas com obesidade. Além disso, é enfatizada a importância da prática de exercícios físicos de forma planejada e supervisionada, a fim de se obter melhores resultados para a aptidão cardiorrespiratória.

Palavras-chaves: obesidade, treinamento, consumo máximo de oxigênio, limiar ventilatório, sexo.

EFFECT OF DIFFERENT EXERCISE PROGRAMS ON CONDITIONING INDICES FOR AEROBIC PERFORMANCE IN OBESE WOMEN AND MEN ADULTS

ABSTRACT

A safe strategy to reduce and prevent the incidence of comorbidities among obese individuals is to improve cardiorespiratory fitness with physical exercise. The objective was to evaluate the effect of different types of exercise programs on the maximal and submaximal responses of oxygen consumption during an incremental test in obese women and adult men. This study was developed in a population of 96 obese people distributed in groups of strength training (GF), aerobic training (GE), combined strength and resistance training (GM) and training based on physical activity recommendations (GR). The group of recommendations followed the general guidelines for physical activity. All were submitted to dietary intervention based on a low-calorie diet (25-30% reduction in daily expenditure). The intervention lasted 22 weeks. The results indicated an increase in $\dot{V}O_{2peak}$ only for GM (+ 9.9%; $p < 0.001$), whose values differed between GE ($p = 0.006$) and GR ($p = 0.002$). For the relative $\dot{V}O_{2peak}$, an increase was observed in all groups ($p < 0.001$), with different responses only between GM and GR (+ 21.1%; $p = 0.037$). The value of VT1 improved only for the GE (+12.7%; $p = 0.003$) and GM (+ 16.4%; $p < 0.001$) groups, but the relative VT1 increased to GF (+ 15.5%), GE (+ 24.8%) and GM (+28.4%) with $p < 0.001$, and for GR (+10%, $p = 0.016$). When grouping responses by sex, the absolute $\dot{V}O_{2peak}$ improved only in men (+6.2%, $p < 0.001$), but the relative $\dot{V}O_{2peak}$ increased both in men (+16.8%; $p < 0.001$) and in women (+10.7%, $p < 0.001$), as well as the responses of absolute and relative VT1 with percentages between women and men of +9.4% and +8.4% (absolute) and +20.4% and +19, 2% (relative) all with $p < 0.001$. When grouping the responses in Supervision and Recommendations, there was an improvement in $\dot{V}O_{2peak}$ of +14.5% and +11.2%, respectively. There was also an increase in absolute VT1 only for the Supervision group ($p < 0.001$, +11.3%) and in the relative VT for both Supervision (+22.8%, $p < 0.001$) and Recommendation (+10%, $p = 0.010$). Regarding the effect rates, it was observed that men are 5.3 times more likely than women to increase $\dot{V}O_{2peak}$, 4.6 chances to increase relative $\dot{V}O_{2peak}$ and 6.5 chances to increase absolute VT1 when submitted to supervision ($p < 0.05$). In view of the important results, special attention in

relation to sex is essential in the proposal and development of training aimed at cardiovascular responses for people with obesity. In addition, the importance of practicing physical exercises in a planned and supervised manner is emphasized, in order to obtain better results in cardiorespiratory fitness.

Keywords: obesity; training; maximum oxygen consumption; ventilatory threshold; sex.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Planejamento da intervenção do GE	62
Quadro 2 - Características da prescrição do treinamento de força para GF e GM...	65
Quadro 3 - Resumo da intervenção de acordo com o grupo e a semana	68

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Curva de mortalidade vs IMC	23
Figura 2 - Interação entre a genética e o ambiente na fisiopatologia da obesidade	26
Figura 3 - Alterações nos tecidos e órgãos relacionados a prática do exercício aeróbio	31
Figura 4 - Alterações nos tecidos, órgãos e articulações relacionados a prática do exercício de força	32
Figura 5 - Ventilação pulmonar, concentração sanguínea de lactato e consumo de oxigênio durante o exercício gradativo até a intensidade máxima	41
Figura 6 - Determinação do primeiro limiar através do método V-Slope ($\dot{V}CO_2/\dot{V}O_2$)	42
Figura 7 - Determinação do segundo limiar ou PCR através do método V-Slope ($\dot{V}E/\dot{V}CO_2$)	42
Figura 8 - Randomização amostral	57
Figura 9 - Desenho experimental	61
Figura 10 - Sequência dos exercícios de força	64
Figura 11 - Plano de exercícios para GM	67
Figura 12 - Ilustração do perfil de resposta do $\dot{V}O_2$ e do procedimento de determinação de LV1 através do V-Slope	72
Figura 13 - Análise do VO_{2pico} e LV1 de acordo com o tipo de intervenção	73
Figura 14 - Análise da potência e do coeficiente de custo de O_2 de acordo com o tipo de intervenção	75
Figura 15 - Análise do VO_{2pico} e LV1 de acordo com o sexo	77
Figura 16 - Análise da potência e do coeficiente de custo de O_2 de acordo com o sexo	79
Figura 17 - Análise do VO_{2pico} e LV1 para os grupos de Supervisão e Recomendações	81
Figura 18 - Análise da potência e do coeficiente de custo de O_2 para os grupos de Supervisão e Recomendações	83

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características da amostra	71
Tabela 2 - Taxa da ocorrência de efeito dos diferentes protocolos sobre as variáveis da aptidão física entre os sexos	85
Tabela 3 - Taxa da ocorrência de efeito dos diferentes protocolos sobre as variáveis da aptidão física entre prática de exercício/atividade física supervisionada ou não-supervisionada	87
Tabela 4 - Resultado das correlações entre as variáveis do estudo de acordo com o grupo de treinamento	89
Tabela 5 - Resultado das correlações entre as variáveis do estudo de acordo com o sexo.....	91
Tabela 6 - Resultado das correlações entre as variáveis do estudo de indivíduos treinados de forma supervisionada e de sujeitos que somente receberam recomendações.....	92

LISTA DE SIGLAS

AC	Aptidão cardiorrespiratória
ATP	Adenosina trifostato
CC	Circunferência da cintura
CO ₂	Dióxido de carbono
DC	Débito cardíaco
DCV	Doença cardiovascular
EPOC	Excesso de consumo de oxigênio pós-exercício
FC	Frequência cardíaca
FC _{máx}	Frequência cardíaca máxima
FC _{pico}	Pico da frequência cardíaca
FRC	Frequência cardíaca de reserva
GE	Grupo que realizou somente o treinamento de <i>endurance</i>
GF	Grupo que realizou somente o treinamento de força
GM	Grupo que realizou o treinamento de força com o de <i>endurance</i>
GR	Grupo que recebeu recomendações para a prática da atividade física
IMC	Índice de massa corporal
Kg	Quilograma
La	Limiar aeróbio
Lan	Limiar anaeróbio
LV1	Limiar ventilatório 1 ou anaeróbio
LL	Limiar de lactato
MET	Equivalente metabólico
mlO ₂	Mililitro de O ₂
O ₂	Gás oxigênio
OMS	Organização Mundial de Saúde
P _{ET} CO ₂	Maior pressão expirada de CO ₂
P _{ET} O ₂	Menor pressão expirada de O ₂
QR	Quociente respiratório
TF	Treinamento de força
RM	Repetições máximas

ROS	Espécies reativa de oxigênio
$V\text{CO}_2$	Volume de CO_2
VE	Ventilação por minuto
$\dot{V}_E \times \dot{V}\text{CO}_2^{-1}$	Equivalente respiratório de CO_2
$\dot{V}_E \times \dot{V}\text{O}_2^{-1}$	Equivalente respiratório de O_2
VO_2	Volume de O_2
VO_2C	Coeficiente de custo de O_2
$\text{VO}_{2\text{máx}}$	Captação pulmonar máxima de oxigênio
$\text{VO}_{2\text{pico}}$	Pico do volume do oxigênio
W	Watts
%G	Percentual de gordura

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 JUSTIFICATIVA	18
3 OBJETIVOS	20
3.1 Objetivo Geral	20
3.2 Objetivos Específicos	20
4 HIPÓTESES	21
5 REFERENCIAL TEÓRICO	22
5.1 Obesidade	22
5.1.1 Fisiopatologia da obesidade	24
5.1.2 Tratamento da obesidade	27
5.2 Aptidão cardiorrespiratória	33
5.2.1 Aptidão cardiorrespiratória e consumo máximo de oxigênio ($\dot{V}O_{2máx}$)	33
5.2.2 Aptidão cardiorrespiratória e limiares	38
5.2.3 Aptidão cardiorrespiratória e tipos de treinamento físico	43
5.2.4 Relação entre a aptidão cardiorrespiratória e a morbidade, mortalidade e doenças	49
5.3 Economia ou custo de movimento	52
6 MATERIAIS E MÉTODOS	55
6.1 Tamanho amostral	55
6.2 Delineamento experimental	56
6.3 Protocolos de testes	58
6.3.1 Determinação da massa corporal total e índice de massa corporal	58
6.3.2 Teste incremental máximo	58
6.3.3 Força dinâmica máxima	60
6.4 Protocolos de treinamento	60
6.4.2 Intervenção dietética	69
6.5 Análise estatística	69
7 RESULTADOS	71
8 DISCUSSÃO	93
9 CONCLUSÃO	101
REFERÊNCIAS	104

1 INTRODUÇÃO

O problema do sobrepeso e da obesidade é o risco para outras doenças crônicas não transmissíveis, como a hipertensão e o diabetes, alguns tipos de câncer, doenças cardiovasculares, hipercolesterolemia, apneia do sono, problemas psicossociais, entre outros que podem comprometer a qualidade de vida e, conseqüentemente, aumentar o perigo de morte (CHAUDHARY *et al.*, 2019; HUBERT *et al.*, 1983; KHAN *et al.*, 2020). Em geral, a perda de peso corporal (~5-10%) com a concomitante redução do Índice de Massa Corporal (IMC) é considerada uma ação relevante para a saúde, pois pode ocasionar uma melhora nos níveis lipídicos, glicêmicos e pressóricos, diminuindo, assim, o risco cardiovascular (DOUKETIS *et al.*, 2005; FLECK; MATTIE; MARTENSEN III, 2006; KASHIWAGI *et al.*, 2017).

Contudo, indivíduos com reduzida aptidão cardiorrespiratória (i.e., indexada pelo consumo máximo de oxigênio, $\dot{V}O_{2\text{máx}}$) apresentam maior risco de mortalidade independentemente do IMC; ou seja, o aumento da aptidão cardiorrespiratória está relacionado a melhorias nos parâmetros de saúde, em qualquer nível de peso corporal (O'DONOVAN *et al.*, 2012; RICKETTS *et al.*, 2016)

Pressupõe-se, assim, que a realização de exercícios físicos com o objetivo de aumentar o $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ é uma estratégia eficaz e segura para a prevenção primária e secundária de doenças cardiovasculares (DCV) entre indivíduos de diferentes faixas etárias e IMC, além de reduzir o risco de mortalidade relacionada à obesidade (CARBONE; BUONO *et al.*, 2019; OKTAY *et al.*, 2017).

Porém, o $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ quando representado em relação ao peso corporal (i.e., $\text{ml} \times \text{min}^{-1} \times \text{kg}^{-1}$) torna-se sensível à redução do peso corporal com a intervenção nutricional (e.g., restrição da ingestão calórica), sem ou com a combinação com exercícios físicos, podendo refletir em uma melhora do $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ sem necessariamente refletir em aumento efetivo no desempenho durante exercícios aeróbios, que envolve a melhora na capacidade do metabolismo oxidativo muscular em suprir a elevada taxa energética durante exercícios de alta intensidade (GORAN *et al.*, 2000). Todavia, a redução do peso corporal afeta favoravelmente a capacidade de transporte e, conseqüentemente, a demanda energética durante o exercício (i.e., economia de movimento), permitindo maior carga de trabalho para uma mesma demanda de $\dot{V}O_2$ (ANTON-KUCHLY; ROGER; VARENE, 1984; BERGH *et al.*, 1991).

De fato, a economia de movimento com a redução de peso corporal pode favorecer um melhor desempenho durante o exercício máximo ou submáximo, devido (i) ao menor emprego de energia mecânica para uma determinada intensidade de esforço, reduzindo o custo energético durante o exercício submáximo, ou (ii) à disponibilidade maior de $\dot{V}O_2$ por quilograma de peso corporal em exercícios máximos, que sugerem melhor condicionamento sem alterar a capacidade do tecido de absorver O_2 (BORGES *et al.*, 2018; HOFF; GRAN; HELGERUD, 2002; LAY *et al.*, 2002). No entanto, um melhor desempenho durante o exercício também pode ser alcançado como efeito do treinamento aeróbio sobre a função da fibra muscular, independentemente das alterações em peso corporal. Comumente, por efeito do exercício aeróbio ocorrem alterações do padrão de recrutamento e ativação de fibras musculares do tipo I, demandando menor custo $\dot{V}O_2$ (i.e., maior economia) e maior eficiência mecânica (i.e., maior taxa de conversão de energia química em energia mecânica) que refletem favoravelmente sobre a capacidade de desempenho em intensidade submáxima e máxima (HOROWITZ; SIDOSSIS; COYLE, 1994; KRAEMER *et al.*, 1995; KRAEMER; FLECK; DESCHENES, 2016; PUTMAN *et al.*, 2004)

Todavia, essas alterações também são observadas com o treinamento de força (TF). Estudos têm demonstrado que o aumento da capacidade de força muscular também melhora o desempenho das tarefas motoras, seja pelas adaptações de controle das fibras I e IIa, quanto pelos ajustes na mecânica do movimento (trajetória, velocidade, força) que culminam em uma maior capacidade de transporte que ocorrem de forma independente das alterações no peso corporal (IBANEZ *et al.*, 2005; SILLANPÄÄ *et al.*, 2009; VILLAREAL *et al.*, 2017). De qualquer forma, a preocupação das intervenções com um programa de exercícios físicos para pessoas obesas, ou com sobrepeso, é a redução da gordura corporal, peso corporal, e melhor condicionamento cardiorrespiratório e muscular, representados pelos fatores clássicos (e.g., alta densidade mitocondrial, aumento da difusão de O_2 e perfusão sanguínea), do aumento da capacidade e potência aeróbia (NICKLAS *et al.*, 2015). Entretanto, obesos sedentários que iniciam um programa de exercícios não têm condições de treino em zonas propícias para o desenvolvimento do $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$, o que conduz a especulação sobre quais fatores devem ser analisados durante um teste incremental para avaliar as alterações de condicionamento físico entre pessoas obesas (SALVADEGO *et al.*, 2010).

Apesar destas considerações, é evidente que o aumento do $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ se correlaciona com a perda de peso corporal, mas cabe destacar que homens e mulheres apresentam perfis diferentes para a relação entre $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ e peso corporal sugerindo que há efeito das diferenças sexuais nos ajustes da aptidão cardiorrespiratória máxima (FRANCO *et al.*, 2014; GOROSTEGI-ANDUAGA *et al.*, 2018; RACETTE *et al.*, 2017; VALENTINE *et al.*, 2009) e sobre o desempenho durante o exercício submáximo (WHEATLEY *et al.*, 2014) em função de um programa de exercícios aeróbios. No entanto, as informações sobre as mudanças na capacidade de desempenho (i.e., $\dot{V}O_{2\text{máx}}$, limiar ventilatório e economia de corrida), como efeito de diferentes programas de exercícios e suas combinações, entre obesos de diferentes sexos ainda requerem análises adicionais para revelar, por exemplo, o quanto se alteram de acordo com o treinamento e por sexo e se há relações determinantes entre os índices para constatar aumento da aptidão física.

2 JUSTIFICATIVA

Tanto o treinamento com exercícios aeróbios quanto o de força, ou suas combinações, promovem ajustes metabólicos e/ou morfológicos que afetam, diferentemente, o balanço energético, a massa gorda, a massa magra, o $\dot{V}O_{2\text{máx}}$, o limiar anaeróbio e o condicionamento muscular (DONNELLY *et al.*, 2009; FLECK; MATTIE; MARTENSEN III, 2006; HUGHES; ELLEFSEN; BAAR, 2018; MIKKOLA *et al.*, 2012; SÁ *et al.*, 2013). Todavia, quando se pretende explicar o motivo pelo qual indivíduos obesos demandam maior $\dot{V}O_2$ para realizar os mesmos exercícios do que indivíduos mais leves, certamente se recorre à definição de custo de transporte (i.e., economia) (GORAN *et al.*, 2000; SALVADEGO *et al.*, 2017). Ou seja, a perda de peso corporal *per se* propicia redução do custo de transporte (i.e., aumento da economia) que afeta seguramente a capacidade de desempenho em intensidades submáximas, dado ao impacto negativo de um maior $\% \dot{V}O_{2\text{máx}}$ sobre o tempo até a exaustão para uma mesma intensidade de exercício ao comparar indivíduos com e sem excesso de peso corporal (GORAN *et al.*, 2000; JABBOUR; MAJED, 2019).

No entanto, aumentar a capacidade de desempenho pela redução do custo energético para um determinado movimento pode indicar o efeito do treinamento sobre aspectos da coordenação e controle do músculo, ou seja, pela modificação do nível de habilidade, que também pode ser considerada como uma variável da condição física (SPARROW; NEWELL, 1998). Consequentemente, um comportamento motor mais econômico exterioriza um custo energético minimizado por ações motoras mais organizadas, geralmente por efeito do treinamento resistido sobre a força muscular, que provavelmente estão relacionados às adaptações neurais (e.g., aprimoramento do recrutamento e sincronização das unidades motoras, frequência de disparo e alterações na ativação agonista-antagonista, adiamento da ativação de fibras menos eficientes), que tornam o esforço menor reduzindo a demanda por $\dot{V}O_2$ (HAKKINEN *et al.*, 1998; LI *et al.*, 2019; SCHUMANN *et al.*, 2016).

Porém, os ajustes fisiológicos comumente relacionados ao aumento da capacidade de desempenho máximo e submáximo com o treinamento envolvem as alterações na capacidade de difusão pulmonar, débito cardíaco máximo, capacidade de transporte de oxigênio no sangue e as características do músculo esquelético, as quais contribuem para o aumento de $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ e $\% \dot{V}O_{2\text{máx}}$ no LL (limiar de lactato), bem

como no desempenho (BASSET; HOWLEY, 2000). Então, quais mudanças são esperadas para caracterizar a capacidade de desempenho entre indivíduos obesos de diferentes sexos face ao engajamento em um programa de treinamento com exercícios aeróbios, resistidos, suas combinações, e controle dietético? A resposta para essa pergunta ainda é muita vaga, mas certamente o teste incremental máximo garante uma condição apropriada para analisar tal auto-organização do indivíduo (interação táctica, mecânica e metabólica) na execução de exercícios em intensidades leve a vigorosa (MCNARRY; WELSMAN; JONES, 2011; PEDERSEN *et al.*, 2002).

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

O objetivo deste estudo foi analisar o efeito de diferentes programas de exercícios sobre os índices máximo e submáximo da aptidão aeróbia e sobre o desempenho em teste incremental em mulheres e homens adultos obesos.

3.2 Objetivos Específicos

- Verificar o efeito do treinamento, dentre os protocolos de exercícios propostos para o presente estudo, sobre a magnitude das alterações dos índices aeróbios máximo ($\dot{V}O_{2\text{pico}}$) e submáximo (primeiro limiar ventilatório, LV1), as respectivas intensidades de esforço (potência) e o custo de O_2 entre mulheres e homens adultos obesos.
- Verificar se as alterações esperadas variam de acordo com o sexo, com efeito maior que aquele observado pelo agrupamento por protocolos de treinamento, que analisará a sensibilidade do treinamento por sexo dos índices aeróbios máximo ($\dot{V}O_{2\text{pico}}$) e submáximo (LV1), suas respectivas intensidades de exercícios (potência) e custo de O_2 em obesos.
- Verificar se as alterações esperadas variam de acordo com o tipo de supervisão (i.e., protocolos supervisionados vs. não-supervisionado), com efeito superior ao agrupamento por sexo ou por protocolo, que analisará se o controle dos exercícios torna a magnitude dos efeitos maiores sobre os índices aeróbios máximo ($\dot{V}O_{2\text{pico}}$) e submáximo (LV1), suas respectivas intensidades de exercícios (potência) e custo de O_2 entre mulheres e homens adultos obesos.

4 HIPÓTESES

H₀: Os protocolos com exercícios aeróbios e combinados (aeróbios e resistido) são superiores aos demais protocolos na alteração favorável dos índices aeróbios máximo ($\dot{V}O_{2\text{pico}}$) e submáximo (LV1), suas respectivas intensidades de exercícios (potência) e custo de O₂ entre adultos obesos, independentemente do sexo e do tipo de supervisão;

H₁: Os protocolos de treinamento tendem a promover melhoras diferentes entre os sexos ao comparar as alterações entre homens e mulheres dos índices aeróbios máximo ($\dot{V}O_{2\text{pico}}$) e submáximo (LV1), suas respectivas intensidades de exercícios (potência) e custo de O₂ entre adultos obesos, independentemente do tipo de supervisão;

H₂: Os protocolos de treinamento tendem a promover melhoras diferentes conforme o tipo de supervisão, quanto aos índices aeróbios máximo ($\dot{V}O_{2\text{pico}}$) e submáximo (LV1), suas respectivas intensidades de exercícios (potência) e custo de O₂ entre adultos obesos, independentemente do sexo;

H₃: Tem-se por expectativa que os protocolos de treinamento aeróbio e combinado apresentem maior magnitude de efeito sobre os índices aeróbios máximo ($\dot{V}O_{2\text{pico}}$) e submáximo (LV1), entre adultos obesos, com diferenças entre os sexos;

H₄: Tem-se por expectativa que os protocolos de treinamento supervisionados (endurance, misto e resistido) apresentem maior magnitude de efeito sobre o custo de O₂ entre adultos obesos, com diferenças entre os sexos.

H₅: Tem-se por expectativa que a magnitude do efeito sobre os índices aeróbios máximo ($\dot{V}O_{2\text{pico}}$) e submáximo (LV1), entre adultos obesos apresente associação com o efeito sobre o custo de O₂, com diferenças entre os sexos e protocolos de treinamento.

5 REFERENCIAL TEÓRICO

5.1 Obesidade

Segundo Guedes e Guedes (2003), a obesidade é considerada como o acúmulo excessivo de gordura no tecido adiposo, regionalizado ou em todo o corpo, desencadeado por uma série de fatores associados aos aspectos ambientais e/ou endócrino-metabólicos. Esses mesmos autores relatam que a obesidade exógena reflete o excesso de gordura corporal decorrente do equilíbrio energético positivo entre a ingestão e a demanda energética e que este tipo de obesidade é responsável por 98% dos casos. O restante é a chamada obesidade endógena, proveniente de problemas hormonais.

Embora todos os fenótipos de obesidade não compartilhem as mesmas características, este distúrbio tem sido reconhecida como um grande problema de saúde em todo o mundo (BOONCHAYA-ANANT; APOVIAN, 2014).

A prevalência da obesidade quase dobrou nos últimos 30 anos (BELEIGOLI *et al.*, 2019). Esta epidemia representa um ônus para a sociedade e para o sistema público de saúde por associar-se a importante morbimortalidade. Em 2005, a Organização Mundial da Saúde (OMS) estimou que aproximadamente 400 milhões de adultos eram obesos (SOUZA; GUEDES; BENCHIMOL, 2015).

A obesidade está associada a um risco aumentado de diabetes tipo 2, hipertensão, dislipidemia, doenças cardiovasculares, distúrbios musculoesqueléticos, estresse psicológico e certos tipos de câncer (REGUERO *et al.*, 2021). Todas essas morbidades aumentam significativamente a mortalidade e reduzem a qualidade de vida (AFSHIN *et al.*, 2017). A obesidade também prejudica a qualidade muscular e diminui a capacidade física (BRADY; STRAIGHT; EVANS, 2014; MAFFIULETTI *et al.*, 2007).

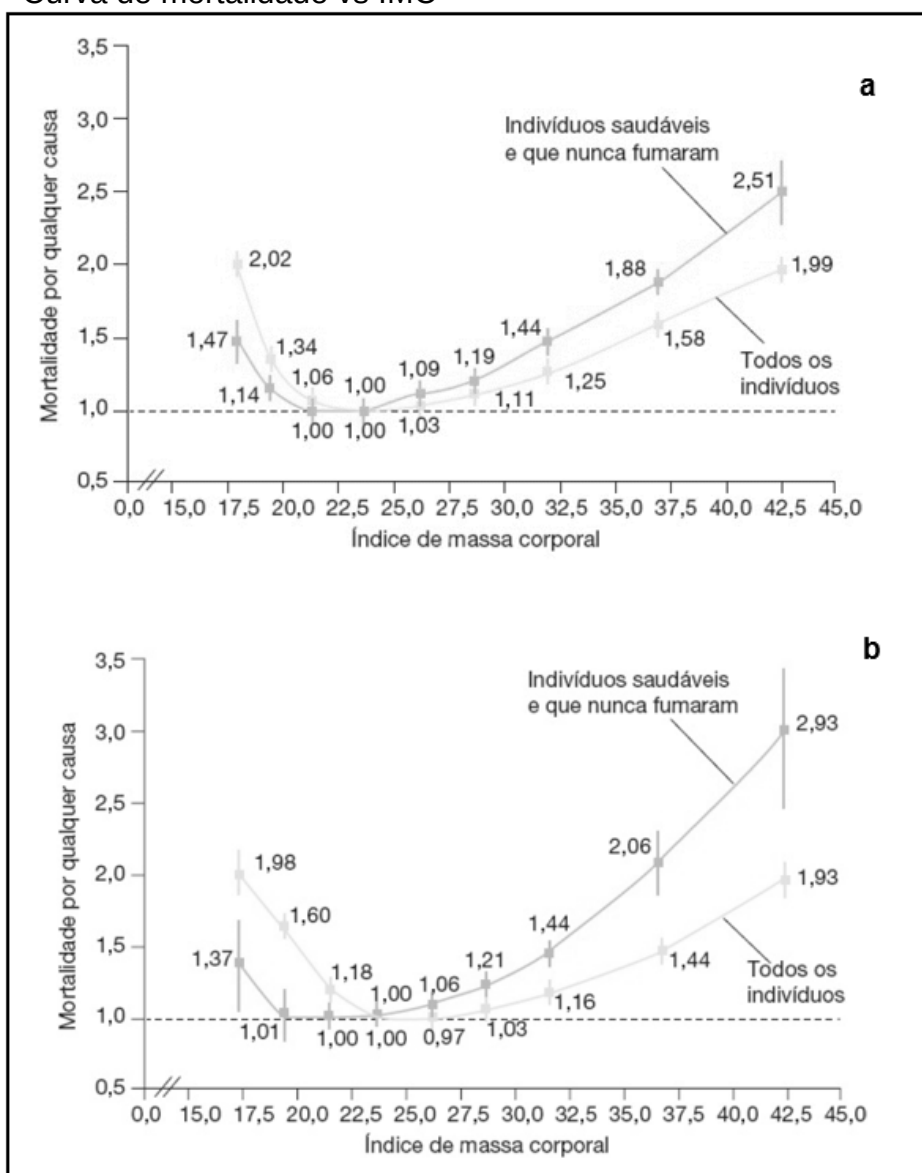
A identificação de obesidade mais utilizada é baseada no IMC, que retrata o grau de corpulência, porém sem definir exatamente o conteúdo corporal de gordura ou de massa magra. Este índice foi desenvolvido por Lamber Quételet no fim do século 19, e tornou-se um preditor de obesidade adotado pela OMS (SOUZA; GUEDES; BENCHIMOL, 2015). Segundo a OMS, valores de IMC iguais ou superiores

a 25 kg/m² caracterizam excesso de peso e valores a partir de 30 kg/m² obesidade (VIVOLO; SAMO, 2015).

O IMC elevado foi relacionado a 4 milhões de mortes em todo o mundo em 2015, com mais de dois terços delas causadas por DCV (AFSHIN *et al.*, 2017). No estudo de Greenberg (2001), a determinação da média do IMC durante a vida adulta demonstrou ser um preditor de mortalidade mais confiável que sua determinação em um momento apenas.

Na Figura 1 é possível observar que há um aumento linear na mortalidade por qualquer causa, a partir de um IMC de 30 kg/m².

Figura 1 - Curva de mortalidade vs IMC



Legenda: a: mulheres; b: homens.

Fonte: adaptada de Berrington de Gonzalez *et al.* (2010).

Apesar do IMC ser de grande valia para determinação da obesidade e preditor principalmente de doenças crônicas não transmissíveis, recomenda-se a avaliação da composição corporal de toda a população, pois há indivíduos que apesar de apresentarem um IMC e peso normais, sua constituição corporal tem um alto percentual de gordura (KAPOOR *et al.*, 2019; LORENZO *et al.*, 2006).

5.1.1 Fisiopatologia da obesidade

Contemporaneamente, diante da epidemia de obesidade que vivemos, tornou-se muito importante o entendimento dos motivos que levam as pessoas a aumentarem seu peso corporal total.

5.1.1.1 Balanço energético

De acordo com a lei de conservação de energia, primeira lei da termodinâmica, a energia não se cria, nem se destrói, porém pode trocar de forma. No ser humano, a energia necessária para atender à demanda solicitada pelo trabalho biológico é sintetizada dos alimentos que são consumidos. Quando o consumo é maior que a demanda energética, ocorre o aumento da massa de gordura e consequente aumento do peso corporal, mas quando o consumo energético é menor que a demanda energética, ocorre a redução do peso corporal total e se o consumo energético for igual a demanda energética ocorre a manutenção do peso corporal (GUEDES; GUEDES, 2003).

Além do consumo energético total, deve-se considerar no balanço energético o equilíbrio entre os nutrientes, pois o corpo humano é capaz de armazenar até 300 vezes mais calorias sob a forma de gordura do que de carboidrato (glicogênio). Outra diferença está relacionada com a utilização: carboidratos são utilizados mais rapidamente, enquanto as gorduras garantem o fornecimento a longo prazo (KRAEMER; FLECK; DESCHENES, 2016).

As proteínas constituem normalmente cerca de 15% do total de calorias da dieta. Já com relação ao total de calorias estocado no organismo de um homem de 70 kg, até um quinto é composto de proteínas. A ingestão diária de proteínas equivale a pouco mais de 1% do total proteico armazenado. O balanço proteico é, portanto, rigidamente controlado e seu desequilíbrio não está envolvido diretamente no

aparecimento da obesidade, embora se saiba que, indiretamente, a ingestão proteica pode afetar o balanço das gorduras. Já o aumento na ingestão dietética de carboidratos estimula o armazenamento de glicogênio, aumenta a oxidação da glicose e suprime a oxidação das gorduras. O excesso de carboidratos que não é convertido em glicogênio é oxidado, de forma a manter o balanço equilibrado. Dessa forma, um aumento crônico na ingestão de carboidratos não causa diretamente o ganho de peso, porque os estoques são limitados e existe um aumento da oxidação para compensar o aumento da ingestão. Por fim, diferentemente do que ocorre com as proteínas e os carboidratos, os estoques de gordura do organismo são enormes. E em condições fisiológicas, a gordura é o único nutriente capaz de se manter em um desequilíbrio crônico entre ingestão e oxidação, o que promove um aumento do tecido adiposo (ANGELUCCI; MANCINI, 2015).

5.1.1.2 Ambiente e genética

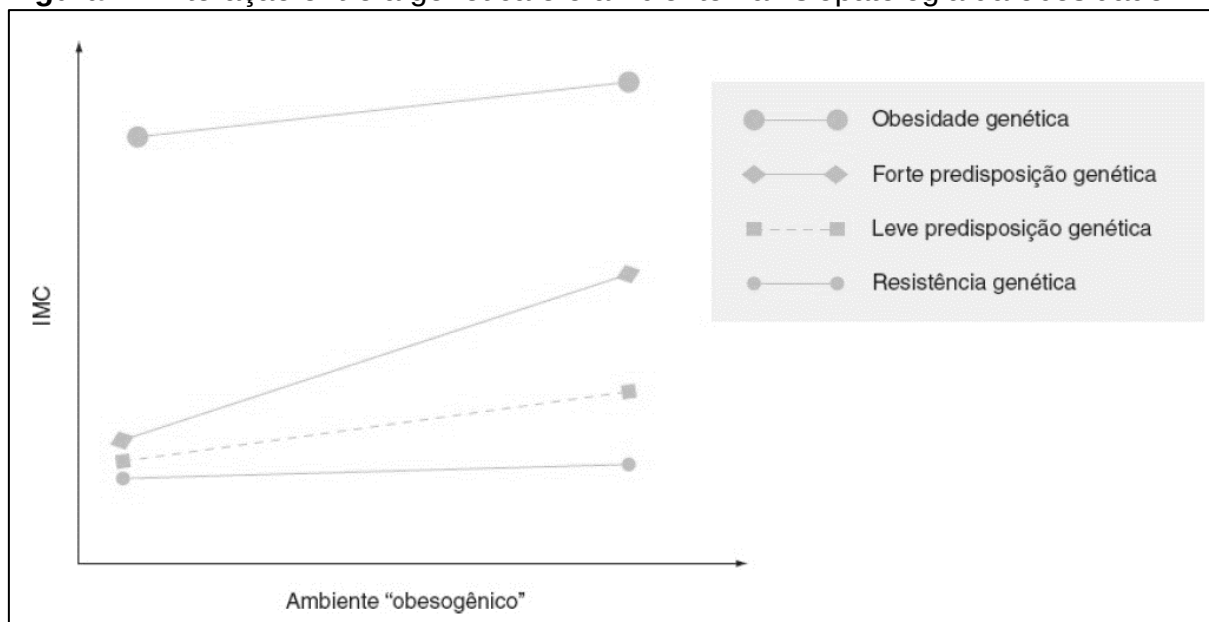
O aumento expressivo da prevalência da obesidade nas últimas décadas é resultado principalmente de mudanças no “ambiente”, ou seja, aumento do consumo de alimentos altamente calóricos e diminuição do gasto energético pela atividade física (EHRMAN *et al.*, 2017). Fato este que está claro para os epidemiologistas, pois é muito provável que nos últimos tempos não tenham ocorrido alterações substanciais nas características genéticas da população em geral, enquanto que as mudanças nos hábitos de vida parecem ter sido muito relevantes (GUEDES; GUEDES, 2003). Apesar disso, a obesidade apresenta importantes variações intra e inter indivíduos e nesse contexto, os atributos geneticamente transmitidos dão origem ao genótipo. Contudo, a magnitude com que o potencial genético se manifesta depende fundamentalmente das condições ambientais, o que constitui o fenótipo (POWERS; HOWLEY, 2014).

A chance de um indivíduo se tornar obeso na vida adulta é influenciada tanto pelo fato deste ter sido uma criança obesa quanto pelo fato de ter pelo menos um dos pais obeso. Nos seres humanos, a carga genética explica de 40 a 70% da diferença de peso corporal entre os indivíduos, mas nem todos os indivíduos ganham a mesma quantidade de peso quando expostos às dietas hipercalóricas. Estudos em populações específicas demonstram bem o efeito do ambiente em indivíduos geneticamente suscetíveis. Estes, quando expostos a um mesmo ambiente, alguns indivíduos são muito mais propensos a ganhar peso do que outros indivíduos não

considerados sensíveis do ponto de vista genético. Isso ocorre, entre outras coisas, por diferenças em múltiplos genes envolvidos em diversos aspectos do balanço energético, como, por exemplo, a capacidade de formar tecido adiposo (lipogênese) e a de utilizar a gordura como substrato energético (ANGELUCCI; MANCINI, 2015).

Os autores citados no parágrafo anterior relatam ainda que em uma população com disponibilidade calórica limitada, o indivíduo com alta suscetibilidade genética pode ter um grau de adiposidade relativamente maior que a média, mas em níveis absolutos normais ou até baixos. Entretanto, submetida a dietas hipercalóricas e hipergordurosas, o grau de adiposidade será maior em todos os indivíduos, levando os geneticamente mais suscetíveis à obesidade mórbida (Figura 2).

Figura 2 - Interação entre a genética e o ambiente na fisiopatologia da obesidade



Fonte: Angelucci e Mancini (2015).

5.1.1.3 Determinantes comportamentais e socioeconômicas

Mecanismos associados aos fatores comportamentais podem contribuir para o equilíbrio energético positivo, levando à obesidade. Por exemplo, indivíduos que apresentam hábitos exacerbados quanto ao consumo de bebidas alcoólicas estão mais propensos a apresentar obesidade em razão do excesso energético deste elemento e de uma menor oxidação das gorduras na presença neste organismo (OOSTERVEEN *et al.*, 2017; TRAVERSY; CHAPUT, 2015).

Já o tabagismo parece demonstrar fraca associação com o peso corporal, no entanto está associado ao aumento da gordura localizada na região abdominal, pois esta relação é mediada pelas alterações nos níveis de produção de hormônios sexuais e dos glicocorticosteroides em consequência da exposição do organismo ao fumo (SÁNCHEZ-JOHNSSEN, 2005). Por outro lado, alguns sujeitos não querem deixar o hábito do tabagismo com o receio do aumento da gordura corporal total (KOS, 2020).

Em relação ao nível socioeconômico, sabe-se que a população de menor poder aquisitivo poderá apresentar excesso de gordura e de peso corporal em razão de incluir maior proporção de gorduras e de carboidratos em sua dieta em detrimento das proteínas e dos nutrientes reguladores, pelos primeiros serem alimentos mais acessíveis no mercado, além de mais baratos em relação ao segundo conjunto de alimentos (VIEIRA; SICHIERI, 2008). Não somente a renda, mas a estrutura familiar, a educação e a idade são as principais causas das escolhas alimentares (a decisão de comprar um determinado produto alimentar). Diante desta situação, Dogbe, Salazar-Ordóñez e Gil (2021), propõem que as políticas governamentais sejam abrangentes, ou seja, direcionadas a diferentes grupos de indivíduos com base em suas características socioeconômicas, atitudes, crenças e percepções sobre o peso corporal.

Slomp *et al.* (2019) ao citar outros autores, destaca que além de um ambiente alimentar rico em alimentos altamente calóricos, a sociedade moderna também é caracterizada por níveis relativamente altos de estresse externo e psicossocial, definido como uma ameaça contínua ou antecipada à homeostase ou ao bem-estar. Embora alguns indivíduos tenham apetite e ingestão de alimentos diminuídos após a exposição ao estresse, a maioria dos indivíduos consumirá mais calorias e mudará sua preferência para alimentos mais palatáveis.

5.1.2 Tratamento da obesidade

Existem diferentes tipos de tratamento para obesidade, tais como comportamentais, farmacológicos e cirúrgicos. No entanto, neste tópico daremos destaque a terapia dietética e ao exercício físico.

5.1.2.1 Terapia dietética

Sabe-se que para baixar o peso, o balanço de energia deve ser negativo. Portanto, o primeiro passo deve ser a redução de calorias. A quantidade mínima para manter o peso é de cerca de 1.200 kcal/dia e a ingestão mínima de calorias de modo que se garanta uma ingestão adequada de micro e macronutrientes essenciais é de 500 kcal/dia, sob supervisão médica (EHRMAN *et al.*, 2017).

De acordo com Halpern e Rodrigues (2015), indivíduos que seguem uma dieta de baixa densidade energética têm maior consumo volumétrico, e isso dá subsídios para fazer uma orientação alimentar na qual não é preciso comprometer o volume consumido. Além disso, é possível afirmar que a mudança nas escolhas alimentares não implicaria aumento da sensação de fome e não comprometeria, pelo menos neste sentido, a adesão à dieta a longo prazo. O reforço positivo para aumentar o consumo de verduras, legumes e frutas parece ser mais efetivo que as orientações baseadas nas restrições de gordura.

Segundo Ehrman *et al.* (2017), a maioria das dietas hipocalóricas para a perda de peso definem em geral um balanço de nutrientes com uma ingestão de 500 kcal a 750 kcal abaixo do necessário para manutenção. Normalmente, é necessário um déficit de 7.700 kcal para que um indivíduo perca 1 kg, e essas dietas podem alcançar uma média de perda de peso de cerca de 0,45 kg por semana.

Vale destacar ainda que o consumo energético não é diretamente relacionado com o peso dos alimentos. A energia provém dos macronutrientes (carboidrato, proteína, lipídeo) e do álcool. A densidade energética é um conceito relativo ao total de energia (calorias) contido em determinada quantidade de alimento, representado pelo número de quilocalorias por grama (kcal/g). Tal valor é influenciado pela quantidade de água e pela composição de macronutrientes do alimento em questão. A gordura, com 9 kcal/g, tem maior interferência na densidade energética do que o álcool, o qual contribui com 7 kcal/g, e do que os carboidratos e as proteínas, que contêm 4 kcal/g. Por aumentar o peso do alimento, a quantidade de água também influencia, mas sem contribuir com a energia, deste modo, quanto maior a quantidade de água, menor a densidade energética. As fibras e frações indigeríveis do alimento também contribuem para a diminuição desta densidade (HALPERN; RODRIGUES, 2015).

5.1.2.2 Exercício Físico

Não há dúvidas que o exercício e a atividade física são importantes para que seja evitada o desenvolvimento da obesidade. Mas para o tratamento desta, o exercício por si só não comprovou o sucesso no longo prazo. Contudo, quando utilizado em conjunto com a terapia nutricional ou outras modalidades de tratamento é capaz de acelerar a perda de peso e prevenir o ganho de peso (WING *et al.*, 2006). Portanto, o exercício é um complemento importante para a restrição calórica com o intuito da perda de peso. Contribui para o déficit de energia e pode promover a manutenção do peso a longo prazo após a perda de peso (CATENACCI *et al.*, 2008). O exercício também pode atenuar algumas das consequências negativas da perda de peso na massa magra, nos ossos e na capacidade aeróbia (BOUCHONVILLE *et al.*, 2014; NICKLAS *et al.*, 2009, 2015; VILLAREAL *et al.*, 2011).

O *Guidelines for Exercise Testing and Prescription* do American College of Sports Medicine recomenda que programas de exercícios devem se concentrar em atividades físicas e exercício intencional de 60 a 90 minutos por semana para promover e manter a perda de peso (AMERICAN COLLEGE OF SPORT MEDICINE, 2013). Essas recomendações vão além das indicações gerais para a obtenção de benefícios para a saúde, que apontam para um gasto calórico de 1000 kcal a 2000 kcal por semana (30 minutos na maioria dos dias). Exercitar-se 300 minutos por semana ou aproximadamente 60 minutos por dia equivale aproximadamente a um gasto calórico semanal a cerca de 2500 kcal (EHRMAN *et al.*, 2017).

Para a maioria das pessoas, a atividade física parece influenciar nos hormônios reguladores do apetite, aumentando a sensação de saciedade imediatamente após o treino (SCHUBERT *et al.*, 2013). Além disso, tanto a atividade aeróbia quanto a atividade física de fortalecimento muscular podem levar ao aumento do gasto energético após o treino, que pode perdurar de poucas horas até dois dias (JAMURTAS *et al.*, 2004; KNAB *et al.*, 2011; WILLIAMSON; KIRWAN, 1997).

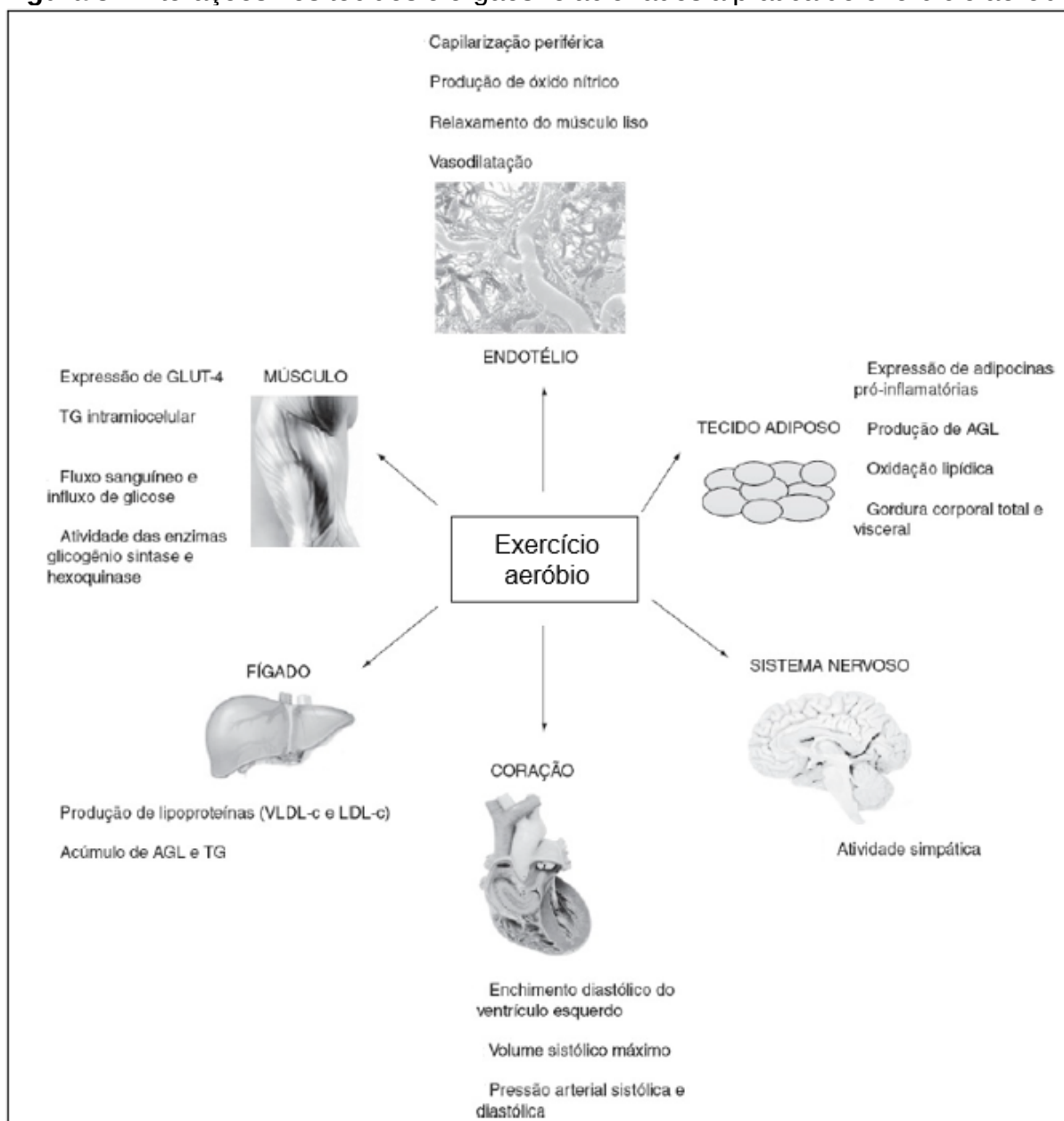
Basicamente os exercícios para obesos, com o intuito de reduzir a gordura corporal, devem ser compostos por exercícios aeróbios e de força, individualmente ou combinados (AMERICAN COLLEGE OF SPORT MEDICINE, 2013).

Os exercícios aeróbios aumentam o transporte de oxigênio para os músculos exercitados, que, por sua vez, utilizam mais estoques de gordura como substrato energético e poupam a utilização do glicogênio muscular (JESUS *et al.*, 2018).

Entretanto, a quantidade de exercícios aeróbios necessários para uma redução do peso corporal, provavelmente, está além da capacidade da maioria dos indivíduos obesos sem histórico de prática recente de exercícios. Contrariando esta afirmativa, Ades *et al.* (2009), utilizaram uma rotina de exercícios envolvendo um alto gasto calórico, em comparação com exercício que visava somente uma reabilitação cardíaca padrão. O gasto de energia nos grupos foi de 3000 kcal a 3500 kcal contra 700 kcal a 800 kcal / semana. O grupo submetido a um regime de gasto elevado perdeu significativamente mais peso ($8,4 \pm 4$ vs $3,7 \pm 5$ kg) ao longo de cinco meses de intervenção.

As expectativas quanto à prática de exercícios aeróbios, em termos de hemodinâmica e adaptações de outros sistemas fisiológicos, são semelhantes às que existem para aqueles que não são obesos ou não tem sobrepeso (WEISS *et al.*, 2007).

As Figuras 3 e 4 apresentam as modificações que os exercícios aeróbios e de força podem promover em um indivíduo obeso.

Figura 3 - Alterações nos tecidos e órgãos relacionados a prática do exercício aeróbico

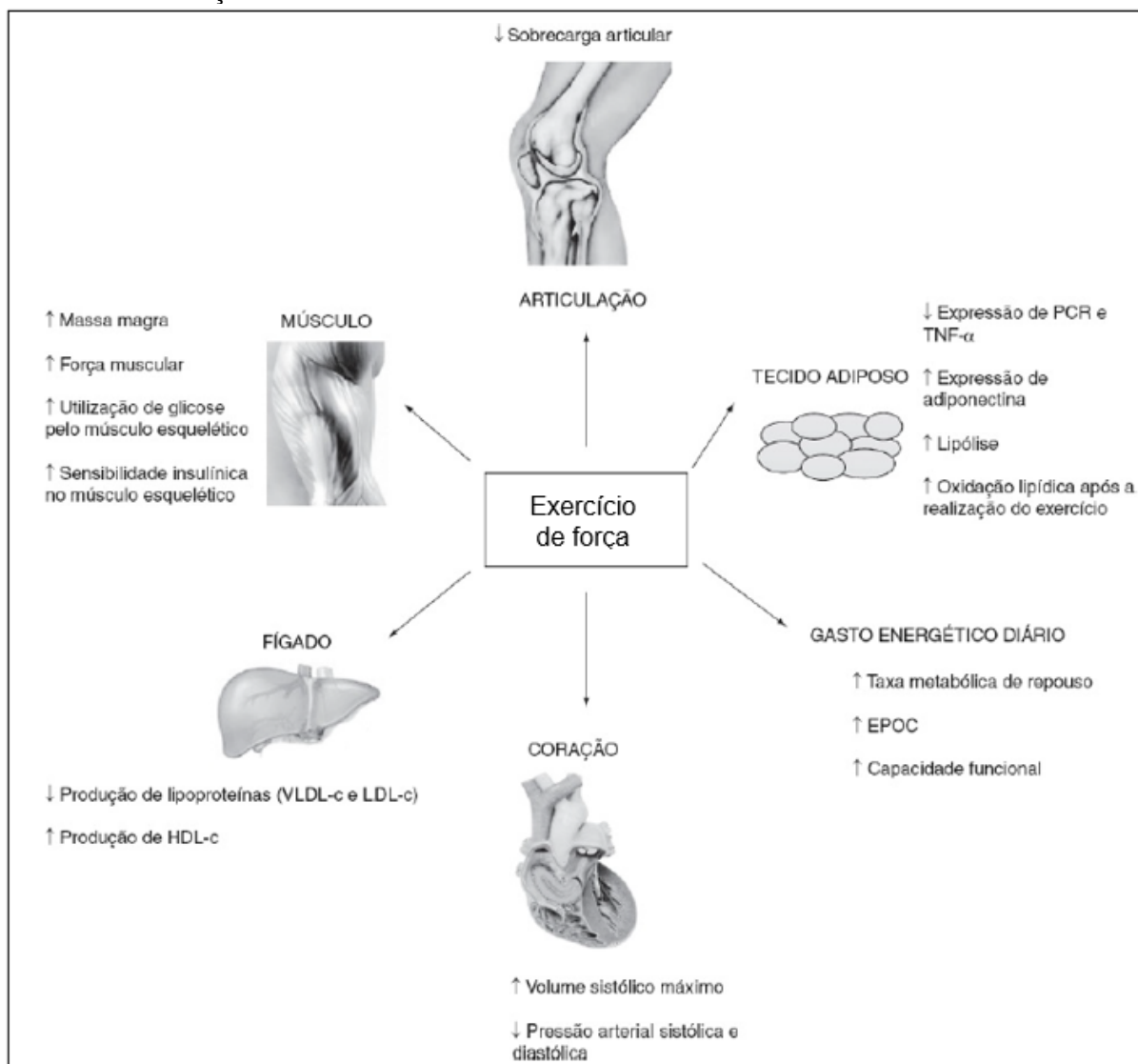
Legenda: GLUT: transportadores de glicose; TG: triglicerídeos; VLDL-c: colesterol lipoproteína de densidade muito baixa; LDL-c: colesterol lipoproteína de densidade baixa; AGL: ácidos graxos livres.

Fonte: Dâmaso e Sanches (2015).

Segundo Lucotti *et al.* (2011), a associação do exercício aeróbico ao exercício de força não demonstrou nenhum benefício extra em relação à perda de peso. No entanto, de acordo com Dâmaso e Sanches (2015), apesar dos exercícios de força não aumentarem a oxidação lipídica, estes devem ser prescritos para indivíduos obesos, especialmente para manutenção da massa magra e diminuição dos riscos à saúde. Aplicados como estratégia isolada de tratamento para mulheres de meia-idade

sedentárias e com sobrepeso durante um ano, esse tipo de exercício não foi capaz de reduzir o percentual e a quantidade de gordura corporal, mas promoveu aumento significativo de massa magra e dos níveis plasmáticos de adiponectina, assim como a redução significativa do estado inflamatório (DÂMASO. SANCHES, 2015) .

Figura 4 - Alterações nos tecidos, órgãos e articulações relacionados a prática do exercício de força



Fonte: Dâmaso e Sanches (2015)

O programa de exercícios, caracterizado tanto por atividades aeróbias quanto atividades de força, é denominado de treinamento concorrente, misto ou combinado. Esta metodologia tem sido frequentemente aplicada tanto na população infantil e adolescente, quanto em adultos e idosos com diferentes condições de saúde (DELVECCHIO *et al.*, 2016; RACIL *et al.*, 2016; TSITKANOU *et al.*, 2017).

Silva et al. (2018) realizaram uma revisão de literatura sobre esse tema e identificaram que o $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ ou o $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ foi mensurado em 21 dos 26 trabalhos analisados e que em 76,2% deles verificou-se aumentos significativos nesse componente de endurance para os grupos que realizaram o treinamento concorrente e o treinamento aeróbio e em nenhum estudo foi observada uma redução significativa dos valores do $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ ou o $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ após as intervenções. Em uma metanálise mais recente, Jesus et al. (2020), concluíram que o treinamento misto pode ser capaz de promover benefícios superiores no $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ do que o treinamento intervalado, apesar deste último também fornecer melhoras no $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ em comparação ao grupo sem intervenção.

Por fim, independentemente da faixa etária e do grau de obesidade, os sujeitos devem ser informados sobre as metas reais quanto à expectativa da perda de peso induzida pelo exercício, assim como sobre os efeitos benéficos do exercício perante os fatores de riscos cardiometabólicos, para que não haja frustração e evasão do treinamento, já que a incorporação da prática de exercícios físicos regulares como estratégia para o emagrecimento apresenta uma correlação inversa à ocorrência de sérias comorbidades (DÂMASO; SANCHES, 2015).

5.2 Aptidão cardiorrespiratória

A aptidão cardiorrespiratória (AC) é a habilidade de usar e transportar oxigênio, ou seja, é capacidade de captar o O_2 do ar atmosférico e levá-lo até as mitocôndrias do tecido muscular para utilização e realização do trabalho (KRAEMER; FLECK; DESCHENES, 2016). Esta aptidão física representa a condição funcional de um sujeito em relação a uma tarefa que exija esforço físico, pois regula as necessidades energéticas para cada intensidade de exercício (KENNEY; COSTILL; WILMORE, 2020).

5.2.1 Aptidão cardiorrespiratória e consumo máximo de oxigênio ($\dot{V}O_{2\text{máx}}$)

Os sistemas cardiovascular e respiratório e a integração destes com o sistema muscular são componentes determinantes da AC. Estes são responsáveis por fornecer oxigênio e ativar vias metabólicas específicas dos músculos durante o exercício físico de intensidade moderada a alta, com características dinâmicas e

participação de grandes grupos musculares por longos períodos (ARAÚJO; HERDY; STEIN, 2013; RIEBE, 2018). Uma alta AC requer uma resposta integrada de diversos sistemas de apoio fisiológico, tais como: a ventilação pulmonar, concentração de hemoglobina, volume sanguíneo, débito cardíaco, difusão de O_2 do sangue para os tecidos e capacidade metabólica celular (JOYNER; LUNDBY, 2018).

A AC pode ser medida de forma direta, sendo expressa através do consumo máximo de oxigênio ($\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$), ou seja, a máxima capacidade em absorver, transportar, consumir o oxigênio e ressintetizar aerobiamente a molécula de ATP (ROSSI NETO *et al.*, 2020; WASSERMAN, 2012). Indiretamente o $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$ pode ser estimado a partir de resultados máximos e submáximos alcançados em testes de esteira, cicloergômetro e outros, ou ainda, através de equações que não utilizam o exercício físico (KAMINSKY; ARENA; MYERS, 2015; POWERS; HOWLEY, 2014).

Vale destacar que, segundo Katch, Katch e Mcardle (2016), na literatura científica, o termo $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$ pode ser encontrado com as seguintes denominações: captação máxima de oxigênio, potência aeróbia máxima ou capacidade aeróbia e pode ser demonstrado e/ou quantificado através do seu valor absoluto, ou seja, em litros de oxigênio absorvido em um minuto ou por meio de mililitros de oxigênio utilizados por quilograma de massa corpórea por minuto, este último denominado de $\dot{V}O_2$ relativo (MATTHEW *et al.*, 2015). Quando expresso em valores relativos o $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$ poderá ser comparado entre pessoas com diferentes massas corporais totais, ou até mesmo de forma individual, caso o peso corporal do sujeito sofra alterações (KENNEY; COSTILL; WILMORE, 2020).

Ainda sobre o método direto, este é considerado como *gold standard*, ou seja, é o meio mais preciso para determinação da AC, pois permite analisar tanto variáveis respiratórias, quanto metabólicas e cardiovasculares (PADULA *et al.*, 2011). Geralmente é composto por testes incrementais que utilizam a ergoespirometria, analisando as trocas gasosas e o comportamento cardiovascular através do consumo de oxigênio ($\dot{V}O_2$), produção de dióxido de carbono ($\dot{V}CO_2$), quociente respiratório (QR), frequência cardíaca (FC) e ventilação pulmonar (BALADY *et al.*, 2010; CORNELIS; BUYS, 2016; FRANÇA; CAPERUTO; HIROTA, 2014). De acordo com o (AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICE, 2018), tais variáveis podem ser mensuradas no limiar ventilatório 1 (LV1), no ponto de compensação respiratória (PCR) e no esforço máximo.

Usualmente, o teste incremental inicia com um aquecimento. Na sequência, a taxa de trabalho é elevada em estágios, que na maioria das vezes, variam de 1-4 minutos. A taxa de trabalho é representada pelo aumento da velocidade ou inclinação da esteira ergométrica, ou ainda, através da adição da potência no cicloergômetro. O teste perdura até a exaustão do sujeito ou até atingir um platô do consumo de oxigênio mesmo com o incremento do trabalho (GORDON *et al.*, 2011). Neste momento, segundo Duarte (2010), a AC é restringida pela capacidade máxima de captação de O₂ pelos pulmões, pela limitação do transporte (débito cardíaco) e extração de O₂ do sangue (diferença arteriovenosa).

Como citado no parágrafo anterior, o platô obtido no teste incremental indica o $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$, contudo indivíduos treinados ao atingir o platô geralmente ainda são capazes de suportar um aumento na intensidade do trabalho sem alterar esta variável (KATCH; KATCH; MCARDLE, 2016). Em contraponto, sujeitos não treinados podem interromper o teste sem atingir o platô. Sendo o $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$ e $\dot{V}O_{2pico}$ atingidos no último estágio, e em nenhum estudo foi observada uma redução significativa dos valores do $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$ ou o $\dot{V}O_{2pico}$ após as intervenções. Em uma metanálise mais recente (DAY *et al.*, 2003; HERDY; CAIXETA, 2016; KENNEY; COSTILL; WILMORE, 2020). Entretanto, quando se consegue obter o $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$ é um indicativo que a limitação do teste foi cardíaca, já o $\dot{V}O_{2pico}$ relaciona-se mais com uma limitação periférica, como a fadiga muscular (FIGUEIRA *et al.*, 2018).

Para Powers e Howley (2014), os principais fatores influenciadores do $\dot{V}O_{2pico}$ são: a hereditariedade, peso corporal total, composição corporal, idade, sexo, massa de gordura e tipo de treinamento.

Sobre a influência genética no $\dot{V}O_{2pico}$, Bouchard *et al.* (2011), demonstraram que aproximadamente 50% das mudanças nesta variável em resposta ao treinamento pode ser explicada pelas diferenças em 21 polimorfismos de nucleotídeo simples. Estes dados são advindos da pesquisa denominada Estudo da Família, Saúde, Fatores de Risco, Treinamento com Exercício e Genética (HERITAGE) - tradução literal, no qual 483 indivíduos sedentários de 99 famílias nucleares realizaram um treinamento por 20 semanas. A intervenção foi realizada três vezes por semana e compreendia um aumento progressivo na intensidade de 55 até 75% do $\dot{V}O_{2pico}$ com uma duração de 30 até 50 minutos. Ao final da pesquisa, o aumento médio do $\dot{V}O_{2pico}$ foi de 400 (ml/min), com variação de -114 a +1097 ml/min. Essa diferença foi duas vezes e meia maior entre as famílias do que entre os sujeitos de uma mesma

família, concluindo-se que 47% do aumento do $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ durante o treinamento foi devido aos fatores hereditários (BOUCHARD *et al.*, 1999; SKINNER *et al.*, 2001).

Apesar dos resultados apresentados anteriormente, Rankinen *et al.*, (2016), destacam que variantes genéticas comuns não parecem ser fortes determinantes do status de atleta de elite de resistência. Em relação aos indivíduos não atletas, Williams e colaboradores (2017) descreveram em uma revisão sistemática, na qual o objetivo foi identificar variantes genéticas associadas à capacidade de treinamento do $\dot{V}O_{2\text{pico}}$, que dentre os trabalhos analisados foram observadas várias limitações incluindo a robustez do tratamento estatístico, na maioria realizados com pequenos grupos amostrais, falta de grupo controle, grande maioria com populações caucasianas, diferenças nos programas de treinamento físico, dieta e outros mediadores ambientais da expressão gênica que provavelmente influenciam na resposta do $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ ao treinamento.

Mais recentemente Zeiher *et al.* (2019), corroboraram que o $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ foi parcialmente explicado pela hereditariedade, contudo, assim como Mann, Lamberts e Lambert (2014) e Williams *et al.* (2017), ressaltaram que pelo menos 50% dos valores obtidos pelos sujeitos nesta variável referem-se a fatores fenotípicos interpessoais, tais como a variações na ingestão alimentar habitual, estado de sono, atividade física, e as especificidades do regime de treinamento e que estes deveriam ser relacionados em estudos sobre a AC para que se possa ter uma resposta mais adequada da contribuição de cada componente no resultado de uma determinada intervenção com exercícios físicos.

Outro fator de destaque é o peso da massa corpórea total. Em um estudo mais antigo Goran *et al.* (2000), afirmaram que valores elevados de gordura e peso corporal não implicam em uma capacidade reduzida de $\dot{V}O_{2\text{máx}}$.

Contraditoriamente ao estudo de Goran e seus colaboradores (2000), mais recentemente, Dickie *et al.* (2016) desenvolveram uma pesquisa com 76 mulheres afrodescendentes de 18 a 45 anos e encontraram como resultado uma relação inversamente proporcional entre a AC e o percentual de gordura corporal (%G) ($r = -0,34$, $p = 0,02$), assim como no tecido adiposo visceral ($r = -0,47$, $p < 0,01$).

Quando se compara a associação entre as características antropométricas e a AC em relação ao sexo dos avaliados, Dagan *et al.* (2013), observaram, após avaliarem 403 sujeitos com uma média de idade de 50 anos, que tanto o IMC quanto

a circunferência da cintura (CC) estão mais fortemente associados ao $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ em mulheres do que em homens.

Ainda sobre a CC, Dyrstad *et al.* (2019) identificaram uma alta correlação negativa entre AC e CC nos homens ($r = -0,68$), destes, os que se enquadravam no grupo de risco “normal” ($CC < 94$ cm) tiveram um AC 31% maior do que os indivíduos do grupo de risco classificado como “muito alto” (com $CC > 102$ cm). Em relação aos sujeitos do sexo feminino observou-se uma associação moderada entre a AC e CC ($r = -0,49$). Para esta amostra o grupo de risco “normal” ($CC < 80$ cm), quando comparado ao grupo de risco “muito alto” ($CC > 88$ cm) apresentou uma AC 25% superior. Para um cm de aumento na CC, a AC foi reduzida em 0,48 e 0,27 $\text{ml} \times \text{min}^{-1} \times \text{kg}^{-1}$ em homens e mulheres, respectivamente ($p < 0,01$).

Apesar destes resultados, sabe-se que o método mais comumente utilizado para expressar os resultados de medidas de desempenho aeróbio é através dos valores de $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ em relação à massa corporal total (MACIEJCZYK *et al.*, 2014). No entanto, com a relativização desta variável em indivíduos mais leves, pode ocorrer uma superestimação sistemática da AC. Por outro lado, em sujeitos mais pesados, o resultado pode ser subestimado, ou seja, para adequação de acordo com a massa corporal total, a diferença de peso entre um homem pesando 100 kg e um pesando 70 kg teriam que ser compensados por um acréscimo de 800 $\text{ml} \times \text{min}^{-1} \times \text{kg}^{-1}$ no $\dot{V}O_{2\text{máx}}$, mas a média real desta diferença é de apenas 240 $\text{ml} \times \text{min}^{-1} \times \text{kg}^{-1}$ (KRACHLER *et al.*, 2015; SAVONEN, K. *et al.*, 2012). Segundo Lorenzo e Babb (2012) o $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ geralmente está aumentado na obesidade não por causa de um aumento da capacidade cardiorrespiratória ou aumento do peso da gordura, mas sim por causa da necessidade de uma maior quantidade de massa magra para suportar uma estrutura mais pesada.

Na fase adulta, as mulheres apresentam uma menor capacidade cardiorrespiratória em comparação aos sujeitos do sexo masculino em qualquer idade. Este fato pode ser explicado devido ao débito cardíaco, níveis de hemoglobina e massa muscular esquelética apresentarem valores mais elevados nos homens do que nas mulheres (JACKSON *et al.*, 2009; ROSS; LANNOY; STOTZ, 2015).

Quando se observa a AC na perspectiva da idade, em 2017, Wolsk e colaboradores visando identificar a influência da idade nos parâmetros hemodinâmicos, constataram que os sujeitos de 20 a 39 anos apresentam valores significativamente superiores para o $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ absoluto e relativo do que os indivíduos

do grupo de 40 a 59 anos e este último valores superiores àqueles observados para o grupo de 60 a 80 anos. Também foi identificado um débito cardíaco (DC) menor durante o exercício, apesar da pressão de enchimento do ventrículo esquerdo ser mais elevada. Em um outro estudo longitudinal, com duração de 11 anos, constituído de uma amostra de 1.169 bombeiros Norte Americanos, Cameron *et al.* (2018), observaram uma redução não linear no $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ de acordo com o envelhecimento dos sujeitos da amostra.

Os resultados dos estudos descritos no parágrafo anterior devem-se, provavelmente, a uma diminuição fisiológica da complacência e relaxamento ventricular, maior pressão diastólica, menor volume e maior espessura da parede do ventrículo esquerdo (PANDEY *et al.*, 2017; WOLSK *et al.*, 2017).

Outro fator de destaque em relação a influência na AC, é a economia ou custo do movimento ou exercício, que se refere à quantidade de oxigênio consumido durante um exercício em uma produção de potência ou velocidade constante (KATCH; KATCH; MCARDLE, 2016). Diferenças na economia de exercício podem ser decorrentes de fatores biomecânicos e/ou bioenergéticos (POWERS; HOWLEY, 2014).

Acredita-se que atletas de alta performance sejam capazes de consumir menos O_2 durante o exercício físico e que uma elevada economia de movimento pode compensar os valores inferiores de $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ (SHAW *et al.*, 2015). Para obtenção destes resultados, Barnes e Kilding (2014), indicam que uma função neuromuscular aprimorada, provavelmente desempenha um papel importante na economia de movimento e no desempenho.

Sobre os sujeitos obesos, Littleton (2012), observou que com o aumento do IMC, ocorre uma diminuição na complacência torácica, bem como no volume e nas capacidades pulmonares, ocasionando um aumento no trabalho mecânico respiratório elevando, assim, o custo energético da respiração.

5.2.2 Aptidão cardiorrespiratória e limiares

Como descrito anteriormente neste capítulo, há muito tempo o $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ ou $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ são apresentados como um excelente parâmetro para quantificação da AC (TAYLOR; HENSCHER; BUSKIRK, 1955). Estes são medidos rotineiramente como um meio de avaliar a AC por fisiologistas do exercício, epidemiologistas e médicos,

que estão acostumados a tomar decisões clínicas com base em comparações com intervalos normais (LORENZO; BABB, 2012) .

Mais recentemente, alguns estudos identificaram que em indivíduos moderadamente e principalmente nos altamente treinados, o $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ pode modificar-se pouco ou mesmo não se alterar após a realização de diferentes métodos de treinamento, porém ao mesmo tempo observou-se uma melhora no seu desempenho aeróbio, através do aumento nos limiares ou em outras variáveis como o tempo de exaustão (BRATLAND-SANDA *et al.*, 2020; CAPUTO *et al.*, 2003). Além desses resultados, sujeitos com AC semelhantes podem apresentar ainda, variações na concentração de lactato sanguíneo em diferentes percentuais de $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ (SCHARHAG-ROSENBERGER *et al.*, 2010).

De acordo com os resultados destacados no parágrafo anterior, a AC também está relacionada aos valores obtidos no limiar anaeróbio. Este termo foi proposto por Wasserman e Mcilroy em 1964, os quais pressuporam que este ponto se referia ao valor que delimita a capacidade do sistema cardiovascular de fornecer oxigênio aos músculos quando em atividade. Este conceito baseia-se na relação causa-efeito entre o limiar metabólico e o ventilatório determinado pelo aumento da hipóxia tecidual local, ou seja, a ventilação aumenta desproporcionalmente ao aumento do $\dot{V}O_2$, correspondendo ao ponto em que a concentração de bicarbonato no sangue arterial diminui e a concentração de lactato aumenta em relação aos valores de repouso (WASSERMAN; MCILROY, 1964).

A descrição de “limiar anaeróbio” apresentada por Wasserman e Mcilroy (1964), foi contestada em 1979 por Kindermann, Simon e Keul, os quais relatam que existem três domínios de intensidade denominados de moderado, intenso e severo. Estes podem ser observados em esforços físicos progressivos e que o momento de transição entre o domínio moderado para o intenso é chamado de limiar aeróbio (LA), e que somente entre a transição do domínio intenso para o severo é que se deve utilizar a expressão limiar anaeróbio (LAn) (FAUDE; KINDERMANN; MEYER, 2009).

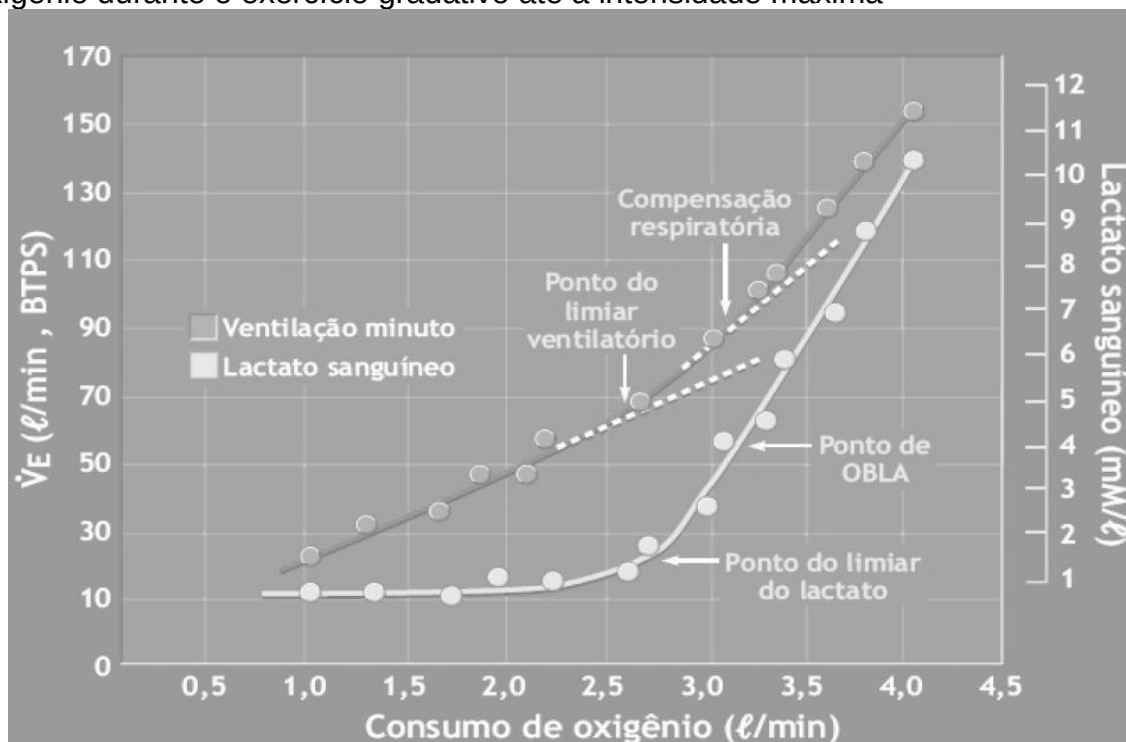
Durante décadas o conceito LAn tem sido questionado, tornando-se um dos assuntos mais controversos e discutidos na história recente da fisiologia do exercício (DAVIS *et al.*, 1976; HOLLMANN, 1985; SALES *et al.*, 2019; SKINNER; MCLELLAN, 2013; SVEDAHL; MACINTOSH, 2003). Contudo, ao estudarmos os limiares que compõe a AC, obtidos através do aumento da intensidade do exercício físico, faz-se

importante para o presente trabalho conceituar algumas terminologias, para tal serão utilizadas as definições de Bertuzzi *et al.* (2017):

- limiar aeróbio: muitas das vezes é utilizado como sinônimo limiar ventilatório (LV) ou limiar ventilatório 1 (LV1) e refere-se à intensidade do exercício em que se observa um acúmulo de $2 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ de lactato sérico;
- limiar anaeróbio: esta nomenclatura é utilizada também como sinônimo do ponto de compensação respiratória (PCR) ou limiar ventilatório 2 (LV2). Caracteriza-se pela intensidade do exercício em que o $\dot{V}\text{O}_2$ não é capaz de atender a toda a demanda energética imposta pela tarefa analisada;
- limiar ventilatório: refere-se à intensidade do exercício físico em que se observa o primeiro aumento não linear da ventilação minuto (V_E). Quando este ponto está difícil de ser encontrado faz-se a opção pela análise da quebra de linearidade do equivalente ventilatório de dióxido de carbono (V_E/VO_2) sem um aumento concomitante de V_E/VCO_2 ou pelo primeiro aumento da fração expirada de CO_2 (F_{ECO_2}), ou ainda, primeiro aumento desproporcional da razão de trocas respiratórias;
- ponto de compensação respiratória: trata-se de uma intensidade do exercício físico onde ocorre o segundo aumento não linear da V_E . Outras variáveis também podem ser utilizadas para a determinação do PCR, dentre elas está o aumento sistemático do V_E/VCO_2 , queda na F_{ECO} e segundo aumento desproporcional da RER.

Apesar do presente estudo ter utilizado $\text{VO}_{2\text{pico}}$ e os limiares ventilatórios para determinação da AC, vale destacar que durante um teste de esforço, no domínio intenso (entre LA e LAn), observa-se também um aumento da concentração de lactato sanguíneo. Contudo, as taxas de produção e remoção ficam equilibradas não havendo o acúmulo deste composto orgânico (KATCH; KATCH; MCARDLE, 2016). O LAn (Figura 5), também pode ser apontado como o momento no qual a intensidade apresenta-se no pico, onde ainda é possível observar um estado estável da concentração de lactato no sangue. Para tal, dá-se o nome de máximo estado estável de lactato. Acima deste ponto o lactato sanguíneo se acumula conforme sua produção excede as taxas de remoção (BERTUZZI *et al.*, 2017; DEKERLE *et al.*, 2003; GARCIA-TABAR; GOROSTIAGA, 2018).

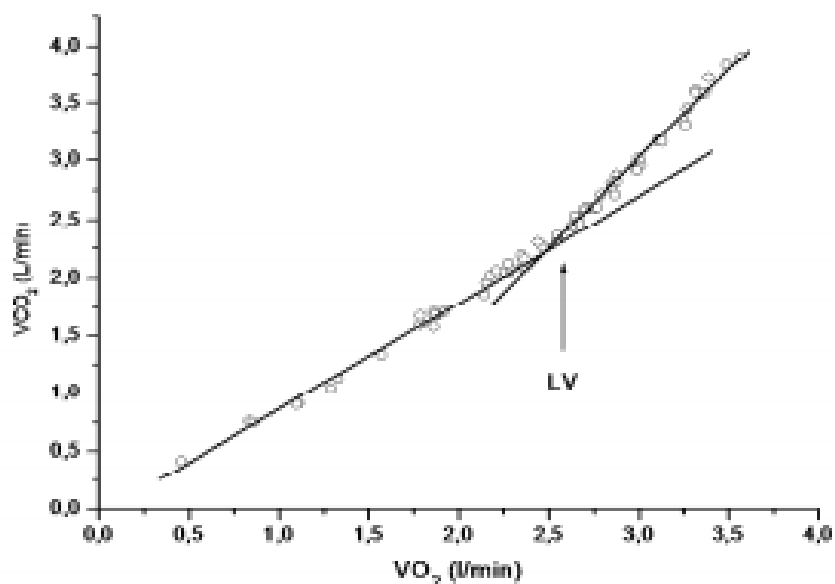
Figura 5 - Ventilação pulmonar, concentração sanguínea de lactato e consumo de oxigênio durante o exercício gradativo até a intensidade máxima



Fonte: Katch, Katch e Mcardle (2016).

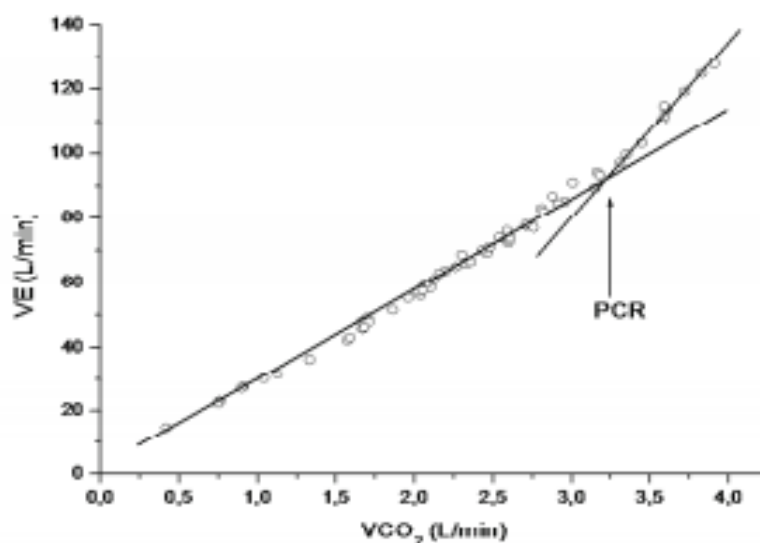
Um dos métodos utilizados para a determinação dos limiares através dos resultados das trocas gasosas obtidos no teste incremental (TI) é o método matemático denominado de V-Slope (BEAVER; WASSERMAN; WHIPP, Brian J., 1986; ROSS *et al.*, 2016; YAZBEK *et al.*, 1998). Seu fundamento sustenta-se na seguinte explicação: no início, a partir do incremento na intensidade, o $\dot{V}O_2$ aumenta linearmente em relação ao $\dot{V}O_2$. Devido a continuidade da implementação de uma maior intensidade é possível observar o ponto de início da produção extra de CO_2 através da quebra da linearidade da curva de $\dot{V}CO_2$ versus $\dot{V}O_2$, ou seja, ocorre um aumento abrupto na concentração de CO_2 . Este ponto é chamado de primeiro limiar (Figura 6). Já o segundo limiar ou PCR é visualizado através da perda da linearidade da curva da ventilação versus $\dot{V}CO_2$, marcando o aumento da ventilação pulmonar ou hiperventilação (Figura 7) (BINDER *et al.*, 2008; LOURENÇO *et al.*, 2007; MEYER *et al.*, 2005).

Figura 6 - Determinação do primeiro limiar através do método V-Slope (VCO_2/VO_2). A seta indica a intensidade onde ocorreu a perda da linearidade da reta.



Fonte: Adaptado de Lourenço et al. (2007)

Figura 7 - Determinação do segundo limiar ou PCR através do método V-Slope (VE/VCO_2).



Obs.: A seta indica a intensidade onde ocorreu a perda da linearidade da reta

Fonte: Adaptado de Lourenço et al. (2007)

5.2.3 Aptidão cardiorrespiratória e tipos de treinamento físico

As atividades aeróbias, dentre os diferentes tipos de treinamento físico que envolvem ou não esportes de resistência caracterizados por repetidas contrações isotônicas de grandes grupamentos musculares parecem mais adequadas para atingir efeitos metabólicos e cardiovasculares favoráveis (MORICI *et al.*, 2016).

Como já apresentado neste referencial teórico, existem três domínios de intensidade (moderado, intenso e severo), os quais podem ser manipulados para otimização do treinamento com o objetivo de aumentar a AC.

Ainda início da década de 80 Skinner e Mclellan (1980), propuseram que no domínio moderado o oxigênio é extraído pelos tecidos, sobretudo pelo músculo esquelético, e que o CO₂ aumenta de forma linear pela oxidação dos substratos energéticos estimulando o centro respiratório do sistema nervoso central com o intuito eliminar CO₂. Nesta fase é observada uma baixa produção de lactato.

A intensidade do exercício referente ao domínio intenso apresenta um pequeno aumento na contribuição do metabolismo anaeróbio e consequentemente na produção do lactato sérico, ocorrendo também a produção do CO₂ “não metabólico”, ou seja, produzido por uma fonte secundária que não está diretamente relacionada com a oxidação dos substratos, tais como o tamponamento via bicarbonato sanguíneo. Com intuito de eliminar o CO₂ ocorre o aumento da VE e como este evento não ocorre primordialmente para aumentar a ressíntese de ATP via metabolismo aeróbio, parte do oxigênio que chega aos alvéolos é devolvido ao ambiente (MEYER, *et al.*, 2005).

No domínio severo observa-se exponencial aumento das concentrações sanguíneas de lactato, resultando em um elevado aumento da produção de CO₂ via tamponamento pelo bicarbonato sanguíneo e da VE. Todavia, nesta fase a capacidade do organismo eliminar o CO₂ não é proporcional ao aumento da VE (BERTUZZI *et al.*, 2017).

A manipulação dos domínios de intensidade, bem como o volume de treinamento com o objetivo de aumentar a AC, é influenciada pelas variáveis hemodinâmicas que compõe a equação de Fick: $\dot{V}O_2 = Q \times [(a - v) O_2 \text{ dif}]$. Esta equação estabelece que o $\dot{V}O_2$, ou seja, o fornecimento ou consumo de oxigênio, é igual ao produto do débito cardíaco (Q) pela diferença arteriovenosa de oxigênio misto $[(a - \dot{V}O_2) \text{ dif}]$. Portanto, caso ocorra um aumento do débito cardíaco ou na diferença

arteriovenosa, concomitantemente seria observado um aumento no $\dot{V}O_2$ (POWERS; HOWLEY, 2014).

O débito cardíaco é o produto do volume sistólico e da frequência cardíaca. Contudo, segundo Ross *et al.* (2016), como praticamente todos os estudos relacionados ao treinamento do sistema cardiopulmonar, independentemente do volume, duração ou intensidade, não apresentaram nenhuma mudança ou até mesmo um pequeno declínio na $FC_{máx}$, os aumentos na AC devem ocorrer principalmente por meio de aumentos no volume sistólico, da diferença arteriovenosa de O_2 ou em ambos. Como a concentração de hemoglobina permanece estável ou diminui ligeiramente com o treinamento, o conteúdo de oxigênio arterial permanece inalterado. Portanto, as duas principais adaptações que ocorrem com o treinamento físico são um aumento no volume sistólico máximo e uma diminuição no conteúdo de oxigênio venoso causado pelo aumento da extração de O_2 .

Efetivamente, sujeitos com maiores valores para AC apresentam também valores mais elevados de volume sistólico, devido às respostas fisiológicas adaptativas do sistema cardíaco como: aumento do volume sanguíneo, da contratilidade miocárdica e da complacência do ventrículo esquerdo. Devido a este fator, os atletas são capazes de apresentar uma média para o $\dot{V}O_{2máx}$ 62% maior que sujeitos sedentários (KATCH; KATCH; MCARDLE, 2016). Em sujeitos sedentários o débito cardíaco pode ter um aumento de 5 a 20 $L \cdot min^{-1}$, e no atleta de elite até 40 $L \cdot min^{-1}$ (LAVIE *et al.*, 2015).

Segundo Hellsten e Nyberg (2016), com o objetivo de aumentar o volume sistólico para atender as necessidades da atividade física, o treinamento de endurance promove uma maior pré-carga através do aumento do tamanho do ventrículo esquerdo com pouca alteração da espessura da parede ventricular, aumento do plasma e do retorno venoso, e consequente aumento no volume diastólico final, resultante do estiramento do ventrículo esquerdo e da contratilidade cardíaca via mecanismo de Frank-Starling. Além disso, outra consequência do treinamento é a redução da pós-carga, pois os músculos treinados oferecem menos resistência ao fluxo sanguíneo devido à diminuição da atividade vasoconstritora simpática junto às arteríolas.

Em relação à capacidade aumentada do músculo de extrair O_2 após o treinamento de endurance, esta ocorre devido primordialmente ao aumento da densidade capilar que retarda a velocidade do fluxo sanguíneo, dando mais tempo

para que o oxigênio se difunda do capilar até a fibra muscular (POWERS; HOWLEY, 2014). Esta ação associada a um menor consumo de oxigênio pela musculatura ventilatória, permite que este oxigênio economizado se torne disponível para os demais músculos ativos (ABREU; LEAL-CARDOSO; CECCATTO, 2017).

Além dos fatores citados anteriormente, quando melhoramos nossa AC, somos capazes de manter uma determinada intensidade de esforço por um maior tempo. Este fato deve-se ao aumento do número de mitocôndrias e em grande parte pela maior eficiência dos processos oxidativos intramitocondriais de produção de trifosfato de adenosina (ATP), permitindo que a fibra muscular eleve sua capacidade de consumir oxigênio, além de contribuir para que as diferenças arteriovenosas sejam expandidas. Portanto, as adaptações mitocondriais que ocorrem com o intuito de atender as demandas do músculo esquelético, os quais são altamente dependentes da fosforilação oxidativa para produção de energia, são capazes de promover o aumento da AC (BERTUZZI *et al.*, 2017). Fato este que pode ser observado durante um exercício extenuante, no qual a atividade do ciclo do ácido cítrico é capaz de aumentar de 70 a 100 vezes, enquanto o fluxo sanguíneo e o consumo de oxigênio intramuscular aumentam apenas de 30 a 40 vezes (EGAN; ZIERATH, 2013).

Segundo Hood (2001), após 6 semanas de treinamento de endurance é possível observar um aumento da densidade mitocondrial de 50 a 100%. Contudo, além do aumento da densidade mitocondrial, a capacidade aeróbia depende da potência metabólica mitocondrial ($\text{ml} \times \text{min}^{-1}$), a qual está relacionada com a produção de ATP por unidade de tempo, e da eficiência mitocondrial, ou seja, ATP produzido por átomo de oxigênio reduzido pelo sistema de transporte de elétrons (BERTUZZI *et al.*, 2017).

A mitocôndria é uma organela de tal importância que a capacidade oxidativa do músculo esquelético é independente da disponibilidade de O_2 tanto em sujeitos jovens quanto em indivíduos mais velhos, sendo que o declínio progressivo da sua funcionalidade com o envelhecimento é uma das principais causas da redução da eficiência durante do exercício físico com o passar dos anos (CONLEY *et al.*, 2013).

Vale destacar que, o treinamento de endurance e um elevado percentual de fibras musculares tipo I são capazes de promover uma menor taxa de formação de lactato, maior limiar anaeróbio e eficiência mecânica segundo Katch, Katch e Mcardle (2016), e assim como o treinamento de força, contudo, em menor proporção, também é capaz de promover o aumento das células-satélites do músculo, pois existe uma

relação entre este tipo de treinamento, quantidade de células Pax7⁺ e o $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ (BAZGIR *et al.*, 2017; MACALUSO *et al.*, 2012).

Mesmo o treinamento de força ou resistido pode promover aumento na AC, como nos achados de DeVallance *et al.* (2016), sujeitos com síndrome metabólica foram capazes de aumentar em média 12% do $\dot{V}O_{2\text{pico}}$. Souza *et al.*, (2008), observaram um aumento significativo na força e no $\dot{V}O_{2\text{máx}}$, após a realização de 12 semanas de treinamento contra resistência em mulheres jovens. Contudo, a justificativa para tal achado foi que as séries eram compostas por muitas repetições (25) e curto tempo de recuperação (60 segundos).

Novaes *et al.* (2014) também observaram um aumento da AC, mensurada através do teste de Bruce, após 24 semanas de treinamento de força. Para estes autores esta resposta pode estar relacionada ao aumento da força de membros inferiores. Entretanto, Brentano *et al.* (2008), atribuem este tipo de resultado às adaptações após a realização do treinamento de força, devido ao aumento relativo da capilarização e da atividade enzimática.

Ainda sobre os efeitos do treinamento de força sobre o $\dot{V}O_{2\text{máx}}$, Paoli *et al.* (2017) e Steele *et al.* (2012), relatam que este tipo de intervenção quando realizada em altas intensidades é capaz de promover o aumento de enzimas mitocondriais, proliferação mitocondrial, conversão de fibras musculares do tipo IIX em fibras musculares do tipo IIA e remodelação vascular.

Estes resultados são controversos, pois Ignjatovic e seus colaboradores (2011), após a aplicação de um treinamento de força em 12 sujeitos jovens do sexo masculino, não observaram diferenças significativas no $\dot{V}O_{2\text{máx}}$. Estes dados foram justificados pelos autores através do argumento que este tipo de treinamento pode levar a reduções na concentração das mitocôndrias musculares e enzimas aeróbias.

Outra estratégia utilizada para o aumento da AC é a otimização do tempo em relação ao treinamento. Para tal, muitos profissionais são adeptos à prescrição do exercício onde ocorre a realização de exercícios de força e aeróbio em uma mesma sessão de treinamento, sendo este tipo de intervenção denominado como treinamento concorrente (SILVA *et al.*, 2018). Através deste método o desenvolvimento da aptidão cardiorrespiratória pode sobrepor ao neuromuscular e vice-versa. Este efeito ocorre principalmente quando o treinamento de endurance e força visam desenvolvimentos musculares (por exemplo, hipertrofia vs. capilarização muscular) (DOCHERTY; SPORER, 2000). Contudo, a magnitude desta interferência dependerá das alterações

no transporte de íons através da membrana das células e na quantidade de atividade de determinadas proteínas com funções estruturais, bem como do volume, intensidade e frequência semanal (IDE *et al.*, 2010).

Schumann *et al.* (2015) realizaram um estudo com 70 mulheres e 70 homens, os quais foram divididos em 3 grupos para cada sexo. Um grupo de cada sexo realizou o treinamento de endurance seguido pelo treinamento de força, os outros grupos realizaram o treinamento força seguido de endurance ou o treinamento de força e de endurance em dias alternados. A duração da intervenção foi de 24 semanas. Ao final do estudo observou-se que todos os grupos de ambos os sexos aumentaram significativamente os valores do $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ absoluto e relativo. Outros estudos observaram resultados semelhantes (LEE *et al.*, 2020; MIKKOLA *et al.*, 2012; SÁ *et al.*, 2013; SHAW; SHAW, 2009; SOUZA *et al.*, 2012)

A partir dos estudos citados anteriormente, observa-se que o aumento na AC através do treinamento concorrente, ao contrário das adaptações do treinamento de força, pode não ser tão suscetível ao efeito de interferência (WILSON *et al.*, 2012).

Em 1985, Howald e seus colaboradores, relataram que as mudanças mitocondriais advindas do treinamento, principalmente de endurance, ocorrem em todas as fibras, sendo de maior magnitude nas fibras do tipo I ou de contração lenta. Nas fibras de contração rápida a ação do treinamento aeróbio é maior no tipo IIa do que no tipo IIx. Diante desta informação, estudos vinculados ao tipo de fibras musculares e suas adaptações sobre a resposta da AC ao treinamento se tornam pertinentes. Portanto, com intuito de fazer um breve esclarecimento sobre as características destas, inicialmente é importante destacar que há muito tempo a análise da atividade da ATPase na Cadeia de Miosina Pesada (MHC) é utilizada como método imunohistoquímico para classificação dos tipos de fibras musculares (BROOKE; KAISER, 1970; GUTH; SAMAHA, 1969). A partir da MHC foi possível identificar as fibras consideradas “puras”, ou seja, a I, IIa e IIx, além das fibras musculares híbridas, que são formadas pela expressão de duas ou mais isoformas da MHC e são classificadas como: IC, IIC, IIAC, IIAB, nos seres humanos (FRY, 2004; PETTE; STARON, 2000).

As fibras de contração rápida ou fibras do tipo II, como descrito anteriormente apresentam dois subtipos primários: tipo IIa e tipo IIx. Estas fibras são caracterizadas pela alta capacidade para a transmissão eletroquímica dos potenciais de ação, alta atividade de miosina ATPase, liberação e captação rápidas de Ca^{2+} pelo retículo

sarcoplasmático e alta taxa de renovação das pontes cruzadas. A fibra do tipo IIa apresenta uma capacidade moderadamente bem desenvolvida para a transferência de energia a partir de fontes tanto aeróbias quanto anaeróbias. A fibra do tipo IIb possui o maior potencial anaeróbio e a fibra do tipo IIx enquadra-se no centro entre as demais em termos de características fisiológicas e metabólicas (KENNEY; COSTILL; WILMORE, 2020).

Diferentemente das fibras de contração rápida, as fibras do tipo I, são aquelas que geram energia para a ressíntese do ATP predominantemente pelo sistema aeróbio e suas principais características são: baixa atividade de miosina ATPase, capacidade de manipulação do cálcio e velocidade de encurtamento lentas, no entanto, apresentam mitocôndrias grandes e numerosas, o que as torna altamente resistentes à fadiga, sendo recrutadas seletivamente nas atividades aeróbias (KATCH; KATCH; MCARDLE, 2016).

As exigências metabólicas e o tipo de atividade muscular do treinamento físico, promovem adaptações nas fibras musculares de acordo com os estímulos a que são submetidas, esta capacidade é denominada de plasticidade muscular (MURGIA *et al.*, 2015; PIOVESAN *et al.*, 2009). Estas adaptações podem ser exemplificadas através do número de mitocôndrias e capilares, enzimas, tipo de miofibrilas, tipo e quantidade de nervos periféricos e quantidade de núcleos (ADALA; CAMPOS, 2017; BOFF, 2008; KIM; STARON; PHILLIPS, 2005; PETTE; STARON, 2000). De maneira simplificada, de acordo com a característica do treinamento, este pode promover respostas fenotípicas nas proteínas musculares e nos tipos de fibras musculares, ocorrendo uma transição da fibra de contração lenta para a rápida: I $\rightarrow$ IIa $\rightarrow$ IIx, ou da fibra rápida para a lenta, IIx $\rightarrow$ IIa $\rightarrow$ I (PETTE; STARON, 1997; QAISAR; BHASKARAN; VAN REMMEN, 2016; STARON, 1991). Entretanto, de acordo com Wilson *et al.* (2012a), os resultados apresentados na literatura científica descrevem que a interconversão entre os tipos IIa e IIx são mais consistentes, enquanto os dados obtidos nos estudos sobre a capacidade de transição de fibras do tipo I e II são mais conflitantes.

Considerando-se a plasticidade muscular, tem-se que os exercícios para o desenvolvimento da força são capazes de promover a hipertrofia nas fibras musculares do tipo II entre 6 e 10 semanas de treinamento. As fibras desta classificação apresentam uma maior plasticidade em relação a mudança de tamanho, ou seja, na área de secção transversa, do que a fibra do tipo I. Contudo, apresentam um menor efeito no aumento do volume mitocondrial e no conteúdo de proteína PGC-

1 α (AAGAARD *et al.*, 2001; CLAFLIN *et al.*, 2011; MERO *et al.*, 2013; PALSTRA *et al.*, 2014). Por outro lado, o exercício aeróbio é capaz de promover a biogênese mitocondrial através da ativação dos genes nucleares e mitocondriais pela PGC-1 α , a qual apresenta um aumento na expressão e atividade por meio do estímulo oferecido por este tipo de intervenção. Vale destacar que a PGC-1 α está presente em maior magnitude em fibras do tipo I e IIa (ARANY, 2008; HOPPELER *et al.*, 2011).

O treinamento de endurance diminui, ainda, o tamanho da fibra muscular do tipo I e de proteínas contráteis, o que pode contribuir para uma melhor função aeróbia, pois ocorre uma redução nas distâncias dos capilares para as mitocôndrias, acelerando a taxa com que os gases se difundem através da fibra (KRAEMER; FLECK; DESCHENES, 2016).

5.2.4 Relação entre a aptidão cardiorrespiratória e a morbidade, mortalidade e doenças

Sabe-se que a AC, descrita como o $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ e/ou $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ é reconhecida como um forte preditor de risco de doença cardiovascular (DCV), morbidade e mortalidade (ÅBERG *et al.*, 2015; LAUKKANEN *et al.*, 2016; NAUMAN *et al.*, 2017; ROSS *et al.*, 2016). Mesmo quando a análise é específica para sexo e idade, observa-se que quanto maior a AC menor é a taxa de mortalidade tanto em homens quanto em mulheres (AL-MALLAH *et al.*, 2016; FARRELL *et al.*, 2014; IMBODEN *et al.*, 2018; MCAULEY *et al.*, 2012).

Ao longo dos anos, vários estudos relacionaram o IMC com o risco de morte por diferentes tipos de doenças, principalmente por DCV (ADAMS-CAMPBELL *et al.*, 1995; BERRINGTON DE GONZALEZ *et al.*, 2010; KHAN *et al.*, 2018; MOORE *et al.*, 2008; OHLSSON *et al.*, 2016; WHITLOCK *et al.*, 2009). No entanto, segundo Königstein *et al.* (2018), a AC parece ser um modulador mais forte do risco cardiovascular do que a composição corporal, apesar do desempenho durante o treinamento possa ser comprometido pela obesidade.

Nesse sentido, Elagizi *et al.* (2018), descrevem que sujeitos com diferentes tipos de DCV podem ter um melhor prognóstico quando apresentam sobrepeso ou obesidade de acordo com o IMC. Este fato é chamado de paradoxo da obesidade.

Sobre esta questão, destaca-se o estudo de Wang *et al.* (2015), uma metanálise com 89 estudos e com mais 1,3 milhões de pacientes com doença

coronariana, o qual também confirmou a existência do paradoxo da obesidade, mas estes efeitos parecem desaparecer após aproximadamente 5 anos do diagnóstico (ELAGIZI *et al.*, 2018). Entretanto, Motamed *et al.* (2020), observaram que mesmo após a eliminação dos efeitos de outros fatores de risco para o desenvolvimento de DCV, em 10 anos, nenhuma associação significativa foi observada com o aumento do IMC.

Os indivíduos, nos quais observa-se o paradoxo da obesidade, ou seja, os obesos “saudáveis”, apresentam um bom estado de saúde metabólica, independentemente do IMC (DUQUE *et al.*, 2020).

Lavie *et al.* (2019), após uma revisão de literatura, identificaram que independentemente dos valores para o IMC, a AC é um dos preditores de mortalidade mais importante. Além disso, de acordo com Oktay *et al.* (2017), a realização de exercícios físicos com o objetivo de aumentar a AC apresenta-se como uma estratégia eficaz, segura e comprovada para prevenção primária e secundária de DCV para sujeitos de diferentes idades e massa corpórea total.

Segundo Berry *et al.* (2011), após a conclusão de um estudo longitudinal com 11.049 homens acompanhados pelo *The Cooper Center*, embora a relação entre AC e mortalidade por DCV esteja presente em todas as idades, o impacto da baixa AC em sujeitos de 45 anos foi de 13,7%, de 55 anos era de 34,2% e com a idade de 65 anos foi de 35,6%. Complementarmente, Kokkinos *et al.* (2014), relatam que 32% das mortes atribuíveis à baixa AC podem ser evitadas se os indivíduos aumentarem os valores de variáveis como o $\dot{V}O_{2\text{máx}}$.

Mesmo os indivíduos com sobrepeso ou obesidade são beneficiados por um aumento da AC. Estes quando mantêm valores adequados desta aptidão, apresentam um risco de 30 a 50% menor de mortalidade e morbidade por quaisquer doenças, semelhante aos sujeitos com peso normal (BARRY *et al.*, 2014; ORTEGA *et al.*, 2013, 2015).

A relação inversa entre a AC e a incidência e/ou mortalidade perpassa ainda por doenças como a síndrome metabólica e inflamação sistêmica (CHANG *et al.*, 2020; MADSEN *et al.*, 2019), dislipidemia (LIN *et al.*, 2015) diabetes tipo 2 (TARP *et al.*, 2019), câncer (SCHMID; LEITZMANN, 2015), transtornos mentais comuns (DEFINA *et al.*, 2013; KANDOLA *et al.*, 2019). Em contrapartida o aumento da AC é capaz de melhorar a memória verbal e visual (WENDELL *et al.*, 2014), a função

cognitiva e o desempenho acadêmico (ÁLVAREZ-BUENO *et al.*, 2020; GILL *et al.*, 2015; PANTZAR *et al.*, 2018; SCOTT *et al.*, 2016).

Ainda, mais recentemente, estudos têm relacionado uma maior AC, induzida pelo treinamento físico, a uma maior proteção imunológica inata contra a COVID-19, pois uma AC elevada poderia neutralizar, pelo menos parcialmente, os efeitos prejudiciais da ligação do SARS-CoV-2 ao receptor da enzima conversora de angiotensina 2 e a ativação da via da angiotensina (1-7), reduzindo a resposta inflamatória nos pulmões (MOTTA-SANTOS; SANTOS; SANTOS, 2020; ZBINDEN-FONCEA *et al.*, 2020).

Ainda em relação à AC, sujeitos obesos, além da sobrecarga da gordura corporal, também apresentam uma maior quantidade de massa magra quando comparados com sujeitos com o IMC baixo, em resposta ao maior peso transportado. Este fator contribui para um maior consumo de oxigênio absoluto (CARBONE; CANADA; *et al.*, 2019). Contudo, quando observado os valores relativos ao seu peso corporal total, sua AC é menor em comparação aos indivíduos com peso normal. Apesar da baixa AC, os obesos apresentam um aumento do débito cardíaco, devido às exigências do metabolismo do tecido adiposo e do elevado $\dot{V}O_2$, o que provoca o desenvolvimento de hipertrofia ventricular esquerda do tipo excêntrica (BERTUZZI *et al.*, 2017).

Quantificando o efeito do aumento da AC sobre a saúde pode-se destacar o estudo de Nes *et al.* (2014), no qual os autores, a partir de um acompanhamento de 37.112 sujeitos de ambos os sexos por 24 anos, concluíram que se pode reduzir em 21% o risco de mortalidade devido a eventos cardiovasculares para cada acréscimo de 1 MET obtidos em testes cardiorrespiratórios. Já para Ross *et al.* (2016), para uma redução de 10 a 30% no risco de eventos cardiovasculares seria necessário um aumento de 1 a 2 METs na AC.

Eklom-Bak *et al.* (2019) apresentaram os resultados de um estudo com 266.109 indivíduos de ambos os sexos de 18 a 74 anos. Neste estudo foi observado uma redução de 2,3% de mortalidade e de 2,6% de morbidades cardiovasculares por cada incremento de $1 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ na AC, sem diferenças significativas entre os sexos. Dishman *et al.* (2012), mostraram que um declínio na capacidade cardiorrespiratória de, aproximadamente, 1,5 equivalente metabólico (MET) entre 51 e 55 anos em homens e 53 e 56 anos em mulheres e aumentavam as chances de queixas de depressão em aproximadamente 2% e 9,5%, respectivamente. Tarp *et al.* (2019)

sugerem que um aumento de 1 MET na AC está associado a uma redução de 8% da incidência do diabetes tipo 2.

Dessa forma, pequenos incrementos na AC seriam capazes de promover uma redução do risco de mortalidade e morbidades. O acréscimo de 1 MET na aptidão física pode ser alcançado através da realização de exercícios por 4 a 5 meses, independentemente da idade, sexo, peso corporal e experiência prévia com a prática de exercícios físicos (LIN *et al.*, 2015).

Sobre os níveis mínimos da AC para o aumento da proteção contra a mortalidade tem-se os seguintes valores para ambos os sexos: 7-9 METs para sujeitos na faixa etária dos 40 anos, de 6-8 METs para indivíduos de 50 anos e de 5-7 METs a partir dos 60 anos. Entretanto, atividades aeróbias, mesmo que em volumes relativamente baixos (5-10 minutos por dia) de intensidade vigorosa, são suficientes para benefícios substanciais na redução do risco de mortalidade (LEE *et al.*, 2014). Os benefícios aqui descritos são mais evidentes em pessoas com menor AC que iniciam um programa de treinamento físico (ALMEIDA; BUZZACHERA, 2019; KODAMA *et al.*, 2009).

Devido aos inúmeros estudos relatados anteriormente e os não citados neste trabalho, mas presentes nas bases de dados científicas sobre a relação entre a AC e a saúde, Ross *et al.* (2016) e Harber *et al.* (2017), citam o *American Heart Association* tem incentivado a realização da avaliação da AC em ambientes clínicos, pois esta apresenta-se como uma importante estratégia de prevenção e redução dos efeitos adversos de diferentes doenças.

5.3 Economia ou custo de movimento

O $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ e a economia de exercício/trabalho são características-chave intimamente relacionadas ao desempenho de resistência relacionado ao esporte e às tarefas necessárias para a vida diária (HUNTER *et al.*, 2005).

Segundo Katch, Katch e Mcardle (2016), a economia de movimento refere-se à energia necessária, inferida habitualmente a partir da medição do consumo de oxigênio, para manter uma velocidade constante do movimento.

Esses autores relatam ainda, que a determinação da economia de movimento envolve a medição do oxigênio consumido durante um exercício *steady-rate* em uma produção de potência ou velocidade constante. Durante um exercício *steady-rate*, o

consumo de oxigênio reflete fielmente o gasto energético. Em uma corrida, pedalagem ou natação submáxima, o indivíduo com maior economia de movimento consome menos oxigênio (O_2 *steady-rate* mais baixo).

Qualquer sujeito que apresente baixo nível de economia deverá necessitar de maior quantidade de $\dot{V}\text{O}_2$ para realização de uma caminhada ou corrida, por exemplo, seja qual for a velocidade desta atividade, em comparação com um indivíduo mais econômico (POWERS; HOWLEY, 2014). Contudo, quando se trata de grupos homogêneos em relação ao $\dot{V}\text{O}_{2\text{máx}}$, a economia de movimento pode estar relacionada a idade, fatores fisiológicos, genéticos e biomecânicos (BERTUZZI *et al.*, 2017).

Atualmente sabe-se que ciclistas com maior economia apresentam maior percentual de fibras musculares de contração lenta (tipo I) no músculo vasto lateral. As fibras musculares do tipo I respondem com maior eficiência mecânica que as fibras musculares do tipo II de contração mais rápida e altamente anaeróbias (KATCH; KATCH; MCARDLE, 2016).

Quando se analisa homens e mulheres, Powers e Howley (2014) descrevem um estudo que comparou o gasto de oxigênio na corrida entre ambos os sexos. Os participantes do estudo foram compatibilizados quanto à potência aeróbia máxima e à experiência em número de anos de treino. Ao final da pesquisa observou-se que as curvas de $\dot{V}\text{O}_2$ eram similares e, portanto, que a economia na corrida era comparável para homens e mulheres maratonistas altamente treinados.

Outro estudo sobre esta temática que comparou homens e mulheres foi o realizado por Shaw *et al.* (2015), o qual descreveu uma relação positiva entre $\dot{V}\text{O}_{2\text{máx}}$ e economia de corrida entre um grupo de corredores masculinos e femininos altamente treinados. No entanto, é importante notar que a relação positiva relatada no estudo citado foi entre o $\dot{V}\text{O}_{2\text{máx}}$ e o custo energético da corrida, que é o oposto da economia de exercício. No entanto, não está claro se a relação entre o $\dot{V}\text{O}_{2\text{máx}}$ e a economia de exercício é alterada entre os indivíduos que sofrem perda de peso significativa.

Segundo Barnes e Kilding (2014), algumas das formas de melhorar a economia de corrida é realizar um treinamento de alto volume, intervalado de alta intensidade ou corrida em auge. Já para tentar desvendar sobre qual a intensidade do treinamento aeróbio seria a mais adequada para o aumento da economia, seja de corrida ou caminhada, Festa *et al.* (2020) realizaram um estudo de 8 semanas com 38 corredores recreativos, os quais foram divididos em grupos que utilizaram diferentes intensidades de treinamento. Ao final do trabalho, estes autores

identificaram que independentemente da intensidade ocorria um aumento da economia de corrida e no desempenho em 2 km sem variação no valor de $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$.

Estudos como o de Beattie *et al.* (2014) relatam ainda que para o aprimoramento da economia é necessário a adição do treinamento de força. Piacentini *et al.* (2013) realizaram um estudo com 16 maratonistas que foram aleatoriamente designados para um programa de treinamento de força máxima ou para um grupo que manteve somente seu treinamento aeróbio. O grupo que realizou o treinamento de força, além de aumentar significativamente o resultado no teste de 1RM (+16,34%), também obtinha um aumento significativo da economia de corrida (+6,17%). Ao final do estudo, os autores sugerem que, tomados em conjunto, os resultados da pesquisa indicam que os maratonistas de categoria master parecem se beneficiar do treinamento simultâneo de força e aeróbio, pois estes melhoram a taxa de desenvolvimento da força a qual pode ser crucial para a melhora da economia de corrida e, conseqüentemente, do desempenho esportivo.

Fica evidente, portanto, que além da corrida, diferentes estratégias de treinamento têm demonstrado melhorar a economia (MIKKOLA *et al.*, 2007; TAIPALE *et al.*, 2013). Entre eles, o treinamento concorrente, ou seja, o uso de treinamento de força ou pliométrico em paralelo com o treinamento aeróbio (BARNES; KILDING, 2014). Vários estudos que usaram este método de treinamento concorrente relataram uma melhora na economia (MESZLER *et al.*, 2019; PELLEGRINO; RUBY; DUMKE, 2016; VALENTI; BONOMI; WESTERTERP, 2016). Sabe-se que ambos os modos de exercício, treinamento aeróbio e de força, podem levar também a um melhor perfil e função mitocondrial, o que pode melhorar a economia de corrida (NILSSON; TARNOPOLSKY, 2019).

Contudo, vale destacar que está bem estabelecido que existem diferenças individuais em resposta ao treinamento, onde “altos respondedores” mostram grandes respostas, enquanto “baixos respondedores” mostram respostas pequenas ou nenhuma resposta (MANN; LAMBERTS; LAMBERT, 2014). Hautala *et al.* (2006) recordaram, ainda, que respostas baixas a um programa de treinamento aeróbio podem se tornar respostas altas a um programa de treinamento de força.

6 MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo faz parte de um ensaio clínico randomizado do PROgrama de Nutrição e Atividade Física para o tratamento da obesidade (PRONAF). O objetivo era avaliar a utilidade de diferentes tipos de programas de atividade física e nutrição para o tratamento da obesidade adulta. Todos os participantes foram cuidadosamente informados sobre os possíveis riscos e benefícios do presente estudo e assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido, de acordo com as diretrizes da Declaração de Helsinki (1964), citada pela *World Medical Association* (1997), referente a pesquisas em seres humanos. O estudo PRONAF foi aprovado pelo Comitê de Revisão de Pesquisa em Seres Humanos do Hospital Universitário de La Paz (HULP) (PI-643) e o protocolo foi registrado como NCT01116856.

6.1 Tamanho amostral

O tamanho amostral foi calculado por grupo de intervenção. Ao considerar um tamanho de efeito de Cohen (d) equivalente à ($= -0,8$), foram determinados ($n=22$) por cada um dos 4 grupos de intervenção para uma segurança ($1-\beta$) de 80% abrangendo dados de aptidão cardiorrespiratória (SINGHAL *et al.*, 2009). O ajuste amostral também considerou as desistências, empregando uma taxa máxima de 25% de ocorrências por grupo (BROCHU *et al.*, 2009). Assim, considerou-se $[n (1/1-R)]$, onde n =número de indivíduos não perdidos e R =proporção esperada para abandono. O tamanho da amostra foi estimado em $88 (1/1-0,25) = 118$ indivíduos, ou 29/30 em cada grupo de intervenção.

Portanto, 120 voluntários obesos iniciaram o estudo (59 mulheres e 61 homens). Contudo, 96 indivíduos completaram o estudo (76%), sendo 24 desistências devido a: razões pessoais $n=2$ (8,4%), baixa aderência ao exercício $n=1$ (4,2%), baixa aderência à dieta $n=2$ (8,4%), mudança de emprego 3 (12,5%) e perda de interesse $n=16$ (66,5%). Neste último, 50% (ou seja, 8 sujeitos) estavam no grupo que recebeu apenas orientações para prática de atividade física.

6.2 Delineamento experimental

O presente ensaio clínico foi realizado com 22 semanas de intervenção, envolvendo adultos obesos que foram aleatoriamente designados para um dos seguintes grupos de intervenção: grupo que realizou apenas treinamento aeróbio (GE), grupo que realizou somente o treinamento de força (GF), grupo que combinou o treinamento de força com o treinamento de aeróbio (GM) e por último, o grupo que recebeu somente recomendações de atividade física (GR), de acordo com o *American College of Sports Medicine* (DONNELLY et al., 2009).

Os critérios de inclusão adotados foram:

- ter assinado o termo de consentimento livre e esclarecido;
- morar na região próxima ao estudo, independente do sexo;
- disponibilidade de uma hora para realização dos exercícios propostos neste estudo em três dias por semana (segunda-feira, quarta-feira e sexta-feira);
- ter idade compreendida entre 18 e 50 anos; ter um IMC entre 30 e 34,9 kg/m²;
- ter um estilo de vida sedentário há pelo menos 12 meses (<30 min de atividade física/dia) (BROCHU et al., 2009);
- não fumante (BROCHU et al., 2009; CORRAL, DEL et al., 2009);
- consumir menos de duas doses por dia de qualquer substância alcoólica (consumo de álcool moderado) (BROCHU et al., 2009);
- as participantes do sexo feminino tinham que apresentar ciclos menstruais regulares;
- não ter religião com restrições alimentares;
- não ser vegetarianos;
- não ser portador de transtornos alimentares: anorexia, bulimia, compulsão alimentar etc.;
- não apresentar lesões ou distúrbios osteomusculares que impedem a boa execução do programa de exercícios;
- não ter diagnóstico de esquizofrenia e outros transtornos bipolares;
- não estar usando substâncias para perder massa corporal;
- não fazer uso de medicamentos que pudessem afetar a função cardiovascular e/ou metabólica;

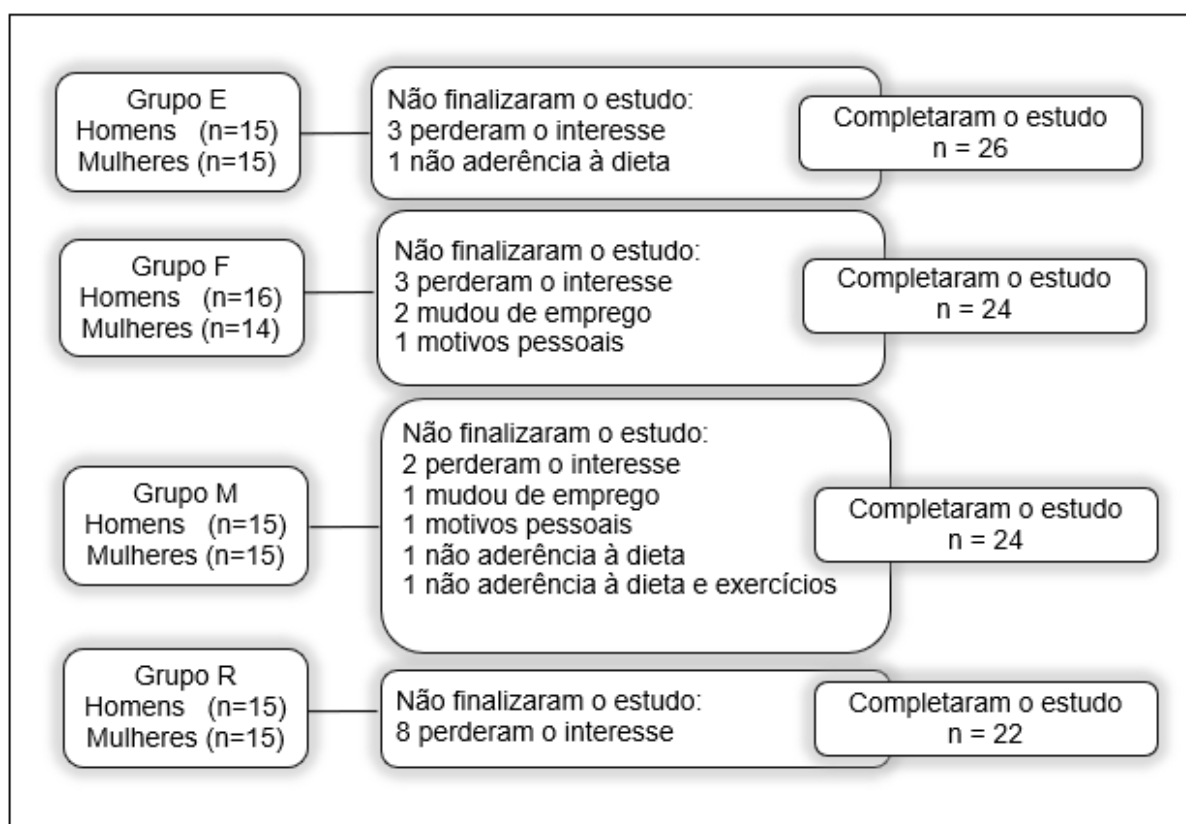
- não ter apresentado alterações na massa corporal maior que 2 kg nos últimos 6 meses;
- não apresentar nenhuma das seguintes doenças: acidente cardiovascular central ou periférico, enfarte, diabetes, problemas renais ou hepáticos conhecidos, complicações asmáticas, dislipidemia (colesterol plasmático acima de 200 mg/dl), hipertensão (pressão arterial sistólica maior que 160 mmHg ou diastólica superior a 100 mmHg em repouso); história prévia de inflamação ou câncer; distúrbios da tireoide ou pituitária não tratada.

Os critérios de exclusão adotados para análise dos dados após o período de intervenção foram:

- voluntários que não conseguiram participar de no mínimo 80% das sessões de treinamento;
- participantes que não aderiram em pelo menos 80% a dieta proposta.

A Figura 8 ilustra a randomização dos grupos de intervenção.

Figura 8 - Randomização amostral



Legenda - Grupo E: grupo que realizou o treinamento aeróbico; Grupo F: grupo que realizou o treinamento de força; Grupo M: grupo que realizou o treinamento de força intercalado com o treinamento aeróbico e; Grupo R: grupo que recebeu somente recomendações para a prática de atividade física. Adaptado de Benito et al. (2015).

6.3 Protocolos de testes

Nas 24 semanas que durou o estudo, a primeira e última semana foram destinadas à aplicação de diversos testes, dos quais, os imprescindíveis para a adequada compreensão deste trabalho são detalhados a seguir.

6.3.1 Determinação da massa corporal total e índice de massa corporal

Uma balança Tanita BC 418 (Tanita Corp., Tóquio, Japão) foi utilizada para a determinação da massa corporal total, na qual os sujeitos subiram e permaneceram em posição ortostática para a medição.

Para a realização deste teste foram respeitados alguns critérios: os sujeitos deveriam estar em jejum de pelo menos 3 horas e em abstenção de exercícios extenuantes 12 horas antes das medidas. Os indivíduos foram convidados a esvaziar a bexiga antes das medições. As mulheres não foram medidas durante o período menstrual (DEURENBERG et al., 2001).

Para determinação do IMC, fez-se a medida da estatura usando um estadiômetro SECA (faixa de 80 a 200 cm, Valência, Espanha) e o seu cálculo foi realizado através da fórmula: massa corporal (kg) / estatura (m)².

6.3.2 Teste incremental máximo

Para determinação do pico de captação de oxigênio ($\dot{V}O_{2\text{pico}}$) e de frequência cardíaca (FC_{pico}), a ventilação por minuto ($\dot{V}E$) e a expiração de dióxido de carbono ($\dot{V}CO_2$), realizou-se um protocolo de exercício incremental máximo. O protocolo utilizado foi o de Bruce modificado, frequentemente utilizado em indivíduos que apresentam sobrepeso e obesidade (GHROUBI et al., 2009; HUNTER et al., 2008), com a utilização de uma esteira ergométrica (H/P/COSMOS 3P® 4.0, H/P/Cosmos Sports & Medical, Nussdorf-Traunstein, Alemanha). O volume do gás expirado foi mensurado através um analisador de gases Jaeger Oxycon Pro (Erich Jaeger, Viasys Healthcare, Alemanha), cuja validade e confiabilidade foram reportadas por Carter e Jeukendrup (2002) e Foss e Hallén (2005).

No protocolo os estágios de esforço tiveram a duração de 3 minutos, com incrementos de inclinação ou velocidade em cada etapa de esforço. Os primeiros 3

minutos foram utilizados para aquecimento, com velocidade fixa em 2,75 km/h e 0% de inclinação. A mesma velocidade foi mantida entre o 2º e o 3º estágio, contudo alterou-se a inclinação em 5% e 10%, respectivamente. No 4º e 5º estágio alterou-se tanto a velocidade quanto a inclinação, ou seja, 4 km/h e 12% na 4ª fase e 5,5 km/h e 14% no 5º estágio. A partir do 6º até o 9º estágio, a inclinação foi mantida em 15% e a velocidade foi alterada progressivamente para 6,8; 8,0; 9,2; e 10,4 km/h, respectivamente. O teste foi mantido até a exaustão.

O $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ foi obtido por meio de cálculos que avaliam o volume e a composição do gás expirado por meio da transformação de Haldane. Os voluntários foram orientados a não realizar exercícios / atividades físicas intensas nas 24 horas anteriores ao teste. O analisador foi calibrado usando misturas de gases certificadas antes de cada execução e as medições ocorreram em condições ambientais semelhantes. A frequência cardíaca (FC) foi monitorada continuamente com um monitor eletrocardiográfico de 12 derivações. Para determinar o $\dot{V}O_{2\text{pico}}$, foram adotados os seguintes critérios: atingir $\geq 85\%$ da frequência cardíaca máxima teórica, atingir uma relação de troca respiratória superior a 1,10 e realizar até a exaustão (BALADY et al., 2010) e a média das três maiores medidas foi considerada (CORTES; ONATE; MORRISON, 2014).

O LV1 foi avaliado de acordo com as recomendações de Beaver, Wasserman e Whipp (1986), em que o LV1 foi determinado pelo método V-slope, utilizando as relações gráficas entre $\dot{V}CO_2 \times \dot{V}O_2$. Os dados de $\dot{V}O_2$ e $\dot{V}CO_2$ da fase de esforço do teste incremental foram interpolados e suavizados considerando um $r^2 \geq 0,85$ para as duas equações de 1º grau geradas a partir do ponto de quebra da linearidade. Posteriormente, o $\dot{V}O_2$ foi alinhado no tempo e uma equação de 2º grau foi gerada, com os dados novamente suavizados para um $r^2 \geq 0,85$. Na sequência, o valor de $\dot{V}O_2$ na quebra da linearidade foi usado para encontrar o tempo no qual se encontraria o LV1. Calculado o tempo no LV1, o valor de $\dot{V}O_2$ no LV1 era aquele correspondente a esse tempo no conjunto inicial dos dados.

A determinação do LV1 foi realizada por um pesquisador e confirmada por outro e, em caso de discordância, um terceiro avaliador foi consultado. As respostas respiração a respiração, em ambos os testes incrementais (pré e pós-intervenção), foram utilizadas na análise da cinética. Nesta análise, o sinal de $\dot{V}O_2$ foi alinhado no tempo, suavizado e interpolado segundo a segundo. Posteriormente, os dados de $\dot{V}O_2$ foram separados em dois conjuntos, por zona de intensidade: Zona I: primeiro minuto

até LV1 e Zona II: entre LV1 e $\dot{V}O_{2\text{pico}}$. O tempo correspondente a esses parâmetros, durante o teste incremental, foi utilizado para delimitar a faixa de dados de $\dot{V}O_2$ vs. tempo em cada zona. A relação $\dot{V}O_2$ vs. tempo, em cada zona, foi ajustada por uma equação linear: ($y = ax + b$) onde "y" é $\dot{V}O_2$, "x" é o tempo, "a" é o coeficiente de inclinação e "b" é o intercepto.

A potência (W) foi calculada por $W = \text{peso corporal} * g * v * \text{arco tangente da inclinação}$, onde g é a aceleração da gravidade ($9,81 \text{ m/s}^2$), v é a velocidade da esteira (m/s) e i é o gradiente (MINETTI et al., 2002).

Apesar da tentativa inicial de análise dos dados ter sido feita a partir dos limiares ventilatórios 1 e 2, fez-se a opção por utilizar somente o LV1 neste estudo, pois como o teste incremental era realizado com aumento da inclinação e velocidade, mas sem uma linearidade no incremento da intensidade, e em conjunto com a característica da população, ou seja, sedentária, o LV2 estava muito próximo do $\dot{V}O_{2\text{pico}}$.

6.3.3 Força dinâmica máxima

Para identificação da carga referente às 15 repetições máximas (15 RM) entre os integrantes do GF e GM, seguiu-se as recomendações de Morgan, Woodruff e Tiidus, (2003). Em cada exercício, quinze repetições máximas foram avaliadas e confirmadas em dias diferentes. O coeficiente de correlação intraclasse foi de 0,995 e 0,994 para homens e mulheres, respectivamente. Todas as avaliações e protocolos de treinamento foram realizadas com os mesmos aparelhos e pesos livres (Johnson Health Tech. Ibérica, Matriz, Espanha).

6.4 Protocolos de treinamento

Como comentado anteriormente, quatro tipos de intervenções foram aplicadas. Os grupos GE, GF, e GM seguiram programas de treinamento similares em volume e intensidade, acrescidos de intervenção dietética; e o GR seguiu apenas a intervenção dietética e foi instruído a seguir as recomendações gerais de atividade física para perda de peso de acordo com o *American College of Sports Medicine* (DONNELLY et al., 2009). As intervenções de exercícios dos grupos GE, GF e GM foram realizadas três vezes por semana, durante 22 semanas.

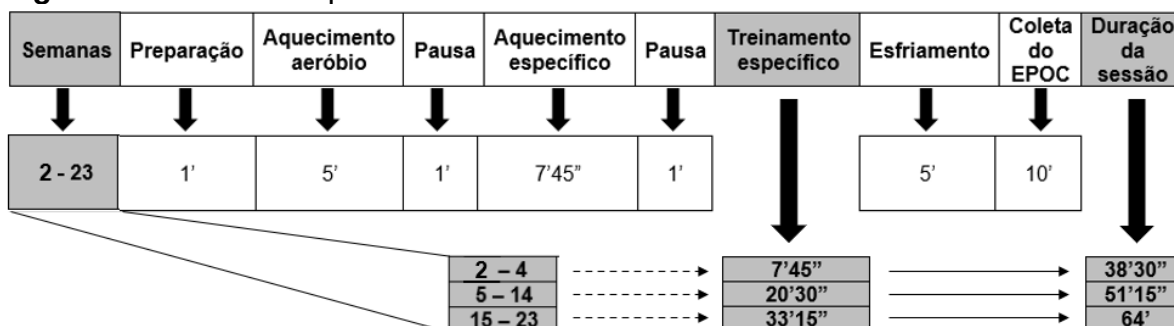
Como pode ser observado na Figura 9, para todos os grupos, no início de cada sessão foi destinado 1' para preparação do voluntário, onde este deveria permanecer em pé, sem se movimentar por 1', em seguida foi realizado um aquecimento aeróbio por um período de 5' com uma intensidade correspondente a 50% da frequência cardíaca de reserva (FCR), no elíptico ou na esteira ergométrica de acordo com a preferência do indivíduo participante do estudo, seguido por um período de descanso com duração de 1'. Na sequência foi executado um aquecimento específico para cada grupo (descritos nos itens 6.4.1.1; 6.4.1.2 e 6.4.1.3), com duração de 7'45". Ao final do aquecimento foi realizada mais uma pausa de 1'. Após a conclusão desta etapa iniciou-se o treinamento específico para os grupos GE, GF e GM. A duração desta fase dependia do período do treinamento em que o experimento se encontrava: 2ª a 4ª semana - 7'45"; 5ª a 14ª semana - 20'30"; e 15ª a 23ª semana - 33'15" (Figura 9).

Dando prosseguimento a sessão da intervenção, realizou-se 5' de resfriamento e alongamento, seguidos pela coleta de gases para identificação do excesso de consumo de oxigênio pós-exercício (EPOC) por 10', com o objetivo da realização de análise posterior a conclusão do período de intervenção (Figura 9).

A duração total das sessões, incluindo os momentos de preparação, pausas, aquecimento aeróbio e específico, treinamento específico, esfriamento e coleta do EPOC para os grupos GE, GF e GM foram de 38'30" da 2ª a 4ª semana, de 51'15" da 5ª a 14ª semana e de 64' entre a 15ª e 23ª semana (Figura 9).

Todas as sessões de treinamento foram supervisionadas por instrutores treinados.

Figura 9 - Desenho experimental



6.4.1 Grupo Endurance (GE)

O treinamento foi realizado com exercícios aeróbios na esteira ou elíptico, conforme a preferência do voluntário. A rotina deste treinamento está ilustrada no Quadro 1 e Figura 9, alterando-se a intensidade e o volume de acordo com a fase do treinamento.

Entre as semanas 2 e 4 o GE realizou o exercício aeróbio específico durante 7'45", com intensidade de 40% da FCR para familiarização e adaptação ao exercício. Nestas primeiras semanas de treinamento, a duração total da sessão foi de 38'30". Na 5ª até a 8ª semana, a duração do momento específico da sessão para cada grupo foi de 20'30", com uma intensidade de 50% da FCR. Nesta fase do experimento, a duração total da sessão foi de 51'15". Essa mesma duração tanto da intervenção específica como da sessão completa foi utilizada entre a 9ª e 14ª semana, mas com intensidade de 60% da FCR. Nas últimas semanas (15ª a 23ª), a intensidade utilizada foi de 70% da FCR no momento do treinamento específico com uma duração de 33'15", sendo que a sessão completa foi de 64' cada sessão.

O aquecimento específico foi realizado em um cicloergômetro a 30% da FCR. Para tal, foi destinado o tempo de 7'45".

Durante todo o aquecimento e treinamento a FC foi monitorada por um cardiofrequencímetro (Polar RS800CX, Polar Electro, Kempele, Finlândia).

Quadro 1 - Planejamento da intervenção do GE

	Semana 1	Semanas 2 - 4	Semanas 5 - 8	Semanas 9 - 14	Semanas 15 - 23	Semana 24
		Nº de semanas 3	Nº de semanas 4	Nº de semanas 6	Nº de semanas 9	
Avaliação	Sim	-----	-----	-----	-----	Sim
Intensidade	-----	40% da FCR	50%da FCR	60%da FCR	70%da FCR	-----
Duração da sessão específica do treinamento	-----	7'45"	20'30"	20'30"	33'15"	-----
Duração da sessão completa	-----	38'30"	51'15"	51'15"	64'	-----
Acompanhamento dietético	-----	Sim	Sim	Sim	Sim	-----

Legenda - FCR: frequência cardíaca de reserva.

6.4.2 Grupo Força (GF)

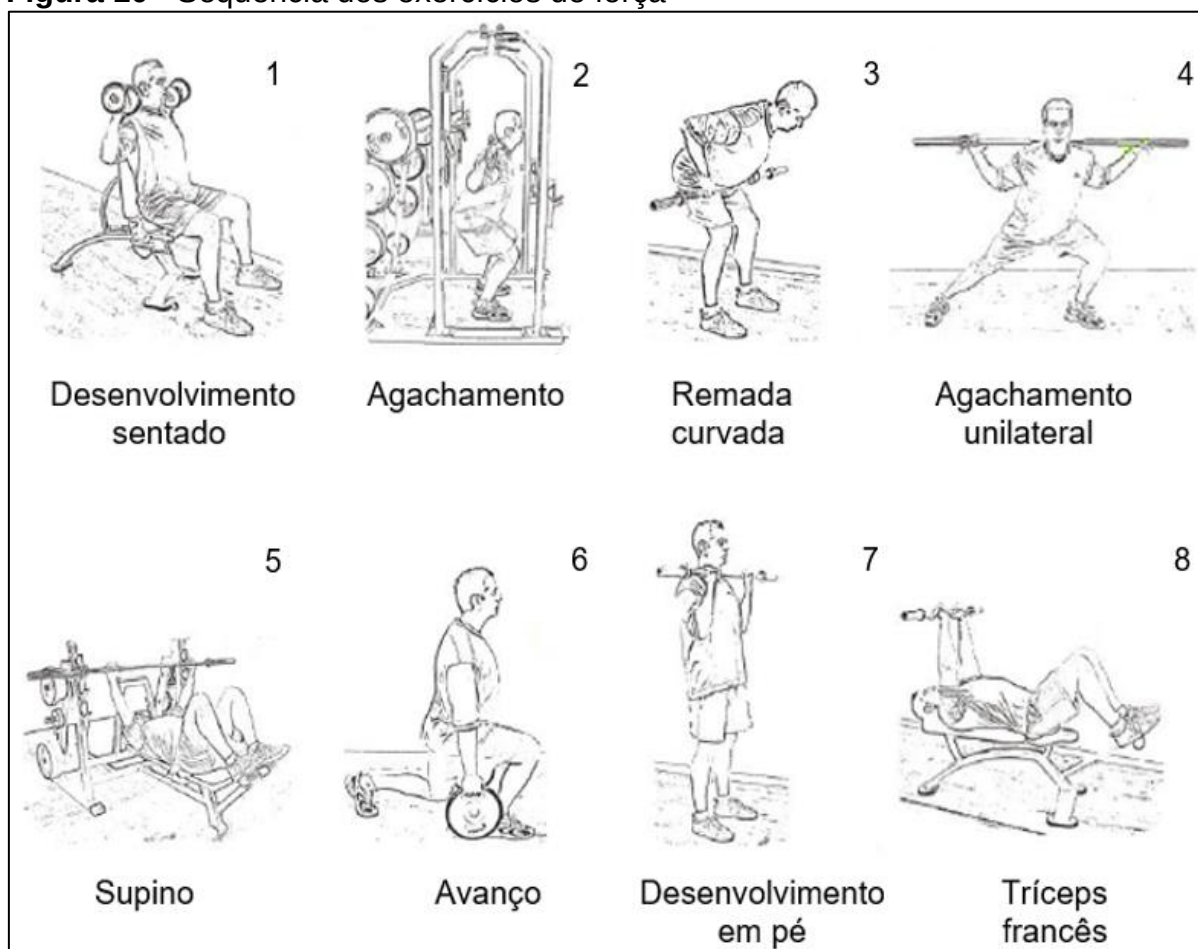
O treinamento de força consistiu na execução de oito exercícios: desenvolvimento sentado, agachamento, remada curvada, agachamento unilateral, supino, avanço, desenvolvimento em pé e tríceps francês (Figura 10).

A cadência dos exercícios foi fixada em 1:2 (fase concêntrica/excêntrica). Para tal, fez-se uso da informação sonora (áudio no formato MP3) para definir o ritmo de execução dos exercícios durante todas as sessões.

O programa com os exercícios de força foi prescrito usando o método de 15 RM para GF e GM, detalhado anteriormente (MORGAN; WOODRUFF; TIIDUS, 2003).

Cada sessão foi iniciada com 1' de preparação do voluntário, seguido pelo aquecimento aeróbio, como descrito no item 6.4. Após mais 1' de descanso o aquecimento específico foi realizado, no qual foram utilizados 8 exercícios com 15 repetições e uma duração de 45" (Figura 10). A recuperação foi de 15" entre os exercícios, totalizando o tempo de 7'45". Este aquecimento foi realizado a 30% do resultado obtido no teste de 15 RM e foi realizada apenas uma volta no circuito.

Os exercícios foram realizados conforme Figura 10, alterando-se progressivamente o volume e a intensidade no decorrer do treinamento (Quadro 2) (CORRAL *et al.*, 2009; HUNTER *et al.*, 2008).

Figura 10 - Sequência dos exercícios de força

Durante o período de adaptação (semanas 2 - 4), a técnica dos exercícios foi ensinada e/ou aprimorada com uma carga correspondente a 40% do resultado obtido no teste de 15 RM. Neste período foi realizada apenas uma volta no circuito em cada sessão de treinamento com duração de 7'45", sendo que o tempo total gasto na sessão foi de 38'30". Entre a 5ª e a 8ª semana a duração total da sessão foi de 51'15" e os exercícios de força foram executados com uma intensidade de 50% de 15 RM e foram realizadas 2 voltas no circuito (duração da intervenção específica: 20"30"). Entre a 9ª e a 14ª manteve-se o mesmo período de tempo para o treinamento específico e a duração total da sessão que ocorreu entre as semanas 5 e 8. Entretanto, aumentou-se a intensidade para 60% de 15 RM. Finalmente durante o período que compreendia a 15ª até a 23ª semana, aumentou-se o volume e a intensidade, adicionando-se mais uma volta no circuito, ou seja, de 2 para 3 voltas, com isso a duração do período específico da sessão passou para 33'15", com uma intensidade 70% de 15RM, totalizando 64 minutos de duração para cada sessão (Figura 10 e Quadro 2).

Quadro 2 - Características da prescrição do treinamento de força para GF e GM

	Semana 1	Semanas 2 - 4	Semanas 5 - 8	Semanas 9 - 14	Semanas 15 - 23	Semana 24
		Nº de semanas 3	Nº de semanas 4	Nº de semanas 6	Nº de semanas 9	
Avaliação	Sim	-----	-----	-----	-----	Sim
Intensidade dos exercícios de força	-----	40% de 15RM	50% de 15RM	60% de 15RM	70% de 15RM	-----
Intensidade: exercícios aeróbios (GM)*	-----	40% da FCR	50% da FCR	60% da FCR	70% da FCR	-----
Duração da sessão específica do treinamento	-----	7'45"	20'30"	20'30"	33'15"	-----
Duração da sessão completa	-----	38'30"	51'15"	51'15"	64'	-----
Nº de voltas no circuito	-----	1	2	2	3	-----
Recuperação entre as voltas no circuito	-----	-----	5'	5'	5'	-----
Nº de repetições para cada exercício do circuito	-----	15	15	15	15	-----
Duração de cada exercício do circuito	-----	45"	45"	45"	45"	-----
Recuperação entre cada exercício do circuito	-----	15"	15"	15"	15"	-----
Acompanhamento dietético	-----	Sim	Sim	Sim	Sim	-----

Legenda - GM: Grupo misto; FCR: frequência cardíaca de reserva.

* Informação utilizada somente para o grupo misto (GM).

6.4.3 Grupo Misto (GM)

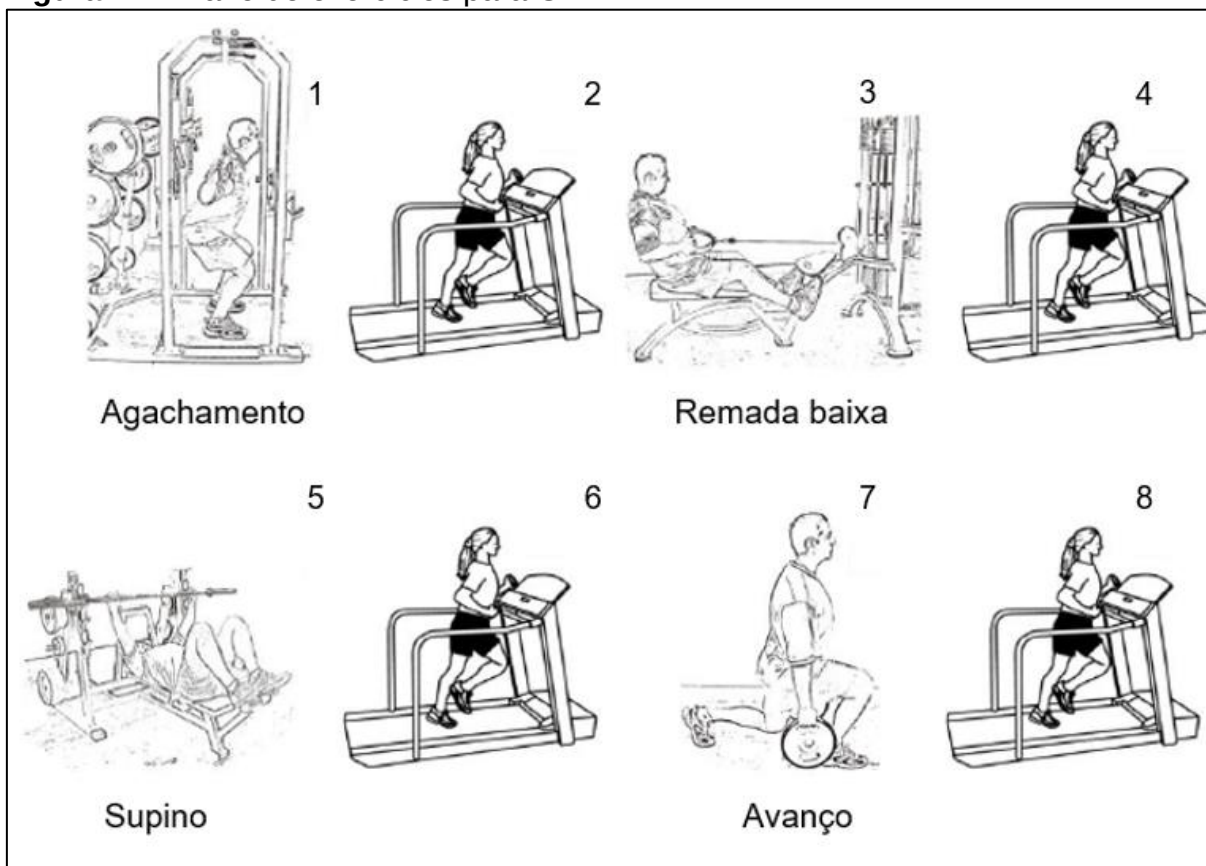
A intervenção do grupo GM foi realizada no formato de circuito, sendo que cada passagem era constituída de uma combinação de forma intercalada de 4 exercícios de força com 4 períodos de exercícios aeróbios, iniciando-se sempre pelo exercício de força e finalizando com o exercício aeróbio.

Foram realizadas 15 repetições de cada exercício de força com duração de 45". Tempo este que foi utilizado também no exercício aeróbio. Ao final cada série de um determinado exercício de força e após os 45" de estímulo aeróbio, ou seja, antes de iniciar o exercício seguinte, havia um período de recuperação de 15" (Quadro 2).

Para realização dos exercícios de força seguiu-se a seguinte ordem: agachamento, remada baixa, supino e avanço (Figura 11). Os exercícios aeróbios poderiam ser realizados tanto no cicloergômetro, como na esteira ergométrica ou no elíptico. A duração da intervenção específica (aeróbio ou força) e total foram idênticas ao GE e GF (Figura 9, Quadro 2).

Entre a 2ª e 4ª semana, o treinamento foi destinado à familiarização tanto dos exercícios de força, quanto o aeróbio e foi utilizada a intensidade de 40% de 15RM para os exercícios de força e 40% da FCR para o exercício aeróbio, sendo realizada apenas uma volta no circuito. Nas semanas subsequentes o volume e a intensidade do treinamento aumentaram progressivamente, conforme apresentado no Quadro 2. Entre a 5ª e a 8ª semana, os exercícios de força foram realizados a 50% de 15RM e o programa aeróbio a 50% FCR, além de contemplarem 2 voltas no circuito. Nas semanas 9 a 14, o exercício aeróbio foi realizado a 60% FCR, assim como o treinamento de força que utilizou a intensidade de 60%, mas de 15RM. Neste período manteve-se as 2 voltas no circuito. Nas semanas finais (15ª a 23ª), o volume aumentou, passando para 3 voltas no circuito, com 70% de 15RM para os exercícios de força e 70% FCR nos exercícios aeróbios (Quadro 2).

Para o aquecimento específico do grupo GM foi realizado uma volta no circuito composto por 4 exercícios de força a 30% do resultado obtido no teste de 15 RM e 4 exercícios aeróbios, a 30% da FCR, intercalados. Tanto para cada exercício de força (15 repetições) quanto para cada exercício aeróbio do circuito, a duração foi 45" seguidos de 15" de recuperação, totalizando 7'45".

Figura 11 - Plano de exercícios para GM

6.4.1.4 Grupo Recomendações (GR)

Assim como os demais grupos, os sujeitos do GR receberam um plano dietético individual, realizado por nutricionistas certificados. Contudo, não realizaram nenhum protocolo de exercício físico com acompanhamento. Este grupo recebeu somente aconselhamentos para realização de exercícios durante a intervenção.

No período de adaptação, a recomendação foi para que acumulassem de 200-300 minutos de atividade física por semana em uma intensidade moderada com uma duração de 30-60 minutos por sessão.

Entre a 5ª e a 8ª semanas, o GR foi instruído a substituir, em um dia da semana, a atividade física moderada por exercícios mais intensos. Entre a 9ª e a 14ª semana, os voluntários foram aconselhados a realizarem, dentre os dias da semana em que eram destinados a cumprir de 200 a 300 minutos de atividade física, dois dias com atividades intensas. Na última etapa da intervenção, ou seja, entre a 15ª e a 23ª

semana, a recomendação foi para que os indivíduos cumprissem uma meta de três dias na semana de atividade física intensa (Quadro 3).

As orientações para o autocontrole da intensidade seguiram as recomendações de Williams *et al.* (2001) e Goode *et al.* (1998), os quais sugerem que as atividades moderadas são aquelas que fazem respirar um pouco mais forte que o normal, não é possível cantar, mas é possível falar. Durante atividades com intensidade mais elevada, ou seja, vigorosas, existe a necessidade de um grande esforço físico, apresentando com sinal físico a necessidade de respirar muito mais forte que o normal, onde o sujeito não seria capaz de dizer mais que algumas palavras sem parar para respirar.

Quadro 3 - Resumo da intervenção de acordo com o grupo e a semana

Recomendações de carga de trabalho para grupos e a semana																							
Semanas	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
Grupos																							
GE	Volume 38"30' Intensidade 40% FCR + Dieta			Volume 51"15' Intensidade 50% FCR + Dieta			Volume 51"15' Intensidade 60% FCR + Dieta			Volume 64" Intensidade 70% FCR + Dieta													
GF	Volume 38"30' Intensidade 40% 15RM + Dieta			Volume 51"15' Intensidade 50% 15RM + Dieta			Volume 51"15' Intensidade 60% 15RM + Dieta			Volume 64" Intensidade 70% 15RM + Dieta													
GM	Volume 38"30' Intensidade 40% 15RM/FCR + Dieta			Volume 51"15' Intensidade 50% 15RM/FCR + Dieta			Volume 51"15' Intensidade 60% 15RM/FCR + Dieta			Volume 64" Intensidade 70% 15RM/FCR + Dieta													
GR	200-300 minutos de atividade física de intensidade moderada			Recomendação de pelo menos 1 dia/semana de AF intensa.			Recomendação de pelo menos 2 dias/semana de AF intensa.			Recomendação de pelo menos 3 dias/semana de AF intensa.													

Legenda - GE: grupo que realizou o treinamento aeróbio; GF: grupo que realizou o treinamento de força; GM: grupo que realizou o treinamento de força intercalado com o treinamento aeróbio; GR: grupo que recebeu somente instruções para a prática de atividade física; 15RM: 15 repetições máximas; FCR: frequência cardíaca de reserva.

* Volume está sendo representado neste Quadro pelo tempo total da sessão, incluindo pausas, aquecimento, resfriamento e coleta do EPOC.

6.4.2 Intervenção dietética

Dietas hipocalóricas foram prescritas individualmente para todos os participantes por nutricionistas especializados. A dieta foi projetada para fornecer 25-30% menos energia do que o gasto diário de quilocalorias, conforme resultado medido pela acelerometria realizada por três dias usando SenseWear Pro3 Armband™ (Body Media, Pittsburgh, PA).

A distribuição de macronutrientes foi estabelecida de acordo com as recomendações da Sociedade Espanhola de Nutrição Comunitária (SERRA-MAJEM; ARANCETA, 2001). Aproximadamente de 29 a 34% da energia foi obtida através de gordura, 14-20% através das proteínas e 50-55% dos carboidratos (SACKS *et al.*, 2009).

O programa de dieta hipocalórica foi seguido durante as 22 semanas, ou seja, o mesmo período de intervenção com exercícios. O aconselhamento dietético foi dado no início e na 12ª semana com intuito de esclarecer as dúvidas e motivar os participantes.

6.5 Análise estatística

Médias e desvios padrão (DP) foram calculados para variáveis contínuas. As variáveis categóricas foram apresentadas por frequências. A normalidade dos dados foi comprovada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov. Análises de covariância de medidas repetidas de dois fatores (ANCOVAs) foram usadas para determinar quaisquer diferenças entre as 4 intervenções (F, E, M e R) e o momento (pré e pós-intervenção) ou entre a supervisão (protocolos supervisionados e protocolo de recomendações) e o momento (pré e pós-intervenção), incluindo o sexo como covariável. Além disso, ANCOVAs com os fatores sexo (homem e mulher) e momento (pré e pós-intervenção) incluindo a idade como covariável também foram realizadas. Para as comparações múltiplas empregou-se o teste da diferença mínima significativa (LSD, pelas siglas em inglês). Análises de variância univariada também foram realizadas para identificar diferenças entre os grupos nas mudanças percentuais $((\text{pós-pré}) / \text{pré}) * 100$). O tamanho do efeito foi calculado por eta-quadrado parcial (η_p^2) 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 correlações entre os coeficientes angulares e outros parâmetros do teste incremental foram determinadas pelo coeficiente de Pearson, que foi interpretado como $<0,2$ (trivial), 0,20 - 0,49 (pequeno), 0,5 - 0,8 (médio) e $> 0,8$ (alto) (FERGUSON, 2009). As chances do efeito (razão de chances) em apresentar alguma melhora (respondedor) nas variáveis de aptidão ou não (não respondedor), associado a intervenções de treinamento e recomendações de atividade física (GF + GE + GM e GR) e gênero (homens e mulheres) foi analisado pelo algoritmo de Fisher, que classificou a chance do efeito em presente (proporção $> 1,0$), indiferente (proporção = 1) ou ausente (proporção <1), e a tendência de estar associada com o fator observado em conclusiva ($\chi^2 \leq 0,05$), provável ($\chi^2 > 0,05$ e $\leq 0,10$) ou inconclusiva ($\chi^2 > 0,10$). Para cada variável, o respondedor era o indivíduo cujo seus resultados indicaram um aumento ou diminuição (em favor de mudanças benéficas) que era maior do que 2 vezes o erro típico (TE), o qual era calculado dividindo o desvio padrão das diferenças (pós menos pré) pela raiz quadrada de dois, de acordo com critérios previamente estabelecidos em intervenções de exercício (ÁLVAREZ *et al.*, 2019). As análises foram realizadas com o software estatístico SPSS (versão 20; SPSS, Inc, Chicago, IL) e os gráficos elaborados no GraphPad Prism 8.0. O nível de significância estatística foi estabelecido em 5% ($p \leq 0,05$).

7 RESULTADOS

Após o período de intervenção, os sujeitos que não participaram de 90% das sessões de treinamento e que apresentaram menos de 80% de aderência à dieta foram excluídos da análise.

As características da amostra final são apresentadas na Tabela 1. Os grupos iniciaram o treinamento em uma situação de igualdade estatística em relação às variáveis peso e IMC e a distribuição por sexo, pois não foram observadas diferenças significativas entre estes nesta ocasião.

Tabela 1 - Características da amostra

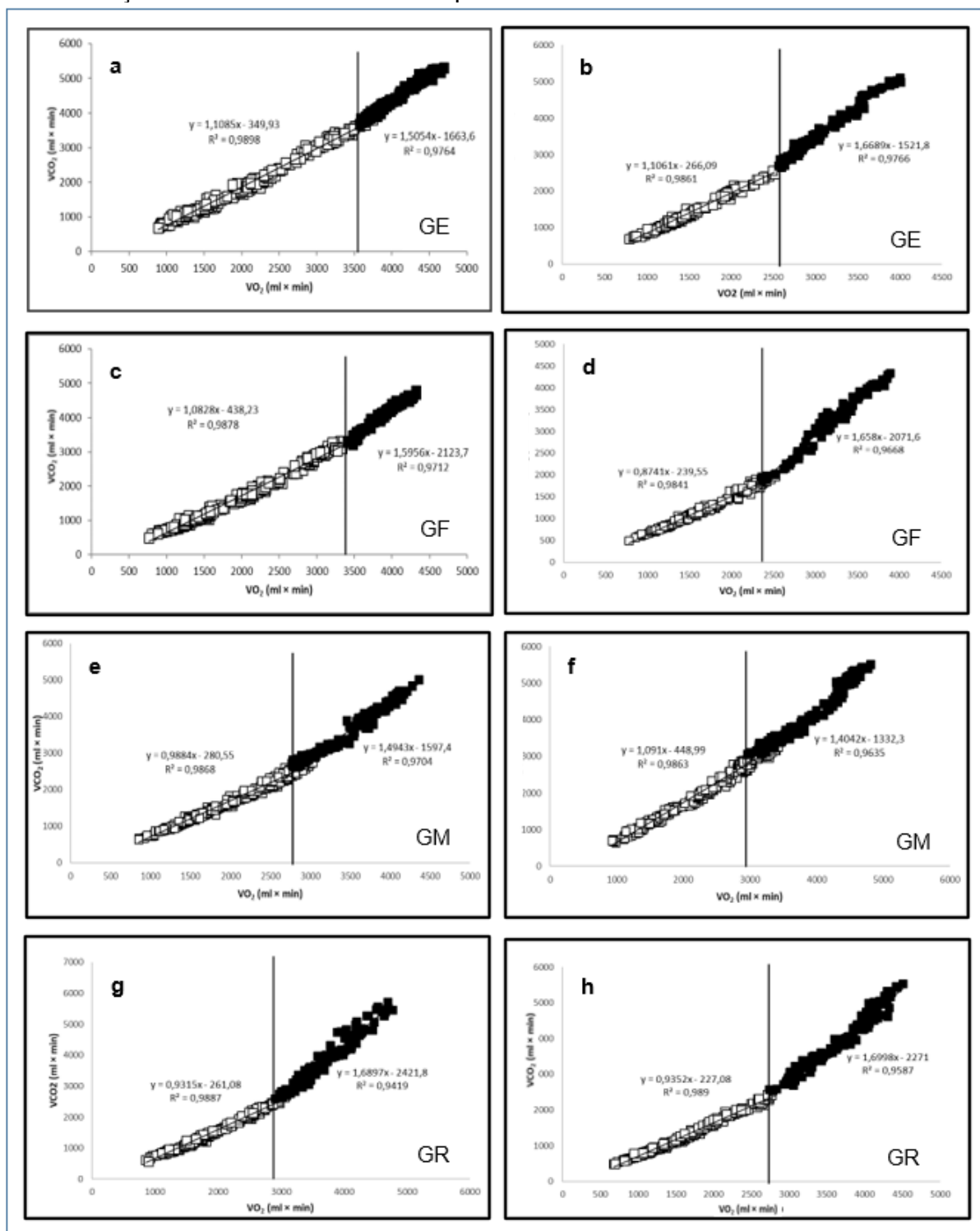
	GF	GE	GM	GR
Idade (anos)	38,0 ± 9,2	37,9 ± 7,8	37,2 ± 6,7	38,7 ± 7,1
Massa corporal (kg)	96,7 ± 10,3	92,1 ± 8,5	96,9 ± 13,3	92,3 ± 13,1
Estatura (m)	1,71 ± 0,1	1,68 ± 0,1	1,67 ± 0,1	1,67 ± 0,1
IMC (Kg/m ²)	33,3 ± 2,2	32,8 ± 2,5	34,8 ± 4,0	33,0 ± 2,7
% mulheres	45,8	57,7	50,0	45,5
% homens	54,2	42,3	50,0	54,5

Legenda - GF: Grupo Força; GE: Grupo Endurance; GM: Grupo Misto; GR: Grupo Recomendações; IMC: Índice de Massa Corporal.

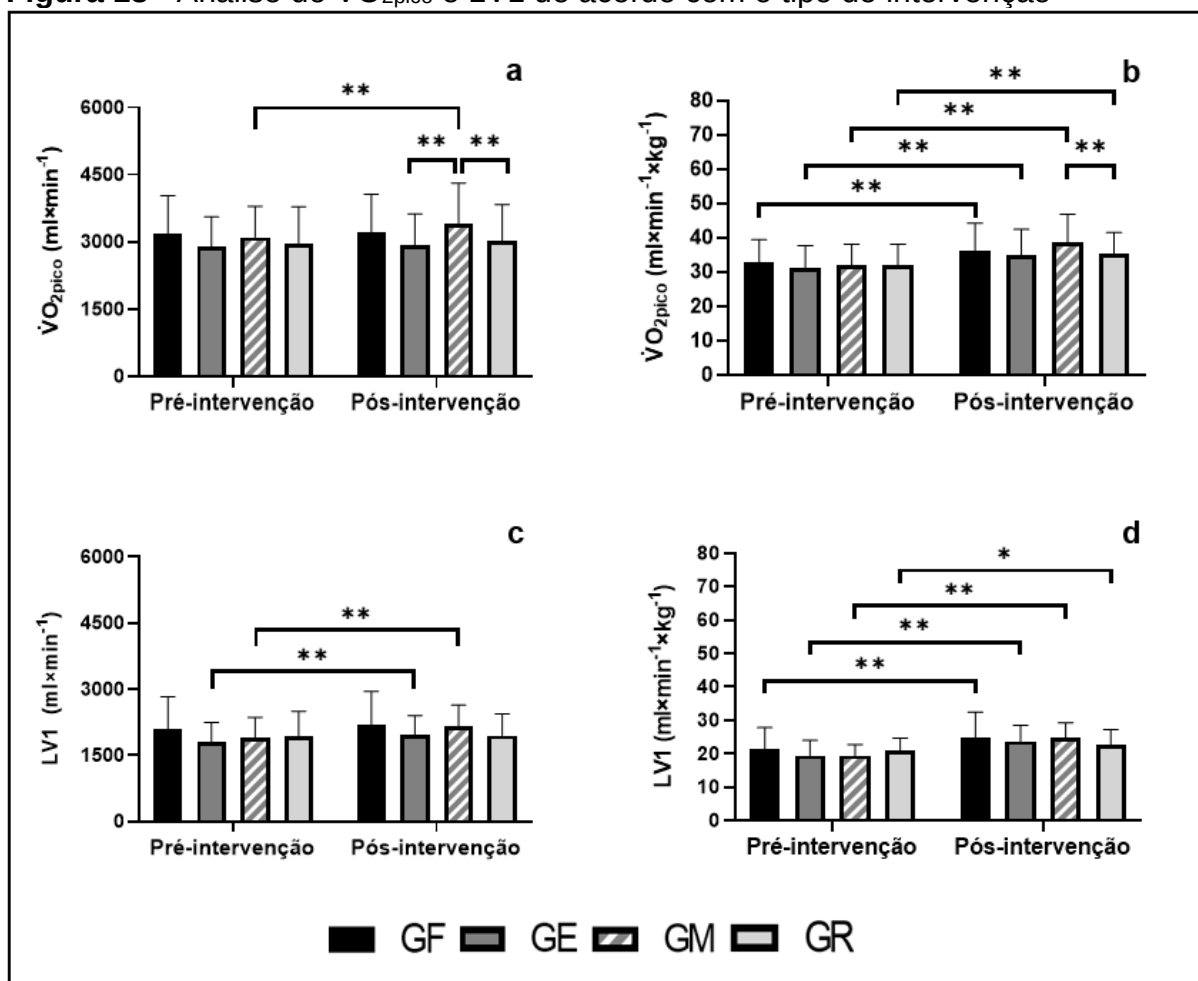
Sobre os resultados pré e pós-intervenção, tem-se que todos os grupos reduziram significativamente o peso e o IMC ($p < 0,01$). Estas variáveis foram analisadas também, dividindo-se os grupos entre homens e mulheres, independentemente do tipo de treinamento realizado. Nesta situação, também se identificou uma diminuição do peso e do IMC para ambos os grupos ($p < 0,01$). Por fim, dividiu-se a amostra em dois outros grupos: treinamento, que compreendia os sujeitos do GF, GE e GM e o grupo recomendações, composto somente pelo GR. Da mesma forma, foi identificado, após a intervenção, que ambos os grupos reduziram tanto o IMC quanto o peso corporal ($p < 0,01$).

A Figura 12 apresenta uma ilustração do perfil de resposta do $\dot{V}O_2$ e do procedimento de determinação de LV1 usando o teste progressivo escalonado pelo procedimento de V-Slope, em um indivíduo de cada grupo experimental nos momentos pré e pós-intervenção.

Figura 12 - Ilustração do perfil de resposta do $\dot{V}O_2$ e do procedimento de determinação de LV1 através do V-Slope



Legenda: GE: Grupo Endurance; GF: Grupo Força; GM: Grupo Misto; GR: Grupo Recomendação; a: sujeito do GE pré-intervenção; b: sujeito do GE pós-intervenção; c: sujeito do GF pré-intervenção; d: sujeito do GF pós-intervenção; e: sujeito do GM pré-intervenção; f: sujeito do GM pós-intervenção; g: sujeito do GR pré-intervenção; h: sujeito do GR pós-intervenção.

Figura 13 - Análise do $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ e LV1 de acordo com o tipo de intervenção

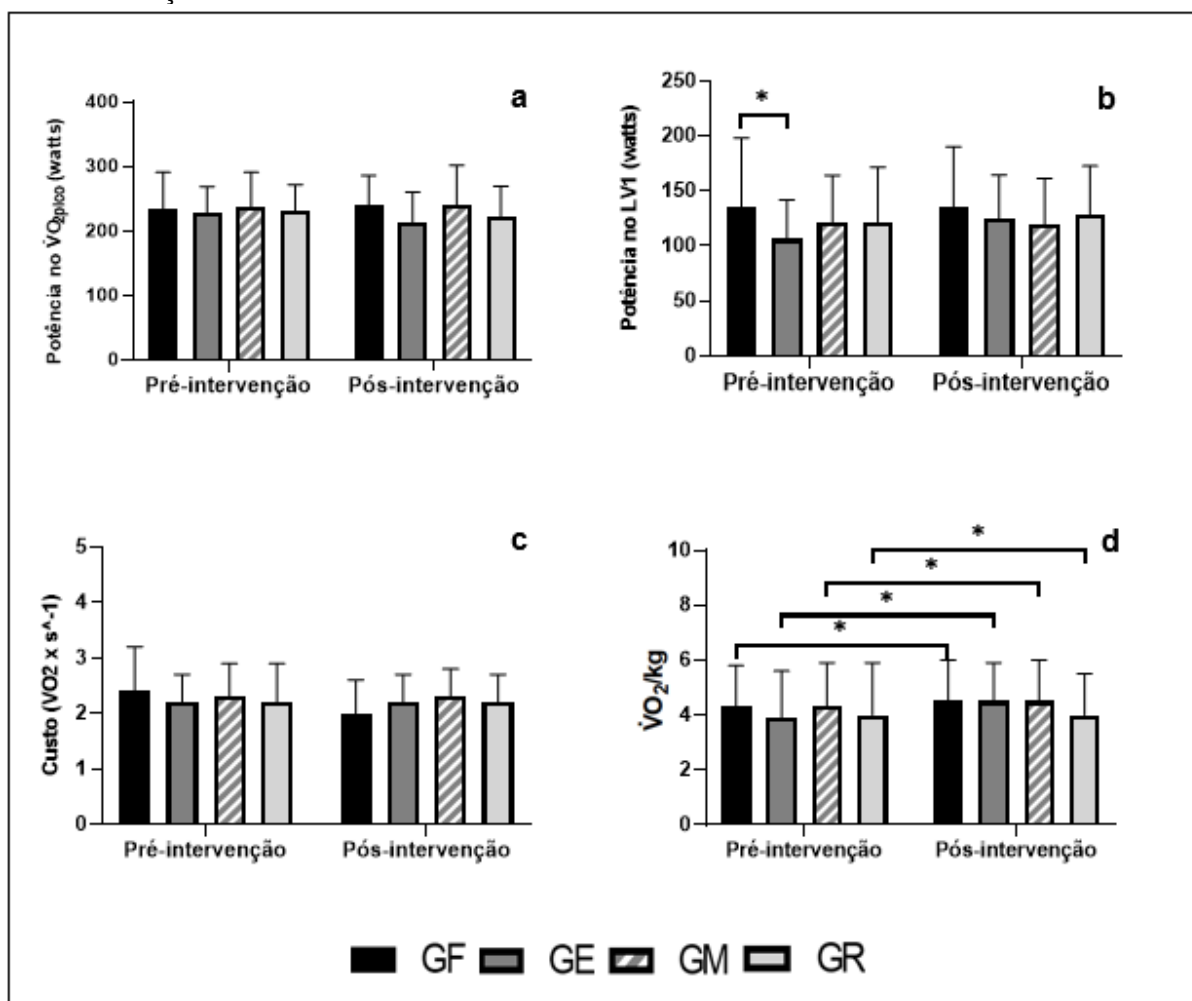
Legenda - GE: Grupo Endurance; GF: Grupo Força; GM: Grupo Misto; GR: Grupo Recomendação; $\dot{V}O_{2\text{pico}}$: pico do consumo de oxigênio; LV1: primeiro limiar ventilatório; a: resultado do $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ absoluto; b: $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ relativo; c: LV1 absoluto; d: LV1 relativo; * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,001$.

Resultados da ANCOVA para o $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ absoluto mostraram interações entre o momento (pré e pós) e o grupo de intervenção ($F(3, 89) = 3,277$, $p = 0,025$, $\eta_p^2 = 0,099$) e entre o momento e a covariável sexo ($F(1, 89) = 7,301$, $p = 0,008$, $\eta_p^2 = 0,076$). Houve um aumento significativo entre os momentos analisados apenas para o GM ($p < 0,01$) (Painel a), o qual no pós-intervenção apresentou valores superiores ao GE ($p = 0,006$) e ao GC ($p = 0,002$). Já a UNIANOVA, mostrou uma tendência na interação do grupo para os percentuais de mudança no $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ absoluto ($p = 0,051$), onde a melhora do GM (+9,9%), poderia ser maior que a dos demais grupos (GF: +0,3%, $p = 0,010$; GE: +1,9%, $p = 0,030$; GR: +2,3%, $p = 0,046$). Para o $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ relativo (Painel b), também foi observada uma interação entre o momento (pré e pós) e o grupo de

intervenção ($F(3, 89) = 2,806$, $p = 0,044$, $\eta_p^2 = 0,086$), assim como entre o momento e a covariável sexo ($F(1, 89) = 10,420$, $p = 0,002$, $\eta_p^2 = 0,105$). É possível identificar um aumento significativo em todos os grupos ($p < 0,001$) após a intervenção, sendo o valor do GM significativamente superior em relação ao GR ($p = 0,037$) no pós-intervenção. Os resultados da UNIANOVA nos apresentam uma tendência na interação do grupo para os percentuais de mudança no $VO_{2\text{pico}}$ relativo ($p = 0,061$). Na comparação por pares identificou-se que a melhora do GM (+21,1%), poderia ser maior que a dos demais grupos (GF: +10,4%, $p = 0,015$; GE: +12,8%, $p = 0,052$; GR: +11,2%, $p = 0,024$).

Sobre o LV1 absoluto (Painel c), identificou-se uma interação entre o momento (pré e pós) e o grupo de intervenção ($F(3, 89) = 3,671$, $p = 0,015$, $\eta_p^2 = 0,110$), observando uma melhora entre os momentos pré e pós-intervenção para o grupo GE ($p = 0,003$) e GM ($p < 0,001$). Não houve interação entre o momento e a covariável sexo. A UNIANOVA mostrou uma interação do grupo para os percentuais de mudança no LV1 absoluto ($p = 0,014$). Comparando-se os pares observou-se que a melhora do GM (+16,4%) foi maior que do GF (+5%, $p = 0,026$) e do GR (+1,2%, $p = 0,004$). Identificou-se também, que a melhora do GE (+12,7%) foi maior que do GR (+1,2%, $p = 0,023$). O Painel d nos mostra os valores obtidos no LV1 relativo. Para esta variável, assim como quando analisado os valores absolutos, foi constatada uma interação entre o momento (pré e pós) e o grupo de intervenção ($F(3, 89) = 3,589$, $p = 0,017$, $\eta_p^2 = 0,108$), sem interação entre o momento e a covariável sexo. Todos os grupos apresentaram aumentos significativos para LV1 relativo quando comparado os momentos pré e pós-intervenção (para GF, GE e GM o p foi menor que 0,001 e para GR, o p foi igual a 0,016), com a interação observada indicando uma maior melhora de GF, GE e GM frente ao GR. Para esta variável a UNIANOVA mostrou uma interação do grupo para os percentuais de mudança ($p = 0,008$). Analisando-se os pares foi identificado que a melhora do GM (28,4%) foi maior que do GF (+15,5%, $p = 0,028$) e do GR (+10%, $p = 0,002$). O GE (+24,8%) apresentou uma melhora maior que do GR (+10%, 0,010).

Figura 14 - Análise da potência e do coeficiente de custo de O₂ de acordo com o tipo de intervenção



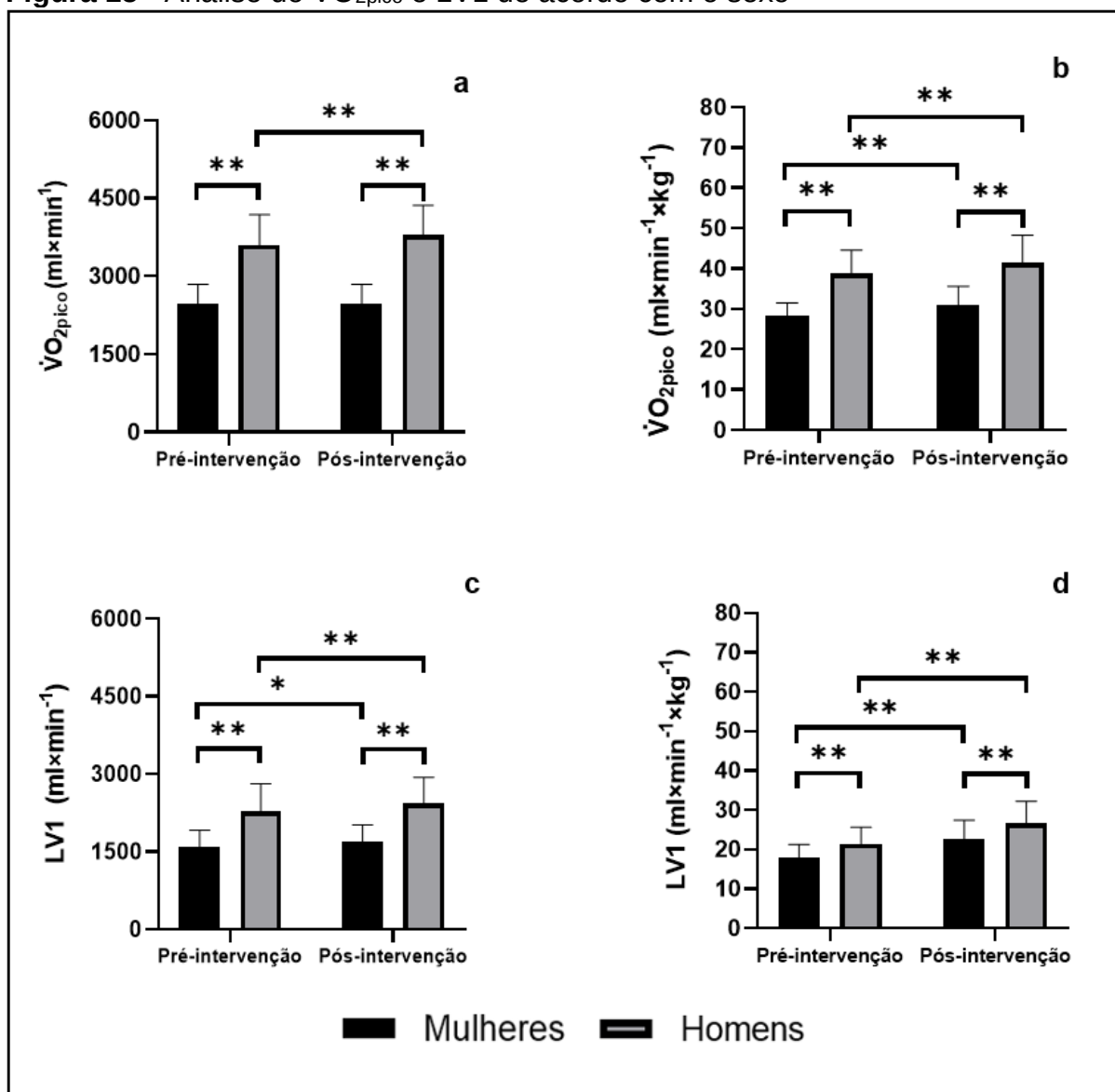
Legenda: GE: Grupo Endurance; GF: Grupo Força; GM: Grupo Misto; GR: Grupo Recomendação; $\dot{V}O_{2pico}$: pico do consumo de oxigênio; LV1: primeiro limiar ventilatório; $\dot{V}O_2C < LV1$: coeficiente de custo de O₂ abaixo de LV1; a: potência no $\dot{V}O_{2pico}$, b: potência no LV1; c: coeficiente de custo de O₂ abaixo de LV1; d: coeficiente de custo de O₂ acima de LV1; *p≤0,05.

Na figura 14, o painel a apresenta os resultados para a potência no $\dot{V}O_{2pico}$. Para estes valores, foi encontrada uma tendência na interação entre o momento (pré e pós) e o grupo de intervenção ($F(3, 89) = 2,552$, $p = 0,061$, $\eta_p^2 = 0,079$), com uma possível redução para essa variável no GE ($p = 0,018$). Não houve interação entre o momento e a covariável sexo. De acordo com a UNIANOVA ocorreu uma interação do grupo para os percentuais de mudança na potência no $\dot{V}O_{2pico}$ ($p = 0,022$). Comparando-se os pares observou-se que a melhora do GF (+4,3%) foi maior que do GE (-6,5%, $p = 0,006$) e do GR (-4,2%, $p = 0,035$). Identificou-se também que a melhora do GM (+1,8%) foi maior que do GE (-6,5%, $p = 0,038$). Em relação a potência

no LV1, não foi observada uma interação entre o momento (pré e pós) e o grupo de intervenção, nem entre o momento e a covariável sexo. Apenas para o momento foi identificada uma tendência na interação ($F(3, 89) = 3,075$, $p = 0,083$, $\eta_p^2 = 0,033$) (Painel b). Verificou-se também que os valores da potência no LV1 foram menores para o GE quando comparado com o GF ($p = 0,046$) na pré-intervenção. Na UNIANOVA não ocorreu interação do grupo de intervenção para os percentuais de mudança na potência no LV1 ($p = 0,643$) e as mudanças foram de +16,1%, +28,5%, +5,4% e +23,4% para GF, GE, GM e GR respectivamente.

Os resultados para o coeficiente de custo de O_2 abaixo e acima do LV1 podem ser observados nos Painéis c e d, respectivamente. No coeficiente de custo de O_2 abaixo de LV1 foi observada uma tendência ($F(3, 89) = 3,075$, $p = 0,099$, $\eta_p^2 = 0,068$) de interação entre o momento (pré e pós) e o grupo de intervenção, com uma possível redução apenas para o GF. Entre o momento e a covariável sexo não houve interação. Na análise da UNIANOVA tem-se os seguintes resultados: uma tendência na interação do grupo para os percentuais de mudança no coeficiente de custo de O_2 abaixo de LV1 ($p = 0,097$). Na comparação por pares identificou-se que a melhora do GF (-10,5%), poderia ser maior que a dos demais grupos (GE: +4,9%, $p = 0,020$; GM: +2,6%, $p = 0,056$; GR: +0,9%, $p = 0,095$). No coeficiente de custo de O_2 acima de LV1 não foi observada interação entre o momento (pré e pós) e o grupo de intervenção ou entre o momento e a covariável o sexo. Entretanto, para o momento foi identificada uma interação ($F(1, 89) = 5,293$, $p = 0,024$, $\eta_p^2 = 0,056$), indicando um aumento significativo para esta variável após a intervenção, mas muito próximo da não-significância ($p = 0,050$). Observando-se a UNIANOVA é possível identificar que não ocorreu uma interação do grupo para os percentuais de mudança no coeficiente de custo de O_2 acima de LV1 ($p = 0,297$), com alterações de +7,6%, +23,4%, +11,8% e +8,9% para GF, GE, GM e GR, respectivamente.

Figura 15 - Análise do $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ e LV1 de acordo com o sexo



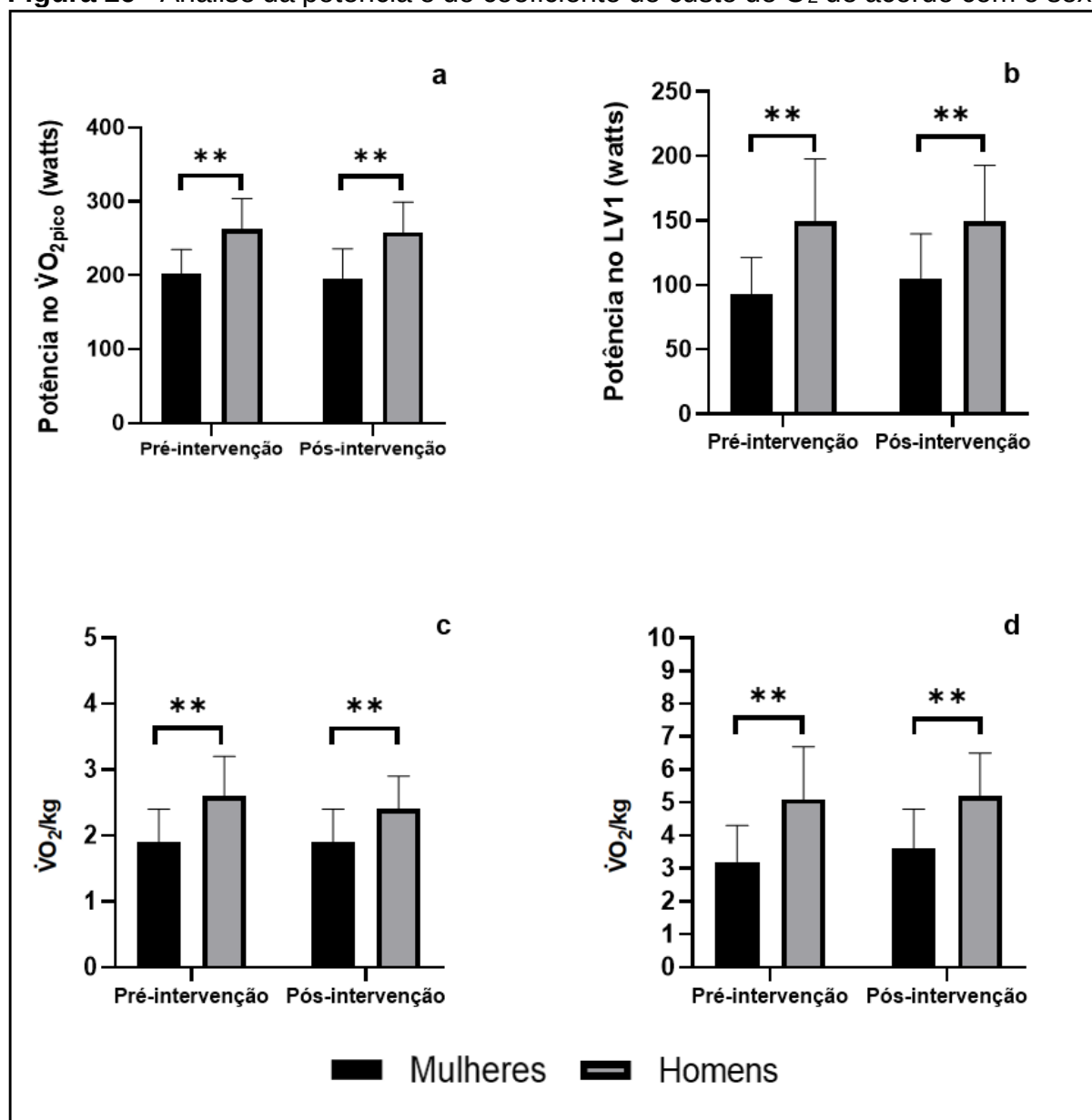
Legenda - $\dot{V}O_{2\text{pico}}$: pico do consumo de oxigênio; LV1: primeiro limiar ventilatório; a: resultado do $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ absoluto; b: $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ relativo; c: LV1 absoluto; d: LV1 relativo; *p ≤ 0,05; **p ≤ 0,001.

Nas Figuras 15 e 16 é possível observar os resultados do presente estudo com o grupo amostral dividido por sexo.

O Paine da Figura 15 nos mostra os valores pré e pós-intervenção do $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ absoluto. Para esta variável encontrou-se uma interação entre o momento (pré e pós) e o sexo ($F(1, 91) = 6,632$, $p = 0,012$, $\eta_p^2 = 0,068$), observando um aumento significativo no $\dot{V}O_2$ absoluto apenas para os homens após a intervenção ($p = 0,001$). Não houve interação entre o momento e a covariável idade. Tanto no pré quanto no pós-intervenção as mulheres apresentavam valores significativamente menores para esta variável do que os homens ($p < 0,001$ para ambos os momentos). Em relação à

UNIANOVA, foi encontrada uma interação do grupo para os percentuais de mudança ($p = 0,035$). Na comparação por pares identificou-se que a melhora observada para os homens (+6,2%) era maior do que aquela observada para as mulheres (+0,67%, $p = 0,035$). Similarmente, para o $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ relativo ocorreu uma interação entre o momento (pré e pós) e o sexo ($F(1, 91) = 9,480$, $p = 0,003$, $\eta_p^2 = 0,094$) e não houve interação entre o momento e a covariável idade. No Painel b é possível identificar uma melhora no $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ relativo (pré e pós), tanto para as mulheres quanto para os homens ($p < 0,001$ em ambos os sexos). Ainda no Painel b, pode-se observar que os valores obtidos pelos homens eram maiores que aqueles atingidos pelas mulheres, tanto no pré quanto no pós-intervenção ($p < 0,001$ em ambos os momentos). A UNIANOVA também mostrou uma interação do sexo para os percentuais de mudanças do $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ relativo ($p = 0,042$), sendo que na comparação por pares os homens apresentaram um percentual de melhora (+16,8%) superior ao das mulheres (+10,7%, $p = 0,048$).

De acordo com os resultados obtidos para o LV1 absoluto e relativo (Painéis c e d), não foram observadas interações entre o momento (pré e pós) e o sexo ou entre o momento e a covariável idade. Para o LV1 absoluto tanto nas mulheres quanto os homens foi identificada uma melhora significativa ($p = 0,012$ e $p = 0,001$, respectivamente) após a intervenção. O LV1 absoluto relativo apresentou o mesmo comportamento sendo que apenas o valor de p era diferente ($p < 0,001$ para ambos os sexos). Quando o sexo era comparado nos diferentes momentos observou-se diferenças significativas tanto para LV1 absoluto quanto para o relativo, com os homens apresentando sempre valores superiores aos das mulheres ($p < 0,001$). A análise através da UNIANOVA não mostrou interação do sexo para o LV1 ($p=0,802$), com percentuais de melhoras para mulheres e homens, respectivamente, de +9,4% e +8,4% no LV1 absoluto ($p=0,802$) e de +20,4% e +19,2% no LV1 relativo ($p=0,774$).

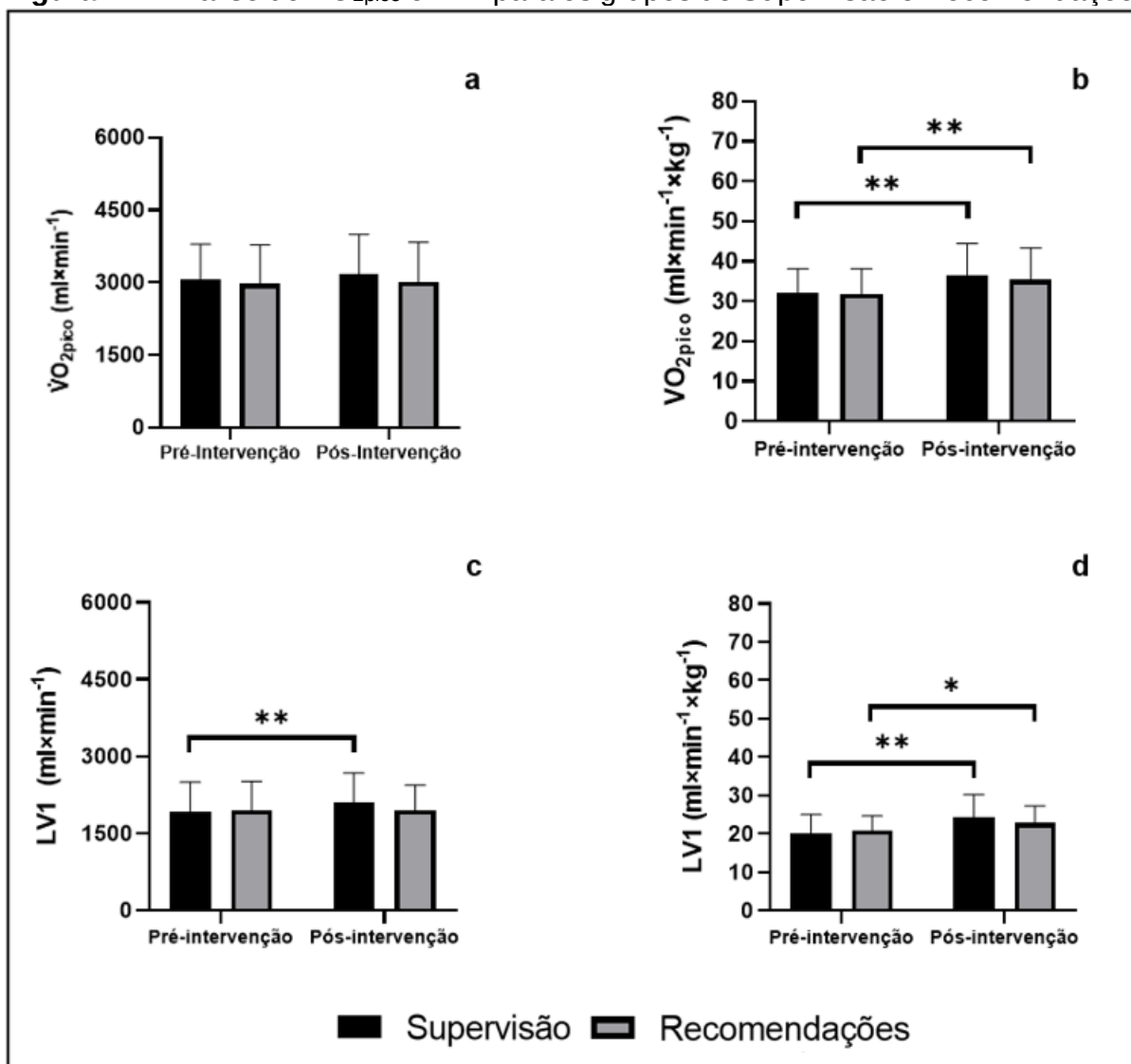
Figura 16 - Análise da potência e do coeficiente de custo de O₂ de acordo com o sexo

Legenda: $\dot{V}O_{2\text{pico}}$: pico do consumo de oxigênio; LV1: primeiro limiar ventilatório; $\dot{V}O_{2\text{C}} < \text{LV1}$: coeficiente de custo de O₂ abaixo de LV1; a: potência no $\dot{V}O_{2\text{pico}}$, b: potência no LV1; c: coeficiente de custo de O₂ abaixo de LV1; d: coeficiente de custo de O₂ acima de LV1; **p ≤ 0,001.

Os Painéis a e b da Figura 16 apresentam as respostas para a potência no $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ e a potência no LV1 entre os sexos. Para estas variáveis não foram observadas interações entre o momento (pré e pós) e o sexo ou entre o momento e a covariável idade. Outra informação apresentada pelos Painéis a e b é que os homens apresentavam valores superiores aos das mulheres tanto no pré quanto no pós-intervenção para ambas as variáveis de potência (p < 0,001). Também não foram encontradas na UNIANOVA interações do sexo para os percentuais de mudanças

para a potência no $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ ($p = 0,453$) ou para a potência no LV1 ($p = 0,539$). Na comparação por pares, observou-se uma redução percentual na potência no $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ de -2,4% e -0,20% para mulheres e homens, respectivamente, e um aumento percentual na potência no LV1 de +22,8% e +14,6% para mulheres e homens, respectivamente

Quanto ao coeficiente de custo de O_2 abaixo de LV1 foi encontrada uma tendência na interação entre o momento (pré e pós) e o sexo ($F(1, 91) = 3,084$, $p = 0,082$, $\eta_p^2 = 0,033$), indicando uma possível redução apenas para os homens ($p = 0,017$). Entre o momento e a covariável idade não ocorreu interação. No tocante ao coeficiente de custo de O_2 acima de LV1 não foram encontradas interações entre o momento (pré e pós) e o sexo bem como entre o momento e a covariável idade. Tanto para o coeficiente de custo de O_2 abaixo de LV1 quanto para o acima do LV1, os homens demonstraram um maior gasto de O_2 quando comparados com as mulheres, seja abaixo ou acima de LV1 ($p < 0,001$) (Painéis c e d). Foi identificado através da UNIANOVA que para o coeficiente de custo de O_2 abaixo de LV1 havia uma tendência na interação do sexo para os percentuais de mudança ($p = 0,073$). Na comparação por pares, os homens apresentaram uma tendência de redução percentual nesta variável (-4,8%), sendo que esta poderia ser diferente à mudança apresentada pelas mulheres (+3,8%, $p = 0,073$). Para o coeficiente de custo de O_2 acima do LV1, a UNIANOVA também apresentou uma tendência na interação do sexo para a mudança percentual ($p = 0,083$). Comparando-se os pares, o aumento observado para as mulheres (+19,1%) poderia ser superior àquele observado para os homens (+7,5%, $p = 0,083$).

Figura 17 - Análise do $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ e LV1 para os grupos de Supervisão e Recomendações

Legenda - $\dot{V}O_{2\text{pico}}$: pico do consumo de oxigênio; LV1: primeiro limiar ventilatório; a: resultado do $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ absoluto; b: $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ relativo; c: LV1 absoluto; d: LV1 relativo; * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,001$.

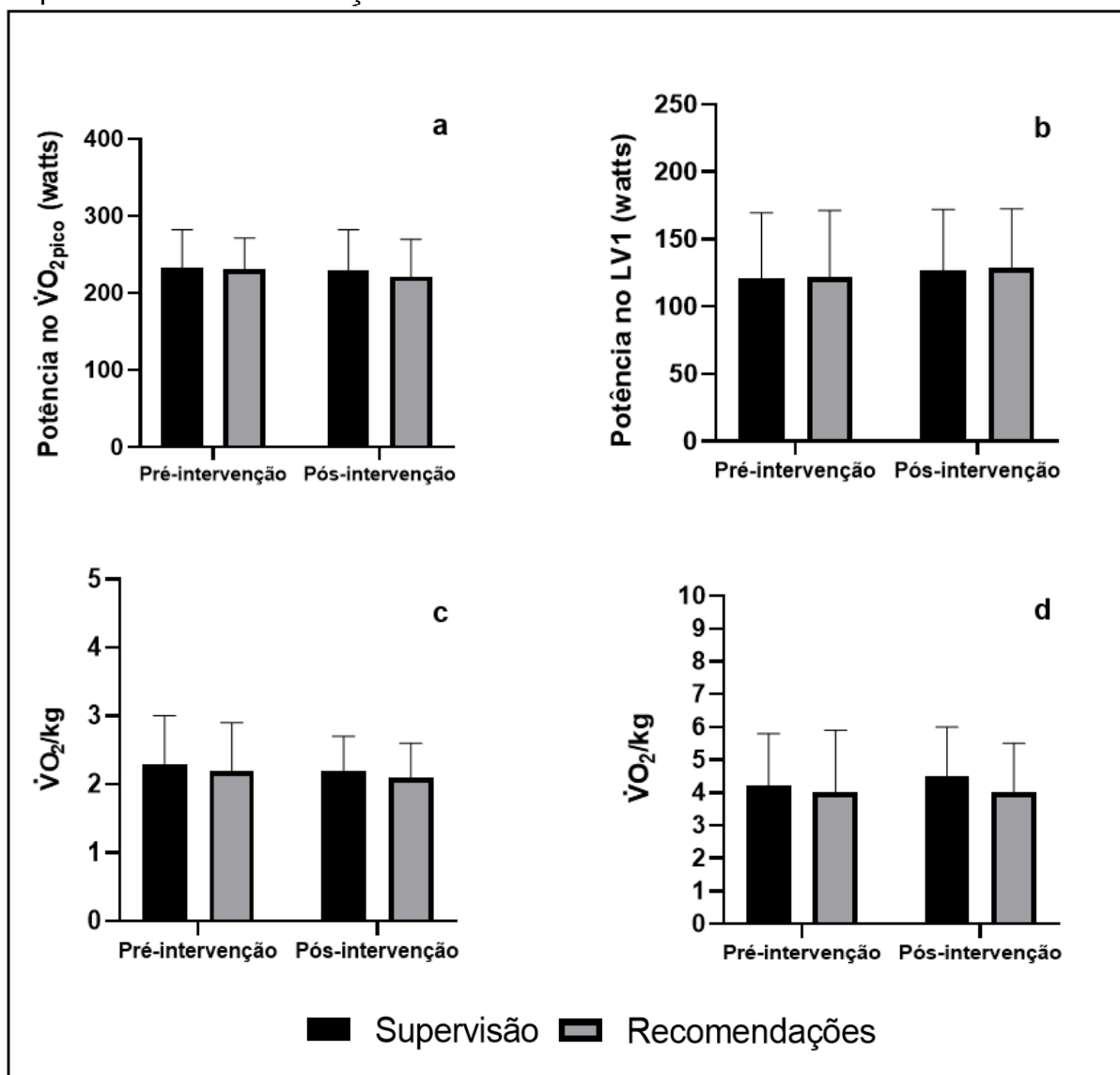
As Figuras 17 e 18 apresentam os resultados desta pesquisa com o grupo amostral dividido em “Supervisão”, ou seja, aqueles indivíduos que realizaram o treinamento de força, aeróbio ou misto e o grupo “Recomendações” (GR), no qual os sujeitos apenas receberam instruções básicas para realização de atividade física.

No Painel da Figura 17 tem-se os valores do $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ absoluto. Para esta variável, não foi encontrada uma interação entre o momento (pré e pós) e o grupo de intervenção, mas identificou-se uma interação entre o momento e a covariável sexo ($F(1, 91) = 6,817$, $p = 0,011$, $\eta_p^2 = 0,070$). Na UNIANOVA não ocorreu uma interação do grupo para os percentuais de mudança no $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ absoluto ($p = 0,628$) e o aumento

nos grupos foi de +3,8% para o grupo Supervisão e de +2,3% para o GR. Da mesma forma, no que se refere o $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ relativo, também não foi encontrada uma interação entre o momento (pré e pós) e o grupo de intervenção e havia interação entre o momento e a covariável sexo ($F(1, 91) = 9,915$, $p = 0,002$, $\eta_p^2 = 0,098$). Além disso, também se observou uma interação para o momento isoladamente ($F(1,91) = 11,924$, $p = 0,001$, $\eta_p^2 = 0,116$) e ambos os grupos, Supervisão e GR, aumentaram seus valores de $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ relativo após a intervenção (Painel b). Para o $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ relativo, a UNIANOVA mostrou que não houve uma interação do grupo para os percentuais de mudança ($p = 0,361$), sendo que para o grupo Supervisão houve uma melhora de +14,5% e para o grupo Recomendações a melhora foi de +11,2%.

Acerca do LV1, tem-se na Figura 17 os resultados para o LV1 absoluto (Painel c) e o LV1 relativo (Painel d). No LV1 absoluto uma interação entre o momento (pré e pós) e o grupo de intervenção foi observada ($F(1, 91) = 6,250$, $p = 0,014$, $\eta_p^2 = 0,064$), enquanto para o momento e a covariável sexo nenhuma interação foi apresentada, mostrando que ocorreu uma melhora, ou seja, um aumento no LV1 absoluto somente para o grupo Supervisão ($p < 0,001$) (Painel c). Além disso, observou-se uma tendência de diferença entre os valores do grupo Supervisão e do GR no pós-intervenção ($p = 0,056$). A UNIANOVA mostrou uma interação do grupo para os percentuais de mudança no LV1 absoluto ($p = 0,020$). Na comparação por pares identificou-se uma maior melhora do grupo de Supervisão (+11,3%) comparada àquela obtida pelo GR (+1,2%). Seguindo a mesma linha do LV1 absoluto, para o LV1 relativo apenas uma interação entre o momento (pré e pós) e o grupo de intervenção foi observada ($F(1, 91) = 6,250$, $p = 0,010$, $\eta_p^2 = 0,070$), sem interação entre o momento e a covariável sexo. Apesar não ter sido identificada nenhuma diferença significativa entre os grupos antes ou após a intervenção, quando analisamos intragrupos, tanto o grupo de Supervisão ($p < 0,001$) quanto o grupo Recomendações ($p = 0,016$), melhoraram significativamente os valores de LV1 relativo entre o momento pré e pós-intervenção, com a interação indicando uma maior melhora para o grupo Supervisão (Painel d). Através da UNIANOVA verificou-se que para o LV1 relativo também havia uma interação do grupo para os percentuais de mudança ($p = 0,010$), onde o grupo Supervisão apresentou um percentual de melhora (+22,8%) superior ao GR (+10%, $p = 0,010$).

Figura 18 - Análise da potência e do coeficiente de custo de O₂ para os grupos de Supervisão e Recomendações



Legenda: $\dot{V}O_{2pico}$: pico do consumo de oxigênio; LV1: primeiro limiar ventilatório; $\dot{V}O_2C < LV1$: coeficiente de custo de O₂ abaixo de LV1; a: potência no $\dot{V}O_{2pico}$; b: potência no LV1; c: coeficiente de custo de O₂ abaixo de LV1; d: coeficiente de custo de O₂ acima de LV1.

Na Figura 18, o Painel a apresenta os valores da potência no $\dot{V}O_{2pico}$. Para esta variável não foram identificadas interações entre o momento (pré e pós) e o grupo de intervenção e nem para o momento e a covariável sexo. Também não foram encontradas diferenças significativas intra ou entre grupos em nenhum momento. Com relação à potência no LV1, também não foram encontradas interações entre o momento (pré e pós) e o grupo de intervenção ou entre o momento e a covariável sexo, porém havia uma tendência para o momento isoladamente ($F(1, 91) = 3,186$, $p = 0,078$, $\eta_p^2 = 0,034$). Contudo, nenhuma diferença estatística foi observada nas

comparações intra e entre grupos em nenhum momento (Painel b). De forma similar, os resultados da UNIANOVA tanto para a potência no $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ ($p = 0,259$), quanto para a potência no LV1 ($p = 0,703$) não mostraram interações da supervisão sobre os percentuais de mudança. A potência no $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ mostrou uma redução de -0,4% para o grupo Supervisão e de -4,2% para o GR. Já a potência no LV1 apresentou um aumento de +17,3% e +23,3% para os grupos Supervisão e Recomendações, respectivamente.

Para o coeficiente de custo de O_2 abaixo de LV1 (Painel c), não foi identificada interação entre o momento (pré e pós) e o grupo de intervenção, mas foi observada uma tendência para o momento e a covariável sexo ($F(1, 91) = 3,188$, $p = 0,078$, $\eta_p^2 = 0,034$). Quando comparados os grupos tanto no momento pré quanto no momento pós-intervenção não foram observadas diferenças significativas. Ainda para o coeficiente de custo de O_2 abaixo de LV1, a UNIANOVA, mostrou que não houve uma interação do grupo para os percentuais de mudança ($p = 0,749$), sendo que para o grupo Supervisão houve um aumento de -0,9% e para o GR uma redução de +0,9%. No que se refere ao coeficiente de custo de O_2 acima de LV1 (Painel d), não foram encontradas interações entre o momento (pré e pós) e o grupo de intervenção ou entre o momento e a covariável sexo. Houve apenas uma tendência para o momento isoladamente ($F(1, 91) = 3,204$, $p = 0,077$, $\eta_p^2 = 0,034$). Quando comparado os resultados entre grupos, observou-se uma tendência no pós-intervenção, onde o grupo Supervisão teve um maior coeficiente de custo de O_2 ($p = 0,061$). Como resultado da UNIANOVA, tem-se que não houve uma interação do grupo para os percentuais de mudança no coeficiente de custo de O_2 acima de LV1 ($p = 0,473$). Ambos os grupos, Supervisão (+14,6%) e Recomendações (+8,9%) aumentaram esta variável.

A Tabela 2 apresenta as taxas (probabilidade) do efeito entre os diferentes protocolos de intervenção ocasionarem respostas positivas (aumento ou diminuição em favor de mudanças benéficas) nas diversas variáveis estudadas de acordo com o sexo. Houve um efeito significativo do sexo sobre o $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ absoluto ($\chi^2(1) = 5,045$ ($p < 0,05$)), indicando que havia 5,3 chances dos homens terem uma resposta de melhora da aptidão cardiorrespiratório em relação às mulheres em decorrência dos protocolos realizados. Destaca-se que o efeito tinha 1,8 chances de ocorrer entre os participantes homens, mas não entre mulheres cuja chance de 0,3 sugere haver outro

fator relevante além da intervenção. No $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ relativo, o efeito observado ($\chi^2 (1) = 9,209$ ($p < 0,05$)) também mostrou uma taxa de 4,6 chances dos homens melhorarem essa variável em relação às mulheres com os protocolos de intervenção. Novamente cabe ressaltar que somente os homens tinham chances reais de melhora (efeito de 1,9) com a intervenção, sendo que chance de 0,4 para as mulheres sugere haver outro fator relevante além da intervenção.

Tabela 2 - Taxa da ocorrência de efeito dos diferentes protocolos sobre as variáveis da aptidão física entre os sexos

Variável	Sexo				Efeito	p
	Homem		Mulher			
	R	NR	R	NR		
VO ₂ pico absoluto (ml×min ⁻¹)	19,1%	80,9%	4,3%	95,7%	5,329	0,025
VO ₂ pico relativo (ml×min ⁻¹ ×kg ⁻¹)	40,4%	59,6%	12,8%	87,2%	4,637	0,002
LV1 absoluto (ml×min ⁻¹)	23,4%	76,6%	14,9%	85,1%	1,746	0,294
LV1 relativo (ml×min ⁻¹ ×kg ⁻¹)	29,8%	70,2%	23,4%	76,6%	1,388	0,484
VO ₂ C < LV1 (VO ₂ /kg)	8,5%	91,5%	6,4%	93,6%	1,364	0,694
VO ₂ C > LV1 (VO ₂ /kg)	8,5%	91,5%	2,1%	97,9%	4,279	0,168
Potência no VO ₂ pico (watts)	10,6%	89,4%	8,5%	91,5%	1,280	0,726
Potência no LV1 (watts)	8,5%	91,5%	8,5%	91,5%	1,000	1,000

Legenda: R: respondedor; NR: não-respondedor; $\dot{V}O_{2\text{pico}}$: consumo de oxigênio pico; LV1: primeiro limiar ventilatório; $\dot{V}O_{2C} < LV1$: coeficiente de custo de O_2 abaixo de LV1; $\dot{V}O_{2C} > LV1$: coeficiente de custo de O_2 acima de LV1.

Em relação ao LV1 absoluto o efeito observado ($\chi^2 (1) = 1,099$ ($p > 0,05$)) indicou uma taxa de 1,7 chances de melhora nesta variável para os homens comparados às mulheres em função dos protocolos realizados. Contudo, apesar dos homens apresentarem 1,3 chances de melhoras quando comparados às chances das mulheres (0,7), não se pode atribuir às melhoras apenas ao sexo. De maneira análoga ao LV1 absoluto, o efeito observado ($\chi^2 (1) = 0,490$ ($p > 0,05$)) para o LV1 relativo

também mostrou uma taxa de 1,4 chances de melhora nesta última variável para os homens em relação às mulheres em decorrência dos protocolos de intervenção. Novamente, apesar dos homens apresentarem 1,2 chances de melhoras quando comparados às chances das mulheres (0,8), não se pode atribuir as melhoras apenas ao sexo.

Para o coeficiente de custo de O₂ abaixo e acima de LV1, os resultados dos efeitos ($\chi^2 (1) = 0,154$ ($p > 0,05$) e $\chi^2 (1) = 1,901$ ($p > 0,05$), respectivamente), mostrou uma taxa de 1,4 chances de melhora para o coeficiente de custo de O₂ abaixo de LV1 e uma taxa de 4,3 chances de melhora para o coeficiente de custo de O₂ acima de LV1 para os homens em relação às mulheres em função dos protocolos executados (Tabela 2). Embora os homens apresentassem 1,2 chances de melhoras quando comparados às chances das mulheres (0,8) para o coeficiente de custo de O₂ abaixo de LV1 e 1,7 chances de melhoras quando comparados às chances femininas (0,4), não se pode conferir essas melhoras apenas ao sexo.

Ainda na Tabela 2, em relação à potência no $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ o efeito observado ($\chi^2 (1) = 0,123$ ($p > 0,05$)) indicou uma taxa de 1,3 chances de melhoras nesta variável para os homens em função das intervenções realizadas. No entanto, apesar dos homens apresentarem 1,1 chances de melhoras quando comparados às chances das mulheres (0,9), não se pode atribuir as melhoras apenas ao sexo. Já para potência no LV1 o resultado do efeito ($\chi^2 (1) = 0,000$ ($p > 0,05$)) mostrou que não havia influência do sexo na resposta desta variável (todos os riscos relativos eram iguais a 1) em decorrência dos protocolos realizados.

A tabela 3 apresenta as taxas (probabilidade) do efeito entre os diferentes protocolos de intervenção ocasionarem respostas positivas (aumento ou diminuição em favor de mudanças benéficas) nas diversas variáveis estudadas de acordo com a supervisão ou não da prática do exercício/atividade física. Para o $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ absoluto, o efeito observado ($\chi^2 (1) = 1,424$ ($p > 0,05$)) apontou que há 3,4 chances para o grupo supervisionado em relação ao grupo de recomendações de melhorar a aptidão cardiorrespiratória em decorrência dos protocolos aplicados. No entanto, apesar dos participantes com treinamento supervisionado apresentarem 1,2 chances de melhoras quando comparados às chances (0,4) daqueles que treinaram sem supervisão, não se pode atribuir as melhoras apenas ao fato de haver, ou não, supervisão. Similarmente para o $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ relativo o efeito observado ($\chi^2 (1) = 1,042$ ($p > 0,05$)) indicou uma taxa de 4,6 chances de melhoras para o grupo de Supervisão

comparado ao GR em função dos protocolos executados. Contudo, embora os participantes com treinamento supervisionado apresentassem 1,1 chances de melhoras quando comparados às chances (0,6) daqueles que treinaram sem supervisão, não se pode atribuir as melhoras apenas à supervisão nas intervenções.

Tabela 3 - Taxa da ocorrência de efeito dos diferentes protocolos sobre as variáveis da aptidão física entre prática de exercício/atividade física supervisionada ou não-supervisionada

Variável	Grupos Exercício/Atividade Física				Efeito	p
	Supervisão		Recomendações			
	R	NR	R	NR		
$\dot{V}O_{2pico}$ absoluto (ml×min ⁻¹)	13,9%	86,1%	4,5%	95,5%	3,387	0,233
$\dot{V}O_{2pico}$ relativo (ml×min ⁻¹ ×kg ⁻¹)	29,2%	70,8%	18,2%	81,8%	1,853	0,307
LV1 absoluto (ml×min ⁻¹)	23,6%	76,4%	4,5%	95,5%	6,491	0,047
LV1 relativo (ml×min ⁻¹ ×kg ⁻¹)	31,9%	68,1%	9,1%	90,9%	4,694	0,034
$\dot{V}O_{2C} < LV1$ ($\dot{V}O_2$ /kg)	9,7%	90,3%	0,0%	100,0%	1,338	0,128
$\dot{V}O_{2C} > LV1$ ($\dot{V}O_2$ /kg)	5,6%	94,4%	4,5%	95,5%	1,235	0,853
Potência no $\dot{V}O_{2pico}$ (watts)	11,1%	88,9%	4,5%	95,5%	2,625	0,360
Potência no LV1 (watts)	8,3%	91,7%	9,1%	90,9%	0,909	0,911

Legenda: R: respondedor; NR: não-respondedor; $\dot{V}O_{2pico}$: consumo de oxigênio pico; LV1: primeiro limiar ventilatório; $\dot{V}O_{2C} < LV1$: coeficiente de custo de O₂ abaixo de LV1; $\dot{V}O_{2C} > LV1$: coeficiente de custo de O₂ acima de LV1.

Para o LV1 absoluto, pode-se observar na Tabela 3, que houve um efeito significativo da supervisão ($\chi^2 (1) = 6,491$ ($p < 0,05$)), indicando 6,5 chances de resposta positiva para o grupo Supervisionado comparado ao GR frente aos protocolos realizados. Destaca-se que o efeito tinha 1,3 chances de ocorrer entre os participantes que treinaram com supervisão, mas não entre aqueles que realizaram exercício/atividade física não supervisionada cuja chance foi de 0,2. Resultado semelhante foi encontrado para o LV1 relativo, onde o efeito observado ($\chi^2 (1) = 4,508$

($p < 0,05$)) indicou uma taxa de 4,7 chances de melhoras para o grupo Supervisionado em relação àquele que recebeu recomendações de atividade física em resposta às intervenções realizadas. Mais uma vez, vale ressaltar que o efeito tinha 1,3 chances de ocorrer entre os participantes que treinaram com supervisão, mas não entre aqueles que realizaram exercício/atividade física não supervisionada cuja chance foi de 0,3.

Na mesma linha, sobre o coeficiente de custo de O_2 abaixo de LV1, o resultado do efeito observado ($\chi^2 (1) = 2,311$ ($p > 0,05$)) indicou de 1,3 chances de melhoras nesta variável para o grupo Supervisionado comparado ao GR em decorrência dos protocolos aplicados. Entretanto, não foi possível o cálculo das chances por grupo (supervisionado e não-supervisionado) uma vez que não houve nenhum respondedor para o grupo que recebeu as recomendações sem supervisão. Com relação ao coeficiente de custo de O_2 acima de LV1 o efeito encontrado ($\chi^2 (1) = 0,034$ ($p > 0,05$)) também mostrou que havia 1,2 chances de melhoras para esta variável para o grupo Supervisionado em relação ao GR a partir das intervenções realizadas. No entanto, não havia chances diferenciadas entre participantes com treinamento supervisionado (1,0) e aqueles que treinaram sem supervisão (0,8), sugerindo que outros fatores também estejam influenciando esses resultados (Tabela 3).

Observa-se ainda na tabela 3, que para potência no $\dot{V}O_{2pico}$, o efeito encontrado ($\chi^2 (1) = 0,839$ ($p > 0,05$)) apontou uma taxa de 2,6 chances de resposta positiva para o grupo Supervisão comparado ao GR em função dos protocolos realizados. Contudo, embora os participantes com treinamento supervisionado apresentassem 1,2 chances de melhoras quando comparados às chances (0,4) daqueles que treinaram sem supervisão, não se pode atribuir às melhoras apenas ao fato de haver, ou não, supervisão nos protocolos. Por outro lado, o resultado do efeito ($\chi^2 (1) = 0,012$ ($p > 0,05$)) para a potência no LV1 mostrou ausência de chances (0,9) de mudanças positivas na resposta desta variável para o grupo Supervisão em relação ao GR frente às intervenções propostas. As chances para cada grupo (Supervisão e Recomendações) estavam muito próximas de 1, reforçando a baixa influência do fator supervisão nas respostas na potência no LV1.

Tabela 4 - Resultado das correlações entre as variáveis do estudo de acordo com o grupo de treinamento

GF	$\dot{V}O_2C < LV1$	$\dot{V}O_2C > LV1$	$\dot{V}O_{2pico}$ absoluto (ml×min ⁻¹)	$\dot{V}O_{2pico}$ relativo (ml×min ⁻¹ ×kg ⁻¹)	LV1 absoluto (ml×min ⁻¹)	LV1 relativo (ml×min ⁻¹ ×kg ⁻¹)	Potência no $\dot{V}O_{2pico}$ (watts)
$\dot{V}O_2C > LV1$	ns						
$\dot{V}O_{2pico}$ absoluto (ml×min ⁻¹)	0,62**	0,60**					
$\dot{V}O_{2pico}$ relativo (ml×min ⁻¹ ×kg ⁻¹)	0,62**	0,56**	0,91**				
LV1 absoluto (ml×min ⁻¹)	0,56**	ns	0,85**	0,82**			
LV1 relativo (ml×min ⁻¹ ×kg ⁻¹)	0,54**	ns	0,73**	0,83**	0,95**		
Potência no $\dot{V}O_{2pico}$ (watts)	0,42*	ns	0,76**	0,52*	0,61**	ns	
Potência no LV1 (watts)	0,51*	ns	0,67**	0,65**	0,86**	0,83**	0,49*
GE							
$\dot{V}O_2C > LV1$	ns						
$\dot{V}O_{2pico}$ absoluto (ml×min ⁻¹)	0,43*	0,58**					
$\dot{V}O_{2pico}$ relativo (ml×min ⁻¹ ×kg ⁻¹)	ns	0,39*	0,90**				
LV1 absoluto (ml×min ⁻¹)	0,55**	0,56**	0,82**	0,73**			
LV1 relativo (ml×min ⁻¹ ×kg ⁻¹)	ns	ns	0,62**	0,76**	0,87**		
Potência no $\dot{V}O_{2pico}$ (watts)	ns	ns	0,64**	0,44*	0,54**	ns	
Potência no LV1 (watts)	ns	ns	ns	ns	0,66**	0,60**	0,40*

Legenda: LV1: primeiro limiar ventilatório; $\dot{V}O_2C < LV1$: coeficiente de custo de O₂ abaixo de LV1; $\dot{V}O_2C > LV1$: coeficiente de custo de O₂ acima de LV1; ns: não significativo estatisticamente; *p≤0,05; **p≤0,001.

Continua.

Tabela 4 - Resultado das correlações entre as variáveis do estudo de acordo com o grupo de treinamento (continuação)

GM	$\dot{V}O_2C < LV1$	$\dot{V}O_2C > LV1$	$\dot{V}O_{2pico}$ absoluto (ml×min ⁻¹)	$\dot{V}O_{2pico}$ relativo (ml×min ⁻¹ ×kg ⁻¹)	LV1 absoluto (ml×min ⁻¹)	LV1 relativo (ml×min ⁻¹ ×kg ⁻¹)	Potência no $\dot{V}O_{2pico}$ (watts)
$\dot{V}O_2C > LV1$	ns						
$\dot{V}O_{2pico}$ absoluto (ml×min ⁻¹)	0,69**	0,62**					
$\dot{V}O_{2pico}$ relativo (ml×min ⁻¹ ×kg ⁻¹)	0,51*	0,58**	0,81**				
LV1 absoluto (ml×min ⁻¹)	0,73**	0,57**	0,87**	0,80**			
LV1 relativo (ml×min ⁻¹ ×kg ⁻¹)	0,45*	0,44*	0,51*	0,79**	0,71**		
Potência no $\dot{V}O_{2pico}$ (watts)	0,67**	ns	0,76**	ns	0,73**	ns	
Potência no LV1 (watts)	ns	ns	0,52*	ns	0,71**	ns	0,70**
GR							
$\dot{V}O_2C > LV1$	0,73**						
$\dot{V}O_{2pico}$ absoluto (ml×min ⁻¹)	0,65**	0,55**					
$\dot{V}O_{2pico}$ relativo (ml×min ⁻¹ ×kg ⁻¹)	ns	ns	0,85**				
LV1 absoluto (ml×min ⁻¹)	0,82**	0,68**	0,91**	0,67**			
LV1 relativo (ml×min ⁻¹ ×kg ⁻¹)	0,44*	ns	0,78**	0,86**	0,82**		
Potência no $\dot{V}O_{2pico}$ (watts)	0,55**	ns	0,85**	0,67**	0,75**	0,56**	
Potência no LV1 (watts)	0,74**	0,47*	0,77**	0,59**	0,87**	0,75**	0,63**

Legenda: LV1: primeiro limiar ventilatório; $\dot{V}O_2C < LV1$: coeficiente de custo de O₂ abaixo de LV1; $\dot{V}O_2C > LV1$: coeficiente de custo de O₂ acima de LV1; ns: não significativo estatisticamente; *p≤0,05; **p≤0,001.

Tabela 5 - Resultado das correlações entre as variáveis do estudo de acordo com o sexo

Homem	$\dot{V}O_2C < LV1$	$\dot{V}O_2C > LV1$	$\dot{V}O_{2pico}$ absoluto (ml×min ⁻¹)	$\dot{V}O_{2pico}$ relativo (ml×min ⁻¹ ×kg ⁻¹)	LV1 absoluto (ml×min ⁻¹)	LV1 relativo (ml×min ⁻¹ ×kg ⁻¹)	Potência no $\dot{V}O_{2pico}$ (watts)
$\dot{V}O_2C > LV1$	ns						
$\dot{V}O_{2pico}$ absoluto (ml×min ⁻¹)	ns	0,31*					
$\dot{V}O_{2pico}$ relativo (ml×min ⁻¹ ×kg ⁻¹)	ns	ns	0,79**				
LV1 absoluto (ml×min ⁻¹)	0,36*	ns	0,68**	0,43**			
LV1 relativo (ml×min ⁻¹ ×kg ⁻¹)	ns	ns	0,58**	0,70**	0,88**		
Potência no $\dot{V}O_{2pico}$ (watts)	ns	ns	0,52**	ns	0,42**	ns	
Potência no LV1 (watts)	0,31*	ns	0,32*	ns	0,71**	0,65**	0,30*
Mulher							
$\dot{V}O_2C > LV1$	ns						
$\dot{V}O_{2pico}$ absoluto (ml×min ⁻¹)	0,50**	ns					
$\dot{V}O_{2pico}$ relativo (ml×min ⁻¹ ×kg ⁻¹)	ns	ns	0,65**				
LV1 absoluto (ml×min ⁻¹)	0,56**	0,42**	0,72**	0,53**			
LV1 relativo (ml×min ⁻¹ ×kg ⁻¹)	0,33*	0,35*	0,40**	0,74**	0,79**		
Potência no $\dot{V}O_{2pico}$ (watts)	ns	ns	0,62**	ns	0,35*	ns	
Potência no LV1 (watts)	ns	ns	0,33*	ns	0,64**	0,50**	0,37*

Legenda: LV1: primeiro limiar ventilatório; $\dot{V}O_2C < LV1$: coeficiente de custo de O₂ abaixo de LV1; $\dot{V}O_2C > LV1$: coeficiente de custo de O₂ acima de LV1; ns: não significativo estatisticamente; *p≤0,05; **p≤0,001.

Tabela 6 - Resultado das correlações entre as variáveis do estudo de indivíduos treinados de forma supervisionada e de sujeitos que somente receberam recomendações

Supervisão	$\dot{V}O_2C < LV1$	$\dot{V}O_2C > LV1$	$\dot{V}O_{2pico}$ absoluto (ml×min⁻¹)	$\dot{V}O_{2pico}$ relativo (ml×min⁻¹×kg⁻¹)	LV1 absoluto (ml×min⁻¹)	LV1 relativo (ml×min⁻¹×kg⁻¹)	Potência no $\dot{V}O_{2pico}$ (watts)
$\dot{V}O_2C > LV1$	0,27*						
$\dot{V}O_{2pico}$ absoluto (ml×min ⁻¹)	0,55**	0,59**					
$\dot{V}O_{2pico}$ relativo (ml×min ⁻¹ ×kg ⁻¹)	0,47**	0,51**	0,87**				
LV1 absoluto (ml×min ⁻¹)	0,55**	0,47**	0,83**	0,74**			
LV1 relativo (ml×min ⁻¹ ×kg ⁻¹)	0,44**	0,34**	0,62**	0,77**	0,88**		
Potência no $\dot{V}O_{2pico}$ (watts)	0,44**	ns	0,73**	0,44**	0,61**	0,28*	
Potência no LV1 (watts)	0,35**	ns	0,51**	0,42**	0,76**	0,67**	0,51**
Recomendações							
$\dot{V}O_2C > LV1$	0,73**						
$\dot{V}O_{2pico}$ absoluto (ml×min ⁻¹)	0,65**	0,55**					
$\dot{V}O_{2pico}$ relativo (ml×min ⁻¹ ×kg ⁻¹)	ns	ns	0,85**				
LV1 absoluto (ml×min ⁻¹)	0,82**	0,68**	0,91**	0,69**			
LV1 relativo (ml×min ⁻¹ ×kg ⁻¹)	0,44*	ns	0,78**	0,85**	0,82**		
Potência no $\dot{V}O_{2pico}$ (watts)	0,58**	ns	0,85**	0,67**	0,75**	0,56**	
Potência no LV1 (watts)	0,74**	0,47*	0,77**	0,59**	0,87**	0,75**	0,63**

Legenda: LV1: primeiro limiar ventilatório; $\dot{V}O_2C < LV1$: coeficiente de custo de O₂ abaixo de LV1; $\dot{V}O_2C > LV1$: coeficiente de custo de O₂ acima de LV1; ns: não significativo estatisticamente; *p≤0,05; **p≤0,001.

8 DISCUSSÃO

Este estudo tem o propósito de avaliar o efeito de diferentes tipos de programas de exercícios nas respostas máximas e submáximas do consumo de oxigênio durante um teste incremental em mulheres e homens adultos obesos.

Em resposta a esse objetivo, inicialmente, observou-se que somente o GM melhorou o $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ após as 22 semanas de intervenção, sendo este ainda superior ao GE e GR. Resultados semelhantes foram encontrados na pesquisa de Ho *et al.* (2012), a qual foi composta por 74 voluntários adultos obesos ou com sobrepeso e apesar do treinamento ter uma duração de apenas 12 semanas, o GM também demonstrou um aumento significativo no $\dot{V}O_{2\text{máx}}$, mas sem diferenças com GE ou GF. Outro trabalho relevante é o de Mikkola *et al.* (2012), que mesmo tendo utilizado uma amostra composta por não obesos, os sujeitos eram não treinados. A intervenção teve duração de 21 semanas, tempo mais próximo ao período utilizado na presente pesquisa, e ao final do treinamento constatou-se que somente o GM foi capaz de melhorar o $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ (+17%) em comparação com o pré-teste. Por outro lado, em estudos como o de Sillanpää *et al.* (2009), no qual o tempo de treinamento foi também de 21 semanas, foi possível observar um aumento no $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ tanto para o GE quanto para o GM. Este último resultado também foi identificado em pesquisas mais longas como a de Bateman *et al.* (2011) e Balducci *et al.* (2010), as quais tiveram 8 e 12 meses de duração, respectivamente.

Em um trabalho anterior que empregou o mesmo protocolo utilizando dados do presente estudo, os resultados mostraram que todos os tipos de treinamento e as recomendações de atividade física foram efetivos na melhora do $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ em homens (CASTRO *et al.*, 2017). Entretanto, no estudo citado os dados dos indivíduos obesos foram analisados juntamente com dados de indivíduos com sobrepeso, exercendo esses últimos grande influência nos resultados.

Uma característica que deve ser considerada em nosso estudo e que poderia explicar o sucesso do GM, é que segundo Bell *et al.* (2000), a adição de exercícios de força em uma rotina de treinamento parece não prejudicar o aumento de potência aeróbia, podendo até melhorá-la (YAMAMOTO *et al.*, 2008). Os principais mecanismos por trás dessas melhorias parecem ser o aumento da secção transversa

do músculo quadríceps e mudanças no tipo de fibra do tipo IIX para o tipo IIA (POWERS; HOWLEY, 2014; VIKMOEN *et al.*, 2016). É importante ressaltar que o maior percentual da FCR (60%) na realização treinamento foi utilizado somente nas últimas semanas do nosso estudo. Contudo, essa intensidade ainda é considerada como moderada, ou seja, apesar de buscar uma melhora no $\dot{V}O_{2pico}$, o exercício aeróbio foi prescrito em zona moderada ($< LV1$), que enfatiza a oxidação de gordura (ACHTEN; GLEESON; JEUKENDRUP, Asker E., 2002).

Em relação ao $\dot{V}O_{2pico}$ relativo ao peso corporal, em nosso estudo, todos os grupos melhoraram significativamente no pós-intervenção. Alguns estudos também obtiveram resultado semelhante como, por exemplo, Häkkinen *et al.* (2003), entretanto esses autores observaram somente o GF e o GM, mas nos estudos de Park *et al.*, (2003) e Stensvold *et al.* (2010) foram constatados aumentos para os grupos GE e GM. Contudo, na pesquisa como Yavari *et al.* (2012), a qual foi composta por três grupos experimentais (e.g., GF, GE e GM), o resultado foi similar ao nosso, apesar de que para atingirem um aumento significativo em todos os grupos na variável em questão, foram necessárias 52 semanas. Já Willis *et al.* (2012), realizaram um estudo envolvendo 119 adultos sedentários, com sobrepeso ou obesidade. Estes foram divididos em três grupos (GF, GE e GM) e o resultado foi análogo ao nosso, ou seja, todos os grupos melhoram o $\dot{V}O_{2pico}$ relativo devido à redução do peso corporal total após o período de treinamento.

Esse dado é relevante, visto que a representação do $\dot{V}O_{2pico}$ é usualmente realizada de forma relativa ao peso corporal ($ml \times min^{-1} \times kg^{-1}$). Portanto, a diminuição da massa corporal total isoladamente conduz à um aumento matemático no $\dot{V}O_{2pico}$, que exige cautela ao interpretar esse resultado como favorável ao condicionamento cardiorrespiratório (POWERS; HOWLEY, 2014). Contudo é frequentemente observar essa representação como nos estudos de Limongelli *et al.* (2021), Souza, Faintuch e Sant'anna (2010) e Valsdottir *et al.* (2020), onde se observou a redução do peso corporal em obesos e foi relatado aumento do $\dot{V}O_{2pico}$ relativo. No presente estudo, a redução de peso corporal após programas de treinamento que geralmente conduzem ao aumento do condicionamento da força muscular (i.e., GF e GM) deve considerar o fato de que a prescrição da carga situou-se em uma zona favorável ao condicionamento das fibras musculares do tipo I, as quais tem baixo potencial hipertrófico e podem contribuir para o desempenho no teste de esforço incremental

(GUEDES, *et al.*, 2016). No caso de GR, uma outra explicação para o aumento do $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ relativo, segundo Donnelly *et al.* (2009), é que é possível obter uma redução de PC apenas realizando atividades físicas recomendadas por entidades especializadas (como no presente estudo), desde que a motivação intrínseca seja mantida (GORNY *et al.*, 2021). Por fim, destaca-se ainda que, todos os grupos estavam sob uma dieta hipocalórica o que pode ter contribuído para redução do peso corporal e aumento do $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ relativo (NICKLAS *et al.*, 2019).

Os resultados referentes ao LV1 relativo e absoluto são muito relevantes para a presente pesquisa, pois são índices capazes de refletir os ajustes decorrentes do treinamento aeróbio entre indivíduos saudáveis e também pacientes com distúrbios cardiovasculares e metabólicas (MEYER *et al.*, 2005). Tanto o LV1 absoluto quanto o relativo demonstraram respostas semelhantes às aquelas reportadas para o $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ absoluto e relativo, exceto para o GE, que diferentemente do resultado para o $\dot{V}O_{2\text{pico}}$, também apresentou melhora significativa de LV1 entre o momento pré e pós-intervenção. Portanto, a melhora no LV1 foi observada em ambos os grupos submetidos ao treinamento aeróbio (i.e., GE e GM), mesmo que realizado em intensidade moderada, como no presente trabalho, tal efeito era uma expectativa devido ser uma zona mais propícia a causar alterações no LV1 que no $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ (TUOMAINEN *et al.*, 2005).

Para o estudo de Castro *et al.* (2017) todos os grupos apresentaram diferenças na resposta do LV1 no pós-teste. Os resultados desse estudo anterior indicaram que as mulheres obesas se mostraram menos responsivas quanto às alterações de LV1 após as intervenções em comparação com os homens e que apenas o grupo engajado em treinamento força (GF), não melhoraram independentemente do sexo. No presente trabalho foram observados aumentos de LV1 somente nos grupos GE e GM, e independentemente do sexo. No entanto, cabe ressaltar que a determinação do LV1 foi diferente em cada estudo. No estudo de Castro *et al.* (2017) os limiares ventilatórios foram definidos pela observação das respostas dos equivalente respiratórios ($\dot{V}_e/\dot{V}O_2$ e $\dot{V}_e/\dot{V}CO_2$, conforme descritos em Rabadán *et al.* (2011), enquanto que no presente trabalho utilizou-se o método matemático do V-slope ($\dot{V}CO_2$ vs $\dot{V}O_2$ e $\dot{V}_e$ vs $\dot{V}CO_2$). Apesar da tentativa de minimizar o componente subjetivo presente na determinação visual de limiares pelos métodos ventilatórios, diferentes métodos podem fornecer

distintos resultados (PEREIRA *et al.*, 2010; SCHNEIDER ; PHILLIPS; STOFFOLANO, 1993).

Em nosso estudo o GM se destaca, pois, como descrito no anteriormente, foi eficaz em proporcionar melhoras significativas tanto para o $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ quanto para o LV1 (absolutos e relativos). Esse resultado deve-se a caracterização do treinamento deste grupo, cujo programa é considerado por alguns autores como sendo a forma mais completa de se realizar um treinamento com ganhos simultâneos na força muscular e na aptidão cardiorrespiratória (CADORE *et al.*, 2010; MIKKOLA *et al.*, 2012). Por essa razão, o treinamento concorrente tem sido muito estudado tanto no âmbito da saúde quanto no alto rendimento (ÁLVAREZ *et al.*, 2019; AMARO-GAHETE *et al.*, 2021; BERRYMAN *et al.*, 2018; METHENITIS, 2018; PETRÉ *et al.*, 2021).

Sobre a potência é importante destacar que somente o GE, obteve uma melhora com o treinamento nesta variável quando analisada no $\dot{V}O_{2\text{pico}}$. PARK *et al.*, (2020), assim como em nosso estudo, identificaram um aumento da potência (W) após a realização de 12 semanas de treinamento aeróbio em um grupo de 36 mulheres. Outro estudo que o GE proporcionou uma melhora da potência foi o Millet *et al.* (2002), no entanto com sujeitos apenas do sexo masculino e com um período de treinamento de 14 semanas.

Cabe ressaltar que o peso corporal é um parâmetro da equação de cálculo da potência na velocidade correspondente ao $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ e LV1 e, dessa forma, a redução de peso reduziria também a potência, caso não ocorra alterações dessas velocidades no pós-teste, conduzindo à interpretação de uma perda na capacidade de desempenho máximo e submáximo (e.g. destreino). Estudos têm frequentemente, reportado, no entanto, aumento do rendimento em diferentes atividades físicas com a redução do peso corporal, como maior desempenho em testes de caminhada, sentar e levantar, subir escadas e em exercícios progressivos (i.e., teste incrementais), permitindo inferir sobre melhoria funcional em diferentes domínios fisiológicos e locomotores (EMERENZIANI *et al.*, 2019; LAMBERT; EVANS, 2005; SHAH *et al.*, 2008; VILLAREAL *et al.*, 2017; WILSON *et al.*, 2012b).

O incremento de velocidade e, conseqüentemente, da potência em LV1 (i.e., aumento da capacidade de desempenho submáximo) em todos os grupos pode ser explicado tanto pela otimização da mecânica de corrida, devido ao menor peso a ser transportado, como por melhorias no padrão de recrutamento e força (e.g., GF e GM)

e perfil metabólico das fibras musculares (e.g. GE, GM e GR) (KERN; SIMSOLO; FOURNIER, 1999; TROWELL *et al.*, 2020). Porém, o aumento da velocidade no $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ e, assim, da potência máxima (i.e., $i\dot{V}O_{2\text{pico}}$, representativo de um melhor desempenho máximo), tende a estar associado à magnitude dos ajustes centrais e periféricos determinantes de uma maior produção energética aeróbia em alta intensidade de esforço físico (CHIN; KAHATHUDUWA; BINKS, 2016; MORALES-ALAMO *et al.*, 2015; VELLA; ROBERGS, 2005), cujas melhorias associam-se à redução peso corporal, apesar de não terem sido observados ajustes cardiorrespiratórios e circulatórios que indiquem mudanças no $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ absoluto entre obesos submetidos a terapias com exercícios (DONGES; DUFFIELD, 2012; SHAH *et al.*, 2008; STIEGLER; CUNLIFFE, 2006). Fato esse que explica as alterações observadas apenas para GM, com chances maiores de ocorrência entre homens.

Contudo, tem-se atribuído à redução de peso corporal, com exercícios aeróbios ou combinados com exercícios de força, um papel na melhoria de LV1, a partir do aumento na função do sistema oxidativo (i.e., maior densidade capilar e aumento da atividade enzimática) em todos os tipos de fibras (principalmente tipos I e IIa), maior utilização de gorduras como substrato energético (uma vez que a redução de gordura corporal modifica a atividade dos adipócitos, sensibilidade à insulina e metabolismo da glicose/glicogênio) e uma resposta mais inclinada da relação entre o aumento de $\dot{V}O_2$ e a progressão de carga durante o teste incremental (CHIN; KAHATHUDUWA; BINKS, 2016; KERN; SIMSOLO; FOURNIER, 1999; TROWELL *et al.*, 2020). Particularmente, a alteração da inclinação $\dot{V}O_2$ vs. velocidade/potência (i.e., custo/economia) é uma resposta que agrega tanto a possibilidade de alcançar maiores intensidades do exercício pela maior disponibilidade de energia (i.e., aumento de $\dot{V}O_2$), como sustentar períodos mais prolongados em intensidades submáximas do exercício, a partir de um melhor aproveitamento das reservas energéticas (HUNTER, *et al.*, 2005; TROWELL *et al.*, 2020).

Assim, um maior custo implica no aumento da inclinação na relação entre $\dot{V}O_2$ vs. velocidade/potência, que interfere diretamente em LV1, principalmente quando analisado pelo método V-Slope (NISHIJIMA *et al.*, 2017). Essa alteração que foi observada para os grupos GE e GM pode ser explicada pelos ajustes metabólicos na oxidação das gorduras pelas fibras tipo I, que são reportados como efeito do exercício aeróbio e da redução de peso corporal. Admite-se que a prevalência do metabolismo

de gorduras para o fornecimento energético com a progressão da velocidade até LV1 modifique a relação $\dot{V}CO_2$ vs. $\dot{V}O_2$, uma vez que a oxidação dos ácidos graxos livres demanda maior $\dot{V}O_2$ e produz menos $\dot{V}CO_2$, quando comparado à oxidação da glicose/glicogênio (BORGES *et al.*, 2018; JEUKENDRUP, A. E.; WALLIS, 2005; PATE, R R *et al.*, 1992). Essa resposta metabólica implica em postergar o acúmulo da concentração de lactato sanguíneo para intensidades de exercício mais elevada, quando aumenta a atividade do metabolismo da glicose/glicogênio, gerando excesso de $\dot{V}CO_2$ (i.e., CO_2 não-metabólico) com o processo de tamponamento e por consequência a inflexão da relação $\dot{V}CO_2$ vs. $\dot{V}O_2$ em intensidade maior (i.e., aumento de LV1). (ANDERSON; RHODES, 1989; SHAH *et al.*, 2008; STIEGLER; CUNLIFFE, 2006; WHIPP, 2007) Alternativamente, é possível inferir que o treinamento poderia ter causado uma melhora nas reservas corporais de CO_2 durante a fase inicial do teste incremental, o que sugere uma melhora do padrão de recrutamento e a ativação de uma maior área de fibras do tipo I que, por sua vez, impactaria diretamente na linearidade entre $\dot{V}O_2$ e $\dot{V}CO_2$ (CHUANG *et al.*, 1999; OZCELIK; WARD; WHIPP, 1999).

Curiosamente, GR apresenta tendência similares às reportadas acima para GE e GM, sugerindo que esse grupo apresentou evidências categorizada em nível A quanto à combinação de atividade física e dieta para a redução do peso corporal, com provável acúmulo entre 150 a 250 kcal por semana de exercícios físico e ~300 kcal por dia de déficit calórico na ingestão alimentar (DONNELLY *et al.*, 2009). Em relação às respostas submáximas de $\dot{V}O_2$ e velocidade/potência em LV1 observadas por GF é importante ressaltar que a redução de peso per si é um componente fundamental para melhorar a propriedade mecânica que relaciona a força à velocidade de contração da fibra, resultando em aumento da velocidade sem aumento do custo ou manutenção da velocidade com menor custo (VILLAREAL, Dennis T. *et al.*, 2017). No entanto, o treinamento da força melhora a capacidade de desenvolvimento da a força (i.e. produção de potência), com o aumento da secção transversa tanto de fibras tipo I como IIa, mas sem esboçar qualquer resposta que indique aumento da capacidade oxidativa tanto de gorduras quanto glicose/glicogênio (DESCHENES; KRAEMER, 2002; PUTMAN *et al.*, 2004).

Portanto, o aumento da capacidade de rendimento submáximo tem sido atribuído à otimização da velocidade mesmo quando o peso corporal não se altera

(i.e., função mecânica) e aos ajustes na organização do padrão hierárquico do recrutamento das fibras musculares, permitindo que as fibras tipo I sejam empregadas preferencialmente às fibras tipo IIa em intensidades mais elevadas, evitando custo excessivo com a ativação das fibras tipo IIa (HOFF; GRAN; HELGERUD, 2002; ØSTERÅS; HELGERUD; HOFF, 2002; TROWELL *et al.*, 2020). Dessa forma, o ligeiro aumento da resposta do $\dot{V}O_2$ em LV1 pode ser atribuído à melhor função de bomba circulatória desses músculos em intensidade submáximas, como pelo momento de ativação das fibras tipo IIa que tende a ser mais precoce no GM que no GF dado ao menor ajuste de área das fibras tipo I no treino misto (ØSTERÅS; HELGERUD; HOFF, 2002). Estas respostas suportam ajustes predominantes no domínio fisiológico para GE, GM e GR explicando a associação positiva entre $\dot{V}O_2$ em LV1 com um custo elevado. No entanto, o custo menor apresentado por GF enfatiza os maiores ajustes em $\dot{V}O_2$ e potência submáximos estão relacionados à economia (i.e., ao domínio mecânico), sem efeito do sexo. A importância dos resultados do presente estudo é destacar a redução de um dos principais fenótipos das síndromes metabólicas com a obesidade que é a baixa atividade oxidativa, além de descrever o papel do custo de O_2 para o desempenho submáximo do exercício em decorrência de diferentes programas de atividades físicas para obesos, independentemente do sexo.

Ao analisarmos os ajustes de $\dot{V}O_2$ e potência em intensidade máxima do exercício averigua-se o efeito do sexo e o benefício do treino misto. Em exercício acima de LV1, as fibras do tipo IIa predominam na execução do movimento, apresentando elevada demanda oxidativa, que frequentemente excede o aporte de O_2 pelo sistema cardiocirculatório e, por isso, reportada como fator limitante para o aumento do $\dot{V}O_{2pico}$ e velocidade/potência máxima durante um teste incremental (MORALES-ALAMO *et al.*, 2015; VELLA; ROBERGS, 2005). Todavia, o treinamento misto e principalmente o efeito de todos os treinos supervisionados (e.g., GE, GM e GF) apontam para uma tendência de aumento no $\dot{V}O_{2pico}$, que se mantém mesmo ponderada pelas diferenças entre os sexos, mas que indica chances de alterações entre homens superiores às aquelas apresentadas por mulheres. Esses resultados podem ser explicados pelo fato das mulheres apresentarem menor capacidade cardiorrespiratória máxima, devido à menor massa muscular esquelética, níveis mais baixos de hemoglobina e menores débito cardíaco, tamanho do coração, vias aéreas e pulmões, fatores considerados como predisponentes à restrição ventilatória

mecânica durante o exercício (JACKSON *et al.*, 2009; KAMINSKY; ARENA; MYERS, 2015; WOO *et al.*, 2006). Porém, a maior demanda energética das fibras tipo IIa explica a relação que o custo elevado do $\dot{V}O_2$ apresentou com o $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ alcançados por todos os grupos.

Quanto a influência da supervisão no treinamento, há relatos que indivíduos sob recomendações para a prática de atividade física melhoram o $\dot{V}O_{2\text{pico}}$, no entanto, deve-se ressaltar que o exercício supervisionado pode prevenir eventos cardíacos e diminuir significativamente a mortalidade por causas cardiovasculares, demonstrando, assim, que fatores como frequência, intensidade e personalização do treinamento interferem no resultado (BERTUZZI *et al.*, 2017; ONISHI *et al.*, 2010). Por outro lado, há informações que intervenções destinadas a aumentar a atividade física apenas com recomendações foram modestamente eficazes (CONN; HAFDAHL; MEHR, 2011).

Todavia, cabe ressaltar que a prescrição do exercício aeróbio e de força apresentam intensidade considerada moderada para todos os grupos, o que auxilia a entender a ausência de efetividade dos programas de atividades físicas propostos para o aumento do $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ em obesos, a exceção de GM cuja melhoria significativa em relação ao demais grupos se explica, possivelmente, pela maior proporção de alteração de fibras rápidas em lentas e também pelo melhor padrão mecânico das fibras tipo IIa em intensidade máxima (HOFF, J.; GRAN; HELGERUD, J., 2002; TROWELL *et al.*, 2020). Uma das limitações do presente estudo foi a ausência da quantificação da atividade física realizada por GR, que impede uma assertividade maior quanto aos aspectos fisiológicos e mecânicos que conduziram esse grupo a melhorias efetivas da capacidade de rendimento submáximo.

9 CONCLUSÃO

A partir das respostas observadas com as intervenções, podemos concluir que:

1. independentemente das alterações no peso corporal, tanto $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ como LV1 aumentaram em valores absolutos entre os indivíduos submetidos aos programas de atividade física que incluem o exercício aeróbio. Assim, a conjuntura de exercício físico/atividade física moderados e dieta hipocalórica também moderada consiste em uma intervenção eficaz para alteração do peso corporal e, conseqüentemente, alterações de índices máximos e submáximos da aptidão aeróbia, que no presente estudo foram representadas pelo $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ e LV1, respectivamente;
2. porém, homens e mulheres apresentaram respostas distintas do $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ e LV1 como efeito dos programas de atividades físicas. Entre homens, as alterações dos valores absolutos de $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ e LV1 sugerem que a aptidão aeróbia máxima e submáxima se alteram em decorrência de ajustes metabólicos, fato que pode ser considerado para as mulheres apenas em relação à aptidão submáxima (i.e., LV1). Desta forma, pode-se inferir que as intervenções foram mais efetivas para homens e que um efeito mais pronunciado para as mulheres poderia depender de uma intervenção mais prolongada e/ou com maior intensidade, uma vez que o engajamento das mulheres em diferentes exercícios de intensidade moderada durante 22 semanas asseguraria apenas o aumento de LV1;
3. ao analisar se a supervisão de um programa de atividades físicas propicia um efeito mais eficaz que a recomendação, as análises destacam a vantagem do planejamento sobre a simples recomendação principalmente quanto às alterações no LV1 absoluto e relativo, cujas chances eram, respectivamente, quase cinco e sete vezes superiores para o grupo supervisionado em relação ao grupo de recomendações;
4. entretanto, a redução de peso corporal ocorreu tanto em programas de atividade física supervisionados como recomendados, notoriamente afetando $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ e LV1 e refletindo que exercícios e controle dietéticos moderados

- afetam positivamente a obesidade. Esse fato é importante tanto pelos inúmeros benefícios metabólicos proporcionados por uma efetiva redução do peso corporal, como pelo efeito de uma menor massa corporal sobre um melhor engajamento em exercícios máximos e submáximos, o que é promissor a longo prazo para o prevenir o reganho de peso e comorbidades associadas;
5. o aumento da potência durante o teste incremental parece estar associado a um substancial aumento da carga em cada estágio, uma vez que o cálculo da potência incluiu o peso corporal e este reduziu como efeito das intervenções. Assim, observou-se que as mudanças na capacidade de rendimento em intensidade máxima para os programas que incluíram exercícios de força (i.e., GF e GM) eram superiores às observadas para os outros programas (i.e., GE e GR). No entanto, todas as intervenções mostraram-se similares nas mudanças relacionadas à capacidade de rendimento em intensidades submáximas (i.e., potência em LV1);
 6. os programas que incluíram exercícios de força (i.e., GF e GM) era superior apenas observadas para os programas (i.e., GE e GR). No entanto, todas as intervenções mostraram-se similares nas mudanças relacionadas à capacidade de rendimento em intensidades submáximas (i.e., potência em LV1);
 7. O aumento do custo de O_2 em intensidades entre LV1 e $\dot{V}O_{2pico}$ (i.e., alta intensidade) foi observado como efeito de todos os programas de atividade física, mas não influenciou as repostas (positiva ou negativa) da potência no $\dot{V}O_{2pico}$, a exceção de GE que apresentou maiores custos nessa intensidade, possível maior redução da potência dentre os demais grupos, e ligeiro aumento não-significativo do $\dot{V}O_{2pico}$ o que sugere um destreino para o exercício em zona de alta intensidade. Esse efeito se deve, principalmente, à especificidade da zona moderada de intensidade planejada com a intervenção aeróbia. Contudo, o custo nessa faixa de intensidade se relaciona com o aumento do $\dot{V}O_{2pico}$ absoluto, principalmente para GM e homens (com alteração significativa dessa variável com supervisão);
 8. Por fim, a dinâmica das repostas do custo abaixo de LV1 (i.e., intensidade moderada) não se modificou como efeito dos programas de atividade física, independentemente do sexo e tipo de supervisão. Ressalta-se, porém, que as

mulheres apresentam menor custo de O_2 , em ambas as intensidades analisadas e em qualquer instante de análise, o que talvez reflita a dificuldade desse sexo em reduzir os valores em decorrência do treinamento. Porém, o custo em intensidade moderada mostra-se associado às alterações do $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ e LV1 e de suas respectivas potências, isto é, melhorar a economia predispõe ao aumento do rendimento (potência em LV1) e da capacidade metabólica ($\dot{V}O_2$ em LV1) em todos os grupos, a exceção de GE. No caso de GE as correlações são baixas se significantes, tornando os ajustes mecânicos menos relevantes que os ajustes metabólicos das fibras musculares. Por outro lado, destaca-se que GM se beneficiou de ambos os ajustes, mas a melhora na resposta do $\dot{V}O_2$ em LV1 foi mais pronunciada que a potência, o que se justifica pela redução da economia, ainda que pequena. Quanto ao GF, o exercício de força mostrou-se eficaz para um amplo aumento da capacidade de rendimento, que foi mais pronunciado em intensidade submáxima (LV1). Esse é um efeito típico de ajustes neuromecânicos, que aprimora a coordenação da atividade das fibras e permite aumentar ligeiramente a produção energética aeróbia, como observado pelo $\dot{V}O_2$ em LV1, o que também se aplica a programas generalizados de exercícios como provavelmente ocorreu com GR.

Desta forma, as intervenções foram bem-sucedidas em seu propósito de melhora do condicionamento cardiorrespiratório e do desempenho máximos (homens) e submáximos (ambos sexos) entre pessoas com obesidade. Investigações futuras deverão analisar o efeito de planos de exercícios com maior intensidade, tanto aeróbio como os para o desenvolvimento da força, e com maiores durações do período de intervenção, de modo a elucidar as melhores combinações que potencializariam as respostas de indivíduos com obesidade do sexo feminino.

REFERÊNCIAS

AAGAARD, P. *et al.* A mechanism for increased contractile strength of human pennate muscle in response to strength training: changes in muscle architecture. **Journal of Physiology**, 2001. v. 534, n. 2, p. 613–623.

ÅBERG, N. D. *et al.* Influence of cardiovascular fitness and muscle strength in early adulthood on long-term risk of stroke in Swedish men. **Stroke**, 2015. v. 46, n. 7, p. 1769–1776.

ABREU, P.; LEAL-CARDOSO, J. H.; CECCATTO, V. M. Adaptação do músculo esquelético ao exercício físico: Considerações moleculares e energéticas. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, 2017. v. 23, n. 1, p. 60–65.

ACHTEN, J.; GLEESON, M.; JEUKENDRUP, Asker E. Determination of the exercise intensity that elicits maximal fat oxidation. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, jan. 2002. v. 34, n. 1, p. 92–97. Disponível em: <<http://journals.lww.com/00005768-200201000-00015>>.

ACSM - AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICE. **ACSM's guidelines for exercise testing and prescription**. 10. ed. Philadelphia: Wolters Kluwer Health, 2018.

ADALA, J. F.; CAMPOS, G. E. R. Effects of long-term physical exercise in the skeletal muscles of rats. **Journal of Morphological Sciences**, 2017. v. 34, n. 4, p. 226–231.

ADAMS-CAMPBELL, L. L. *et al.* Body mass index and coronary artery disease in african-americans. **Obesity Research**, maio. 1995. v. 3, n. 3, p. 215–219. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1002/j.1550-8528.1995.tb00141.x>>.

ADES, P. A. *et al.* High-calorie-expenditure exercise: a new approach to cardiac rehabilitation for overweight coronary patients. **Circulation**, 26 maio. 2009. v. 119, n. 20, p. 2671–8. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19433757>>.

AFSHIN, A. *et al.* Health Effects of overweight and obesity in 195 Countries over 25 Years. **New England Journal of Medicine**, 6 jul. 2017. v. 377, n. 1, p. 13–27. Disponível em: <<http://www.nejm.org/doi/10.1056/NEJMoa1614362>>.

AGUIAR, A.; AGUIAR, D. Plasticidade muscular no exercício físico. **Rev. bras. ciênc. mov**, 2009. v. 17, n. 3, p. 104–113.

AL-MALLAH, M. H. *et al.* Sex differences in cardiorespiratory fitness and all-cause mortality. **Mayo Clinic Proceedings**, 2016. v. 91, n. 6, p. 755–762.

ALMEIDA, E. J.; BUZZACHERA, C. F. **Aptidão cardiorrespiratória: teoria & prática**. Londrina: Cardiorespiratory Research Group E-book Series, 2019.

ÁLVAREZ-BUENO, C. *et al.* Aerobic fitness and academic achievement: a systematic review and meta-analysis. **Journal of Sports Sciences**, 2020. v. 38, n. 5, p. 582–589. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/02640414.2020.1720496>>.

ÁLVAREZ, C. *et al.* Concurrent exercise training on hyperglycemia and comorbidities associated: non-responders using clinical cutoff points. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, 9 abr. 2019. v. 29, p. 952–967. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/sms.13413>>.

AMARO-GAHETE, F. J. *et al.* Effect of a 12-Week concurrent training Intervention on cardiometabolic health in obese Men: a pilot study. **Frontiers in Physiology**, 11 fev. 2021. v. 12, p. 1–12. Disponível em: <<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fphys.2021.630831/full>>.

AMERICAN COLLEGE OF; MEDICINE, S. **American college of sports medicine: ACSM's guidelines for exercise testing and prescription**. 9. ed. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins, 2013.

ANDERSON, G. S.; RHODES, E. C. A review of blood lactate and ventilatory methods of detecting transition thresholds. **Sports Medicine**, jul. 1989. v. 8, n. 1, p. 43–55. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.2165/00007256-198908010-00005>>.

ANGELUCCI, A. P.; MANCINI, M. C. Fisiopatologia da obesidade e da ciclicidade do peso. **Tratado de obesidade**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan Ltda, 2015, p. 2106.

ANTON-KUCHLY, B.; ROGER, P.; VARENE, P. Determinants of increased energy cost of submaximal exercise in obese subjects. **Journal of Applied Physiology**, 1 jan. 1984. v. 56, n. 1, p. 18–23. Disponível em: <<https://www.physiology.org/doi/10.1152/jappl.1984.56.1.18>>.

ARANY, Z. PGC-1 coactivators and skeletal muscle adaptations in health and disease. **Current Opinion in Genetics & Development**, out. 2008. v. 18, n. 5, p. 426–434. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022202X15370834>>.

ARAÚJO, C. G. S.; HERDY, A. H.; STEIN, R. Maximum oxygen consumption measurement: Valuable biological marker in health and in sickness. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, 2013. v. 100, n. 4, p. 51–53.

BALADY, G. J. *et al.* Clinician's guide to cardiopulmonary exercise testing in adults: A scientific statement from the American heart association. **Circulation**, 2010. v. 122, n. 2, p. 191–225.

BALDUCCI, S. *et al.* Anti-inflammatory effect of exercise training in subjects with type 2 diabetes and the metabolic syndrome is dependent on exercise modalities and independent of weight loss. **Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases**, out. 2010. v. 20, n. 8, p. 608–617. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0939475309001070>>.

BARNES, K. R.; KILDING, A. E. Strategies to improve running economy. **Sports Medicine**, 2014. v. 45, n. 1, p. 37–56.

BARRY, V. W. *et al.* Fitness vs. fatness on all-cause mortality: a meta-analysis. **Progress in Cardiovascular Diseases**, jan. 2014. v. 56, n. 4, p. 382–390. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0033062013001552>>.

BASSET, D. R.; HOWLEY, E. T. Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, jan. 2000. p. 70. Disponível em: <<http://journals.lww.com/00005768-200001000-00012>>.

BATEMAN, L. A. *et al.* Comparison of aerobic versus resistance exercise training effects on metabolic syndrome (from the studies of a targeted risk reduction intervention through refined exercise - STRRIDE-AT/RT). **The American Journal of Cardiology**, set. 2011. v. 108, n. 6, p. 838–844. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0002914911017838>>.

BAZGIR, B. *et al.* Satellite cells contribution to exercise mediated muscle hypertrophy and repair. **Cell J.**, 2017. v. 18, n. 4, p. 473–484.

BEATTIE, K. *et al.* The effect of strength training on performance in endurance athletes. **Sports Medicine**, 15 jun. 2014. v. 44, n. 6, p. 845–865. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s40279-014-0157-y>>.

BEAVER, W. L.; WASSERMAN, K.; WHIPP, Brian J. A new method for detecting anaerobic threshold by gas exchange. **Journal of Applied Physiology**, 1986. v. 121, n. 6, p. 2020–2027.

BELEIGOLI, A. M. *et al.* Web-based digital health interventions for weight loss and lifestyle habit changes in overweight and obese adults: systematic review and meta-analysis. **Journal of medical Internet research**, 2019. v. 21, n. 1, p. e298. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30622090>>.

BELL, G. J. *et al.* Effect of concurrent strength and endurance training on skeletal muscle properties and hormone concentrations in humans. **European Journal of Applied Physiology**, 11 fev. 2000. v. 81, n. 5, p. 418–427. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s004210050063>>.

BENITO, Pedro J. *et al.* Change in weight and body composition in obese subjects following a hypocaloric diet plus different training programs or physical activity recommendations. **Journal of Applied Physiology**, 15 abr. 2015. v. 118, n. 8, p. 1006–1013. Disponível em: <<https://www.physiology.org/doi/10.1152/jappphysiol.00928.2014>>.

BERGH, U. *et al.* The relationship between body mass and oxygen uptake during running in humans. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, fev. 1991. v. 23, n. 2, p. 205–211. Disponível em: <<http://journals.lww.com/00005768-199102000-00010>>.

BERRINGTON DE GONZALEZ, A. *et al.* Body-mass index and mortality among 1.46 million white adults. **New England Journal of Medicine**, 2 dez. 2010. v. 363, n. 23, p. 2211–2219. Disponível em: <<http://www.nejm.org/doi/abs/10.1056/NEJMoa1000367>>.

BERRY, J. D. *et al.* Lifetime risks for cardiovascular disease mortality by cardiorespiratory fitness levels measured at age 45-, 55-, and 65 years in men: the cooper center longitudinal study. **Am Coll Cardiol.**, 2011. v. 57, n. 15, p. 1604–1610.

BERRYMAN, N. *et al.* Strength Training for Middle- and Long-Distance performance: a meta-analysis. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, 1 jan. 2018. v. 13, n. 1, p. 57–64. Disponível em: <<https://journals.humankinetics.com/view/journals/ijsp/13/1/article-p57.xml>>.

BERTUZZI, R. *et al.* **Aptidão aeróbia: desempenho esportivo, saúde e nutrição.** São Paulo: Manole, 2017.

BINDER, R. K. *et al.* Methodological approach to the first and second lactate threshold in incremental cardiopulmonary exercise testing. **European Journal of Preventive Cardiology**, 2008. v. 15, n. 6, p. 726–734.

BOFF, S. R. Artigo de Revisão: The muscle fiber and the factors that interfere with its phenotype. **Acta Fisiatrica**, 2008. v. 15, n. 2, p. 111–116.

BOONCHAYA-ANANT, P.; APOVIAN, C. M. Metabolically healthy obesity - does it exist? **Current Atherosclerosis Reports**, 5 out. 2014. v. 16, n. 10, p. 441. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s11883-014-0441-1>>.

BORGES, J. H. *et al.* Inverse relationship between changes of maximal aerobic capacity and changes in walking economy after weight loss. **European Journal of Applied Physiology**, 16 ago. 2018. v. 118, n. 8, p. 1573–1578. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s00421-018-3888-x>>.

BOUCHARD, C. *et al.* Familial aggregation of $\dot{V}O_{2\max}$ response to exercise training: results from the HERITAGE family study. **Journal of Applied Physiology**, 1999. v. 87, n. 3, p. 1003–1008.

BOUCHARD, C. Genomic predictors of the maximal O₂ uptake response to standardized exercise training programs. **Journal of Applied Physiology**, maio. 2011. v. 110, n. 5, p. 1160–1170. Disponível em: <<https://www.physiology.org/doi/10.1152/jappphysiol.00973.2010>>.

BOUCHONVILLE, M. *et al.* Weight loss, exercise or both and cardiometabolic risk factors in obese older adults: results of a randomized controlled trial. **International Journal of Obesity**, 4 mar. 2014. v. 38, n. 3, p. 423–431. Disponível em: <<https://www.nature.com/articles/ijo2013122>>.

BRADY, A. O.; STRAIGHT, C. R.; EVANS, E. M. Body composition, muscle capacity, and physical function in older adults: an integrated conceptual model. **Journal of Aging and Physical Activity**, jul. 2014. v. 22, n. 3, p. 441–452. Disponível em: <<https://journals.humankinetics.com/view/journals/japa/22/3/article-p441.xml>>.

BRATLAND-SANDA, S. *et al.* Large Inter-Individual Differences in Responses to a Block of High Intensity Aerobic Interval Training: A Case Series in National-level Cyclists and Triathletes. **International journal of exercise science**, 2020. v. 13, n. 2, p. 480–487.

BRENTANO, M. A. *et al.* Physiological adaptations to strength and circuit training in postmenopausal women with bone loss. **Journal of Strength and Conditioning Research**, 2008. v. 22, n. 6, p. 1816–1825.

BROCHU, M. *et al.* Resistance training does not contribute to improving the metabolic profile after a 6-month weight loss program in overweight and obese postmenopausal women. **The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism**, 1 set. 2009. v. 94, n. 9, p. 3226–3233. Disponível em: <<https://academic.oup.com/jcem/article/94/9/3226/2596559>>.

BROOKE, M. H.; KAISER, K. K. Three “myosin adenosine triphosphatase” systems: the nature of their pH lability and sulfhydryl dependence. **Journal of Histochemistry & Cytochemistry**, 26 set. 1970. v. 18, n. 9, p. 670–672. Disponível em: <<http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/18.9.670>>.

CADORE, E. L. *et al.* Physiological effects of concurrent training in elderly men. **International Journal of Sports Medicine**, 8 out. 2010. v. 31, n. 10, p. 689–697. Disponível em: <<http://www.thieme-connect.de/DOI/DOI?10.1055/s-0030-1261895>>.

CAMERON, N. A. *et al.* Longitudinal decline in cardiorespiratory fitness with age among male firefighters in San Diego, California, 2005-2015. **American Journal of Public Health**, 2018. v. 108, n. 10, p. 1388–1393.

CAPUTO, F. *et al.* Índices de potência e capacidade aeróbia obtidos em cicloergômetro e esteira rolante: Comparações entre corredores, ciclistas, triatletas e sedentários. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, 2003. v. 9, n. 4, p. 231–237.

CARBONE, S.; CANADA, J. M.; *et al.* Obesity paradox in cardiovascular disease: where do we stand? **Vascular Health and Risk Management**, maio. 2019. v. Volume 15, p. 89–100. Disponível em: <<https://www.dovepress.com/obesity-paradox-in-cardiovascular-disease-where-do-we-stand-peer-reviewed-article-VHRM>>.

CARBONE, S.; BUONO, M. G. DEL; *et al.* Obesity, risk of diabetes and role of physical activity, exercise training and cardiorespiratory fitness. **Progress in Cardiovascular Diseases**, jul. 2019. v. 62, n. 4, p. 327–333. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0033062019301070>>.

CARTER, J.; JEUKENDRUP, A. Validity and reliability of three commercially available breath-by-breath respiratory systems. **European Journal of Applied Physiology**, 1 mar. 2002. v. 86, n. 5, p. 435–441. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s00421-001-0572-2>>.

CASTRO, Eliane Aparecida *et al.* What is the most effective exercise protocol to improve cardiovascular fitness in overweight and obese subjects? **Journal of Sport and Health Science**, dez. 2017. v. 6, n. 4, p. 454–461. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2095254616300126>>.

CATENACCI, V. A. *et al.* Physical activity patterns in the national weight control registry. **Obesity**, jan. 2008. v. 16, n. 1, p. 153–161. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1038/oby.2007.6>>.

CHANG, M. *et al.* The impact of educational attainment on cardiorespiratory fitness and metabolic syndrome in Korean adults. **Medicine**, 2020. v. 99, n. 17, p. e19865.

CHAUDHARY, G. M. D. *et al.* Association of Obesity Indicators with Hypertension in Type 2 Diabetes Mellitus Patients. **Cureus**, 1 jul. 2019. v. 11, n. 7, p. e5050. Disponível em: <<https://www.cureus.com/articles/20425-association-of-obesity-indicators-with-hypertension-in-type-2-diabetes-mellitus-patients>>.

CHIN, S. -H.; KAHATHUDUWA, C. N.; BINKS, M. Physical activity and obesity: what we know and what we need to know*. **Obesity Reviews**, 14 dez. 2016. v. 17, n. 12, p. 1226–1244. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/obr.12460>>.

CHUANG, M.-L. *et al.* Aerobically generated CO₂ stored during early exercise. **Journal of Applied Physiology**, 1 set. 1999. v. 87, n. 3, p. 1048–1058. Disponível em: <<https://www.physiology.org/doi/10.1152/jappl.1999.87.3.1048>>.

CLAFLIN, D. R. *et al.* Effects of high- and low-velocity resistance training on the contractile properties of skeletal muscle fibers from young and older humans. **Journal of Applied Physiology**, 2011. v. 111, n. 4, p. 1021–1030.

COLDITZ, G. A.; PETERSON, L. L. Obesity and cancer: evidence, impact, and future directions. **Clinical Chemistry**, 1 jan. 2018. v. 64, n. 1, p. 154–162. Disponível em: <<https://academic.oup.com/clinchem/article/64/1/154/5608765>>.

CONLEY, K. E. *et al.* Exercise efficiency is reduced by mitochondrial uncoupling in the elderly. **Experimental Physiology**, 2013. v. 98, n. 3, p. 768–777.

CONN, V. S.; HAFDAHL, A. R.; MEHR, D. R. Interventions to increase physical activity among healthy adults: meta-analysis of outcomes. **American Journal of Public Health**, abr. 2011. v. 101, n. 4, p. 751–758. Disponível em: <<http://ajph.aphapublications.org/doi/10.2105/AJPH.2010.194381>>.

CORNELIS, N.; BUYS, R. The effects of exercise modality on maximal and submaximal exercise parameters obtained by graded maximal exercise testing. **International Journal of Cardiology**, 2016. v. 222, p. 538–547. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ijcard.2016.07.190>>.

CORRAL, P. DEL *et al.* Effect of Dietary Adherence with or without Exercise on Weight Loss: A Mechanistic Approach to a Global Problem. **The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism**, 1 maio. 2009. v. 94, n. 5, p. 1602–1607. Disponível em: <<https://academic.oup.com/jcem/article/94/5/1602/2598144>>.

CORTES, N.; ONATE, J.; MORRISON, S. Differential effects of fatigue on movement variability. **Gait & Posture**, mar. 2014. v. 39, n. 3, p. 888–893. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0966636213006930>>.

DAGAN, S. S. *et al.* Waist circumference vs body mass index in association with cardiorespiratory fitness in healthy men and women: a cross sectional analysis of 403 subjects. **Nutrition journal**, 2013. v. 12, n. 1, p. 1. Disponível em: <Nutrition Journal>.

DÂMASO, A. R.; SANCHES, P. L. Exercício físico no tratamento da obesidade I: como prescrever? **Tratado de obesidade**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan Ltda, 2015, p. 2106.

DAVIS, J. A. *et al.* Anaerobic threshold and maximal aerobic power for three modes of exercise. **Journal of Applied Physiology**, 1976. v. 41, n. 4, p. 544–550.

DAY, J. R. *et al.* The maximally attainable $\dot{V}O_2$ during exercise in humans: The peak vs. maximum issue. **Journal of Applied Physiology**, 2003. v. 95, n. 5, p. 1901–1907.

DEFINA, L. F. *et al.* The association between midlife cardiorespiratory fitness levels and later-life dementia: a cohort study. **Annals of Internal Medicine**, 2013. v. 158, n. 3, p. 162–168.

DEKERLE, J. *et al.* Maximal lactate steady state, respiratory compensation threshold and critical power. **European Journal of Applied Physiology**, 2003. v. 89, n. 3–4, p. 281–288.

DELVECCHIO, L. *et al.* Effect of concurrent resistance and sprint training on body composition and cardiometabolic health indicators in masters cyclists. **Journal of Exercise Rehabilitation**, 31 out. 2016. v. 12, n. 5, p. 442–450. Disponível em: <<http://e-jer.org/journal/view.php?number=2013600302>>.

DESCHENES, Michael R.; KRAEMER, William J. Performance and physiologic adaptations to resistance training. **American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation**, nov. 2002. v. 81, n. Supplement, p. S3–S16. Disponível em: <<http://journals.lww.com/00002060-200211001-00003>>.

DEURENBERG, P. *et al.* The validity of predicted body fat percentage from body mass index and from impedance in samples of five European populations. **European Journal of Clinical Nutrition**, 25 nov. 2001. v. 55, n. 11, p. 973–979. Disponível em: <<http://www.nature.com/articles/1601254>>.

DEVALLANCE, E. *et al.* The effects of resistance exercise training on arterial stiffness in metabolic syndrome. **European Journal of Applied Physiology**, 3 maio. 2016. v. 116, n. 5, p. 899–910. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s00421-016-3348-4>>.

DICKIE, K. *et al.* Cardiorespiratory fitness and light-intensity physical activity are independently associated with reduced cardiovascular disease risk in urban black south african women: a cross-sectional study. **Metabolic Syndrome and Related Disorders**, fev. 2016. v. 14, n. 1, p. 23–32. Disponível em: <<http://www.liebertpub.com/doi/10.1089/met.2015.0064>>.

DISHMAN, R. K. *et al.* Decline in cardiorespiratory fitness and odds of incident depression. **American Journal of Preventive Medicine**, 2012. v. 43, n. 4, p. 361–368. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.amepre.2012.06.011>>.

DOCHERTY, D.; SPORER, B. A proposed model for examining the interference phenomenon between concurrent aerobic and strength training. 2000. v. 30, n. 6, p. 385–394.

DOGBE, W.; SALAZAR-ORDÓÑEZ, M.; GIL, J. M. Disentangling the drivers of obesity: an analytical framework based on socioeconomic and intrapersonal factors. **Frontiers in Nutrition**, 3 mar. 2021. v. 8. Disponível em: <<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnut.2021.585318/full>>.

DONGES, C. E.; DUFFIELD, R. Effects of resistance or aerobic exercise training on total and regional body composition in sedentary overweight middle-aged adults. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, jun. 2012. v. 37, n. 3, p. 499–509. Disponível em: <<http://www.nrcresearchpress.com/doi/10.1139/h2012-006>>.

DONNELLY, J. E. *et al.* Appropriate physical activity intervention strategies for weight loss and prevention of weight regain for adults. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, fev. 2009. v. 41, n. 2, p. 459–471. Disponível em: <<http://journals.lww.com/00005768-200902000-00026>>.

DOUKETIS, J. D. *et al.* Systematic review of long-term weight loss studies in obese adults: clinical significance and applicability to clinical practice. **International Journal of Obesity**, 5 out. 2005. v. 29, n. 10, p. 1153–1167. Disponível em: <<http://www.nature.com/articles/0802982>>.

DUARTE, J. A. Volume de oxigênio consumido por minuto. **Revista de medicina Desportiva In forma**, 2010. v. 1, n. 5, p. 18–20.

DUQUE, A. P. *et al.* Emerging concepts in metabolically healthy obesity. **American journal of cardiovascular disease**, 2020. v. 10, n. 2, p. 48–61. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/32685263>>.

DYRSTAD, S. M. *et al.* Waist circumference thresholds and cardiorespiratory fitness. **Journal of Sport and Health Science**, 2019. v. 8, n. 1, p. 17–22.

EGAN, B.; ZIERATH, J. R. Exercise metabolism and the molecular regulation of skeletal muscle adaptation. **Cell Metabolism**, 2013. v. 17, n. 2, p. 162–184. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.cmet.2012.12.012>>.

EHRMAN, J. K. *et al.* **Fisiologia do exercício clínico**. 3. ed. São Paulo: Phorte, 2017.

EKBLOM-BAK, E. *et al.* Sex- and age-specific associations between cardiorespiratory fitness, CVD morbidity and all-cause mortality in 266.109 adults. **Preventive Medicine**, 2019. v. 127, n. March, p. 105799. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2019.105799>>.

ELAGIZI, A. *et al.* An overview and update on obesity and the obesity paradox in cardiovascular diseases. **Progress in Cardiovascular Diseases**, 2018. v. 61, n. 2, p. 142–150. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.pcad.2018.07.003>>.

EMERENZIANI, G. Pietro *et al.* Effects of body weight loss program on parameters of muscle performance in female obese adults. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, mar. 2019. v. 59, n. 4. Disponível em: <<https://www.minervamedica.it/index2.php?show=R40Y2019N04A0624>>.

FARRELL, S. W. *et al.* Association of Multiple Adiposity exposures and cardiorespiratory fitness with all-cause mortality in men: the cooper center longitudinal study. **Mayo Clinic Proceedings**, jun. 2014. v. 89, n. 6, p. 772–780. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0025619614002857>>.

FAUDE, O.; KINDERMANN, Wilfried; MEYER, Tim. Lactate threshold concepts: How valid are they? **Sports Medicine**, 2009. v. 39, n. 6, p. 469–490.

FERGUSON, C. J. An effect size primer: a guide for clinicians and researchers. **Professional Psychology: Research and Practice**, out. 2009. v. 40, n. 5, p. 532–538. Disponível em: <<http://doi.apa.org/getdoi.cfm?doi=10.1037/a0015808>>.

FESTA, L. *et al.* Effects of different training intensity distribution in recreational runners. **Frontiers in Sports and Active Living**, 15 jan. 2020. v. 1, p. 1–7. Disponível em: <<https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fspor.2019.00070/full>>.

FIGUEIRA, T. G. *et al.* Ergoespiometria: interpretação das variáveis para identificação dos limiares metabólicos. **Centro de Pesquisas Avançadas em Qualidade de Vida**, 2018. v. 10, n. 1, p. 1–14.

FLECK, S. J.; MATTIE, C.; MARTENSEN III, H. C. Effect of resistance and aerobic training on regional body composition in previously recreationally trained middle-aged women. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, 1 jun. 2006. v. 31, n. 3, p. 261–270. Disponível em: <<http://www.nrcresearchpress.com/doi/10.1139/h05-027>>.

FOSS, Ø.; HALLÉN, J. Validity and stability of a computerized metabolic system with mixing chamber. **International Journal of Sports Medicine**, set. 2005. v. 26, n. 7, p. 569–575. Disponível em: <<http://www.thieme-connect.de/DOI/DOI?10.1055/s-2004-821317>>.

FRANÇA, E.; CAPERUTO, É. Das C.; HIROTA, V. B. Testes indiretos de VO₂ máximo devem ser escolhidos de acordo com o gênero, variáveis antropométricas e capacidade aeróbica presumida. São Paulo: **Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício**, 2014. v. 8, n. 49, p. 712–721.

FRANCO, R. L. *et al.* Sex Differences in Pulmonary Oxygen Uptake Kinetics in Obese Adolescents. **The Journal of Pediatrics**, dez. 2014. v. 165, n. 6, p. 1161–1165. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022347614007306>>.

FRY, A. C. The role of resistance exercise intensity on muscle fibre adaptations. **Sports Medicine**, 2004. v. 34, n. 10, p. 663–79.

GARCIA-TABAR, I.; GOROSTIAGA, Esteban M. A “blood relationship” between the overlooked minimum lactate equivalent and maximal lactate steady state in trained runners. back to the old days? **Frontiers in Physiology**, 2018. v. 9, n. July, p. 1–13.

GHROUBI, S. *et al.* Physical training combined with dietary measures in the treatment of adult obesity. A comparison of two protocols. **Annals of Physical and Rehabilitation Medicine**, jun. 2009. v. 52, n. 5, p. 394–413. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1877065709000360>>.

GILL, S. J. *et al.* Association between Lifetime physicalactivity and cognitive functioning in middle-aged and older community dwelling adults: results from the brain in motion study. **Journal of the International Neuropsychological Society**, 2015. v. 21, n. 10, p. 816–830.

GOODE, R. C. *et al.* Voice, Breathing, and the Control of Exercise Intensity. [S.l.]: [s.n.], 1998, p. 223–229.

GORAN, M. I. *et al.* Total body fat does not influence maximal aerobic capacity. **International Journal of Obesity**, 2000. v. 24, n. 7, p. 841–848.

GORDON, D. *et al.* Incidence of the plateau at VO₂max is dependent on the anaerobic capacity. **International Journal of Sports Medicine**, 11 jan. 2011. v. 32, n. 01, p. 1–6.

GORNY, A. W. *et al.* Motivations to exercise in young men following a residential weight loss programme conducted in National Service - a mixed methods study. **BMC Public Health**, 17 dez. 2021. v. 21, n. 1, p. 370. Disponível em: <<https://bmcpublikealth.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12889-021-10373-z>>.

GOROSTEGI-ANDUAGA, I. *et al.* Clinical, physical, physiological, and dietary patterns of obese and sedentary adults with primary hypertension characterized by sex and cardiorespiratory fitness: EXERDIET-HTA study. **Clinical and Experimental Hypertension**, 17 fev. 2018. v. 40, n. 2, p. 141–149. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10641963.2017.1346111>>.

GREENBERG, J. Biases in the mortality risk versus body mass index relationship in the NHANES-1 Epidemiologic Follow-up Study. **International Journal of Obesity**, 6 jul. 2001. v. 25, n. 7, p. 1071–1078. Disponível em: <<http://www.nature.com/articles/0801648>>.

GUEDES, D. P.; GUEDES, J. E. R. P. **Controle do peso corporal: composição corporal, atividade física e nutrição**. 2. ed. Rio de Janeiro: Shape, 2003.

GUEDES, J. M. *et al.* Efeitos do treinamento combinado sobre a força, resistência e potência aeróbica em idosas. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, dez. 2016. v. 22, n. 6, p. 480–484. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-86922016000600480&lng=pt&tlng=pt>.

GUTH, L.; SAMAHA, F. J. Qualitative differences between actomyosin ATPase of slow and fast mammalian muscle. **Experimental Neurology**, set. 1969. v. 25, n. 1, p. 138–152. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0014488669900776>>.

HAKKINEN, K. *et al.* Changes in Muscle Morphology, Electromyographic Activity, and Force Production Characteristics During Progressive Strength Training in Young and Older Men. **The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences**, 1 nov. 1998. v. 53A, n. 6, p. B415–B423. Disponível em: <<https://academic.oup.com/biomedgerontology/article-lookup/doi/10.1093/gerona/53A.6.B415>>.

HÄKKINEN, K. *et al.* Neuromuscular adaptations during concurrent strength and endurance training versus strength training. **European Journal of Applied Physiology**, mar. 2003. v. 89, n. 1, p. 42–52. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s00421-002-0751-9>>.

HALPERN, Z. S. C.; RODRIGUES, M. B. Redução da densidade energética no tratamento da obesidade no adulto. **Tratado de obesidade**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan Ltda, 2015, p. 2106.

HARBER, M. P. *et al.* Impact of cardiorespiratory fitness on all-cause and disease-specific mortality: advances since 2009. **Progress in Cardiovascular Diseases**, 2017. v. 60, n. 1, p. 11–20. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.pcad.2017.03.001>>.

HAUTALA, A. J. *et al.* Individual differences in the responses to endurance and resistance training. **European Journal of Applied Physiology**, 21 mar. 2006. v. 96, n. 5, p. 535–542. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s00421-005-0116-2>>.

HELLSTEN, Y.; NYBERG, M. Cardiovascular adaptations to exercise training. **Comprehensive Physiology**, 2016. v. 6, n. 1, p. 1–32.

HERDY, A. H.; CAIXETA, A. Brazilian cardiorespiratory fitness classification based on maximum oxygen consumption. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, 2016. v. 106, n. 5, p. 389–395.

HO, S. S. *et al.* The effect of 12 weeks of aerobic, resistance or combination exercise training on cardiovascular risk factors in the overweight and obese in a randomized trial. **BMC Public Health**, 2012. v. 12, n. 1, p. 1. Disponível em: <BMC Public Health>.

HOFF, J.; GRAN, A.; HELGERUD, J. Maximal strength training improves aerobic endurance performance. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, out. 2002. v. 12, n. 5, p. 288–295. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1034/j.1600-0838.2002.01140.x>>.

HOLLMANN, W. Historical remarks on the development of the aerobic-anaerobic threshold up to 1966. **J. Sports Med.**, 1985. v. 6, p. 109–116.

HOOD, D. A. Invited review: contractile activity-induced mitochondrial biogenesis in skeletal muscle. **Journal of Applied Physiology**, 1 mar. 2001. v. 90, n. 3, p. 1137–1157. Disponível em: <<https://www.physiology.org/doi/10.1152/jappl.2001.90.3.1137>>.

HOPPELER, H. *et al.* Molecular mechanisms of muscle plasticity with exercise. **Comprehensive Physiology**, 2011. v. 1, n. 3, p. 1383–1412.

HOPPELER, H. Molecular networks in skeletal muscle plasticity. **Journal of Experimental Biology**, 2016. v. 219, n. 2, p. 205–213.

HOROWITZ, J.; SIDOSSIS, L.; COYLE, E. High efficiency of type I muscle fibers improves performance. **International Journal of Sports Medicine**, 14 abr. 1994. v. 15, n. 03, p. 152–157. Disponível em: <<http://www.thieme-connect.de/DOI/DOI?10.1055/s-2007-1021038>>.

HOWALD, H. *et al.* Influences of endurance training on the ultrastructural composition of the different muscle fiber types in humans. **Pflugers Archiv European Journal of Physiology**, abr. 1985. v. 403, n. 4, p. 369–376. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/BF00589248>>.

HUBERT, H. B. *et al.* Obesity as an independent risk factor for cardiovascular disease: a 26-year follow-up of participants in the Framingham Heart Study. **Circulation**, maio. 1983. v. 67, n. 5, p. 968–977. Disponível em: <<https://www.ahajournals.org/doi/10.1161/01.CIR.67.5.968>>.

HUGHES, D. C.; ELLEFSEN, Stian; BAAR, K. Adaptations to endurance and strength training. **Cold Spring Harbor Perspectives in Medicine**, jun. 2018. v. 8, n. 6, p. a029769. Disponível em: <<http://perspectivesinmedicine.cshlp.org/lookup/doi/10.1101/cshperspect.a029769>>.

HUNTER, R. *et al.* Inverse relationship between exercise economy and oxidative capacity in muscle. **European Journal of Applied Physiology**, 15 ago. 2005. v. 94, n. 5–6, p. 558–568. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s00421-005-1370-z>>.

HUNTER, R. *et al.* Resistance training conserves fat-free mass and resting energy expenditure following weight loss. **Obesity**, maio. 2008. v. 16, n. 5, p. 1045–1051. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1038/oby.2008.38>>.

IBANEZ, J. *et al.* Twice-weekly progressive resistance training decreases abdominal fat and improves insulin sensitivity in older men with type 2 diabetes. **Diabetes Care**, 1 mar. 2005. v. 28, n. 3, p. 662–667. Disponível em: <<http://care.diabetesjournals.org/cgi/doi/10.2337/diacare.28.3.662>>.

IDE, B. N. *et al.* Treinamento de força versus treinamento de endurance. Existe compatibilidade? **Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício**, 2010. v. 4, n. 21, p. 263–269.

IGNJATOVIC, A. *et al.* Influence of resistance training on cardiorespiratory endurance and muscle power and strength in young athletes. **Acta Physiologica Hungarica**, 2011. v. 98, n. 3, p. 305–312.

IMBODEN, M. T. *et al.* Cardiorespiratory fitness and mortality in healthy men and women. **Journal of the American College of Cardiology**, 2018. v. 72, n. 19, p. 2283–2292.

JABBOUR, G.; MAJED, L. Mechanical efficiency at different exercise intensities among adolescent boys with different body fat levels. **Frontiers in Physiology**, 15 mar. 2019. v. 10. Disponível em: <<https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fphys.2019.00265/full>>.

JACKSON, A. S. *et al.* Role of lifestyle and aging on the longitudinal change in cardiorespiratory fitness. **Archives of Internal Medicine**, 2009. v. 169, n. 19, p. 1781–1787.

JAMURTAS, A. Z. *et al.* The effects of a single bout of exercise on resting energy expenditure and respiratory exchange ratio. **European Journal of Applied Physiology**, 17 ago. 2004. v. 92, n. 4–5. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s00421-004-1156-8>>.

JESUS, A. L. *et al.* Exercício físico e obesidade : prescrição e benefícios Physical exercise and obesity : prescription and benefits RESUMO Keywords : obesity , exercise , adult. **HU Revista**, 2018. v. 44, n. 2, p. 269–276.

JESUS, I. C. De *et al.* Effect of combined interval training on the cardiorespiratory fitness in heart failure patients: a systematic review and meta-analysis. **Brazilian Journal of Physical Therapy**, jan. 2020. v. 24, n. 1, p. 8–19. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1413355518304593>>.

JEUKENDRUP, A. E.; WALLIS, G. A. Measurement of substrate oxidation during exercise by means of gas exchange measurements. **International Journal of Sports Medicine**, fev. 2005. v. 26, p. S28–S37. Disponível em: <<http://www.thieme-connect.de/DOI/DOI?10.1055/s-2004-830512>>.

JOYNER, M. J.; LUNDBY, C. Concepts about VO₂max and trainability are context dependent. **Exercise and Sport Sciences Reviews**, 2018. v. 46, n. 3, p. 138–143.

KAMINSKY, L. A.; ARENA, R.; MYERS, J. Reference standards for ventilatory threshold Measured With cardiopulmonary exercise testing: the fitness registry and the importance of exercise: a national database. **Mayo Clin Proc.**, 2015. v. 90, n. 11, p. 1515–1523.

KANDOLA, A. *et al.* The association between cardiorespiratory fitness and the incidence of common mental health disorders: a systematic review and meta-analysis. **Journal of Affective Disorders**, 2019. v. 257, n. June, p. 748–757. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jad.2019.07.088>>.

KAPOOR, N. *et al.* Normal weight obesity: an underrecognized problem in individuals of south asian descent. **Clinical Therapeutics**, ago. 2019. v. 41, n. 8, p. 1638–1642. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0149291819302917>>.

KASHIWAGI, R. *et al.* Effective waist circumference reduction rate necessary to avoid the development of type 2 diabetes in Japanese men with abdominal obesity. **Endocrine Journal**, 2017. v. 64, n. 9, p. 881–894. Disponível em: <https://www.jstage.jst.go.jp/article/endocrj/64/9/64_EJ17-0113/_article>.

KATCH, F. I.; KATCH, V. L.; MCARDLE, W. D. **Fisiologia do exercício: nutrição, energia e desempenho humano**. 8. ed. São Paulo: Guanabara Koogan, 2016.

KENNEY, W. L.; COSTILL, D. L.; WILMORE, Jack H. **Fisiologia do esporte e do exercício**. 7. ed. São Paulo: Manole, 2020.

KERN, P. A.; SIMSOLO, R. B.; FOURNIER, M. Effect of weight loss on muscle fiber type, fiber size, capillarity, and succinate dehydrogenase activity in humans 1. **The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism**, nov. 1999. v. 84, n. 11, p. 4185–4190. Disponível em: <<https://academic.oup.com/jcem/article-lookup/doi/10.1210/jcem.84.11.6090>>.

KHAN, M. A. *et al.* The relationship of hypertension with obesity and obstructive sleep apnea in adolescents. **Pediatric Pulmonology**, 18 abr. 2020. v. 55, n. 4, p. 1020–1027. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ppul.24693>>.

KHAN, S. S. *et al.* Association of body mass index with lifetime risk of cardiovascular disease and compression of morbidity. **JAMA Cardiology**, 1 abr. 2018. v. 3, n. 4, p. 280. Disponível em: <<http://cardiology.jamanetwork.com/article.aspx?doi=10.1001/jamacardio.2018.0022>>.

KIM, P. L.; STARON, R. S.; PHILLIPS, S. M. Fasted-state skeletal muscle protein synthesis after resistance exercise is altered with training. **Journal of Physiology**, 2005. v. 568, n. 1, p. 283–290.

KINDERMANN, W.; SIMON, G.; KEUL, J. The significance of the aerobic-anaerobic transition for the determination of work load intensities during endurance training. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, set. 1979. v. 42, n. 1, p. 25–34. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/BF00421101>>.

KNAB, A. M. *et al.* A 45-minute vigorous Exercise bout increases metabolic rate for 14 Hours. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, set. 2011. v. 43, n. 9, p. 1643–1648. Disponível em: <<https://journals.lww.com/00005768-201109000-00006>>.

KODAMA, S. *et al.* Cardiorespiratory fitness as a quantitative predictor of all-cause mortality and cardiovascular events. **Journal of American Medical Association**, 2009. v. 301, n. 19, p. 2024–2035.

KOKKINOS, P. *et al.* Age-specific exercise capacity threshold for mortality risk assessment in male veterans. **Circulation**, 2014. v. 130, n. 8, p. 653–658.

KÖNIGSTEIN, K. *et al.* Does obesity attenuate the beneficial cardiovascular effects of cardiorespiratory fitness? **Atherosclerosis**, maio. 2018. v. 272, p. 21–26. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S002191501830128X>>.

KOS, K. Cardiometabolic morbidity and mortality with smoking cessation, review of recommendations for people with diabetes and obesity. **Current Diabetes Reports**, 8 dez. 2020. v. 20, n. 12, p. 82. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s11892-020-01352-6>>.

KRACHLER, Benno *et al.* VO₂max/kg is expected to be lower in obese individuals! **International Journal of Cardiology**, 2015. v. 189, n. 1, p. 234.

KRAEMER, W. J. *et al.* Compatibility of high-intensity strength and endurance training on hormonal and skeletal muscle adaptations. **Journal of Applied Physiology**, 1 mar. 1995. v. 78, n. 3, p. 976–989. Disponível em: <<https://www.physiology.org/doi/10.1152/jappl.1995.78.3.976>>.

KRAEMER, Willian J.; FLECK, S. J.; DESCHENES, Michael R. **Fisiologia do exercício: teoria e prática**. 2. ed. São Paulo: Guanabara Koogan, 2016.

LAMBERT, C. P.; EVANS, William J. Adaptations to aerobic and resistance exercise in the elderly. **Rev Endocr Metab Disord**, 2005. v. 6, p. 137–143.

LAUKKANEN, J. A. *et al.* Long-term Change in Cardiorespiratory Fitness and All-Cause Mortality: A Population-Based Follow-up Study. **Mayo Clinic Proceedings**, 2016. v. 91, n. 9, p. 1183–1188. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.mayocp.2016.05.014>>.

LAVIE, C. J. *et al.* Exercise and the cardiovascular system. **Circulation Research**, 3 jul. 2015. v. 117, n. 2, p. 207–219. Disponível em: <<https://www.ahajournals.org/doi/10.1161/CIRCRESAHA.117.305205>>.

LAVIE, C. J. *et al.* Effects of physical activity, exercise, and fitness on obesity-related morbidity and mortality. **Current Sports Medicine Reports**, ago. 2019. v. 18, n. 8, p. 292–298. Disponível em: <<http://journals.lww.com/00149619-201908000-00005>>.

LAY, B. . *et al.* Practice effects on coordination and control, metabolic energy expenditure, and muscle activation. **Human Movement Science**, dez. 2002. v. 21, n. 5–6, p. 807–830. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0167945702001665>>.

LEE, D. *et al.* Leisure-time running reduces all-cause and cardiovascular mortality risk. **Journal of the American College of Cardiology**, ago. 2014. v. 64, n. 5, p. 472–481. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0735109714027466>>.

LEE, M. J. C. *et al.* Order of same-day concurrent training influences some indices of power development, but not strength, lean mass, or aerobic fitness in healthy, moderately-active men after 9 weeks of training. **PLoS ONE**, 2020. v. 15, n. 5, p. 1–24. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0233134>>.

LI, F. *et al.* Effects of complex training versus heavy resistance training on neuromuscular adaptation, running economy and 5-km performance in well-trained distance runners. **PeerJ**, 25 abr. 2019. v. 7, p. e6787. Disponível em: <<https://peerj.com/articles/6787>>.

LIMONGELLI, G. *et al.* Combined effect of mediterranean diet and aerobic exercise on weight loss and clinical status in obese symptomatic patients with hypertrophic cardiomyopathy. **Heart Failure Clinics**, abr. 2021. v. 17, n. 2, p. 303–313. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1551713621000039>>.

LIN, X. *et al.* Effects of exercise training on cardiorespiratory fitness and biomarkers of cardiometabolic health: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. **Journal of the American Heart Association**, 2015. v. 4, n. 7, p. 1–28.

LITTLETON, S. W. **Impact of obesity on respiratory function. *Respirology*.**

LORENZO, A. DE *et al.* Normal weight obese (NWO) women: an evaluation of a candidate new syndrome. **Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases**, dez. 2006. v. 16, n. 8, p. 513–523. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0939475305001912>>.

LORENZO, S.; BABB, T. G. Quantification of cardiorespiratory fitness in healthy nonobese and obese men and women. **Chest**, abr. 2012. v. 141, n. 4, p. 1031–1039. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S001236921260227X>>.

LOURENÇO, T. F. *et al.* Metabolic interpretation of ventilatory parameters during maximal effort test and their applicability to sports. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, 2007. v. 9, n. 3, p. 303–310.

LUCOTTI, P. *et al.* Aerobic and resistance training effects compared to aerobic training alone in obese type 2 diabetic patients on diet treatment. **Diabetes Research and Clinical Practice**, dez. 2011. v. 94, n. 3, p. 395–403. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0168822711004190>>.

MACALUSO, F. *et al.* Satellite cell count, VO₂max, and p38 MAPK in inactive to moderately active young men. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, 2012. v. 22, n. 4.

MACIEJCZYK, M. *et al.* The Influence of Increased Body Fat or Lean Body Mass on Aerobic Performance. **PLoS ONE**, 21 abr. 2014. v. 9, n. 4, p. e95797. Disponível em: <<https://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0095797>>.

MADSEN, E. *et al.* Inflammation Is Strongly Associated With Cardiorespiratory Fitness, Sex, BMI, and the Metabolic Syndrome in a Self-reported Healthy Population: HUNT3 Fitness Study. **Mayo Clinic Proceedings**, 2019. v. 94, n. 5, p. 803–810. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.mayocp.2018.08.040>>.

MAFFIULETTI, N. A. *et al.* Differences in quadriceps muscle strength and fatigue between lean and obese subjects. **European Journal of Applied Physiology**, 3 set. 2007. v. 101, n. 1, p. 51–59. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s00421-007-0471-2>>.]

MANCINI, Marcio C. *et al.* **Tratado de obesidade**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2015.

MANN, T. N.; LAMBERTS, R. P.; LAMBERT, M. I. High responders and low responders: factors associated with individual variation in response to standardized training. **Sports Medicine**, 2014a. v. 44, n. 8, p. 1113–1124.

MANN, T. N.; LAMBERTS, R. P.; LAMBERT, M. I. High responders and low responders: factors associated with individual variation in response to standardized training. **Sports Medicine**, 8 ago. 2014b. v. 44, n. 8, p. 1113–1124. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s40279-014-0197-3>>.

MATTHEW, P. *et al.* Oxygen uptake and heart rate during simulated wildfire suppression tasks performed by Australian rural firefighters. **Occupational Medicine & Health Affairs**, 2015. v. 03, n. 03.

MCAULEY, P. A. *et al.* The Obesity Paradox, Cardiorespiratory Fitness, and Coronary Heart Disease. **Mayo Clinic Proceedings**, maio. 2012. v. 87, n. 5, p. 443–451. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0025619612002662>>.

MCNARRY, M. A.; WELSMAN, J. R.; JONES, A. M. The influence of training and maturity status on girls' responses to short-term, high-intensity upper- and lower-body exercise. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, jun. 2011. v. 36, n. 3, p. 344–352. Disponível em: <<http://www.nrcresearchpress.com/doi/10.1139/h11-019>>.

MERO, A. A. *et al.* Resistance training induced increase in muscle fiber size in young and older men. **European Journal of Applied Physiology**, 2013. v. 113, n. 3, p. 641–650.

MESZLER, B. *et al.* Combined strength and plyometric exercise training improves running economy and muscle elastic energy storage and re-use in young untrained women. **European Journal of Integrative Medicine**, jun. 2019. v. 28, p. 86–91. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1876382018308813>>.

METHENITIS, S. A brief review on concurrent training: from laboratory to the field. **Sports**, 24 out. 2018. v. 6, n. 4, p. 127. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2075-4663/6/4/127>>.

MEYER, T. *et al.* A conceptual framework for performance diagnosis and training prescription from submaximal gas exchange parameters - theory and application. **International Journal of Sports Medicine, Supplement**, 2005. v. 26, n. 1.

MIKKOLA, J. *et al.* Concurrent endurance and explosive type strength training improves neuromuscular and anaerobic characteristics in young distance runners. **International Journal of Sports Medicine**, jul. 2007. v. 28, n. 7, p. 602–611. Disponível em: <<http://www.thieme-connect.de/DOI/DOI?10.1055/s-2007-964849>>.

MIKKOLA, J. *et al.* Neuromuscular and cardiovascular adaptations during concurrent strength and endurance training in untrained men. **International Journal of Sports Medicine**, 2012. v. 33, n. 9, p. 702–710.

MILLET, G. P. *et al.* Effects of concurrent endurance and strength training on running economy and $\dot{V}O_2$ kinetics. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, ago. 2002. v. 34, n. 8, p. 1351–1359. Disponível em: <<http://journals.lww.com/00005768-200208000-00018>>.

MINETTI, A. E. *et al.* Energy cost of walking and running at extreme uphill and downhill slopes. **Journal of Applied Physiology**, 1 set. 2002. v. 93, n. 3, p. 1039–1046. Disponível em: <<https://www.physiology.org/doi/10.1152/japplphysiol.01177.2001>>.

MOORE, S C *et al.* Past body mass index and risk of mortality among women. **International Journal of Obesity**, 22 maio. 2008. v. 32, n. 5, p. 730–739. Disponível em: <<http://www.nature.com/articles/0803801>>.

MORALES-ALAMO, D. *et al.* What limits performance during whole-body incremental exercise to exhaustion in humans? **The Journal of Physiology**, 15 out. 2015. v. 593, n. 20, p. 4631–4648. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1113/JP270487>>.

MORGAN, B.; WOODRUFF, S. J.; TIIDUS, P. M. Aerobic energy expenditure during recreational weight training in females and males. **Journal of sports science & medicine**, set. 2003. v. 2, n. 3, p. 117–22. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24627664>>.

MORICI, G. *et al.* Endurance training: is it bad for you? **Breathe**, 2016. v. 12, n. 2, p. 140–147.

MOTAMED, N. *et al.* 10-year risk of cardiovascular disease and body mass index in association with the obesity paradox abstract original article obesity is a very common condition worldwide . estimate the 10-year risk of CVD for years. **ARYA Atheroscler**, 2020. v. 16, n. 1, p. 16–23.

MOTTA-SANTOS, D.; SANTOS, R. A. S.; SANTOS, S. H. S. Angiotensin-(1-7) and obesity: role on cardiorespiratory fitness and COVID-19 implications. **Obesity**, 2020. v. 4, p. 0–2.

MURGIA, M. *et al.* Single muscle fiber proteomics reveals unexpected mitochondrial specialization. **EMBO reports**, 2015. v. 16, n. 3, p. 387–395.

NAUMAN, J. *et al.* Prediction of cardiovascular mortality by estimated cardiorespiratory fitness independent of traditional risk factors: the HUNT Study. **Mayo Clinic Proceedings**, 2017. v. 92, n. 2, p. 218–227. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.mayocp.2016.10.007>>.

NES, Bjarne Martens *et al.* A simple nonexercise model of cardiorespiratory fitness predicts long-term mortality. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, 2014. v. 46, n. 6, p. 1159–1165.

NICKLAS, B. J. *et al.* Effect of exercise intensity on abdominal fat loss during calorie restriction in overweight and obese postmenopausal women: a randomized, controlled trial. **The American Journal of Clinical Nutrition**, 1 abr. 2009. v. 89, n. 4, p. 1043–1052. Disponível em: <<https://academic.oup.com/ajcn/article/89/4/1043/4596712>>.

NICKLAS, B. J. *et al.* Effects of resistance training with and without caloric restriction on physical function and mobility in overweight and obese older adults: a randomized controlled trial. **The American Journal of Clinical Nutrition**, 1 maio. 2015. v. 101, n. 5, p. 991–999. Disponível em: <<https://academic.oup.com/ajcn/article/101/5/991/4577566>>.

NICKLAS, B. J. *et al.* Effects of caloric restriction on cardiorespiratory fitness, fatigue, and disability responses to aerobic exercise in older Adults With Obesity: A randomized controlled trial. **The Journals of Gerontology: Series A**, 5 jul. 2019. v. 74, n. 7, p. 1084–1090. Disponível em: <<https://academic.oup.com/biomedgerontology/advance-article/doi/10.1093/gerona/gly159/5049477>>.

NILSSON, M. I.; TARNOPOLSKY, M. A. Mitochondria and aging: the role of exercise as a countermeasure. **Biology**, 11 maio. 2019. v. 8, n. 2, p. 40. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2079-7737/8/2/40>>.

NISHIJIMA, H. *et al.* Quantification and physiological significance of the rightward shift of the V-slope during incremental cardiopulmonary exercise testing. **BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation**, 20 dez. 2017. v. 9, n. 1, p. 9. Disponível em: <<http://bmcsportsscimedrehabil.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13102-017-0073-1>>.

NOVAES, G. S. *et al.* Chronic effects of strength training vs. hydro aerobics on functional and cardiorespiratory ability in postmenopausal women. **Journal of Human Kinetics**, 2014. v. 43, n. 1, p. 57–66.

O'DONOVAN, G. *et al.* Fatness, fitness, and cardiometabolic risk factors in middle-aged white men. **Metabolism**, fev. 2012. v. 61, n. 2, p. 213–220. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0026049511001892>>.

OHLSSON, C. *et al.* Association between excessive BMI increase during puberty and risk of cardiovascular mortality in adult men: a population-based cohort study. **The Lancet Diabetes & Endocrinology**, dez. 2016. v. 4, n. 12, p. 1017–1024. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1002/j.1550-8528.1995.tb00141.x>>.

OKTAY, A. A. *et al.* The interaction of cardiorespiratory fitness with obesity and the obesity paradox in cardiovascular disease. **Progress in Cardiovascular Diseases**, 2017. v. 60, n. 1, p. 30–44. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.pcad.2017.05.005>>.

ONISHI, T. *et al.* Effects of phase III cardiac rehabilitation on mortality and cardiovascular events in elderly patients with stable coronary artery disease. **Circulation Journal**, 2010. v. 74, n. 4, p. 709–714. Disponível em: <https://www.jstage.jst.go.jp/article/circj/74/4/74_CJ-09-0638/_article>.

OOSTERVEEN, E. *et al.* A systematic review of eHealth behavioral interventions targeting smoking, nutrition, alcohol, physical activity and/or obesity for young adults. **Preventive Medicine**, jun. 2017. v. 99, p. 197–206. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0091743517300336>>.

ORTEGA, F. B. *et al.* The intriguing metabolically healthy but obese phenotype: cardiovascular prognosis and role of fitness. **European Heart Journal**, 1 fev. 2013. v. 34, n. 5, p. 389–397. Disponível em: <<https://academic.oup.com/eurheartj/article-lookup/doi/10.1093/eurheartj/ehs174>>.

ORTEGA, F. B. *et al.* Role of fitness in the metabolically healthy but obese phenotype: a review and update. **Progress in Cardiovascular Diseases**, jul. 2015. v. 58, n. 1, p. 76–86. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0033062015000304>>.

ØSTERÅS, H.; HELGERUD, Jan; HOFF, Jan. Maximal strength-training effects on force-velocity and force-power relationships explain increases in aerobic performance in humans. **European Journal of Applied Physiology**, 1 dez. 2002. v. 88, n. 3, p. 255–263. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s00421-002-0717-y>>.

OZCELIK, O.; WARD, S. A.; WHIPP, B. J. Effect of altered body CO₂ stores on pulmonary gas exchange dynamics during incremental exercise in humans. **Experimental Physiology**, set. 1999. v. 84, n. 5, p. 999–1011. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1111/j.1469-445X.1999.01868.x>>.

PADULA, R. S. *et al.* Avaliação da capacidade para o trabalho e da aptidão cardiorrespiratória de trabalhadores saudáveis. **ConScientiae Saúde**, 2011. v. 10, n. 2, p. 285–291.

PALSTRA, A. P. *et al.* Swimming-induced exercise promotes hypertrophy and vascularization of fast skeletal muscle fibres and activation of myogenic and angiogenic transcriptional programs in adult zebrafish. **BMC Genomics**, 2014. v. 15, n. 1, p. 1–20.

PANDEY, A. *et al.* Fitness in young adulthood and long-term cardiac structure and function: the CARDIA study. **JACC: Heart Failure**, 2017. v. 5, n. 5, p. 347–355.

PANTZAR, A. *et al.* Relationships between aerobic fitness levels and cognitive performance in Swedish office workers. **Frontiers in Psychology**, 2018. v. 9, n. DEC.

PAOLI, A. *et al.* Resistance training with single vs. multi-joint exercises at equal total load volume: effects on body composition, cardiorespiratory fitness, and muscle strength. **Frontiers in Physiology**, 2017. v. 8, n. DEC, p. 1–6.

PARK, H.-Y. *et al.* Twelve weeks of aerobic exercise at the lactate threshold improves autonomic nervous system function, body composition, and aerobic performance in women with obesity. **Journal of Obesity & Metabolic Syndrome**, 30 mar. 2020. v. 29, n. 1, p. 67–75. Disponível em: <<http://www.jomes.org/journal/view.html?doi=10.7570/jomes19063>>.

PARK, S.-K. *et al.* The effect of combined aerobic and resistance exercise training on abdominal fat in obese Middle-aged women. **Journal of Physiological Anthropology and Applied Human Science**, 2003. v. 22, n. 3, p. 129–135. Disponível em: <<http://joi.jlc.jst.go.jp/JST.JSTAGE/jpa/22.129?from=CrossRef>>.

PATE, R R *et al.* Physiological, anthropometric, and training correlates of running economy. **Medicine and science in sports and exercise**, out. 1992. v. 24, n. 10, p. 1128–33. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1435160>>.

PEDERSEN, P. K. *et al.* Muscle fiber type distribution and nonlinear VO₂-power output relationship in cycling. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, abr. 2002. v. 34, n. 4, p. 655–661. Disponível em: <<http://journals.lww.com/00005768-200204000-00015>>.

PELLEGRINO, J.; RUBY, B. C.; DUMKE, C. L. Effect of plyometrics on the energy cost of running and MHC and titin isoforms. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, jan. 2016. v. 48, n. 1, p. 49–56. Disponível em: <<https://journals.lww.com/00005768-201601000-00008>>.

PEREIRA, D. A. G. *et al.* Reprodutibilidade da determinação do limiar anaeróbico em pacientes com insuficiência cardíaca. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, jun. 2010. v. 94, n. 6, p. 771–778. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0066-782X2010000600010&lng=pt&nrm=iso&tlng=en>.

PETRÉ, H. *et al.* Development of maximal dynamic strength during concurrent resistance and endurance training in untrained, moderately trained, and trained individuals: a systematic review and meta-analysis. **Sports Medicine**, 22 mar. 2021. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s40279-021-01426-9>>.

PETTE, D.; STARON, R. S. Myosin isoforms, muscle fiber types, and transitions. **Microscopy Research and Technique**, 2000. v. 50, n. 6, p. 500–509.

PIACENTINI, M. F. *et al.* Concurrent strength and endurance training effects on running economy in master endurance runners. **Journal of Strength and Conditioning Research**, ago. 2013. v. 27, n. 8, p. 2295–2303. Disponível em: <<https://journals.lww.com/00124278-201308000-00033>>.

PIOVESAN, R. F. *et al.* Uma revisão sobre a plasticidade do músculo esquelético: expressão de isoformas de cadeia pesada de miosina e corre. **Fisioter. mov**, 2009. v. 22, n. 2, p. 211–220.

POWERS, S. K.; HOWLEY, Edward T. **Fisiologia do exercício: teoria e aplicação ao condicionamento e ao desempenho**. 8. ed. São Paulo: Manole, 2014a.

PUTMAN, C. *et al.* Effects of strength, endurance and combined training on myosin heavy chain content and fibre-type distribution in humans. **European Journal of Applied Physiology**, 6 ago. 2004. v. 92, n. 4–5. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s00421-004-1104-7>>.

RABADÁN*, M. *et al.* Physiological determinants of speciality of elite middle- and long-distance runners. **Journal of Sports Sciences**, jun. 2011. v. 29, n. 9, p. 975–982. Disponível em: <<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/02640414.2011.571271>>.

RACETTE, S. B. *et al.* Sex differences in FITNESSGRAM® health risk based on aerobic capacity and body composition among urban public elementary school children. **Preventive Medicine**, out. 2017. v. 103, p. 56–59. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0091743517302797>>.

RACIL, G. *et al.* Plyometric exercise combined with high-intensity interval training improves metabolic abnormalities in young obese females more so than interval training alone. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, jan. 2016. v. 41, n. 1, p. 103–109. Disponível em: <<http://www.nrcresearchpress.com/doi/10.1139/apnm-2015-0384>>.

RANKINEN, T. *et al.* No evidence of a common DNA variant profile specific to world class endurance athletes. **PLoS ONE**, 2016. v. 11, n. 1, p. 1–24.

REGUERO, M. *et al.* Precision nutrition to activate thermogenesis as a complementary approach to target obesity and associated-metabolic-disorders. **Cancers**, 18 fev. 2021. v. 13, n. 4, p. 866. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2072-6694/13/4/866>>.

RICHARDSON, J. T. E. Eta squared and partial eta squared as measures of effect size in educational research. **Educational Research Review**, jan. 2011. v. 6, n. 2, p. 135–147. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1747938X11000029>>.

RICKETTS, T. A. *et al.* Addition of cardiorespiratory fitness within an obesity risk classification model identifies men at increased risk of all-cause mortality. **The American Journal of Medicine**, maio. 2016. v. 129, n. 5, p. 536.e13-536.e20. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0002934315011134>>.

RIEBE, D. **Diretrizes do ACSM para os testes de esforço e sua prescrição**. 10. ed. São Paulo: Guanabara Koogan, 2018.

ROSS, R. *et al.* **Importance of assessing cardiorespiratory fitness in clinical practice: a case for fitness as a clinical vital sign: a scientific statement from the American Heart Association**. [S.l.]: [s.n.], 2016. V. 134.

ROSS, R.; LANNOY, L. DE; STOTZ, P. J. Separate effects of intensity and amount of exercise on interindividual cardiorespiratory fitness response. **Mayo Clinic Proceedings**, 2015. v. 90, n. 11, p. 1506–1514. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.mayocp.2015.07.024>>.

ROSSI NETO, J. M. *et al.* Original article VO₂max based physical fitness categories in a Brazilian population with supposed high socioeconomic status and without structural heart disease. **Arq Bras Cardiol.**, 2020. v. ahead prin, p. 0–0. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/abc/2020nahead/en_0066-782X-abc-20190189.pdf>. Acesso em: 1º jun. 2020.

SÁ, C. A. *et al.* Treinamento concomitante afeta o ganho de força, mas não a hipertrofia muscular e o desempenho de endurance. **Revista da Educacao Fisica**, 2013. v. 24, n. 3, p. 453–464.

SACKS, F. M. *et al.* Comparison of weight-loss diets with different compositions of fat, protein, and carbohydrates. **New England Journal of Medicine**, 26 fev. 2009. v. 360, n. 9, p. 859–873. Disponível em: <<http://www.nejm.org/doi/10.1056/NEJMoa0804748>>.

SALES, M. M. *et al.* An integrative perspective of the anaerobic threshold. **Physiology and Behavior**, 2019. v. 205, n. October 2017, p. 29–32.

SALVADEGO, D. *et al.* Gas exchange kinetics in obese adolescents. Inferences on exercise tolerance and prescription. **American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology**, nov. 2010. v. 299, n. 5, p. R1298–R1305. Disponível em: <<https://www.physiology.org/doi/10.1152/ajpregu.00038.2010>>.

SALVADEGO, D. *et al.* Respiratory muscle endurance training reduces the O₂ cost of cycling and perceived exertion in obese adolescents. **American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology**, 1 out. 2017. v. 313, n. 4, p. R487–R495. Disponível em: <<https://www.physiology.org/doi/10.1152/ajpregu.00396.2016>>.

SÁNCHEZ-JOHNSSEN, L. A. P. Smoking cessation, obesity and weight concerns in black women: a call to action for culturally competent interventions. **Journal of the National Medical Association**, dez. 2005. v. 97, n. 12, p. 1630–8. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16396055>>.

SAVONEN, K. *et al.* The current standard measure of cardiorespiratory fitness introduces confounding by body mass: the DR's EXTRA study. **International Journal of Obesity**, 2012. v. 36, n. 8, p. 1135–1140.

SCHARHAG-ROSENBERGER, F. *et al.* Exercise at given percentages of VO₂max: heterogeneous metabolic responses between individuals. **Journal of Science and Medicine in Sport**, 2010. v. 13, n. 1, p. 74–79.

SCHMID, D.; LEITZMANN, M. F. Cardiorespiratory fitness as predictor of cancer mortality: a systematic review and meta-analysis. **Annals of Oncology**, 2015. v. 26, n. 2, p. 272–278.

SCHNEIDER, D. A.; PHILLIPS, S. E.; STOFFOLANO, S. The simplified V-slope method of detecting the gas exchange threshold. **Medicine and science in sports and exercise**, out. 1993. v. 25, n. 10, p. 1180–4. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8231764>>.

SCHUBERT, M. M. *et al.* Acute exercise and subsequent energy intake. A meta-analysis. **Appetite**, abr. 2013. v. 63, p. 92–104. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0195666312005016>>.

SCHUMANN, M. *et al.* Neuromuscular Adaptations to Same-Session Combined Endurance and Strength Training in Recreational Endurance Runners. **International Journal of Sports Medicine**, 30 ago. 2016. v. 37, n. 14, p. 1136–1143. Disponível em: <<http://www.thieme-connect.de/DOI/DOI?10.1055/s-0042-112592>>.

SCHUMANN, Moritz *et al.* Cardiorespiratory adaptations during concurrent aerobic and strength training in men and women. **PLoS ONE**, 2015. v. 10, n. 9, p. 1–15.

SCOTT, S. P. *et al.* Cardiorespiratory fitness is associated with better executive function in young women. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, 2016. v. 48, n. 10, p. 1994–2002.

SERRA-MAJEM, L.; ARANCETA, J. Nutritional objectives for the Spanish population. Consensus from the Spanish Society of Community Nutrition. **Public Health Nutrition**, 1 dez. 2001. v. 4, n. 6a. Disponível em: <http://www.journals.cambridge.org/abstract_S1368980001000453>.

SHAH, Krupa *et al.* Weight-loss therapy improves endurance capacity in obese older adults. **Journal of the American Geriatrics Society**, 2008. v. 56, n. 6, p. 1157–1159.

SHAW, A. J. *et al.* The correlation between running economy and maximal oxygen uptake: Cross-sectional and longitudinal relationships in highly trained distance runners. **PLoS ONE**, 2015. v. 10, n. 4, p. 1–10.

SHAW, B. S.; SHAW, I. Compatibility of concurrent aerobic and resistance training on maximal aerobic capacity in sedentary males. **Cardiovascular Journal of Africa**, 2009. v. 20, n. 2, p. 104–106.

SILLANPÄÄ, E. *et al.* Body composition, fitness, and metabolic health during strength and endurance training and their combination in middle-aged and older women. **European Journal of Applied Physiology**, 6 maio. 2009. v. 106, n. 2, p. 285–296. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s00421-009-1013-x>>.

SILVA, E. *et al.* Treinamento concorrente : endurance x força concurrent training : endurance vs . strength. **R. bras. Ci. e Mov**, 2018. v. 26, n. 4, p. 181–190.

SINGHAL, A. *et al.* Effect of intensity of resistance exercise on postprandial lipemia. **Journal of Applied Physiology**, mar. 2009. v. 106, n. 3, p. 823–829. Disponível em: <<https://www.physiology.org/doi/10.1152/japplphysiol.90726.2008>>.

SKINNER, J. S. *et al.* Age, sex, race, initial fitness, and response to training: The HERITAGE Family Study. **Journal of Applied Physiology**, 2001. v. 90, n. 5, p. 1770–1776.

SKINNER, J. S.; MCLELLAN, T. H. The transition from aerobic to anaerobic metabolism. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, 1980. v. 51, n. 1, p. 234–248.

SKINNER, J. S.; MCLELLAN, T. M. The transition from aerobic to anaerobic metabolism. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, 2013. v. 84, n. 2, p. 273.

SLOMP, M. *et al.* Stressing the importance of choice: Validity of a preclinical free-choice high-caloric diet paradigm to model behavioural, physiological and molecular adaptations during human diet-induced obesity and metabolic dysfunction. **Journal of Neuroendocrinology**, 24 maio. 2019. v. 31, n. 5, p. e12718. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/jne.12718>>.

SOUZA, E. *et al.* Molecular adaptations to concurrent training. **International Journal of Sports Medicine**, 8 out. 2012. v. 34, n. 03, p. 207–213. Disponível em: <<http://www.thieme-connect.de/DOI/DOI?10.1055/s-0032-1312627>>.

SOUZA, L. L.; GUEDES, E. P.; BENCHIMOL, A. K. Definições antropométricas da obesidade. **Tratado de obesidade**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan Ltda, 2015, p. 2106.

SOUZA, S. A. F.; FAINTUCH, J.; SANT'ANNA, A. F. Effect of weight loss on aerobic capacity in patients with severe obesity before and after bariatric surgery. **Obesity Surgery**, 23 jul. 2010. v. 20, n. 7, p. 871–875. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s11695-010-0109-z>>.

SOUZA, T. M. F. De *et al.* Efeitos do treinamento de resistência de força com alto número de repetições no consumo máximo de oxigênio e limiar ventilatório de mulheres TT - Effects of strength resistance training with high number of repetitions on maximal oxygen uptake and ventila. **Rev. bras. med. esporte**, 2008. v. 14, n. 6, p. 513–517. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-86922008000600008>.

SPARROW, W. A.; NEWELL, K. M. Metabolic energy expenditure and the regulation of movement economy. **Psychonomic Bulletin & Review**, jun. 1998. v. 5, n. 2, p. 173–196. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.3758/BF03212943>>.

STEELE, J. *et al.* Resistance training to momentary muscular failure improves cardiovascular fitness in humans: a review of acute physiological responses and chronic physiological adaptations. **Journal of Exercise Physiologyonline**, 2012. v. 15, n. 3, p. 53–80.

STENSVOLD, D. *et al.* Strength training versus aerobic interval training to modify risk factors of metabolic syndrome. **Journal of Applied Physiology**, abr. 2010. v. 108, n. 4, p. 804–810. Disponível em: <<https://www.physiology.org/doi/10.1152/jappphysiol.00996.2009>>.

STIEGLER, P.; CUNLIFFE, A. The role of diet and exercise for the maintenance of fat-free mass and resting metabolic rate during weight loss. **Sports Medicine**, 2006. v. 36, n. 3, p. 239–262. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.2165/00007256-200636030-00005>>.

SVEDAHL, K.; MACINTOSH, B. R. Anaerobic threshold: the concept and methods of measurement. **Canadian Journal of Applied Physiology**, 2003. v. 28, n. 2, p. 299–323.

TAIPALE, R. S. *et al.* Neuromuscular adaptations during combined strength and endurance training in endurance runners: maximal versus explosive strength training or a mix of both. **European Journal of Applied Physiology**, 19 fev. 2013. v. 113, n. 2, p. 325–335. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s00421-012-2440-7>>.

TARP, J. *et al.* Cardiorespiratory fitness, muscular strength and risk of type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis. **Diabetologia**, 2019. v. 62, n. 7, p. 1129–1142.

TAYLOR, H.; HENSCHER, A.; BUSKIRK, E. Maximal oxygen intake as an objective measure of cardio-respiratory performance. **Journal of applied physiology**, 1955. p. 73–80.

TRAVERSY, G.; CHAPUT, J.-P. Alcohol consumption and obesity: an update. **Current Obesity Reports**, 8 mar. 2015. v. 4, n. 1, p. 122–130. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s13679-014-0129-4>>.

TROWELL, D. *et al.* Effect of strength training on biomechanical and neuromuscular variables in distance runners: a systematic review and meta-analysis. **Sports Medicine**, 20 jan. 2020. v. 50, n. 1, p. 133–150. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s40279-019-01184-9>>.

TSITKANOU, S. *et al.* Effects of high-intensity interval cycling performed after resistance training on muscle strength and hypertrophy. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, nov. 2017. v. 27, n. 11, p. 1317–1327. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1111/sms.12751>>.

TUOMAINEN, P. *et al.* Regular physical exercise, heart rate variability and turbulence in a 6-year randomized controlled trial in middle-aged men: The DNASCO study. **Life Sciences**, out. 2005. v. 77, n. 21, p. 2723–2734. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0024320505005230>>.

VALENTI, G.; BONOMI, A. G.; WESTERTERP, K. R. Multicomponent fitness training improves walking economy in older adults. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, jul. 2016. v. 48, n. 7, p. 1365–1370. Disponível em: <<https://journals.lww.com/00005768-201607000-00018>>.

VALENTINE, R. J. *et al.* Sex differences in the relationship between obesity, C-reactive protein, physical activity, depression, sleep quality and fatigue in older adults. **Brain, Behavior, and Immunity**, jul. 2009. v. 23, n. 5, p. 643–648. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0889159108004303>>.

VALSDOTTIR, T. D. *et al.* Low-carbohydrate high-fat diet and exercise: effect of a 10-Week intervention on body composition and CVD risk factors in overweight and obese women: a randomized controlled trial. **Nutrients**, 30 dez. 2020. v. 13, n. 1, p. 110. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2072-6643/13/1/110>>.

VELLA, C. A.; ROBERGS, R. A. Non-linear relationships between central cardiovascular variables and VO₂ during incremental cycling exercise in endurance-trained individuals. **The Journal of sports medicine and physical fitness**, dez. 2005. v. 45, n. 4, p. 452–9. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16446675>>.

VIEIRA, A. C. E; SICHIERI, R. Associação do status socioeconômico com obesidade. **Physis: Revista de Saúde Coletiva**, set. 2008. v. 18, n. 3, p. 415–426. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-73312008000300003&lng=pt&tlng=pt>.

VIKMOEN, O. *et al.* Strength training improves cycling performance, fractional utilization of VO₂max and cycling economy in female cyclists. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, abr. 2016. v. 26, n. 4, p. 384–396. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1111/sms.12468>>.

VILLAREAL, D. T. *et al.* Weight loss, exercise, or both and physical function in obese older adults. **New England Journal of Medicine**, 31 mar. 2011. v. 364, n. 13, p. 1218–1229. Disponível em: <<http://www.nejm.org/doi/10.1056/NEJMoa1008234>>.

VILLAREAL, D. T. *et al.* Aerobic or resistance exercise, or both, in dieting obese older adults. **New England Journal of Medicine**, 18 maio. 2017. v. 376, n. 20, p. 1943–1955. Disponível em: <<http://www.nejm.org/doi/10.1056/NEJMoa1616338>>.

VIVOLO, S. R. G. F.; SAMO, F. Epidemiologia da obesidade em adultos no Brasil e no mundo. **Tratado de obesidade**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan Ltda, 2015, p. 2106.

WANG, Z. J. *et al.* Association of body mass index with mortality and cardiovascular events for patients with coronary artery disease: a systematic review and meta-analysis. **Heart**, 15 out. 2015. v. 101, n. 20, p. 1631–1638. Disponível em: <<https://heart.bmj.com/lookup/doi/10.1136/heartjnl-2014-307119>>.

WASSERMAN, K. Et Al. **Principles of exercise testing and interpretation: including pathophysiology and clinical applications**. 5. ed. Filadélfia: Lippincott Williams & Wilkins, 2012.

WASSERMAN, K.; MCILROY, M. B. Detecting the threshold of anaerobic metabolism in cardiac patients during exercise. **The American Journal of Cardiology**, 1964. v. 14, n. 6, p. 844–852.

WEISS, E. P. *et al.* Lower extremity muscle size and strength and aerobic capacity decrease with caloric restriction but not with exercise-induced weight loss. **Journal of Applied Physiology**, fev. 2007. v. 102, n. 2, p. 634–640. Disponível em: <<https://www.physiology.org/doi/10.1152/japplphysiol.00853.2006>>.

WENDELL, C. R. *et al.* Cardiorespiratory fitness and accelerated cognitive decline with aging. **Journals of Gerontology - Series A Biological Sciences and Medical Sciences**, 2014. v. 69, n. 4, p. 455–462.

WHEATLEY, C. M. *et al.* Sex differences in cardiovascular function during submaximal exercise in humans. **SpringerPlus**, 2014. v. 3, n. 1, p. 445. Disponível em: <<http://springerplus.springeropen.com/articles/10.1186/2193-1801-3-445>>.

WHIPP, Brian J. Physiological mechanisms dissociating pulmonary CO₂ and O₂ exchange dynamics during exercise in humans. **Experimental Physiology**, 1 mar. 2007. v. 92, n. 2, p. 347–355. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1113/expphysiol.2006.034363>>.

WHITLOCK, G. *et al.* Body-mass index and cause-specific mortality in 900 000 adults: collaborative analyses of 57 prospective studies. **The Lancet**, mar. 2009. v. 373, n. 9669, p. 1083–1096. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0140673609603184>>.

WILLIAMS, C. A. *et al.* Oxygen uptake kinetics during treadmill running in boys and men. **Journal of Applied Physiology**, 1 maio. 2001. v. 90, n. 5, p. 1700–1706. Disponível em: <<https://www.physiology.org/doi/10.1152/jappl.2001.90.5.1700>>.

WILLIAMS, C. J. *et al.* Genes to predict VO₂max trainability: a systematic review. **BMC Genomics**, 2017. v. 18, n. Suppl 8.

WILLIAMSON, D. L.; KIRWAN, J. P. A single bout of concentric resistance exercise increases basal metabolic rate 48 hours after exercise in healthy 59-77-year-old men. **The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences**, 1 nov. 1997. v. 52A, n. 6, p. M352–M355. Disponível em: <<https://academic.oup.com/biomedgerontology/article-lookup/doi/10.1093/gerona/52A.6.M352>>.

WILLIS, L. H. *et al.* Effects of aerobic and/or resistance training on body mass and fat mass in overweight or obese adults. **Journal of Applied Physiology**, 15 dez. 2012. v. 113, n. 12, p. 1831–1837. Disponível em: <<https://www.physiology.org/doi/10.1152/jappphysiol.01370.2011>>.

WILSON, J. M. *et al.* The effects of endurance, strength, and power training on muscle fiber type shifting. **Journal of Strength and Conditioning Research**, jun. 2012a. v. 26, n. 6, p. 1724–1729. Disponível em: <<http://journals.lww.com/00124278-201206000-00037>>.

WILSON, J. M. *et al.* The effects of endurance, strength, and power training on muscle fiber type shifting. **Journal of Strength and Conditioning Research**, jun. 2012b. v. 26, n. 6, p. 1724–1729. Disponível em: <<https://journals.lww.com/00124278-201206000-00037>>.

WING, R. R. *et al.* A self-regulation program for maintenance of weight Loss. **New England Journal of Medicine**, 12 out. 2006. v. 355, n. 15, p. 1563–1571. Disponível em: <<http://www.nejm.org/doi/abs/10.1056/NEJMoa061883>>.

WOLSK, E. *et al.* The influence of age on hemodynamic parameters during rest and exercise in healthy individuals. **JACC: Heart Failure**, 2017. v. 5, n. 5, p. 337–346.

WOO, J. S. *et al.* The influence of age, gender, and training on exercise efficiency. **Journal of the American College of Cardiology**, mar. 2006. v. 47, n. 5, p. 1049–1057. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0735109705028639>>.

WORLD MEDICAL ASSOCIATION. 1997. v. 277, n. 11, p. 225–226.

YAMAMOTO, L. M. *et al.* The effects of resistance training on endurance distance running performance among highly trained runners: a systematic review. **Journal of Strength and Conditioning Research**, nov. 2008. v. 22, n. 6, p. 2036–2044. Disponível em: <<https://journals.lww.com/00124278-200811000-00043>>.

YAVARI, A. *et al.* Effect of aerobic exercise, resistance training or combined training on glycaemic control and cardiovascular risk factors in patients with type 2 diabetes. **Biology of Sport**, 4 abr. 2012. v. 29, n. 2, p. 135–143. Disponível em: <<http://biolsport.com/abstracted.php?level=5&ICID=990466>>.

YAZBEK, P. *et al.* Ergoespirometria. Teste de esforço cardiopulmonar, metodologia e interpretação. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, 1998. v. 71, n. 5, p. 719–724.

ZBINDEN-FONCEA, H. *et al.* Does high cardiorespiratory fitness confer some protection against proinflammatory responses after infection by SARS-CoV-2? **Obesity**, 9 ago. 2020. v. 28, n. 8, p. 1378–1381. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/oby.22849>>.

ZEIHER, J. *et al.* Correlates and determinants of cardiorespiratory fitness in adults: a systematic review. **Sports Medicine - Open**, 2019. v. 5, n. 1.