



Universidade Federal de São Carlos (UFSCar)
Centro de Ciências Biológicas e da Saúde (CCBS)
Departamento de Fisioterapia (DFisio)
Laboratório de Fisioterapia Cardiovascular (LFCV)



ISABELA EDUARDA GOUVEIA DE OLIVEIRA

Influência da aptidão aeróbia e da idade sobre variáveis do teste de exercício cardiopulmonar de homens aparentemente saudáveis



Universidade Federal de São Carlos (UFSCar)
Centro de Ciências Biológicas e da Saúde (CCBS)
Departamento de Fisioterapia (DFisio)
Laboratório de Fisioterapia Cardiovascular (LFCV)



ISABELA EDUARDA GOUVEIA DE OLIVEIRA

Influência da aptidão aeróbia e da idade sobre variáveis do teste de exercício cardiopulmonar de homens aparentemente saudáveis

Trabalho de Graduação 3 do Curso de Fisioterapia da Universidade Federal de São Carlos, realizado no Laboratório de Fisioterapia Cardiovascular (LFCV)

Orientadora: Profa. Dra. Aparecida Maria Catai

Coorientador: Dr. Étore De Favari Signini

Apoio financeiro: FAPESP 2022/02209-3 (Bolsa IC); FAPESP 2016/22215-7 (temático).

Dedico esse trabalho à toda minha equipe de laboratório, em especial ao Dr. Étore De Favari Signini e a Prof^a. Dr^a Aparecida Maria Catai que me orientaram com atenção, cuidado e paciência, compartilhando comigo parte do seu conhecimento. E a todos do laboratório que me acolheram e me auxiliaram se tornando minha segunda família.

Agradecimentos

Inicialmente, gostaria de agradecer ao meu coorientador Étore Signini e a minha orientadora Professora Aparecida Maria Catai pela orientação, apoio e confiança, e a todos que contribuíram de forma direta ou indireta para esse trabalho.

Não posso deixar de agradecer aos responsáveis pela pessoa que me tornei e que sempre me dão forças para continuar, principalmente meus pais Edmilson Gouveia e Sueli Garcia, e de maneira especial meus avós José Garcia, Maria Aparecida, Edmundo Flor e Iracema Gouveia que nunca mediram esforços para me dar as melhores oportunidades.

Quero deixar aqui a minha gratidão ao meu namorado Renan Bossato por nunca me deixar desistir e estar comigo em inúmeros momentos de ansiedade e estresse, sem o seu apoio nada disso seria possível.

Aos meus amigos que sempre estiveram ao meu lado e me apoiaram em todos os momentos independente da distância, de forma especial a Bruna e Gabriela que viveram cada momento comigo comemorando a cada nova etapa e me acolhendo quando mais precisei.

A todos do Laboratório de Fisioterapia Cardiovascular pelas contribuições científicas e de vida, vocês são partes fundamentais nesse projeto e jamais vou esquecer as trocas realizadas com cada um, obrigada por cada palavra e ensinamento durante esse tempo.

E por fim, mas não menos importante, todos os voluntários que acreditaram no meu projeto sendo peças importantes para que tudo isso fosse possível.

*“O maior erro que um homem pode cometer é
sacrificar a sua saúde a qualquer outra vantagem.”*

(Arthur Schopenhauer)

Resumo

Introdução: A prática de exercício físico regular favorece alterações benéficas em vários sistemas orgânicos amenizando os efeitos deletérios do envelhecimento. O teste de exercício cardiopulmonar (TECP) permite verificar as respostas resultantes da integração dos sistemas cardiovascular, respiratório e muscular, possibilitando a extração de variáveis preditoras de saúde e condicionamento físico como consumo de oxigênio pico ($\dot{V}O_{2PICO}$), frequência cardíaca pico (FC_{PICO}), pressão arterial sistólica pico (PAS_{PICO}), pressão arterial diastólica pico (PAD_{PICO}), potência pico relativa (W/kg_{PICO}), produção de gás carbônico pico ($\dot{V}CO_{2PICO}$), volume minuto expirado pico (\dot{V}_{EPICO}), inclinação da eficiência do consumo de oxigênio (OUES), slope do equivalente ventilatório de gás carbônico ($\dot{V}_E/\dot{V}CO_{2slope}$), relação entre o aumento relativo do consumo de oxigênio e o aumento relativo da carga ($\Delta\dot{V}O_2/\Delta W$), pulso de oxigênio ($\dot{V}O_2/FC$), consumo de oxigênio no limiar anaeróbio ($\dot{V}O_{2LA}$) e tempo necessário para a queda de 50% do $\dot{V}O_2$ pico atingido no TECP ($T_{1/2}\dot{V}O_{2PICO}$). Tais variáveis estudadas simultaneamente são importantes indicadores da integridade e saúde desses sistemas e podem fornecer desfechos importantes e complementares considerando a influência da prática de exercício físico e da idade no organismo. **Objetivo:** Investigar a influência do exercício físico aeróbio regular e da idade sobre o conjunto das variáveis obtidas no TECP de maneira simultânea: $\dot{V}O_{2PICO}$, FC_{PICO} , PAS_{PICO} , PAD_{PICO} , W/kg_{PICO} , OUES, \dot{V}_{EPICO} , $T_{1/2}\dot{V}O_{2PICO}$, $\dot{V}CO_{2PICO}$, $\dot{V}_E/\dot{V}CO_{2slope}$, $\dot{V}O_{2LA}$, $\Delta\dot{V}O_2/\Delta W$ e $\dot{V}O_2/FC$. **Métodos:** Foram avaliados 40 homens aparentemente saudáveis divididos em quatro grupos: grupo jovem treinado (GJT), jovem não treinado (GJNT), meia idade treinado (GMT) e meia idade não treinado (GMNT). Indivíduos de 20-30 anos e de 50-60 anos foram considerados jovens e meias idades, respectivamente. Foram considerados treinados os indivíduos que praticavam no mínimo 150 minutos semanais de exercício físico aeróbio, por 6 meses ininterruptos e com uma classificação “boa” ou acima segundo a *American Heart Association* (AHA) para $\dot{V}O_{2PICO}$ relativo e que participavam de eventos esportivos. Foram classificados como não treinados os indivíduos que não cumprissem esses requisitos e que possuísem uma classificação “regular” ou inferior segundo a AHA para o $\dot{V}O_{2PICO}$. Todos foram submetidos ao TECP com protocolo do tipo rampa em cicloergômetro de frenagem eletromagnética para a obtenção das variáveis cardiorrespiratórias e metabólicas. Para a comparação entre grupos foi feita a ANOVA *two way* ou teste t de *Student* para as variáveis que não atingiram a homogeneidade considerando o valor de $p < 0,05$. **Resultados:** Os grupos apresentaram perfis distintos. Além das diferenças significativas observadas para os fatores idade e treinamento em decorrência dos diferentes níveis de aptidão aeróbia e de integridade dos sistemas, destaca-se a interação entre os fatores observada para as variáveis $\dot{V}O_{2LA}$ (absoluto e relativo), W/kg_{PICO} , OUES e $T_{1/2}\dot{V}O_{2PICO}$. Para as duas primeiras variáveis, o fator idade não apresentou diferenças significativas entre GJNT e GMNT, enquanto que para o OUES, esse mesmo fator não foi significativo para nenhuma comparação. Já para o $T_{1/2}\dot{V}O_{2PICO}$, o fator treinamento só foi significativo para os grupos jovens. **Conclusão:** A idade e o nível de atividade física dos indivíduos afetam diretamente variáveis relacionadas a aptidão aeróbia e a integridade sistêmica, entretanto, as variáveis $\dot{V}O_{2LA}$, W/kg_{PICO} , OUES e $T_{1/2}\dot{V}O_{2PICO}$ parecem ser afetadas de maneira diferente a depender da idade e do nível de atividade física do indivíduo.

Palavras-chave: Teste de Esforço, Consumo de Oxigênio, Atividade Física, Integração de Sistemas, Envelhecimento, Pessoas Saudáveis, Homens.

Abstract

Introduction: The practice of regular physical exercise favors beneficial changes in several organic systems, mitigating the deleterious effects of aging. The cardiopulmonary exercise test (CPET) allows verifying the responses resulting from the integration of the cardiovascular, respiratory and muscular systems, allowing the extraction of predictive variables of health and physical conditioning such as peak oxygen consumption ($\dot{V}O_{2PEAK}$), peak heart rate (HR_{PEAK}), peak systolic arterial pressure (SAP_{PEAK}), peak diastolic arterial pressure (DAP_{PEAK}), peak relative power (W/kg_{PEAK}), peak carbon dioxide production ($\dot{V}CO_{2PEAK}$), peak exhaled minute volume (\dot{V}_{EPEAK}), slope of oxygen consumption efficiency (OUES), slope of the ventilatory carbon dioxide equivalent ($\dot{V}_E/\dot{V}CO_{2slope}$), ratio between the relative increase in oxygen consumption and the relative increase in load ($\Delta\dot{V}O_2/\Delta W$), oxygen pulse ($\dot{V}O_2/HR$), oxygen consumption in the anaerobic threshold ($\dot{V}O_{2AT}$) and time required for a 50% drop in the peak $\dot{V}O_2$ reached in CPET ($T_{1/2}\dot{V}O_{2PEAK}$). Such variables studied simultaneously are important indicators of the integrity and health of these systems and can provide important and complementary outcomes considering the influence of physical exercise and age in the organism. **Objective:** To investigate the influence of regular aerobic physical exercise and age on the set of variables obtained in CPET simultaneously: $\dot{V}O_{2PEAK}$, HR_{PEAK} , SAP_{PEAK} , DAP_{PEAK} , W/kg_{PEAK} , OUES, \dot{V}_{EPEAK} , $T_{1/2}\dot{V}O_{2PEAK}$, $\dot{V}CO_{2PEAK}$, $\dot{V}_E/\dot{V}CO_{2slope}$, $\dot{V}O_{2AT}$, $\Delta\dot{V}O_2/\Delta W$ and $\dot{V}O_2/HR$. **Methods:** Forty apparently healthy men were divided into four groups: young trained group (YTG), young untrained group (YUT), middle aged trained (MTG) and middle aged untrained (MUG). Individuals aged 20-30 years and 50-60 years were considered young and middle-aged, respectively. Individuals who practiced at least 150 minutes of aerobic physical exercise per week for 6 uninterrupted months and with a classification of “good” or above according to the American Heart Association (AHA) for relative $\dot{V}O_{2PEAK}$ and who participated in sports events were considered trained. Individuals who did not meet these requirements and who had a “regular” or lower classification according to the AHA for $\dot{V}O_{2PEAK}$ were classified as untrained. All underwent CPET with a ramp-type protocol on an electromagnetic braking cycle ergometer to obtain cardiorespiratory and metabolic variables. Two-way ANOVA or Student's t test were used to compare groups between groups for variables that did not reach homogeneity, considering a p value < 0.05. **Results:** The groups had different profiles. In addition to the significant differences observed for the age and training factors as a result of the different levels of aerobic fitness and integrity of the systems, the interaction between the factors observed for the variables $\dot{V}O_{2AT}$ (absolute and relative), W/kg_{PEAK} , OUES and $T_{1/2}\dot{V}O_{2PEAK}$. For the first two variables, the age factor did not show significant differences between YUT and MUG, while for OUES, this same factor was not significant for any comparison. For the $T_{1/2}\dot{V}O_{2PEAK}$, the training factor was only significant for the young groups. **Conclusion:** The age and level of physical activity of individuals directly affect variables related to aerobic fitness and systemic integrity, however, the variables $\dot{V}O_{2AT}$, W/kg_{PEAK} , OUES and $T_{1/2}\dot{V}O_{2PEAK}$ seem to be affected differently depending on age and the level of physical activity of the individual.

Keywords: Exercise Test, Oxygen Consumption, Physical Activity, Systems Integration, Aging, Healthy People, Men.

Lista de figuras

Figura 1: Desenho do estudo.....	20
Figura2: Protocolo do teste de exercício cardiopulmonar utilizado nesse estudo.....	21
Figura 3: Equipamentos utilizados no protocolo do estudo.....	22
Figura 4. Fluxograma de perdas.....	25
Figura 5. Gráfico de radar para os diferentes grupos estudados.....	30

Lista de tabelas

Tabela 1. Caracterização da amostra.....	26
Tabela 2. Variáveis Cardiorrespiratórias e metabólicas durante o TECP.....	28
Tabela 3. Variáveis comparadas pelo <i>teste t de Student</i> por não atingirem os pressupostos da ANOVA <i>two way</i>	29

Lista de siglas

ATP: adenosina trifosfato

FC: frequência cardíaca

GJNT: grupo jovem não treinados

GJT: grupo jovem treinado

GMNT: grupo meia idade não treinado

GMT: grupo meia idade treinado

IMC: índice de massa corporal

LFCV: Laboratório de Fisioterapia Cardiovascular

NUPEF: Núcleo de Pesquisas em Exercício Físico

OUES: inclinação da eficiência do consumo de oxigênio

PAD: pressão artéria diastólica

PAS: pressão arterial sistólica

$\dot{V}O_2/FC$: pulso de oxigênio

$T_{1/2}\dot{V}O_{2PICO}$: tempo para a queda de 50% do $\dot{V}O_2$ pico na recuperação

TECP: teste de exercício cardiopulmonar

$\dot{V}CO_2$: produção de gás carbônico

$\dot{V}_E/\dot{V}CO_{2slope}$: slope do equivalente ventilatório de gás carbônico

\dot{V}_E : volume minuto expirado

$\dot{V}O_2$: consumo de oxigênio

$\dot{V}O_{2LA}$: consumo de oxigênio no limiar anaeróbio

W/kg: potência pico relativo

$\Delta\dot{V}O_2/\Delta W$: relação entre taxa de mudança do consumo de oxigênio e taxa de mudança do trabalho

Sumário

1. Contextualização.....	13
1.1. Justificativa	16
2. Objetivo	16
3. Hipóteses.....	16
4. Materiais e Métodos	17
4.1. Classificação do estudo.....	17
4.2. Amostra	17
4.2.1. Seleção dos Participantes	17
4.2.2. Critérios de Não Inclusão e Exclusão	18
4.3. Recrutamento dos Participantes	19
4.4. Aspectos Éticos.....	19
4.5. Planejamento do Estudo	19
4.6. Protocolo Experimental	19
4.6.1. Anamnese e Exame Físico	20
4.6.2. Protocolo do TECP	20
4.6.3. Monitorização e variáveis cardiovasculares.....	21
4.6.4. Escala de percepção subjetiva do esforço.....	21
4.6.5. Variáveis ventilatórias e metabólicas.....	21
4.7. Análise de dados	22
4.8. Escore Z.....	23
4.9. Análise estatística.....	24
5. Resultados	24
6. Discussão	31
7. Conclusão	34
8. Referências	34
ANEXO A: Termo de consentimento livre e esclarecido utilizado no projeto	38

1. Contextualização

A realização de exercício físico regular é descrita na literatura como benéfica, pois contribui para prevenção de diversas doenças crônicas não transmissíveis, como doenças metabólicas e cardiovasculares, e no aumento da expectativa de vida (LEE et al., 2012; SHARMAN; LA GERCHE; COOMBES, 2015). Tal fato deve-se as adaptações em vários sistemas orgânicos (MACEDO et al., 2003), que ocorrem de acordo com o tipo de exercício realizado, intensidade, frequência e duração aplicadas (DOMICIANO; ARAÚJO; MACHADO, 2010).

O exercício físico aeróbio pode ser considerado como aquele que utiliza grandes grupos musculares realizado de forma contínua por mais de três minutos, utilizando principalmente o sistema oxidativo de oferta de energia (SILVA et al., 2014). Entretanto, a produção de energia por vias aeróbias depende da integração de vários sistemas do organismo, particularmente dos sistemas cardiovascular, muscular e respiratório, responsáveis pelo adequado fornecimento e consumo do oxigênio (DOMICIANO; ARAÚJO; MACHADO, 2010; WASSERMAN, 2004).

Adaptações que favorecem a integração e a eficiência desses três sistemas são observadas como resultado do treinamento físico aeróbio (DOMICIANO; ARAÚJO; MACHADO, 2010). Modificações cardiovasculares, respiratórias e musculares como o aumento do volume sistólico, do débito cardíaco pico, da ventilação pulmonar pico, aumento da potência aeróbica, dentre outras, são resultados do treinamento aeróbio (HELLSTEN; NYBERG, 2015; MACEDO et al., 2003; NEDER; NERY, 2002; SHEEL, 2002). Essas adaptações possuem relações com uma melhor integridade dos sistemas e com uma melhor aptidão aeróbia (ROSS et al., 2016). A aptidão aeróbia está inversamente relacionada com o risco de doenças cardiovasculares e a mortalidade por todas as causas, e tal fato ocorre porque indivíduos com uma maior aptidão aeróbia tendem a ter um perfil mais cardioprotetor (consequente do estilo de vida e da prática esportiva), melhor modulação autonômica (que potencialmente reduz o risco arritmogênico), menor risco de eventos trombóticos e melhor índice de função endotelial (ROSS et al., 2016).

Em contrapartida, o envelhecimento leva a alterações na aptidão aeróbia, devido às mudanças que acontecem nos sistemas orgânicos decorrentes do aumento da idade (FECHINE; TROMPIERI, 2012). Sabe-se, que o envelhecimento orgânico afeta a dinâmica

dos sistemas cardiovascular, muscular e respiratório, sendo influenciado pelo nível de condicionamento físico do indivíduo (FECHINE; TROMPIERI, 2012).

É possível destacar a ocorrência de um declínio gradual do sistema respiratório a partir dos 35 anos, devido a diminuição da função pulmonar e podendo estar relacionada também a redução da força muscular dos músculos que auxiliam na respiração e a alterações anatômicas (SHARMA; GOODWIN, 2006). Essas alterações são geradas devido ao aumento da rigidez da caixa torácica e alterações da complacência pulmonar, dilatação dos espaços aéreos, aumento do espaço morto alveolar e redução da força diafragmática (CHO; STOUT-DELGADO, 2020; SHARMA; GOODWIN, 2006). No sistema muscular ocorre um declínio gradual da massa, força e função muscular a partir dos 30 anos, com um declínio mais acentuado a partir dos 60 anos (VOLPI; NAZEMI; FUJITA, 2004), devido a modificações no componente elástico das fibras musculares que levam ao aumento da rigidez e prejudicam a função muscular; aumento da infiltração de gordura no músculo esquelético; diminuição do tamanho de fibras musculares tipo II; redução da sensibilidade a insulina; diminuição do volume e da função mitocondrial afetando vias de síntese de ATP (adenosina trifosfato) responsáveis pela energia utilizada no músculo (TIELAND; TROUWBORST; CLARK, 2018; ZULLO et al., 2020). Alterações também são encontradas no sistema cardiovascular onde ocorre a redução do número de cardiomiócitos, da quantidade e função das células do nó sinoatrial e um aumento concomitante de distúrbios de condução logo nas primeiras décadas de vida (NORTH; SINCLAIR, 2012); além do aumento do colágeno e diminuição da elastina, rigidez da artéria aorta e dos vasos sanguíneos; alterações da pressão arterial (aumento da pressão arterial sistólica e diminuição da pressão arterial diastólica), aumento da pressão de pulso e aumento da pós carga do ventrículo esquerdo com o avançar da idade (ALVIS; HUGHES, 2015; PANENI et al., 2017). Também é descrita a ocorrência de modificações metabólicas sistêmicas (como a redução de aminoácidos de cadeia ramificada – BCAAs) a partir da terceira década de vida (CASTRO et al., 2022) e que se tornam significativas após os 60 anos de idade (SIGNINI et al., 2022). Interessantemente, todos esses fatos parecem estar relacionados com a queda do $\dot{V}O_2$ a partir dos 30 anos e que se acentua após os 70 anos (FLEG et al., 2005).

O teste de exercício cardiopulmonar (TECP) permite verificar as respostas cardiopulmonares e metabólicas frente ao exercício físico (CASTELLO-SIMÕES et al., 2015). Dentre as diversas finalidades que o TECP possui, destaca-se o auxílio na prescrição e acompanhamento de treinamentos físicos em indivíduos saudáveis (HERDY et al., 2016).

Variáveis preditivas do condicionamento físico do indivíduo, bem como da condição de saúde, podem ser extraídas por meio deste teste, sendo algumas bem conhecidas como o consumo de oxigênio pico ($\dot{V}O_{2PICO}$), $\dot{V}O_2$ no limiar anaeróbio ($\dot{V}O_{2LA}$), frequência cardíaca (FC_{PICO}), pressão arterial sistólica (PAS_{PICO}), pressão arterial diastólica (PAD_{PICO}), potência pico relativa (W/kg_{PICO}), inclinação da eficiência do consumo de oxigênio (OUES) e volume minuto expirado (\dot{V}_{EPICO}). Algumas outras variáveis comumente menos estudadas como a relação entre o aumento relativo do consumo de oxigênio ($\Delta\dot{V}O_2$) e o aumento relativo da carga (ΔW) (calculada por meio da razão “ $\Delta\dot{V}O_2/\Delta W$ ”), pulso de oxigênio ($\dot{V}O_2/FC$) e o tempo necessário para queda de 50% do $\dot{V}O_2$ atingido no TECP ($T_{1/2}\dot{V}O_{2PICO}$) (CRESCÊNCIO, 2002; GIMENES et al., 2011; HERDY et al., 2016; NEDER; NERY, 2002), também possuem essa capacidade preditiva e de mensuração de saúde.

Essas últimas variáveis são menos estudadas quando comparadas ao $\dot{V}O_{2PICO}$, sendo a razão de “ $\Delta\dot{V}O_2/\Delta W$ ”, uma variável dependente da capacidade do sistema cardiocirculatório de fornecer oxigênio (O_2) e da capacidade do músculo de extrair O_2 do sangue, e sua análise pode fornecer informações acerca das respostas aeróbicas frente ao exercício em indivíduos saudáveis e doentes, servindo como um índice de “eficiência aeróbica” durante o TECP do tipo rampa em cicloergômetro (GIMENES et al., 2011). O $\dot{V}O_2/FC$, é a razão do $\dot{V}O_2$ pela frequência cardíaca (FC), mostra o volume de oxigênio a cada batimento cardíaco (NEDER; NERY, 2002). Este índice também reflete o grau de aptidão cardiovascular ao exercício e é considerado um índice de função sistólica (FUCHS et al, 2019). Portanto, sua análise também fornece informações relacionadas ao componente central (cardíaco) durante o exercício físico (NEDER; NERY, 2002). Por fim, o $T_{1/2}\dot{V}O_{2PICO}$ é uma variável que reflete a função cardiovascular do indivíduo sendo o tempo necessário para que o $\dot{V}O_2$ chegue a metade do $\dot{V}O_{2PICO}$ atingido durante o teste, sendo ela obtida durante o período de recuperação (HERDY et al., 2016).

Assim, o estudo simultâneo dessas variáveis adquiridas a partir do TECP em indivíduos não treinados e treinados, bem como em indivíduos jovens e de meia idade, é de grande importância considerando as alterações multissistêmicas decorrentes das adaptações proporcionadas pela prática de exercício físico e do comprometimento orgânico consequente da influência da idade (ANTONIO; ASSIS, 2017).

1.1. Justificativa

Considerando a influência da idade sobre a função e a integração dos sistemas cardiovascular, muscular e respiratório durante o TECP, o estudo das variáveis obtidas no TECP de maneira simultânea comparando indivíduos treinados e não treinados, bem como indivíduos jovens e de meia idade, pode fornecer informações importantes na interpretação dos benefícios proporcionados pela prática do exercício físico e das limitações proporcionadas pelo envelhecimento, uma vez que essas variáveis relacionam-se com a integridade dos sistemas envolvidos na captação, transporte e consumo de oxigênio.

Além disso, ainda não está totalmente claro sobre como a prática de exercício físico ameniza os efeitos da idade. Resultados do presente estudo, obtidos durante o TECP, que irão incluir respostas simultâneas de variáveis como $\dot{V}O_{2PICO}$, FC_{PICO} , PAS_{PICO} , PAD_{PICO} , W/kg_{PICO} , OUES, \dot{V}_{EPICO} , $T_{1/2}\dot{V}O_{2PICO}$, produção de gás carbônico ($\dot{V}CO_{2PICO}$) e *slope* do equivalente ventilatório de gás carbônico ($\dot{V}_E/\dot{V}CO_{2slope}$), $\Delta\dot{V}O_2/\Delta W$, poderão auxiliar no maior esclarecimento relativo a influência da prática de exercício físico sobre a aptidão aeróbia e a condição de saúde dos indivíduos.

Por fim, espera-se que os resultados do presente estudo auxiliem na conscientização da população sobre os benefícios da prática de exercício físico, favorecendo a adoção de um estilo de vida mais saudável.

2. Objetivo

Investigar a influência da prática de exercício físico aeróbio regular e da idade sobre o conjunto das variáveis obtidas no TECP de maneira simultânea: $\dot{V}O_{2PICO}$, FC_{PICO} , PAS_{PICO} , PAD_{PICO} , W/kg_{PICO} , OUES, \dot{V}_{EPICO} , $T_{1/2}\dot{V}O_{2PICO}$, $\dot{V}CO_{2PICO}$ e $\dot{V}_E/\dot{V}CO_{2slope}$, $\dot{V}O_{2LA}$, $\Delta\dot{V}O_2/\Delta W$ e $\dot{V}O_2/FC$.

3. Hipóteses

O presente estudo apresenta algumas hipóteses, sendo que espera-se que: a) os grupos jovens [grupo jovem treinado (GJT) e grupo jovem não treinado (GJNT)] tenham um melhor perfil relativo à integridade dos sistemas por terem maiores valores de $\dot{V}O_{2PICO}$ (relativo e absoluto), $\dot{V}CO_{2PICO}$, FC_{PICO} , e menores valores de $\dot{V}_E/\dot{V}CO_{2slope}$, $T_{1/2}\dot{V}O_{2PICO}$, PAS_{PICO} e PAD_{PICO} comparativamente aos grupos de meias idades [grupo meia idade treinado (GMT) e grupo meia idade não treinado (GMNT)]; b) os grupos treinados (GJT e GMT) tenham um melhor perfil relativo à aptidão aeróbia e a potência relativa com maiores valores de $\dot{V}O_{2PICO}$

(relativo e absoluto), $\dot{V}CO_{2PICO}$, \dot{V}_{EPICO} , $\dot{V}O_2/FC$, OUES, $\Delta\dot{V}O_2/\Delta W$, W/kg_{PICO} e menores valores de $T_{1/2}\dot{V}O_{2PICO}$ do que não treinados (GJNT e GMNT); c) as diferenças entre os valores das variáveis que possuem relação com a integridade dos sistemas e/ou aptidão aeróbia sejam minimizadas na comparação entre os grupos GJNT e GMT e aumentadas entre os grupos GJT e GMNT.

4. Materiais e Métodos

4.1. Classificação do estudo

Trata-se de um estudo observacional e transversal.

4.2. Amostra

O tamanho da amostra necessária para realização deste trabalho foi determinada utilizando software G*Power 3.1.3 e com base em um estudo piloto com 27 sujeitos. Todas as variáveis foram consideradas de interesse para o estudo, sendo assim foi considerado o “n” amostral da variável PAS_{PICO} , por ser a que teve o maior valor, totalizando a necessidade de 56 sujeitos. Os parâmetros foram: ANOVA com fatores fixos, alfa de 0,05, poder do estudo de 0,80, e tamanho de efeito de 0,47 (efeito grande). Porém foi possível coletar e analisar os dados de apenas 40 indivíduos. O presente estudo utilizou como parte da amostra indivíduos com dados já coletados em projetos prévios do Laboratório de Fisioterapia Cardiovascular (LFCV) que seguiram o mesmo critério de seleção de participantes do presente projeto (Processo FAPESP: n° 2018/25082-3, n° 2016/22215-7; e Processo CNPq n° 480067/2012-0).

4.2.1. Seleção dos Participantes

Foram selecionados para o estudo homens, aparentemente saudáveis, procedentes da região de São Carlos – SP. Estes foram distribuídos em 4 grupos, com 10 indivíduos cada: GJT e GJNT, ambos com indivíduos com idade entre 20 e 30 anos, e GMT e GMNT, sendo esses dois últimos com idades entre 50 e 60 anos. Os indivíduos foram pareados por idade entre os grupos GJT e GJNT, e os grupos GMT e GMNT. Foram considerados treinados aqueles indivíduos que praticavam no mínimo 150 minutos semanais de atividade física (GARBER et al., 2011), com prática regular de no mínimo 6 meses ininterruptos de alguma modalidade aeróbia de exercício físico (ex. ciclismo, corrida, natação e esportes em equipe

com predominância aeróbia), com participação em eventos ou competições esportivas (informação obtida pelo auto-retrato do participante) e com uma classificação “boa” ou acima segundo a *American Heart Association* (AHA)(AMERICAN HEART ASSOCIATION. COMMITTEE ON EXERCISE, 1972) para o $\dot{V}O_{2PICO}$ relativo, sendo considerado para os grupos jovens um valor $\geq 43\text{ml/kg/min}$ e para os grupos meias idades $\geq 34\text{ml/kg/min}$. Com relação aos grupos não treinados, foram integrantes desses grupos os indivíduos que não cumpriram todos os requisitos acima citados e que possuíam o $\dot{V}O_{2PICO}$ relativo com classificação igual ou inferior a classificação “regular” segundo a AHA (sendo para o grupo jovem um valor $< 43\text{ml/kg/min}$ e para o grupo meia idade $< 34\text{ml/kg/min}$). Contudo, foi considerado uma diferença $\geq 10\text{ml/kg/min}$ de $\dot{V}O_{2PICO}$ entre os indivíduos treinados e não treinados (diferença entre um sujeito de um grupo para um do outro grupo com a idade pareada) com objetivo de obter um maior contraste de $\dot{V}O_{2PICO}$ entre os grupos.

4.2.2. Critérios de Não Inclusão e Exclusão

Não foram incluídos no estudo indivíduos com hipertensão (pressão arterial $\geq 140/90$ mmHg), obesidade [índice de massa corporal (IMC) $>30 \text{ kg/m}^2$], tabagistas e ex-tabagistas com menos de 1 ano de interrupção, usuários de drogas ilícitas ou de medicamentos de uso contínuo, etilistas, indivíduos com alterações neurológicas (acidente vascular encefálico, demências ou qualquer outra alteração que comprometesse as funções motoras), cardiovasculares (insuficiência cardíaca, doenças congênitas, infarto do miocárdio, trombose, e qualquer outra alteração que comprometesse a função cardiovascular), respiratórias (doença pulmonar obstrutiva crônica, fibrose pulmonar, e qualquer outra alteração que comprometesse a função respiratória) e musculoesqueléticas (osteoporose, amiotrofias, e osteoartrites que comprometessem a execução do movimento adequado no protocolo) e indivíduos com distúrbio metabólico. Ainda, não foram incluídos no estudo (referente aos indivíduos provindos de projetos prévios do laboratório) indivíduos que tiveram alterações importantes nos exames laboratoriais (como alterações no perfil lipídico e glicêmico, e nos valores de proteína C reativa ultrasensível, ureia, creatinina, ácido úrico e alterações no hemograma), indivíduos que apresentaram alterações no eletrocardiograma (como, por exemplo, alteração isquêmica, arritmias graves e distúrbios de condução) e/ou na pressão arterial (hipo- e hipertensão, bem como a hiper responsividade pressórica, não esperada como consequência da avaliação proposta), tanto em repouso como durante o TECP. Participantes recrutados no presente estudo, e que apresentaram estas alterações, foram excluídos.

4.3. Recrutamento dos Participantes

O recrutamento dos participantes foi realizado por meio do banco de dados do LFCV da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), assim como por meio de divulgação por mídia eletrônica e impressa. Os sujeitos eleitos (com exceção daqueles já avaliados em outros estudos) foram convidados a participarem do estudo e, após concordarem, realizaram as avaliações que compõem o protocolo experimental do projeto.

4.4. Aspectos Éticos

Todos os participantes foram orientados e informados sobre os procedimentos que seriam submetidos, assim como os métodos utilizados, o caráter não invasivo das coletas, o sigilo dos dados coletados e a preservação de suas identidades. Posteriormente ao esclarecimento de todas as dúvidas expostas pelos voluntários e a livre aceitação em participar da pesquisa, todos assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido (Anexo A), conforme as normas do Conselho Nacional de Saúde (resolução 466/2012).

O presente projeto de pesquisa foi parte de um projeto maior que foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da UFSCar (Número CAAE: 12412919.0.0000.5504).

4.5. Planejamento do Estudo

As condições ambientais foram controladas, com temperatura ambiente mantida entre 21 e 24°C e a umidade relativa do ar entre 40 e 60%. Os participantes foram orientados a não fazerem refeições pesadas até duas horas antes da avaliação, assim como evitarem a ingestão de bebidas e alimentos estimulantes (café, chá, achocolatados, doces com alto teor de açúcar, entre outros), suplementos, e não realizarem exercícios extenuantes na véspera e no dia dos testes e avaliações, dormirem bem e apresentarem-se com roupas e calçados confortáveis no dia do teste. Os testes foram realizados sempre no período vespertino, considerando a influência do ciclo circadiano nos resultados das avaliações. A anamnese, o exame físico, os procedimentos experimentais e os testes foram realizados no LFCV – Núcleo de Pesquisas em Exercício Físico (NUPEF), do Departamento de Fisioterapia (DFisio), UFSCar.

4.6. Protocolo Experimental

O protocolo experimental foi composto por anamnese, exame físico (aquisição de massa, estatura e IMC) e pelo TECP. Cada participante foi instruído a seguir as orientações

descritas no item “4.5” no dia anterior e no dia do teste. Houve um intervalo de no mínimo 48h entre a anamnese/exame físico e o TECP para que o participante pudesse se adequar as recomendações e um intervalo máximo de 30 dias para que os dados obtidos na anamnese e exame físico não se alterassem muito (Figura 1). Entretanto em casos que haviam muitos dias entre o primeiro e o segundo dia era feita uma confirmação com o participante a respeito dos dados adquiridos no primeiro dia.

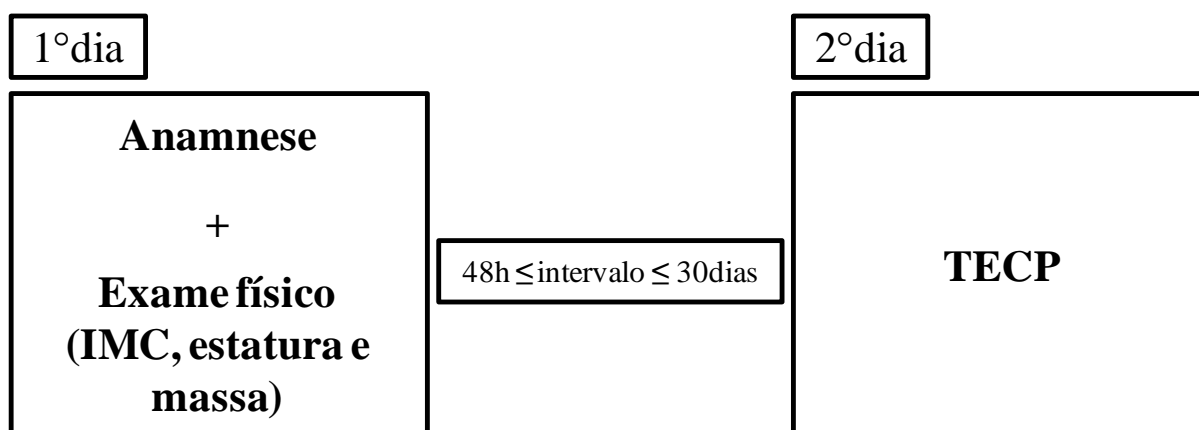


Figura 2: Desenho do estudo. IMC: Índice de Massa Corpórea; TECP: Teste de Exercício Cardiopulmonar.

Ressalta-se que o protocolo experimental que foi aplicado nesse estudo é o mesmo aplicado nos estudos prévios, não havendo assim incompatibilidade entre os dados coletados no presente estudo daqueles coletados nos estudos anteriores (Processo FAPESP: n° 2018/25082-3, n° 2016/22215-7; e Processo CNPq n° 480067/2012-0).

4.6.1. Anamnese e Exame Físico

A anamnese foi composta de dados demográficos, hábitos alimentares e de vida diária, histórico de comorbidades pregressas e atuais, pessoal e familiar. Além disso, foi realizado o exame físico e a explicação dos protocolos do estudo que o indivíduo iria participar.

4.6.2. Protocolo do TECP

Foi aplicado um protocolo tipo rampa (Figura 2) em um cicloergômetro de frenagem eletromagnética (CORIVAL V3, Lode BV, Holanda)(Figura 3), com a manutenção de 70 rotações por minuto. O cálculo para o incremento da carga foi feito segundo a equação de Wasserman et al., (2004) adaptado conforme a experiência do avaliador (REHDER-SANTOS et al., 2019). O teste foi composto por 6 minutos de repouso, seguido de 3 minutos de aquecimento sem carga, com posterior incremento da carga [com duração de 8 a 12 minutos

(WASSERMAN, 2004)], seguido de 6 minutos de recuperação ativa (com carga de 25W) e mais 1 minuto de recuperação passiva. O teste foi interrompido com base nos critérios de interrupção propostos por Balady et al. (2010).

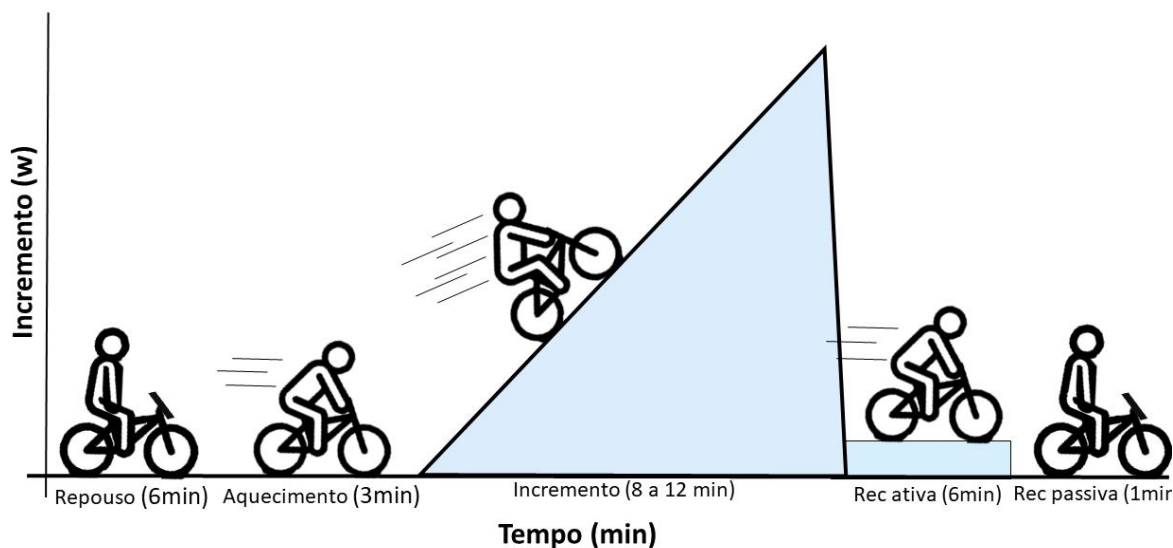


Figura 2: Protocolo do teste de exercício cardiopulmonar utilizado nesse estudo.

4.6.3. Monitorização e variáveis cardiovasculares

A pressão arterial foi medida durante o TECP a cada 2 minutos, por meio de um esfigmomanômetro de coluna de mercúrio e um estetoscópio (Figura 3). Em casos onde a última aferição da PA durante o incremento de carga, por algum motivo, possuiu um intervalo >2 minutos do término do incremento, o teste foi refeito em um dia posterior (<30 dias) ou, em casos de dados já coletados, o participante foi excluído das análises (COHEN-SOLAL et al., 2002). Além disso, a FC foi obtida por meio dos intervalos R-R obtidos na monitorização eletrocardiográfica de 12 derivações simultâneas com um eletrocardiógrafo (CardioPerfect, Welch Allyn, Skaneateles Falls, NY, USA)(Figura 3) durante todo o teste.

4.6.4. Escala de percepção subjetiva do esforço

Foi utilizada a escala de BORG-CR10 (BORG, 1982) para a avaliação da percepção subjetiva ao exercício de cada participante, após cada aferição da PA.

4.6.5. Variáveis ventilatórias e metabólicas

Foram captadas variáveis ventilatórias (volume corrente e frequência respiratória) e metabólicas ($\dot{V}O_2$ e $\dot{V}CO_2$) por meio de um sistema de medidas de gases expirados (ULTIMA

CPX MedGraphics – St. Paul, Minesota, USA) (Figura 3) e processados por meio de software específico (Breeze Suite 7.1, MedGraphics – St. Paul, Minesota, USA) durante todo o TECP.

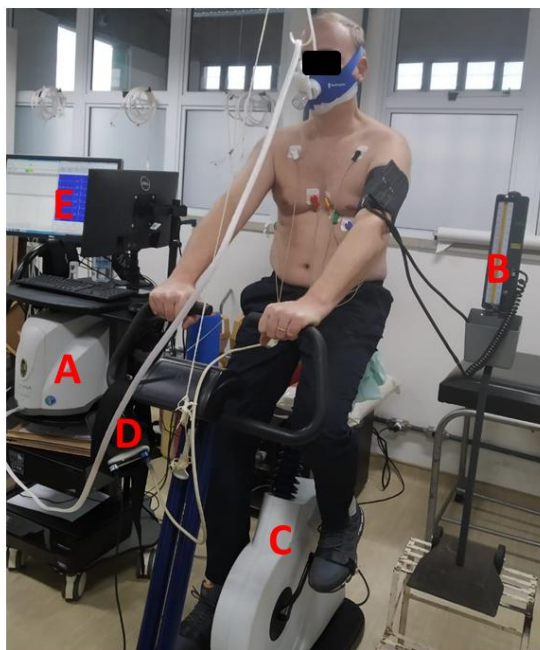


Figura 3: Equipamentos utilizados no protocolo do estudo. A: ULTIMA CPX MedGraphics; B: Coluna de mercúrio; C: Cicloergômetro de frenagem eletromagnética (CORIVAL V3, Lode BV, Holanda); D: CardioPerfect, Welch Allyn; E: Breeze Suite 7.1, MedGraphics.

4.7. Análise de dados

Por meio da coleta dos dados ventilatórios e metabólicos pelo ergoespirômetro, bem como dados cardiovasculares, foram determinadas ou calculadas as variáveis: FC_{PICO} , PAS_{PICO} , PAD_{PICO} , W/kg_{PICO} , OUES, \dot{V}_{EPICO} , $T_{1/2}\dot{V}O_{2PICO}$, $\dot{V}O_{2PICO}$, $\dot{V}CO_{2PICO}$ e $\dot{V}_E/\dot{V}CO_{2slope}$, $\dot{V}O_{2LA}$, $\Delta\dot{V}O_2/\Delta W$ e $\dot{V}O_2/FC$. Para as variáveis obtidas pela análise direta dos gases e da ventilação ($\dot{V}O_2$, $\dot{V}CO_2$ e \dot{V}_E) foram utilizados os maiores valores observados durante os últimos 30 segundos do exercício (DE MARIA et al., 2019). Já para as variáveis calculadas pelo *software* do ergoespirômetro, como é o caso do OUES e do $\dot{V}_E/\dot{V}CO_{2slope}$, foram utilizados os valores que correspondem ao período de incremento de carga (BALADY et al., 2010). Por fim, para as variáveis cardiovasculares como a PAS_{PICO} e PAD_{PICO} foram utilizados os valores mais próximos do final do incremento. A FC_{PICO} considerada foi aquela relativa ao pico do exercício.

Outras variáveis como $T_{1/2}\dot{V}O_{2PICO}$, $\dot{V}O_{2LA}$, $\Delta\dot{V}O_2/\Delta W$ e W/kg_{PICO} , $\dot{V}O_2/FC$ foram calculadas a partir das variáveis captadas ou calculadas. O $T_{1/2}\dot{V}O_{2PICO}$ foi determinado durante o período da recuperação, considerando que essa variável define-se como o tempo

necessário para que o $\dot{V}O_2$ reduza a 50% do maior valor de $\dot{V}O_2$ obtido no TECP (HERDY et al., 2016). O $\dot{V}O_{2LA}$ foi obtido pelo método visual gráfico por meio da análise de vários gráficos [por exemplo: pela curva obtida por meio do $\dot{V}O_2$ e $\dot{V}CO_2$ (*v-slope*), pelas curvas de pressão expiratória final de gás carbônico (PETCO₂) e de consumo de oxigênio (PETO₂), equivalentes ventilatórios de gás carbônico ($\dot{V}_E/\dot{V}CO_2$) e de oxigênio ($\dot{V}_E/\dot{V}O_2$), pela perda do paralelismo entre as curvas de $\dot{V}O_2$ e $\dot{V}CO_2$ e pela curva da \dot{V}_E coletadas ao longo do tempo de exercício], entretanto, como critério de desempate, foi utilizada a perda do paralelismo das variáveis $\dot{V}CO_2$ e $\dot{V}O_2$, no ponto que a resposta do $\dot{V}CO_2$ se eleva desproporcionalmente ao aumento do $\dot{V}O_2$. Para esta variável foi considerado o valor do $\dot{V}O_2$ exatamente no momento que ocorreu a perda do paralelismo sendo esta análise realizada por 02 avaliadores independentes. O $\Delta\dot{V}O_2/\Delta W$, considerado a relação entre o aumento relativo do $\dot{V}O_2$ ($\Delta\dot{V}O_2$) e o aumento relativo da carga (ΔW), foi definido com base no período de incremento do teste. O $\dot{V}O_2/FC$, considerado como a relação do $\dot{V}O_2$ pela FC ($\dot{V}O_2/FC$), foi utilizado seu valor pico (GIMENES et al., 2011; NEDER: NERY, 2002; POZZI et al., 2006; CRESCÊNCIO, 2002; HERDY et al., 2016). A W/kg_{PICO} , relação entre potência máxima e a massa do indivíduo foi considerado o valor pico do exercício (PAUW et al., 2013).

4.8. Escore Z

Foi realizado uma análise com os valores das variáveis padronizados de acordo com o escore Z. Essa padronização estabelece novos valores relativos ao desvio padrão e define o valor “zero” como a nova média da amostra total para uma determinada variável (permitindo assim o surgimento de valores negativos) (CLARK-CARTER, 2014). Os novos valores foram adquiridos de acordo com a equação abaixo:

$$z = \frac{x - \bar{X}}{s}$$

Onde “z” é o novo valor padronizado; “x” é o valor original de uma determinada variável para um sujeito específico; “ \bar{X} ” é a média dos valores originais de todos os sujeitos para a mesma variável; e “s” é o desvio padrão dos valores originais de todos os sujeitos para a mesma variável. Os novos valores da variável foram substituídos para cada sujeito e, então, calculadas as novas médias para cada grupo.

Tal procedimento foi feito com o objetivo de realizar a análise conjunta das variáveis, desconsiderando as diferentes magnitudes de escalas entre elas e evidenciando as diferenças existentes entre os grupos comparados. Assim, as principais variáveis, com significância

estatística, responsáveis pelas diferenças entre as faixas etárias puderam ser melhor discriminadas (Figura 5).

4.9. Análise estatística

Na análise descritiva dos grupos estudados foram avaliados: idade, dados antropométricos (massa corporal e estatura), potência aeróbia relativa ($\dot{V}O_{2PICO}$) e potência máxima atingida (W_{PICO}) no TECP e classificação funcional aeróbia segundo a AHA (AMERICAN HEART ASSOCIATION. COMMITTEE ON EXERCISE, 1972).

A análise da normalidade e da homogeneidade dos dados foi feita utilizando o teste de Shapiro Wilk e o teste de Levene respectivamente. Para a análise entre os quatro grupos (GJNT, GMNT, GJT e GMT) foi utilizado o teste de ANOVA *two way* com post hoc de Holm-Sidak nas variáveis de interesse obtidas no TECP (FC_{PICO} , PAS_{PICO} , PAD_{PICO} , W/kg_{PICO} , OUES, \dot{V}_{EPICO} , $T_{1/2}\dot{V}O_{2PICO}$, $\dot{V}O_{2PICO}$, $\dot{V}CO_{2PICO}$ e $\dot{V}_E/\dot{V}CO_{2slope}$, $\dot{V}O_{2LA}$, $\Delta\dot{V}O_2/\Delta W$ e $\dot{V}O_2/FC$) considerando como fatores idade, treinamento e a interação entre eles (idade e treinamento). Para as variáveis sem normalidade e/ou homogeneidade atingidas, foram utilizadas transformações ou o teste t de *Student* com correção do valor de “p” para a homogeneidade não atingida.

Todas as análises estatísticas univariadas descritas acima foram processadas no *software IBM SPSS Statistics 25.0* (SPSS Inc, Chicago, IL, USA). O nível de significância foi fixado em $p < 0,05$. Somente variáveis com significância após a aplicação da taxa de falsa descoberta (FDR) de 0,01 sobre os p-valores da ANOVA foram consideradas significativas.

5. Resultados

Para o presente estudo foram analisados 40 indivíduos, sendo 10 voluntários novos (FAPESP: n° 2022/02209-3) e 30 provenientes dos processos FAPESP: n° 2018/25082-3 e n° 2016/22215-7 e Processo CNPq n° 480067/2012-0 (Figura 4).

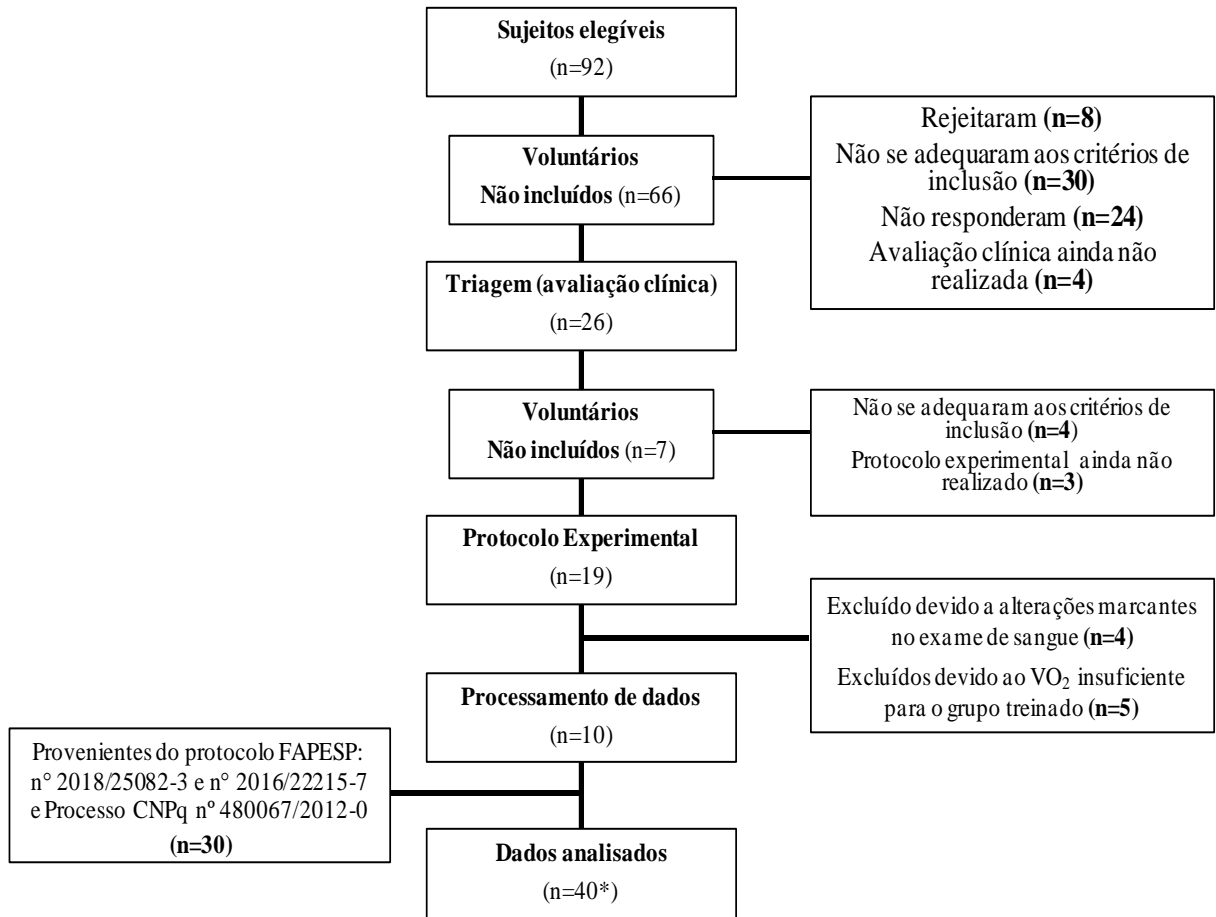


Figura 4. Fluxograma de perdas. *Total de sujeitos analisados

Na caracterização da amostra foram encontradas diferenças significativas entre os grupos jovens e meia idade para o IMC ($p = 0,023$), $\dot{V}O_{2PICO}$ ($p < 0,001$), potência pico ($p = 0,001$) e taxa de incremento de carga ($p = 0,013$). Já para a comparação entre os treinados e não treinados foram encontradas diferenças para a massa corporal ($p = 0,001$), IMC ($p < 0,001$), $\dot{V}O_{2PICO}$ ($p < 0,001$), potência pico ($p < 0,001$) e taxa de incremento de carga ($p < 0,001$). Não foram observadas interação entre os grupos na caracterização da amostra (Tabela 1).

Tabela 1. Caracterização da amostra.

Características	GJT (n=10)	GJNT (n=10)	GMT (n=10)	GMNT (n=10)	p-valor		
					Idade	Treinamento	Interação
Idade (anos)	24±3	25±3	53±3	53±3	<0,001	NS	-
Dados Antropométricos							
Altura (m)	1,76±0,09	1,78±0,05	1,74±0,07	1,80±0,07	NS	NS	NS
Massa (kg)	67,54±8,79	78,49±11,10	72,33±14,62	85,10±7,18	NS	0,001	NS
IMC (kg/m ²)	21,73±1,43	24,87±3,11	23,77±2,98	26,70±2,55	0,023	<0,001	NS
Dados de Atividade Física							
Desempenho físico							
$\dot{V}O_{2PICO}$ (ml/kg/min)	58,78±11,34	31,68±3,90	43,23±4,66	25,53±3,20	<0,001	<0,001	NS
Potência pico (W)	340,10±34,84	217,10±21,19	275,90±53,82	198,50±28,66	0,001	<0,001	NS
Incremento (W/min)	39,40±6,29	24,50±1,18	29,50±2,76	20,20±1,93	0,013	<0,001	-
Classificação segundo AHA	Excelente	Fraca	Excelente	Regular	-	-	-

Dados apresentado em média com desvio padrão. AHA: American Heart Association; GJNT: grupo jovem não treinado; GJT: grupo jovem treinado; GMNT: grupo meia idade não treinado; GMT: grupo meia idade treinado; IMC: índice de massa corporal; NS: valores não significativos; $\dot{V}O_{2PICO}$: consumo de oxigênio pico. Usando a análise paramétrica com o ANOVA *two way* p-valor <0,050 e FDR de 0,010.

As Tabelas 2 e 3 apresentam as variáveis relacionadas à saúde, aptidão aeróbia e ao metabolismo obtidas no TECP para os diferentes grupos. A FDR de 0,1 não restringiu nenhuma variável do estudo, ou seja, todas com um “p” valor significativo foram consideradas. Além disso, três variáveis tiveram a comparação de seus valores entre os grupos com base no teste t de *Student* com o valor de “p” corrigido para a violação do teste da homogeneidade, por não atingirem esse pressuposto necessário para a ANOVA *two way*, mesmo após a realização de todas as transformações possíveis.

Foram encontrados valores significantes (Tabela 2) para as todas as comparações (jovens x meias idades, treinados x não treinados e interação entre eles), para as variáveis $\dot{V}O_{2LA}$ (Idade: p = 0,003; Treinamento: p < 0,001; Interação: p = 0,006), $\dot{V}O_{2LA}$ absoluto (Idade: p = 0,013; Treinamento: p < 0,001; Interação: p = 0,004) e W/kg_{PICO} (Idade: p < 0,001; Treinamento: p < 0,001; Interação: p = 0,003), apresentando maiores valores para grupos jovens e treinados. Ressalta-se que as duas primeiras variáveis possuem uma relação com o $\dot{V}O_{2PICO}$ relativo utilizado para a seleção dos indivíduos para os grupos, portanto, essas diferenças observadas eram esperadas. Além disso, na comparação entre os grupos de idade (todos jovens x todos de meia idade) foram encontradas diferenças significativas na ANOVA com jovens apresentando os maiores valores para $\dot{V}O_2$ absoluto (p = 0,006), $\dot{V}CO_{2PICO}$

absoluto ($p = 0,026$), $\dot{V}_E/\dot{V}CO_{2slope}$ ($p = 0,025$), \dot{V}_{EPICO} ($p = 0,002$) e FC_{PICO} ($p < 0,001$). Por fim, na comparação entre o nível de prática de exercício físico (todos treinados x todos não treinados) foram encontradas diferenças significativas com maiores valores de treinados quando comparados a não treinados para $\dot{V}O_{2PICO}$ absoluto ($p < 0,001$), $\dot{V}CO_{2PICO}$ absoluto ($p < 0,001$), OUES ($p < 0,001$), $\Delta\dot{V}O_2/\Delta W$ ($p = 0,002$), \dot{V}_{EPICO} ($p < 0,001$), $\dot{V}O_2/FC$ ($p < 0,001$), e menor valor em $T_{1/2}\dot{V}O_{2PICO}$ ($p < 0,001$).

As variáveis $\dot{V}O_{2LA}$, $T_{1/2}\dot{V}O_{2PICO}$ ($p = 0,001$), $\dot{V}O_{2LA}$ absoluto, OUES ($p = 0,038$) e W/kg_{PICO} apresentaram interação entre os fatores. A variável $\dot{V}O_{2LA}$, apresentou diferenças entre os grupos GJT e GJNT ($p < 0,001$), GMT e GMNT ($p < 0,001$) e entre GJT e GMT ($p < 0,001$), sendo os maiores valores observados em indivíduos treinados e jovens. O $T_{1/2}\dot{V}O_{2PICO}$ apresentou um menor valor para o GJT quando comparado ao GJNT ($p < 0,001$) e ao GMT ($p = 0,002$), enquanto que para a comparação entre o GJNT e o GMNT ($p = 0,046$), menores valores foram observados no GMNT. Para essa mesma variável não foi observada diferença significativa entre o GMT e GMNT. Para o $\dot{V}O_{2LA}$ absoluto, o GJT teve um maior valor quando comparado ao GJNT ($p < 0,001$) e ao GMT ($p < 0,001$), enquanto que o GMT teve um maior valor em comparação ao GMNT ($p = 0,004$). Já para o OUES, foram observados maiores valores no GJT e GMT quando comparado com o GJNT ($p < 0,001$) e GMNT ($p = 0,033$), respectivamente. Por fim, para W/kg_{PICO} , indivíduos do GJT tiveram os maiores valores quando comparados com os indivíduos do GJNT ($p < 0,001$) e GMT ($p < 0,001$), e os integrantes do GMT tiveram maiores valores quando comparado aos integrantes do GMNT ($p < 0,001$). Em geral, com exceção para a variável $T_{1/2}\dot{V}O_{2PICO}$, considerando todas as variáveis que apresentaram interação entre fatores, o GJNT não foi diferente do GMNT.

A comparação entre os quatro grupos para as variáveis PAS_{PICO} , PAD_{PICO} e $\Delta\dot{V}O_2/\Delta W$ foi realizada com base no teste t de *Student* e foram observadas apenas diferenças significativas entre GMT e GMNT para as variáveis PAD_{PICO} ($p = 0,008$) e $\Delta\dot{V}O_2/\Delta W$ ($p = 0,002$), com um maior e um menor valor, respectivamente, para o GMNT.

Tabela 2. Variáveis Cardiorrespiratórias e metabólicas durante o TECP (grupos: jovem, meia idade, treinado e não treinado)

Componentes	Variáveis	Grupo jovem		Grupo meia idade		p-valores		
		Treinados (n=10)	Não treinados (n=10)	Treinados (n=10)	Não treinados (n=10)	Idade	Treinamento	Interação
Integração	$\dot{V}O_{2LA}$ (ml/kg/min)	39,61±10,36 ^{BC}	13,46±3,16 ^A	23,98±3,81 ^{AD}	13,19±3,56 ^C	0,003	< 0,001	0,006
	$T_{1/2}\dot{V}O_{2PICO}$ (s)	55,60±12,35 ^{BC}	104,80±24,33 ^{AD}	77,40±20,16 ^A	84,00±15,36 ^B	NS	< 0,001	0,001
	$\dot{V}O_{2PICO}$ (ml/min)	3959,20±693,59	2473,80±401,53	3220,60±642,10	2219,10±275,06	0,006	< 0,001	NS
	$\dot{V}O_{2LA}$ abs(ml/min)	2655,60±650,48 ^{BC}	1079,10±352,11 ^A	1799,70±480,79 ^{AD}	1153,70±334,33 ^C	0,013	< 0,001	0,004
	$\dot{V}CO_{2PICO}$ (ml/min)	4576,40±704,06	3239,30±449,92	4050,30±752,43	2900,30±352,42	0,026	< 0,001	NS
	OUES _[l/min/log(l/min)]	3504,13±517,73 ^B	2186,09±437,02 ^A	3027,62±806,99 ^D	2471,33±378,46 ^C	NS	< 0,001	0,038
	$\dot{V}_E/\dot{V}CO_{2slope}$	30,67±4,44	30,83±4,63	27,70±3,76	27,15±5,07	0,025	NS	NS
$\Delta\dot{V}O_2/\Delta W$ (mL/min/W) *	10,56±1,45	9,55±1,11	10,49±0,90 ^D	9,28±0,52 ^C	NS	0,002	-	
Respiratório	\dot{V}_{EPICO} (l/min)	143,98±25,02	106,57±25,27	119,93±19,14	82,08±20,44	0,002	< 0,001	NS
Potência relativa	W/kg _{PICO}	5,39±0,77 ^{BC}	2,80±0,41 ^A	3,84±0,49 ^{AD}	2,34±0,44 ^C	< 0,001	< 0,001	0,003
Cardiovascular	$\dot{V}O_2/FC$ (mL/min/bat)	21,75±4,06	13,51±1,82	20,33±3,04	14,62±1,43	NS	< 0,001	NS
	FC _{PICO} (bpm)	183±12	183±10	158±14	152±14	< 0,001	NS	NS
	PAS _{PICO} (mmHg) *	182±29	177±17	186±16	188±16	NS	NS	-
	PAD _{PICO} (mmHg) *	90±20	86±9	82±8 ^D	92±8 ^C	NS	NS	-

* teste t. Dados apresentado em média com desvio padrão. A: diferença com GJT; B: diferença com GJNT; C: diferença com GMT; D: diferença com GMNT. Foram utilizadas para as comparações a transformação logarítmica para as variáveis $T_{1/2}\dot{V}O_{2PICO}$, $\dot{V}O_{2LA}$ e $\dot{V}O_{2PICO}$ abs, e teste t para as variáveis PAD_{PICO}, PAS_{PICO} e $\Delta\dot{V}O_2/\Delta W$. Todas as variáveis não citadas anteriormente foram consideradas os dados originais para a estatística paramétrica. $\Delta\dot{V}O_2/\Delta W$: relação entre o aumento relativo do consumo de oxigênio ($\Delta\dot{V}O_2$) e o aumento relativo da carga (ΔW); FC_{PICO}: frequência cardíaca pico; GJNT: grupo jovem não treinado; GJT: grupo jovem treinado; GMNT: grupo meia idade não treinado; GMT: grupo meia idade treinado; NS: valores não significativos; OUES: inclinação da eficiência do consumo de oxigênio; PAD_{PICO}: pressão arterial diastólica; PAS_{PICO}: pressão arterial sistólica pico; $\dot{V}O_2/FC$: pulso de oxigênio; $T_{1/2}\dot{V}O_{2PICO}$: tempo necessário para queda de 50% do consumo de oxigênio; $\dot{V}CO_{2PICO}$: produção de gás carbônico; $\dot{V}_E/\dot{V}CO_{2slope}$: slope do equivalente ventilatório de gás carbônico; \dot{V}_{EPICO} : ventilação pulmonar; $\dot{V}O_{2LA}$: consumo de oxigênio no limiar anaeróbico; $\dot{V}O_{2PICO}$: consumo de oxigênio pico; W/kg_{PICO}: relação entre potência máxima e a massa. Usando a análise paramétrica com o ANOVA *two way* e o teste t de Student. p-valor <0,050 e FDR de 0,010.

Tabela 3. Variáveis comparadas pelo teste *t de Student* por não atingirem os pressupostos da ANOVA *two way*

Teste T	Grupo jovem		Grupo meia idade		p-valores			GJNT x GMNT
	Treinados (n=10)	Não treinados (n=10)	Treinados (n=10)	Não treinados (n=10)	GJT x GJNT	GMT x GMNT	GJT x GMT	
PAS _{PICO} (mmHg)	182±29	177±17	186±16	188±16	NS*	NS	NS*	NS
PAD _{PICO} (mmHg)	90±20	86±9	82±8	92±8	NS*	0,008	NS*	NS
$\Delta\dot{V}O_2/\Delta W$ (mL/min/W)	10,56±1,45	9,55±1,11	10,49±0,90	9,28±0,52	NS*	0,002	NS	NS*

*Homogeneidade de variância não assumida (p-valor corrigido). Dados apresentado em média com desvio padrão. $\Delta\dot{V}O_2/\Delta W$: relação entre o aumento relativo do consumo de oxigênio ($\Delta\dot{V}O_2$) e o aumento relativo da carga (ΔW); GJNT: grupo jovem não treinado; GJT: grupo jovem treinado; GMNT: grupo meia idade não treinado; GMT: grupo meia idade treinado; PAD_{PICO}: pressão arterial diastólica; PAS_{PICO}: pressão arterial sistólica pico. Usando teste *t Student*. p-valor < 0,050 e FDR de 0,010.

Por meio de um gráfico de radar e utilizando os valores em escore Z é possível observar as diferenças de perfis entre os grupos GJT, GJNT, GMT e GMNT (Figura 5). As variáveis foram organizadas em um padrão decrescente considerando o grupo GJT. Maiores valores são observados mais próximo a periferia, enquanto menores valores estão mais próximo ao centro do gráfico. Valores acima da média amostral para os grupos não treinados (GJNT e GMNT) foram vistos apenas ao lado esquerdo do gráfico, enquanto que os grupos treinados (GJT e GMT) tiveram todos os seus valores acima da média amostral para as variáveis localizadas a direita do gráfico.

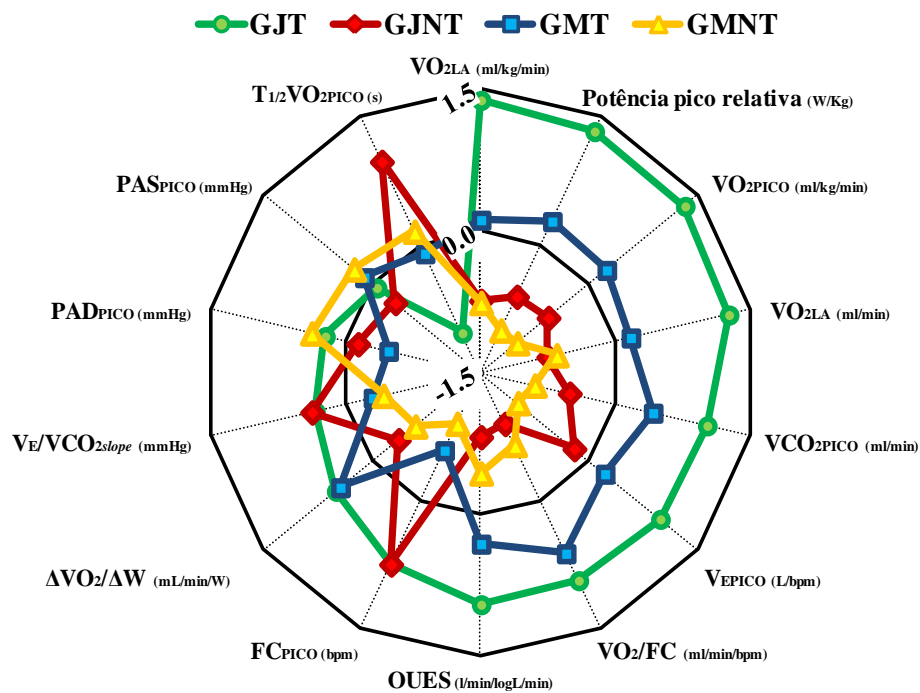


Figura 5. Gráfico de radar para os diferentes grupos estudados. Dados apresentados em escore Z médio de cada grupo. GJT na cor verde, GJNT na cor vermelha, GMT na cor azul e o GMNT na cor amarela. $\Delta\dot{V}O_2/\Delta W$: relação entre o aumento relativo do consumo de oxigênio ($\Delta\dot{V}O_2$) e o aumento relativo da carga (ΔW); FC_{PICO} : frequência cardíaca pico; GJNT: grupo jovem não treinado; GJT: grupo jovem treinado; GMNT: grupo meia idade não treinado; GMT: grupo meia idade treinado; OUES: inclinação da eficiência do consumo de oxigênio; PAD_{PICO} : pressão arterial diastólica; PAS_{PICO} : pressão arterial sistólica pico; $\dot{V}O_2/FC$: pulso de oxigênio; $T_{1/2}\dot{V}O_{2PICO}$: tempo necessário para queda de 50% do consumo de oxigênio; $\dot{V}CO_{2PICO}$: produção de gás carbônico; $\dot{V}_E/\dot{V}CO_{2slope}$: slope do equivalente ventilatório de gás carbônico; \dot{V}_{EPICO} : ventilação pulmonar; $\dot{V}O_{2LA}$: consumo de oxigênio no limiar anaeróbico; $\dot{V}O_{2PICO}$: consumo de oxigênio pico; W/kg_{PICO} : relação entre potência máxima e a massa.

6. Discussão

O objetivo desse estudo foi investigar a influência do exercício físico aeróbico regular e da idade sobre o conjunto de variáveis obtidas no TECP de maneira simultânea. Observamos diferenças nos valores das variáveis entre os grupos treinado e o não treinado, com maiores valores para treinados quando comparado a não treinados para $\dot{V}O_{2LA}$, W/kg, $\dot{V}O_{2PICO}$ absoluto, $\dot{V}CO_{2PICO}$ absoluto, OUES, $\Delta\dot{V}O_2/\Delta W$, \dot{V}_{EPICO} , $\dot{V}O_2/FC$, e menor valor em $T_{1/2}\dot{V}O_{2PICO}$, e entre jovens e meia idade com jovens apresentando os maiores valores para $\dot{V}O_{LA}$, W/kg, $\dot{V}O_{2PICO}$ absoluto, $\dot{V}CO_{2PICO}$ absoluto, $\dot{V}_E/\dot{V}CO_{2slope}$, \dot{V}_{EPICO} e FC_{PICO} , que podem estar principalmente relacionados com o nível de aptidão aeróbia e integridade dos sistemas. Observamos também interações entre os fatores para as variáveis $\dot{V}O_{2LA}$, W/kg, OUES e $T_{1/2}\dot{V}O_{2PICO}$, indicando que apenas indivíduos treinados sofrem influência da idade sobre as variáveis $\dot{V}O_{2LA}$ e W/kg, que apenas o fator treinamento influencia no OUES, e que o $T_{1/2}\dot{V}O_{2PICO}$ só possui influência do treinamento em indivíduos jovens. Tais informações são justificadas quando observamos um perfil distinto dos grupos (Figura 5), com uma maior projeção a esquerda dos grupos não treinados e uma maior projeção à direita para os grupos treinados, considerando a distribuição das variáveis no gráfico. Em outras palavras, valores acima da média da amostra total ($n = 40$; média = 0,00) foram verificadas apenas em variáveis posicionadas a esquerda do gráfico em indivíduos representantes dos grupos GJNT e GMNT.

Os grupos GJT e GMT apresentam uma maior área gráfica quando comparado a GJNT e GMNT, e em especial quando comparados ao grupo meia idade não treinado que apresenta uma pequena área total (Figura 5) e valores acima da média amostral apenas para PAS_{PICO} , PAD_{PICO} e $T_{1/2}\dot{V}O_{2PICO}$. A direita do gráfico verificamos as variáveis $\dot{V}O_{2LA}$, W/kg $_{PICO}$, $\dot{V}O_{2LA}$ absoluto, $\dot{V}CO_{2PICO}$, \dot{V}_{EPICO} , $\dot{V}O_2/FC$ e OUES, onde os maiores valores observados nos grupos treinados podem indicar uma melhor integração entre os sistemas, potência de trabalho e, principalmente, uma maior aptidão aeróbia para indivíduos que realizam treinamento físico aeróbico, quando comparado ao grupo não treinado.

As variáveis $\dot{V}O_{2LA}$ (relativo e absoluto) e W/kg $_{PICO}$ foram diferentes para todas as comparações (jovens x meias idades, treinados x não treinados e interações dentre grupos). Como dito anteriormente, as diferenças observadas para as duas primeiras variáveis para as duas primeiras condições (sem considerar a interação entre fatores existente) eram esperadas. Com relação a W/kg $_{PICO}$, foi observado maiores valores no GJT e GMT em relação ao GJNT e GMNT, respectivamente. Isso representa uma melhor potência relativizada, ou seja maior

capacidade de realizar trabalho nessa população. Tal fato ocorre devido aos efeitos de longo prazo proporcionados pelo treinamento físico aeróbio nos indivíduos treinados quando comparado aos não treinados, como as adaptações no tecido muscular e a redução da porcentagem de gordura corporal (HUGHES; ELLEFSEN; BAAR, 2018).

Interessantemente, além das variáveis acima citadas ($\dot{V}O_{2LA}$ relativo e absoluto, e W/kg_{PICO}), o $T_{1/2}\dot{V}O_{2PICO}$ e o OUES também apresentaram interação entre os fatores, indicando que os efeitos da idade influenciam nos efeitos do treinamento (e vice-versa) para essas variáveis. Em resumo, tanto para a W/kg_{PICO} , como para o $\dot{V}O_{2LA}$ relativo e absoluto, os efeitos da idade afetaram essas variáveis para os indivíduos regularmente treinados, porém o mesmo não ocorreu para os indivíduos não treinados. Tal fato pode ser resultado da população avaliada e o baixo número de sujeitos analisados, uma vez que a redução dos valores dessas variáveis são observados em indivíduos fisicamente ativos e sedentários (FLEG et al., 2005). Com relação ao OUES, que representa a eficiência do organismo em obter e utilizar o oxigênio para a geração de energia (BABA et al., 1996), este parece não ser afetado significativamente pela idade em nossa amostra apesar de valores reduzidos serem esperados em indivíduos mais velhos (BUYS et al., 2015); assim, no OUES parece haver uma influência mais marcante dos efeitos do treinamento físico. Por fim, considerando o $T_{1/2}\dot{V}O_{2PICO}$, observamos que o efeito do treinamento físico aeróbio só foi importante em indivíduos jovens, em uma amostra onde todos os indivíduos são aparentemente saudáveis. Ressalta-se que essa variável relaciona-se especialmente com a capacidade dos tecidos periféricos de reporem os estoques energéticos e o sistema cardiovascular de transportar o oxigênio (COHEN-SOLAL et al., 1995).

Com relação aos efeitos do treinamento físico exclusivamente, o $\dot{V}O_{2LA}$ relativo e absoluto, $\dot{V}O_{2PICO}$ absoluto, $\dot{V}CO_{2PICO}$, OUES, $\Delta\dot{V}O_2/\Delta W$, \dot{V}_{EPICO} , $\dot{V}O_2/FC$ e W/kg_{PICO} apresentaram maiores valores enquanto o $T_{1/2}\dot{V}O_{2PICO}$ apresentou menores valores nos grupos treinados (GJT e GMT) quando comparado aos não treinados (GJNT e GMNT), indicando uma maior aptidão aeróbia e metabólica na captação, transporte e consumo de oxigênio para a geração de energia nos indivíduos treinados (BABA et al., 1996; RAMOS; RICARDO; ARAÚJO, 2012; SUN; HANSEN; STRINGER, 2012), independentemente da influência da idade. Com relação ao efeito da idade, foram observados maiores valores para $\dot{V}O_{2LA}$ (absoluto e relativo), $\dot{V}O_2$ absoluto, $\dot{V}CO_{2PICO}$, $\dot{V}_E/\dot{V}CO_{2slope}$, \dot{V}_{EPICO} , W/kg_{PICO} e FC_{PICO} nos indivíduos mais jovens (GJNT + GJT). Tal questão pode ser devido a uma melhor integridade cardiorrespiratória e uma maior potência aeróbica nos indivíduos jovens quando comparados

aos meias idades, podendo essa observação estar relacionada a influência dos efeitos deletérios do envelhecimento sobre os sistemas orgânicos e sua integração (FLEG et al., 2005; PANENI et al., 2017; SHARMA; GOODWIN, 2006; TIELAND; TROUWBORST; CLARK, 2018).

Limitações

Esse estudo tem algumas limitações: 1. A amostra utilizada foi relativamente pequena e não atingiu o número de sujeitos previstos pelo cálculo amostral, o que pode limitar a extrapolação dos achados; 2. Os desfechos desse estudo foram baseados em uma amostra composta apenas por indivíduos do sexo masculino, o que pode limitar a extrapolação desses desfechos para indivíduos do sexo feminino; 3. Devido aos efeitos deletérios do envelhecimento, e por se tratar de indivíduos aparentemente saudáveis sem fatores de risco, sem doenças diagnosticadas e que não utilizavam nenhum medicamento contínuo, os indivíduos com um melhor fenótipo de saúde (ou com um bom histórico de hábitos de vida) podem ter sido não intencionalmente selecionados para o GMNT (FLEG et al., 2005). Apesar das limitações apontadas, com os dados estudados foi possível mostrar informações importantes de quanto que a prática de exercício físico pode amenizar alguns efeitos da idade avaliados por meio de índices do TECP.

Aplicabilidade Clínica

Este estudo, diferentemente do que comumente é abordado na literatura, trouxe informações a respeito da avaliação simultânea das variáveis obtidas no TECP, o que permite ter uma visão mais generalizada dos grupos avaliados. Essas variáveis possuem uma grande importância na avaliação da condição de saúde de indivíduos (NEDER; NERY, 2002) e por isso têm sido estudadas há muito tempo no contexto do envelhecimento e do exercício físico. Nesse sentido, os resultados do presente estudo podem auxiliar os profissionais da saúde para um entendimento ampliado da influência da idade e do nível de atividade física sobre a saúde cardiorrespiratória e a aptidão aeróbia.

7. Conclusão

Os achados do presente estudo destacam a importância da prática de exercício físico regular sobre variáveis relacionadas à aptidão aeróbia e integridade cardiorrespiratória. Indivíduos jovens e de meia idade, treinados e não treinados, divergem no perfil dos valores das variáveis obtidas no TECP, especialmente aquelas relacionadas ao nível de atividade física. Entretanto, aparentemente, as variáveis $\dot{V}O_{2LA}$ (absoluto e relativo), W/kg_{PICO} , OUES e $T_{1/2}\dot{V}O_{2PICO}$ parecem ser afetadas de maneira diferente a depender da idade e do nível de atividade física do indivíduo, sendo as duas primeiras influenciadas pela idade somente em indivíduos treinados, a terceira sendo influenciada apenas pelo treinamento físico aeróbio, e a última apenas pelo treinamento físico aeróbico em indivíduos jovens.

8. Referências

- ALVIS, B. D.; HUGHES, C. G. Physiology Considerations in the Geriatric Patient. **Anesthesiology clinics**, v. 33, n. 3, p. 447–456, set. 2015.
- AMERICAN HEART ASSOCIATION. COMMITTEE ON EXERCISE. **Exercise testing and training of apparently healthy individuals: a handbook for physicians**. [s.l.] American Heart Assoc., 1972.
- ANTONIO, T. T. D.; ASSIS, M. R. DE. DUPLO-PRODUTO E VARIAÇÃO DA FREQUÊNCIA CARDÍACA APÓS ESFORÇO ISOCINÉTICO EM ADULTOS E IDOSOS. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 23, n. 5, p. 394–398, set. 2017.
- BABA, R. et al. Oxygen uptake efficiency slope: a new index of cardiorespiratory functional reserve derived from the relation between oxygen uptake and minute ventilation during incremental exercise. **Journal of the American College of Cardiology**, v. 28, n. 6, p. 1567–1572, 15 nov. 1996.
- BALADY GARY J. et al. Clinician’s Guide to Cardiopulmonary Exercise Testing in Adults. **Circulation**, v. 122, n. 2, p. 191–225, 13 jul. 2010.
- BORG, G. A. Psychophysical bases of perceived exertion. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 14, n. 5, p. 377–381, 1982.
- CASTELLO-SIMÕES, V. et al. Potência Circulatória e Ventilatória: Caracterização em Pacientes com Doença Arterial Coronariana. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 104, n. 6, p. 476–485, jun. 2015.
- CASTRO, A. et al. The Aging Process: A Metabolomics Perspective. **Molecules**, v. 27, n. 24, p. 8656, jan. 2022.
- CHO, S. J.; STOUT-DELGADO, H. W. Aging and Lung Disease. **Annual review of physiology**, v. 82, p. 433–459, 10 fev. 2020.

CLARK-CARTER, D. z Scores. Em: **Wiley StatsRef: Statistics Reference Online**. [s.l.] John Wiley & Sons, Ltd, 2014.

COHEN-SOLAL, A. et al. Prolonged kinetics of recovery of oxygen consumption after maximal graded exercise in patients with chronic heart failure. Analysis with gas exchange measurements and NMR spectroscopy. **Circulation**, v. 91, n. 12, p. 2924–2932, 15 jun. 1995.

CRESCÊNCIO, J. C. Determinação do limiar de anaerobiose ventilatório no exercício físico dinâmico em indivíduos saudáveis. Comparação entre métodos obtidos por análise visual e modelos matemáticos [dissertação]. Ribeirão Preto (SP): Universidade de São Paulo.; 2002.

DE MARIA, B. et al. Cardiac baroreflex hysteresis is one of the determinants of the heart period variability asymmetry. **American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology**, v. 317, n. 4, p. R539–R551, out. 2019.

DOMICIANO, A. M. D. O.; ARAÚJO, A. P. S. D.; MACHADO, V. H. R. TREINAMENTO AERÓBIO E ANAERÓBIO: Uma Revisão. **REVISTA UNINGÁ REVIEW**, v. 3, n. 1, p. 2–2, 20 abr. 2010.

FECHINE, B. R. A.; TROMPIERI, N. O processo de envelhecimento: as principais alterações que acontecem com o idoso com o passar dos anos. **Inter Science Place**, v. 1, n. 20, p. 106–132, 13 fev. 2012.

FLEG, J. L. et al. Accelerated Longitudinal Decline of Aerobic Capacity in Healthy Older Adults. **Circulation**, v. 112, n. 5, p. 674–682, 2 ago. 2005.

FUCHS, A. R. C. N. et al. A importância da avaliação do pulso de oxigênio pelo teste cardiopulmonar na reabilitação de coronariopatas graves. **Arq. bras. cardiol**, p. 33–33, 2019.

GARBER, C. E. et al. American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 43, n. 7, p. 1334–1359, jul. 2011

GIMENES, A. C. et al. Relationship between work rate and oxygen uptake in mitochondrial myopathy during ramp-incremental exercise. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v. 44, p. 354–360, abr. 2011.

HELLSTEN, Y.; NYBERG, M. Cardiovascular Adaptations to Exercise Training. **Comprehensive Physiology**, v. 6, n. 1, p. 1–32, 15 dez. 2015.

HERDY, A. H. et al. Cardiopulmonary Exercise Test: Background, Applicability and Interpretation. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 107, n. 5, p. 467–481, nov. 2016.

HUGHES, D. C.; ELLEFSEN, S.; BAAR, K. Adaptations to Endurance and Strength Training. **Cold Spring Harbor Perspectives in Medicine**, v. 8, n. 6, p. a029769, jun. 2018.

LEE, I.-M. et al. Impact of Physical Inactivity on the World's Major Non-Communicable Diseases. **Lancet**, v. 380, n. 9838, p. 219–229, 21 jul. 2012.

MACEDO, C. DE S. G. et al. BENEFÍCIOS DO EXERCÍCIO FÍSICO PARA A QUALIDADE DE VIDA. **Revista Brasileira de Atividade Física & Saúde**, v. 8, n. 2, p. 19–27, 2003.

NEDER, J. A.; NERY, L. E. Teste de Exercício Cardiopulmonar. p. 41, 2002.

NORTH, B. J.; SINCLAIR, D. A. The Intersection Between Aging and Cardiovascular Disease. **Circulation Research**, v. 110, n. 8, p. 1097–1108, 13 abr. 2012.

PANENI, F. et al. The Aging Cardiovascular System: Understanding It at the Cellular and Clinical Levels. **Journal of the American College of Cardiology**, v. 69, n. 15, p. 1952–1967, 18 abr. 2017.

PAUW, K. et al. Guidelines to classify subject groups in sport-science research. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 8, n. 2, p. 111–122, mar. 2013.

POZZI, L. G. et al. Determinação do limiar de anaerobiose de idosos saudáveis: Comparação entre diferentes métodos. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, São Carlos, v. 10, n. 3, p. 333–338, jul./set. 2006

RAMOS, P. S.; RICARDO, D. R.; ARAÚJO, C. G. S. DE. Ponto ótimo cardiorrespiratório: uma variável submáxima do teste cardiopulmonar de exercício. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 99, n. 5, p. 988–996, nov. 2012.

REHDER-SANTOS, P. et al. Critical inspiratory pressure - a new methodology for evaluating and training the inspiratory musculature for recreational cyclists: study protocol for a randomized controlled trial. **Trials**, v. 20, n. 1, p. 1–11, 7 maio 2019.

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. **Circulation**, v. 134, n. 24, p. e653–e699, 13 dez. 2016.

SCHOPENHAUER, A. Citado em Lifetime speaker's encyclopedia - Volume 1, Jacob Morton Braude, Prentice-Hall, 1962

SHARMA, G.; GOODWIN, J. Effect of aging on respiratory system physiology and immunology. **Clinical Interventions in Aging**, v. 1, n. 3, p. 253–260, set. 2006.

SHARMAN, J. E.; LA GERCHE, A.; COOMBES, J. S. Exercise and Cardiovascular Risk in Patients With Hypertension. **American Journal of Hypertension**, v. 28, n. 2, p. 147–158, 1 fev. 2015.

SHEEL, A. W. Respiratory Muscle Training in Healthy Individuals. **Sports Medicine**, v. 32, n. 9, p. 567–581, 1 ago. 2002.

SILVA, N. et al. Exercício físico e envelhecimento: benefícios à saúde e características de programas desenvolvidos pelo LABSAU/IEFD/UERJ. **Revista Hospital Universitário Pedro Ernesto**, v. 13, n. 2, 31 mar. 2014.

SUN, X.-G.; HANSEN, J. E.; STRINGER, W. W. Oxygen uptake efficiency plateau: physiology and reference values. **European Journal of Applied Physiology**, v. 112, n. 3, p. 919–928, 1 mar. 2012.

TIELAND, M.; TROUWBORST, I.; CLARK, B. C. Skeletal muscle performance and ageing. **Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle**, v. 9, n. 1, p. 3–19, fev. 2018.

VOLPI, E.; NAZEMI, R.; FUJITA, S. Muscle tissue changes with aging. **Current opinion in clinical nutrition and metabolic care**, v. 7, n. 4, p. 405–410, jul. 2004.

WASSERMAN. **Principles of Exercise Testing and Interpretation**. 4. ed. [s.l.] Lippincott Williams & Wilkins, 2004.

ZULLO, A. et al. Structural and Functional Changes in the Coupling of Fascial Tissue, Skeletal Muscle, and Nerves During Aging. **Frontiers in Physiology**, v. 11, 24 jun. 2020.

ANEXO A: Termo de consentimento livre e esclarecido utilizado no projeto



Universidade Federal de São Carlos – UFSCar
Núcleo de Pesquisa em Exercício Físico – NUPEF
Laboratório de Fisioterapia Cardiovascular



TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

TÍTULO DA PESQUISA: “ESTUDO DO PERFIL METABÓLICO NO ENVELHECIMENTO ATIVO E SEDENTÁRIO: ABORDAGEM METABOLÔMICA”.

PESQUISADORES RESPONSÁVEIS PELO PROJETO:

ORIENTADORA: Profa. Dra. Aparecida Maria Catai

DOUTORANDO: Étore De Favari Signini

INICIAÇÃO CIENTÍFICA: Isabela Eduarda Gouveia de Oliveira

As informações contidas nesta folha, fornecidas pela Profa. Dra. APARECIDA MARIA CATAI têm por objetivo esclarecer ao participante os procedimentos e avaliações ao qual será submetido, além de firmar acordo escrito com o mesmo para participação na pesquisa acima referida, autorizando sua participação com pleno conhecimento da natureza dos procedimentos a que será submetido.

- 1) **Natureza da pesquisa:** Você está sendo convidado a participar desta pesquisa, que tem como objetivo avaliar o efeito do envelhecimento no metabolismo corporal em indivíduos sedentários e ativos.

Este estudo tem como objetivo auxiliar na compreensão do processo de envelhecimento além de esclarecer como a prática de atividade física interfere positivamente neste processo, podendo, neste sentido, servir como base para traçar estratégias mais eficientes para um envelhecimento mais saudável e para a conscientização da população.

A divulgação deste projeto para recrutamento dos participantes está sendo realizada por meio de distribuição de folhetos em locais públicos (campus da UFSCar e da cidade de São Carlos) e divulgação por rádio, televisão e internet, além do contato a sujeitos que façam parte do banco de dados do Laboratório de Fisioterapia Cardiovascular (LFCV) da UFSCar.

- 2) Participantes da pesquisa: Serão avaliados 110 indivíduos aparentemente saudáveis, sendo eles indivíduos **ativos** e **sedentários**, com idade entre 20 e 70 anos.
Para fazer parte deste grupo, você não pode ser obeso, fumante, fazer consumo de bebida alcoólica frequentemente, drogas ilícitas ou de medicamentos de uso contínuo e ter alguma doença do coração, pulmão, neurológica ou muscular. E praticar corrida, ciclismo, natação ou triatletismo (ou alguma outra modalidade aeróbia) no caso dos **ativos**, por pelo menos 6 meses sem interrupção, no mínimo 150 minutos semanais, antes do início desse estudo.
- 3) Envolvimento na pesquisa: Ao participar deste estudo você deverá permitir que algumas avaliações sejam realizadas; além de responder alguns questionários sobre suas atividades físicas, hábitos alimentares e condições gerais de sua saúde.
Previamente a primeira avaliação do protocolo experimental, você comparecerá a Unidade Saúde Escola (USE) da UFSCar para realização de um teste de exercício clínico com um médico cardiologista e, se nenhuma alteração nos traçados do coração for identificada, você poderá dar continuidade as avaliações. Após o teste de exercício clínico você será submetido ao protocolo experimental descrito no item 5.
Você receberá uma via deste termo, rubricada em todas as páginas por você e pelo pesquisador, onde consta o telefone e o endereço do pesquisador principal.
- 4) Sobre as coletas: Os testes serão marcados com antecedência e serão realizadas no Núcleo de Pesquisas em Exercício Físico (NUPEF) – Laboratório de Fisioterapia Cardiovascular (LFCV), respeitando o horário das 15:00 às 20:00 horas, de segunda a sexta-feira.
- 5) Protocolo experimental: O protocolo experimental diz respeito aos dias em que você fará as avaliações no LFCV-NUPEF e que possuem como objetivo avaliar sua condição física, assim como verificar o controle do seu sistema nervoso autonômico sobre as variáveis cardiovasculares e avaliação dos componentes existentes no seu sangue. Estas avaliações serão realizadas por meio da coleta e exame do seu sangue (realizados na Unimed – Laboratório Unimed: Unilab Carlos Botelho, Av. Dr. Carlos Botelho, 1055), pela captação não invasiva da variabilidade da frequência cardíaca e da pressão arterial, e pelo teste de exercício cardiopulmonar (TECP) com coleta dos gases da sua respiração, feito em bicicleta ergométrica com um protocolo incremental, isto é, com aumentos da intensidade do exercício, realizado até a exaustão. O tempo total despendido para as avaliações será de aproximadamente 2h.
Ressalta-se que parte do sangue retirado na Unimed será levado à Universidade para a extração do soro e para a realização de procedimentos para a determinação dos metabólitos existentes no mesmo. O seu sangue será utilizado apenas para fins desta pesquisa.
- 6) Riscos e desconforto: Os procedimentos utilizados nesta pesquisa obedecem aos Critérios da Ética na Pesquisa com Seres Humanos conforme resolução n. 196/96 do Conselho Nacional de Saúde – Brasília – DF. Você poderá ter algum

desconforto ao retirar sangue, ao adotar a posição “em pé” durante a captação não invasiva da variabilidade da frequência cardíaca, a máscara que coleta os gases durante o TECP e sentir dor muscular, como as que ocorrem normalmente após uma atividade de exercícios, caracterizando uma situação comum que não acarretará problemas a sua saúde. O monitoramento de todas as variáveis minimiza a possibilidade de intercorrências cardiovasculares como aumento excessivo da pressão arterial e frequência cardíaca ou presença de arritmias cardíacas durante as avaliações. Caso algum destes sinais surgirem durante as avaliações, ou se você apresentar sensações como tontura, palidez, suor intenso, dor ou qualquer outro sinal ou sintoma, a avaliação será interrompida imediatamente. Considerando o contexto pandêmico atual, e devido o contato que você terá com diferentes ambientes e profissionais, você estará sujeito a um maior risco de contaminação pelo COVID-19. Entretanto, ressalta-se que a equipe avaliadora é altamente treinada e estará devidamente aparántada (utilizando *Face-Shield*, gorro, luvas de procedimento, avental, e máscaras N95 ou PFF-2), e todos os cuidados necessários para evitar a transmissão do vírus serão realizados (presença de filtro de ar ultravioleta na sala e higienização a cada procedimento da sala, equipamentos, e superfícies com álcool, desinfetantes, e luz ultravioleta, além de abundância de produtos desinfetantes como almotolias de álcool e sabonete líquido para higienização pessoal).

- 7) Confidencialidade: Todas as informações coletadas neste estudo são estritamente confidenciais. Seus dados serão identificados com um código, e não com seu nome. Apenas os membros da pesquisa terão conhecimento dos dados, assegurando assim sua privacidade. No entanto, os seus dados coletados poderão ser integrados ao conjunto de dados apresentados em congressos, eventos e revistas.
- 8) Benefícios: Ao participar desta pesquisa você realizará exames que além de serem de alto custo e difícil disponibilidade, poderá saber sobre sua condição de saúde em repouso e em exercício, o que é importante para a realização de exercícios e manutenção de sua saúde.
- 9) Esclarecimentos: Você terá direito a esclarecimentos sobre esta pesquisa antes, durante e após sua participação na mesma.
- 10) Ressarcimento e indenização: Você não terá qualquer tipo de despesa para participar da pesquisa. Entretanto, você terá direito a indenização por qualquer tipo de dano resultante da sua participação na pesquisa, bem como auxílio transporte e alimentação, necessários para a realização deste projeto.
- 11) Liberdade de recusar ou retirar o consentimento: Você tem a liberdade de retirar seu consentimento a qualquer momento e deixar de participar do estudo sem penalizações.

Após estes esclarecimentos, solicitamos o seu consentimento de forma livre para permitir a sua participação voluntariamente nesta pesquisa. Portanto, preencha os itens que seguem:

CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Eu, _____, após a leitura e compreensão destas informações, entendo que a minha participação, é voluntária, e que posso sair a qualquer momento do estudo, sem prejuízo algum. Confiro que recebi cópia deste termo de consentimento, e autorizo a execução do trabalho de pesquisa e a divulgação dos dados obtidos neste estudo.

Obs: Não assine esse termo se ainda tiver dúvida a respeito.

São Carlos, _____ / _____ / _____

Telefone para contato: _____

Assinatura do participante de pesquisa/responsável legal: _____

Assinatura do pesquisador responsável (coordenador): _____

Assinatura do pesquisador (integrante): _____

Contato dos pesquisadores:

Profa. Dra. Aparecida Maria Catai – mcatai@ufscar.br – (16) 3351-8705

Étore De Favari Signini – etore8@gmail.com – (16) 9 9251-8258

Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da UFSCar (Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa da Universidade Federal de São Carlos): Rodovia Washington Luis s/n, km 235 – Caixa Postal 676 – CEP: 13565-905 - São Carlos – SP – Brasil. Telefone (16) 3351-8028/(16) 3351-8110/(16) 3351-9685. Endereço eletrônico: cephumanos@ufscar.br. Horário de atendimento ao público: Segunda à Sexta, das 8:00 às 12:00 e das 14:00 às 16:30.
