



**Universidade do Estado do Rio de Janeiro**

Centro de Educação e Humanidades

Instituto de Educação Física e Desportos

Isabela Freire Soares

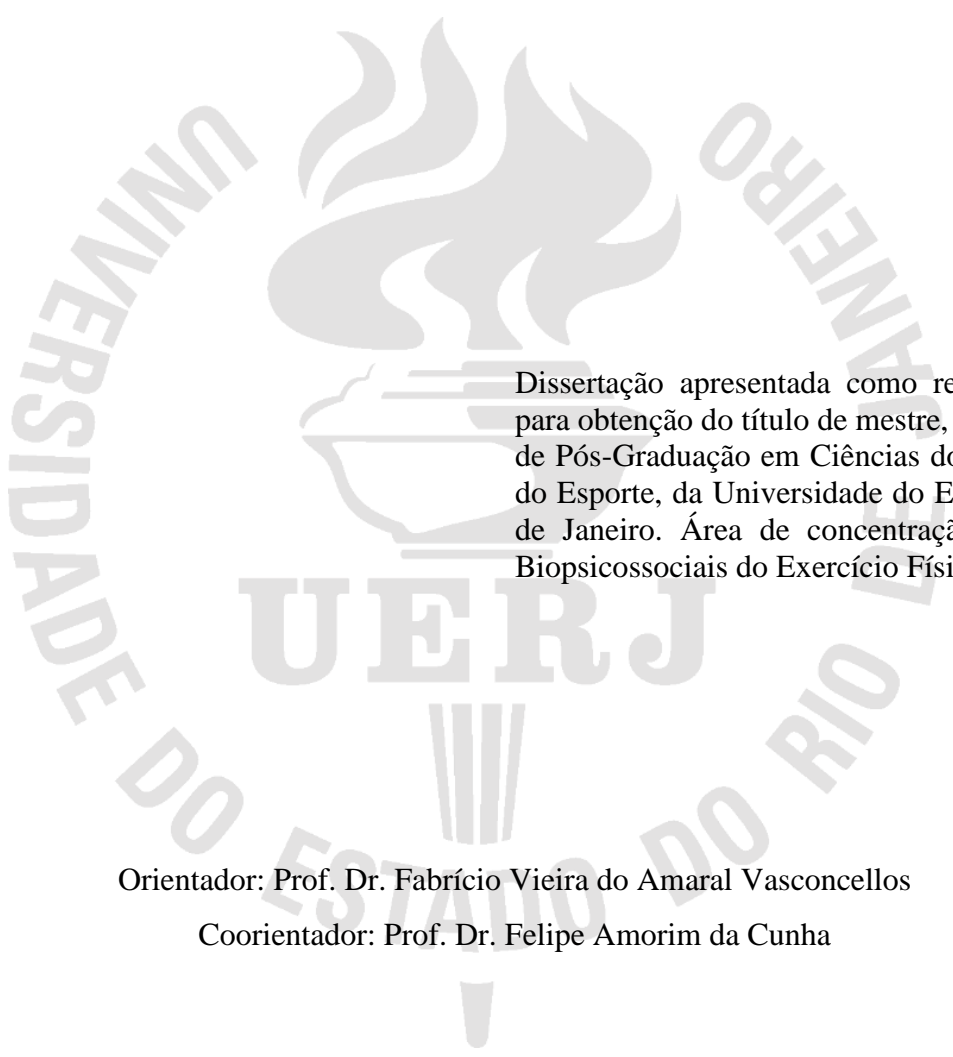
**O efeito de um programa de futebol recreativo de 12 semanas sobre a taxa metabólica de repouso de adolescentes com obesidade**

Rio de Janeiro

2022

Isabela Freire Soares

**O efeito de um programa de futebol recreativo de 12 semanas sobre a taxa metabólica de repouso de adolescentes com obesidade**



Dissertação apresentada como requisito final para obtenção do título de mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Exercício e do Esporte, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Aspectos Biopsicossociais do Exercício Físico.

Orientador: Prof. Dr. Fabrício Vieira do Amaral Vasconcellos

Coorientador: Prof. Dr. Felipe Amorim da Cunha

Rio de Janeiro

2022

CATALOGAÇÃO NA FONTE  
UERJ/REDE SIRIUS/BIBLIOTECA CEH/B

S676 Soares, Isabela Freire.

O efeito de um programa de futebol recreativo de 12 semanas sobre a taxa metabólica de repouso de adolescentes com obesidade / Isabela Freire Soares. – 2022.  
120 f.: il.

Orientador: Fabrício Vieira do Amaral Vasconcellos.

Coorientador: Felipe Amorim da Cunha.

Dissertação (mestrado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Instituto de Educação Física e Desportos.

1. Metabolismo basal – Teses. 2. Obesidade em adolescentes – Teses. 3. Futebol – Teses. 4. Exercícios físicos para jovens – Teses. I. Vasconcellos, Fabrício Vieira do Amaral. II. Cunha, Felipe Amorim da. III. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Instituto de Educação Física e Desportos. IV Título.

CDU 612.015.3

Bibliotecária: Mirna Lindenbaum CRB7 4916

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta dissertação desde que citada a fonte.

---

Assinatura

---

Data

Isabela Freire Soares

**O efeito de um programa de futebol recreativo de 12 semanas sobre a taxa metabólica de repouso de adolescentes com obesidade**

Dissertação apresentada como requisito final para obtenção do título de mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Exercício e do Esporte, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Aspectos Biopsicossociais do Exercício Físico.

Aprovada em 18 de fevereiro de 2022.

Banca examinadora:

---

Prof. Dr. Fabrício Vieira do Amaral Vasconcellos (Orientador)  
Instituto de Educação Física e Desportos - UERJ

---

Prof.<sup>a</sup> Dra. Nádia Souza Lima da Silva  
Instituto de Educação Física e Desportos - UERJ

---

Prof. Dr. Renato de Oliveira Massafferri  
Universidade da Força Aérea

Rio de Janeiro

2022

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar, agradeço aos meus pais, pois sem eles eu nada seria. Mas, principalmente à minha mãe, por ser minha maior incentivadora, meu exemplo e minha inspiração na área acadêmica e na vida.

Agradeço também à minha irmã, ao meu namorado e aos meus amigos do coração, pelos momentos de ausência, por todas as aflições, dúvidas e cansaços que partilharam comigo no decorrer deste processo, assim como pelos momentos de apoio e incentivo.

Ao meu orientador Prof. Dr. Fabrício Vasconcellos e ao meu coorientador Prof. Dr. Felipe Cunha pela paciência, confiança e amizade, além das orientações.

Aos amigos do Labsau e aos grandes amigos da família Labesfut pela colaboração e parceria durante essa investigação.

Finalmente, a todos os professores que tive durante a graduação e a pós-graduação, aos grupos que participei ao longo dessa jornada e aos demais que, junto comigo, participaram e/ou participam diariamente do grande desafio de construir ciência no Brasil.

## RESUMO

SOARES, Isabela Freire. *O efeito de um programa de futebol recreativo de 12 semanas sobre a taxa metabólica de repouso de adolescentes com obesidade*. 2022. 120 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Exercício e do Esporte) – Instituto de Educação Física e Desportos, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2022.

A taxa metabólica de repouso (TMR) é responsável por, aproximadamente, 50-70% do gasto energético diário total em adolescentes com obesidade. Os indivíduos estão constantemente sujeitos a influência das variáveis biológicas e ambientais que alteram os valores da TMR, principalmente a massa corporal magra (MCM), que dependendo da sua modulação pode dificultar ou facilitar o controle de peso em adolescentes obesos, através da administração do balanço energético. Desse modo, o exercício físico é apontado como um fator relevante, visto que, alguns estudos associam o aumento da TMR devido ao aumento da MCM, entretanto, outros mecanismos também são discutidos como influentes na TMR. Porém, a literatura ainda é muito inconclusiva, em virtude da falta de concordância entre os diferentes protocolos de avaliação da TMR, como também, os programas de exercícios propostos para essa população. Sendo assim, a presente dissertação, com o objetivo de investigar o efeito crônico de um programa de futebol recreativo de 12 semanas sobre a TMR de adolescentes obesos, apresenta o desenvolvimento de dois estudos originais: 1) Estudo metodológico com objetivo de identificar o tempo necessário para alcançar o estado estável para uma avaliação precisa da TMR em adolescentes obesos e não obesos. A amostra foi constituída por 30 adolescentes de ambos os sexos que passaram por uma avaliação de teste e re-teste do  $VO_2$  em repouso para determinar qual o tempo ideal em que adolescentes obesos alcançavam a estabilização para o cálculo da TMR. Espera-se que os resultados mostrem uma estabilização das medidas de  $VO_2$  e  $VCO_2$  em repouso e da TMR, aproximadamente pelo minuto 20 da avaliação. 2) Estudo experimental com objetivo de analisar o efeito crônico de 12 semanas de um programa de futebol recreativo sobre a TMR, composição corporal e aptidão cardiorrespiratória de adolescentes obesos. A amostra foi constituída por 10 adolescentes obesos que participaram da intervenção e 10 do grupo controle. O treinamento com futebol ocorreu por 12 semanas, 3 vezes na semana, durante 60 minutos. Espera-se que ao final do programa, os adolescentes apresentem melhoras nos fatores de saúde, principalmente na TMR.

Palavras-chave: Taxa metabólica de repouso. Obesidade. Adolescentes. Futebol recreativo.

## ABSTRACT

SOARES, Isabela Freire. *The effect of a 12-week recreational soccer program on the resting metabolic rate of adolescents with obesity*. 2022. 120 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Exercício e do Esporte) – Instituto de Educação Física e Desportos, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2022.

The resting metabolic rate (RMR) is responsible for approximately 50-70% of the total daily energy expenditure in adolescents with obesity. Individuals are constantly subject to the influence of biological and environmental variables that alter the RMR values, especially the fat-free mass (FFM), which depending on its modulation can facilitate or hinder to control weight in obese adolescents, through the administration of energetic balance. Thus, the physical exercise is identified as a relevant factor, since, some studies associate the increase in RMR due to the increase in FFM, but, other mechanisms induced are also discussed as influencing RMR. However, the literature is still very inconclusive, due to the lack of agreement between the different RMR assessment protocols, as also the exercise programs proposed for this population. Thus, the present dissertation, with the aim of analyzing the impact of regular recreational soccer practice for 12 weeks on health markers in obese adolescents, presents the development of two original studies: 1) In the methodological study, the aim was to identify the time needed to achieve a steady-state (SS<sub>t</sub>) for an accurate assessment of RMR in nonobese and obese adolescents. The sample consisted of 30 adolescents of both genders who were evaluated by a test and re-test of  $\text{VO}_2$  at rest to determine the ideal time in which obese adolescents were achieve the SS<sub>t</sub> for calculating the RMR. The results are expected to show a stabilization of the  $\text{VO}_2$  and  $\text{VCO}_2$  measurements at rest and the RMR, at approximately the 20th minute of the evaluation. 2) In the experimental study, the aim was to analyze the chronic effect of a 12-week recreational soccer program on the RMR, body composition and cardiorespiratory fitness of obese adolescents. The sample consisted of 10 obese adolescents who participated in the intervention and 10 in the control group. The soccer training occurred for 12 weeks, 3 times a week, for 60 minutes. It is expected that at the end of the program, adolescents will show improvements in health factors, especially in the resting metabolic rate.

Keywords: Resting metabolic rate. Obesity. Adolescents. Recreational soccer.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figure 1 -	Mean $\pm$ standard deviation absolute resting oxygen uptake ( $VO_2$ ), carbon dioxide output ( $VCO_2$ ), and resting energy expenditure (REE) during two trials of 30-min data collection in adolescents with healthy weight and obesity.....	66
Figure 2 -	Study design overview.....	78
Figure 3 -	Mean $\pm$ SD absolute ( <b>A</b> ) and adjusted ( <b>B</b> ) RMR values at baseline and after 12 weeks of intervention in RSP and Control groups.....	83



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Aspectos metodológicos dos estudos que avaliaram a TMR de adolescentes, segundo protocolos de Compher et al. (2006).....	44
Tabela 2 - Protocolos de intervenção dos estudos que avaliaram o efeito do exercício físico na TMR de adolescentes, de acordo com os princípios de prescrição FITT-VP.....	50
Tabela 3 - Baseline participants' characteristics.....	63
Tabela 4 - Mean $\pm$ standard deviation (95% confidence interval) absolute resting oxygen uptake ( $VO_2$ ), carbon dioxide output ( $VCO_2$ ), and resting energy expenditure (REE) during two trials of 30-min data collection in groups with healthy weight (GHW) and obesity (GO).....	65
Tabela 5 - Anthropometric characteristics, body composition, and cardiorespiratory fitness at baseline and after 12 weeks of RSP and Control conditions, as well as within and between-group comparisons.....	82

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CV	Coeficiente de variação
EPE	Erro padrão de estimativa
EPOC	Consumo máximo de oxigênio pós-exercício
ExA	Exercício aeróbio
ExC	Exercício combinado
ExR	Exercício resistido
FC	Frequência cardíaca
FC <sub>max</sub>	Frequência cardíaca máxima
GET	Gasto energético total
IMC	Índice de massa corporal
Kcal	Quilocaloria
Kg	Quilograma
MCM	Massa corporal magra
Min	Minuto
PeNSE	Pesquisa nacional de saúde do escolar
SNS	Sistema nervoso simpático
TMR	Taxa metabólica de repouso
VCO <sub>2</sub>	Produção de dióxido de carbono
VO <sub>2</sub>	Consumo de oxigênio
VO <sub>2max</sub>	Consumo de oxigênio máximo

## SUMÁRIO

	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	10
1	<b>ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....</b>	18
1.1	<b>Objetivos.....</b>	19
1.2	<b>Lista de artigos.....</b>	19
2	<b>REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	20
2.1	<b>A importância do Gasto Energético e da Taxa Metabólica de Repouso.....</b>	20
2.1.1	<u>Relação entre a Taxa Metabólica de Repouso e a Obesidade.....</u>	24
2.1.2	<u>As Variáveis que influenciam a Taxa Metabólica de Repouso.....</u>	27
2.2	<b>Relação entre a Taxa Metabólica de Repouso e o exercício físico.....</b>	30
2.2.1	<u>A Taxa Metabólica de Repouso e o exercício na adolescência.....</u>	36
2.2.2	<u>Aderência ao exercício físico na adolescência e o Futebol Recreativo como proposta de intervenção.....</u>	39
2.3	<b>Métodos e protocolos de avaliação da Taxa Metabólica de Repouso.....</b>	41
2.3.1	<u>Avaliação da Taxa Metabólica de Repouso por calorimetria indireta em adolescentes.....</u>	43
2.3.2	<u>Princípios da prescrição FITT-VP sobre a Taxa Metabólica de Repouso em adolescentes.....</u>	48
3	<b>ARTIGOS ORIGINAIS.....</b>	56
3.1	<b>Artigo 1.....</b>	56
3.2	<b>Artigo 2.....</b>	73
4	<b>DISCUSSÃO GERAL .....</b>	91
	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	103
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	105
	<b>ANEXO A – Comprovante de envio do projeto para o Comitê de Ética .....</b>	120

## INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, tem sido observado um crescimento expressivo do sobrepeso e da obesidade em adultos e crianças, e por isso já vem sendo considerado por alguns órgãos como problema de saúde pública mundial (EMERENZIANI; PIER LUCA GUARINO; TRILLO ASENSIO; ALTOMARE *et al.*, 2020). Apesar da doença ser definida como multifatorial (REGINA, 2005), as principais hipóteses que justificam o seu desenvolvimento são apoiadas em mudanças de hábitos na alimentação e no exercício físico (LAZZER; TRINGALI; CACCAVALE; DE MICHELI *et al.*, 2017).

No Brasil, 17% das crianças e adolescentes apresentam sobrepeso e 11,6% obesidade (SIMÕES; LOPES; REMOR; LOCATELI *et al.*, 2018). Portanto, a incidência da doença na infância desperta atenção por estar diretamente associada à várias comorbidades, como: hipertensão, dislipidemia, resistência à insulina e outras (CRISP; VERLENGIA; OLIVEIRA, 2014). Além de ser indicada como um forte preditor de obesidade na fase adulta (HOHENADEL; HOLLSTEIN; THEARLE; REINHARDT *et al.*, 2019).

O equilíbrio entre a energia consumida em alimentos e a energia total gasta pelo corpo (balanço energético) precisa estar bem alinhada para a manutenção do peso corporal nos indivíduos. (BRANDOU; SAVY-PACAU; MARIE; BRUN *et al.*, 2006; REGINA, 2005). A literatura assume que para a perda de 1 quilograma (kg) de tecido adiposo por mês é necessária uma redução no consumo energético de 7.700 quilocalorias (kcal)/kg durante esse mês, ou seja, aproximadamente 256 kcal/dia. O mesmo também ocorre no ganho de peso, quando há um consumo extra de 7.700 kcal/kg em um mês, podendo levar a um aumento de 1 kg de tecido adiposo nesse período (THOMAS; SCIOLETTI; HEYMSFIELD, 2019).

O gasto energético total humano (GET), durante o dia, é composto pela: taxa metabólica de repouso (TMR), considerada o principal elemento do GET, efeito térmico dos alimentos e o gasto energético resultante das atividades físicas voluntárias (CARVALHO; MONTEIRO; GOULART-DE-ANDRADE; BRONZI *et al.*, 2012). Nesse sentido, a avaliação do GET a partir de medidas acuradas em indivíduos de diferentes características, especialmente quanto a análise e interpretação da TMR, são essenciais para uma indicação mais categórica desses valores na área da saúde, uma vez que a administração do balanço energético auxilia na prevenção de diversas doenças crônicas, como a obesidade (CRISP;

VERLENGIA; OLIVEIRA, 2014; BRANDOU; SAVY-PACAU; MARIE; BRUN *et al.*, 2006).

A calorimetria indireta é considerada método “padrão-ouro”, amplamente utilizada em pesquisas científicas para avaliação da TMR (CRISP; VERLENGIA; OLIVEIRA, 2014; HENES; JOHNSON; TONER; MAMARIL *et al.*, 2016). Outra maneira para verificar esse valor, bastante utilizada na prática clínica e julgada mais prática e acessível, são as equações preditivas. Entretanto, esse método apresenta maior erro padrão de estimativa (EPE) da medida, quando comparado a calorimetria indireta. Marra *et al.* (2015) demonstraram em uma pesquisa com adolescentes de ambos os sexos [14-18 anos; Índice de massa corporal (IMC) 30-70 kg·m<sup>-2</sup>] os valores do EPE da TMR ao comparar diferentes equações pediátricas com a calorimetria. Os resultados indicaram que, tanto em homens como em mulheres, a equação de Muller obteve a maior diferença entre a TMR medida e prevista ( $\Delta$  -528 kcal/dia, EPE: -19,9%;  $\Delta$  -301 kcal/dia, EPE: -12,7%, respectivamente). Sobre as equações com melhor precisão, para os homens, a equação de Lazzer apresentou menor diferença no valor medido e previsto ( $\Delta$  -62 kcal/dia, EPE: -0,9%) e, para as mulheres, a menor diferença encontrada foi com a equação da *Food and Agriculture Organization of the United Nations* ( $\Delta$  -19 kcal/dia; EPE: 0,9%).

Então, assim como as equações, os analisadores metabólicos também despertam atenção para o EPE da medida, pois a diferença entre o coeficiente de variação (CV) dos sujeitos e dos instrumentos podem determinar se a divergência ocorre por alterações fisiológicas e não pelos analisadores. Um estudo realizado por Cooper *et al.* (2009) demonstrou ao comparar cinco analisadores recentes, com um analisador “padrão-ouro”, que o sistema TrueOne ( $\Delta$  -6 $\pm$ 131 kcal/dia; CV: 5,4%) e Vmax ( $\Delta$  -26 $\pm$ 155 kcal/dia; CV: 8,4%) foram considerados os mais precisos. Contudo, nenhum dos cinco analisadores foram considerados adequadamente confiáveis, mesmo o TrueOne demonstrando melhor reprodutibilidade para avaliar a TMR (CV: 4,8%,  $P < 0,05$ ), pois todos os CV ultrapassaram os 3% aceitáveis para considerar um sistema de análise de gás ideal.

Além disso, variáveis fisiológicas e ambientais também podem ser responsáveis pelas variações da TMR, potencializando ou diminuindo seus valores, de acordo com a particularidade de grupos específicos (BYRNE; HILLS; HUNTER; WEINSIER *et al.*, 2005; CRISP; VERLENGIA; OLIVEIRA, 2014; HENES; JOHNSON; TONER; MAMARIL *et al.*, 2016). McMurray *et al.* (2014) divulgaram em uma meta-análise diferentes valores da TMR em populações adultas heterogêneas estratificados pela idade, sexo e IMC. A pesquisa verificou

que a TMR por unidade de massa corporal das mulheres foi menor do que dos homens (0,839 kcal·kg<sup>-1</sup>·h<sup>-1</sup> vs. 0,892 kcal·kg<sup>-1</sup>·h<sup>-1</sup>, respectivamente). Os resultados para idade e IMC mostraram que a TMR, por unidade de massa corporal em ambos os sexos, era mais alta em indivíduos jovens com peso normal (masculino: 1,007 kcal·kg<sup>-1</sup>·h<sup>-1</sup> e feminino: 0,918 kcal·kg<sup>-1</sup>·h<sup>-1</sup>) e, conforme a idade e o IMC aumentavam, a TMR diminuía (IMC ≥30 kg·m<sup>-2</sup>, TMR <0,741 kcal·kg<sup>-1</sup>·h<sup>-1</sup>).

Outra meta-análise, dessa vez com crianças e adolescentes de até 18 anos verificou, assim como em adultos, que a TMR do sexo masculino era maior do que o feminino (1519,3 vs. 1338 kcal/dia, respectivamente) (HERRMANN; MCMURRAY; KIM; WILLIS *et al.*, 2017). Além do sexo, o IMC influenciou significativamente a TMR de indivíduos obesos comparados aos seus pares não obesos (1595±277 vs. 1391±246 kcal/dia;  $P \leq 0,001$ , respectivamente) (RODRIGUEZ; MORENO; SARRIA; PINEDA *et al.*, 2002).

No entanto, um dos fatores mais apontados por influenciar o metabolismo é a massa corporal magra (MCM). Tounian *et al.* (2003) dividiram 34 adolescentes em grupos de indivíduos magros (11,6±1,7 anos; IMC: 14±1,5 kg·m<sup>-2</sup>; TMR: 4435±755 kJ/dia), obesos (12,3±1,7 anos; IMC: 31,8±5,2 kg·m<sup>-2</sup>; TMR: 7060±1225 kJ/dia) e grupo controle com indivíduos eutróficos (13,2±1,4 anos; IMC: 18,3±1,5 kg·m<sup>-2</sup>; TMR: 5989±888 kJ/dia). Os resultados de correlação demonstraram uma principal associação positiva da MCM com a TMR nos três grupos (magros  $r=0,79$ ,  $P=0,0007$ ; obesos  $r=0,89$ ,  $P=0,0001$ ; controle  $r=0,87$ ,  $P=0,005$ ). Do mesmo modo, outro estudo desenvolvido por Molnár & Schutz (1997) encontrou a MCM como fator central de interferência na TMR. Em meninos, a MCM influenciou 87,4% da TMR, enquanto em meninas esse valor foi de 69,8% ( $r^2=0,798$ ,  $P < 0,0001$ ). As justificativas para essa relação são apoiadas nos componentes da MCM, principalmente, músculos e órgãos metabolicamente ativos que ao aumentar, elevam a TMR e a oxidação de substratos, podendo promover uma redução do peso, bem como, os efeitos nocivos da obesidade (MOLNAR; SCHUTZ, 1997; TOUNIAN; DUMAS; VEINBERG; GIRARDET, 2003).

Dentre esses fatores mais descritos na literatura, ainda existem alguns que não apresentam um consenso sobre o seu impacto na TMR, como é o caso do exercício físico (ALBERGA; PRUD'HOMME; SIGAL; GOLDFIELD *et al.*, 2017). Embora a sua compreensão seja importante, poucos são os estudos sobre essa temática e os seus resultados ainda são muito contraditórios quando se analisa o efeito do exercício na TMR de adolescentes. Lazzer *et al.* (2004) compararam 24 adolescentes obesos (12-16 anos; IMC

médio  $33,9 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ ) submetidos a exercício resistido (ExR) e exercício aeróbio (ExA), mais atividade física regular, 5 vezes na semana com progressão mensal, durante 9 meses. Após a intervenção, houve uma redução de  $\Delta -8,3\%$  na TMR da amostra em ambos os sexos [masculino:  $6,0$  vs.  $5,56 \text{ kJ}/\text{minutos (min)}$ ; feminino:  $5,47$  vs.  $4,96 \text{ kJ}/\text{min} \pm 0,326$ ,  $p < 0,001$ ].

Entretanto, outro estudo desenvolvido com 16 meninos obesos ( $16,81 \pm 0,91$  anos) alocados em dois grupos que praticavam ExA ou ExR (60min/dia, 3x/semana e durante 6 meses) mostrou efeito positivo no IMC (ExA:  $32,19 \pm 3,24$  vs.  $31,24 \pm 2,51 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ ,  $P=0,2$ ; ExR:  $32,52 \pm 3,08$  vs.  $30,58 \pm 3,98 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ ,  $P=0,05$ ) e na TMR (ExA:  $1861,63 \pm 422,38$  vs.  $2124,25 \pm 577,38 \text{ kcal}/\text{dia}$ ,  $P=0,036$ ; ExR:  $1956 \pm 352,64$  vs.  $2111,75 \pm 594,02 \text{ kcal}/\text{dia}$ ,  $P=0,779$ ) após a intervenção em ambos os grupos (YETGIN; AGOPYAN; KUCUKLER; GEDIKBASI *et al.*, 2018). Por fim, Alberga *et al.* (2017) analisaram 304 adolescentes pós púberes com obesidade (14-18 anos; IMC médio  $34,6 \pm 4,5 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ ) durante 6 meses e não encontraram diferenças significativas da TMR pré e pós entre os grupos de ExA, ExR, exercício combinado (ExC), ou seja, ExR + ExA, e grupo controle ( $1972 \pm 38$  vs.  $1990 \pm 41$ ;  $2024 \pm 37$  vs.  $1992 \pm 41$ ;  $2023 \pm 38$  vs.  $1995 \pm 38$ ;  $2075 \pm 38$  vs.  $2073 \pm 39 \text{ kcal}/\text{dia}$ , respectivamente).

Para além desse aspecto, por mais que a calorimetria indireta seja considerada método “padrão ouro”, destaca-se a necessidade da padronização nas orientações da avaliação da TMR para alcançar medidas mais precisas e verdadeiras das trocas gasosas, motivo que pode justificar a inconsistência dos resultados que envolvem TMR e exercício, junto com os diferentes tipos de programas de exercício. Desse modo, pode-se perceber uma considerável diferença metodológica entre os estudos citados, no qual Lazzer *et al.* (2004) utilizaram o Deltatrac® para avaliação da TMR durante 45 min com condições da sala padronizadas, 13h de jejum dos avaliados, sem informar o tempo de aclimação e a posição corporal do indivíduo. Yetgin *et al.* (2018) avaliaram a TMR com o ZAN® 680 USB durante 30 min com 30 min de aclimação, condições termo neutras da sala e o indivíduo em decúbito dorsal feito um jejum de 12h. E finalmente, Alberga *et al.* (2017) analisaram a TMR com o MOXUS® por 20 min, com 30 min de aclimação, condições termo neutras da sala e o indivíduo em decúbito dorsal com 12h de jejum.

Diversos estudos que avaliam a TMR por calorimetria indireta utilizam as recomendações descritas por Compher *et al.* (2006) para alcançar uma condição ideal do sujeito e da metodologia na avaliação da TMR. Em detalhes, os autores destacaram os seguintes aspectos importantes: (a) mínimo de 6h em jejum; (b) abstenção noturna de cafeína

e, pelo menos 2h de nicotina e álcool; (c) e também de atividade física moderada por 2h e vigorosa por, pelo menos, 14h; (d) indivíduos em decúbito dorsal ou ligeiramente elevados; (e) 10 a 20 min de aclimatação, desde que os primeiros 5 min de teste sejam eliminados; (f) utilização de qualquer dispositivo de coleta de gás, desde que não permita vazamento de ar; (g) ambiente de coleta sem ruído, com baixa luminosidade e temperatura entre 20°C e 25°C; (h) quociente respiratório entre 0,7 e 1; i) mínimo de 10 min de medida em condições de estado estável (5 min contínuos nos quais os dados de  $VO_2$  e  $VCO_2$  mantenham um CV  $\leq 10\%$ ), descartando os primeiros 5 min, e caso não for alcançada a estabilização durante o tempo do teste, duas ou três novas medidas, não consecutivas, devem ser feitas. Porém, os autores em nenhum momento do estudo especificaram qual seria o período de tempo indicado para alcançar essa estabilidade.

Contudo, Cunha et al. (2013) questionaram qual seria esse tempo ideal em um estudo desenvolvido com adultos saudáveis ( $22 \pm 3$  anos, IMC médio  $24 \pm 3$   $kg \cdot m^{-2}$ ), e verificaram que esses sujeitos alcançavam uma estabilização da medida da TMR apenas no minuto 30 (inclinação =  $-0,95$  kcal/dia por min, 95% IC  $-1,55$  a  $-0,36$ ,  $P=0,002$ ). Os autores também demonstraram maior confiabilidade teste-reteste a partir do minuto 25 ( $-31$  a  $56$  kcal/dia) em diante, destacando a possibilidade de apenas uma única medida ao respeitar maiores durações de teste. Sendo assim, dúvidas sobre o tempo ideal da medida da TMR em adolescentes também são levantadas, sobretudo em adolescentes com obesidade, tendo em vista que não há na literatura informações sobre esse tempo na população infantil.

A ausência de estudos que confirmem o tempo para estabilização da medida em adolescentes obesos reforça ainda mais essa lacuna e destaca a necessidade de novas investigações com essa população. Para além das justificativas metodológicas, a aplicação de programas de exercícios variados no seu estilo, duração, frequência e intensidade também podem apoiar a inconsistência na TMR como resposta ao exercício (CUNHA, FELIPE A.; MIDGLEY, ADRIAN W.; MONTEIRO, WALACE; FREIRE, RAUL *et al.*, 2013; MACKENZIE-SHALDERS; KELLY; SO; COFFEY *et al.*, 2020). Então, compreender como os comportamentos e o estilo de vida podem impactar os elementos do GET é muito significativo, em particular, conhecer os efeitos do exercício na TMR. Pois, estas mudanças apresentam implicações no desempenho da saúde e do esporte. Apesar disso, ainda não existe consenso na literatura sobre o potencial do exercício nas variações da TMR de indivíduos, principalmente quando se fala em adolescentes (MACKENZIE-SHALDERS; KELLY; SO; COFFEY *et al.*, 2020).



O estudo de Meucci et al. (2013) reforçou essa relação ao comparar o efeito da atividade física lúdica supervisionada sobre a TMR de 22 adolescentes com sobrepeso, divididos em 3 grupos: 4 (IMC médio  $22,5 \pm 3,4 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ ) e 8 semanas (IMC médio  $22,2 \pm 4 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ ) de intervenção, e grupo controle (IMC médio  $19,5 \pm 3,4 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ ) que não participaram de atividades supervisionadas. Os resultados pós tratamento demonstraram um aumento significativo da TMR apenas nos grupos que fizeram exercício (4 semanas pré:  $1187 \pm 150 \text{ kcal/dia}$  vs. pós:  $1220 \pm 169 \text{ kcal/dia}$ ; 8 semanas pré:  $1154 \pm 150 \text{ kcal/dia}$  vs. pós:  $1202 \pm 151 \text{ kcal/dia}$ ;  $P \leq 0,05$ ) e não encontraram diferenças no grupo controle (pré:  $1072 \pm 127$  vs. pós:  $1067 \pm 144 \text{ kcal/dia}$ ).

Existem muitas evidências que defendem a promoção da atividade física e desportiva com crianças e adolescentes e os seus benefícios para a saúde dessa população (VASCONCELLOS, FABRÍCIO; CUNHA, FELIPE A.; GONET, DEBORAH T.; FARINATTI, PAULO T. V., 2021; VASCONCELLOS, FABRÍCIO; SEABRA, ANDRE; CUNHA, FELIPE; MONTENEGRO, RAFAEL *et al.*, 2016). Entretanto, é importante enfatizar que as atividades desenvolvidas para esse público respeitem princípios que envolvam a faixa etária do grupo, e sejam interessantes e variadas, para alcançar uma maior aderência à proposta e sucesso no tratamento (PHYSICAL ACTIVITY GUIDELINES ADVISORY, 2008).

A maioria das pesquisas que investigaram o efeito sobre a TMR em adolescentes utilizaram métodos de treinamento convencionais com ExA (ALBERGA; PRUD'HOMME; SIGAL; GOLDFIELD *et al.*, 2017; LAZZER; BOIRIE; MONTAURIER; VERNET *et al.*, 2004; VAN DER HEIJDEN; SAUER; SUNEHAG, 2010) e/ou ExR (OLIVEIRA; ROSSI; BUONANI; DINIZ *et al.*, 2016) em academia, ou seja, ainda que possam ser efetivos, são pouco motivadores e atrativos para essa população. Alberga et al. (2019) mostraram que altos níveis de aderência a intervenções por meio de exercícios não convencionais em adolescentes, principalmente obesos, apresentam mais chances de se alcançar benefícios para a saúde, quando comparados a programas de exercícios tradicionais.

Então, as atividades recreativas e desportivas são citadas como possíveis alternativas de intervenção para crianças e adolescentes, isso devido ao seu potencial para despertar interesse e diminuir o índice de abandono a prática de exercícios nessa idade. Como também, o seu comprovado papel benéfico a saúde física e mental desse público (KRUSTRUP, PETER; AAGAARD, PER; NYBO, LARS; PETERSEN, JEFFREY *et al.*, 2010; VASCONCELLOS, FABRÍCIO; SEABRA, ANDRE; CUNHA, FELIPE; MONTENEGRO,

RAFAEL *et al.*, 2016). Olhando de maneira mais específica a essa questão, o futebol recreativo aparece como uma ferramenta muito propícia para auxiliar no controle e no tratamento da obesidade infantil.

O futebol possui um enorme prestígio e popularidade, além de ser um dos esportes mais praticados tanto em âmbito nacional como internacional (BALZANO; DE PAULA RODRIGUES; DA SILVA; MUNSBURG, 2019). No entanto, diferente do futebol tradicional, que é voltado para competições e para o desempenho esportivo em clubes de base e elite, o futebol recreativo é relevante, pois não se preocupa com os aspectos da performance, e sim, com o desenvolvimento do lazer, bem-estar e promoção da saúde. Assim, estimulando os participantes a brincarem e se divertirem, favorecendo uma boa aderência ao exercício, em especial, por adolescentes com sobrepeso e obesidade (KRUSTRUP; HELGE; HANSEN; AAGAARD *et al.*, 2018; LIMA; LIMA; DAS GRAÇAS ANGUERA; SAMPAIO *et al.*, 2020; VASCONCELLOS, FABRÍCIO; CUNHA, FELIPE A.; GONET, DEBORAH T.; FARINATTI, PAULO T. V., 2021).

A configuração do futebol recreativo em jogos reduzidos, com manipulações de regras, ajuda no desenvolvimento da aptidão aeróbia e habilidades técnicas e táticas, com uma percepção de esforço menor do que o futebol tradicional entre populações infantis (KRUSTRUP; HELGE; HANSEN; AAGAARD *et al.*, 2018; SEABRA; LARSEN; RIIS; ELBE *et al.*, 2019; VASCONCELLOS, FABRÍCIO; CUNHA, FELIPE A.; GONET, DEBORAH T.; FARINATTI, PAULO T. V., 2021). Além de promover inúmeros benefícios a saúde, por reunir tarefas motoras diversificadas com intensidade moderada a vigorosa, envolvendo ações de alto impacto, como *sprints* e mudanças de direções, que estimulam o sistema musculoesquelético e elevam o gasto energético, ao exigir uma determinante participação do componente anaeróbio em conjunto a predominante solicitação do metabolismo aeróbico. Sendo assim, esta prática pode auxiliar na melhora da aptidão cardiorrespiratória, do sistema musculoesquelético, dos marcadores cardiovasculares e metabólicos e na redução da ansiedade e depressão (KRUSTRUP; HELGE; HANSEN; AAGAARD *et al.*, 2018; PEDRETTI; PEDRETTI; VASCONCELLOS; SEABRA, 2016).

Dessa forma, o interesse na investigação é despertado em muitos estudos, levando em consideração o crítico cenário da obesidade infantil e a necessidade de estratégias para sua prevenção e combate precoce. Alguns levantamentos mostram que a TMR pode ser um agente contribuinte para isso, porém, a literatura ainda apresenta muitas lacunas nessa temática e os resultados são muito contraditórios. As divergências metodológicas na avaliação da TMR e os

diferentes tipos de propostas de intervenções dos estudos podem ser embasados como justificativa, principalmente ao analisar grupos específicos, como no caso de adolescentes, onde essa falta de conformidade nos métodos é ainda mais evidente em pesquisas científicas. Ademais, o futebol recreativo aguçou o interesse de investigação como uma opção viável de intervenção, tendo em vista, que alguns estudos mostraram um aumento da TMR mediante a prática de atividades recreativas e desportivas, como também, pelo futebol ser um dos esportes mais praticados e com maior popularidade no Brasil. Portanto, é nesse espaço de investigação que a presente dissertação se apresenta, de acordo com o contexto de questões expostas.

## 1 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

O projeto de mestrado, referente a presente dissertação, foi submetido à plataforma brasil e, seguindo as normas da Resolução CNS n° 466/2012, foi considerada aprovada pelo comitê de ética sob registro do número do CAAE: 91950618.8.0000.5259. Além disso, a sua estrutura foi dividida entre seis capítulos e em configuração de artigos científicos, sendo dois artigos originais, um metodológico e outro experimental. O **capítulo 1** exibe a introdução geral da dissertação, constituída por uma breve apresentação da temática, incluindo o problema que se pretende estudar, o fundamento científico e a lacuna da literatura. Em seguida, o **capítulo 2** apresenta a estrutura da dissertação, indicando os objetivos e os estudos que serão desenvolvidos.

No **capítulo 3**, é exposto o referencial teórico, apontando a importância da taxa metabólica de repouso e os fatores que a influenciam, a sua relação com o exercício físico, sempre reforçando na saúde do adolescente e os métodos de análise e intervenção para estudos que busquem o efeito do exercício na taxa metabólica de repouso em adolescentes.

Posteriormente, o **capítulo 4** representa os dois estudos realizados nessa dissertação, apresentando suas introduções, objetivos e métodos utilizados. O primeiro artigo, com o título “*Time to achieve steady-state for an accurate assessment of resting energy expenditure in adolescents with healthy weight and obesity: A cross-sectional study*”, tem como objetivo identificar o tempo necessário para alcançar o estado estável para uma medida precisa da TMR em adolescentes não obesos e obesos. E o segundo artigo, com o título “*Effects of a 12-week recreational soccer program on resting metabolic rate among obese adolescents*”, tem como objetivo analisar o efeito crônico de 12 semanas de um programa de futebol recreativo sobre a Taxa Metabólica de Repouso composição corporal e aptidão cardiorrespiratória de adolescentes obesos.

O **capítulo 5** irá discutir os resultados encontrados e descritos nos estudos do capítulo anterior, através da discussão geral da dissertação. Por último, no **capítulo 6** serão apresentadas principais considerações dos estudos e em seguida, a lista de referências utilizadas no presente projeto.

## 1.1 Objetivos

### Objetivo geral

Investigar o efeito crônico de um programa de futebol recreativo de 12 semanas sobre a Taxa Metabólica de Repouso de adolescentes obesos.

### Objetivos específicos

- Identificar o tempo necessário para alcançar o estado estável para uma avaliação precisa da Taxa Metabólica de Repouso em adolescentes obesos e não obesos;
- Analisar o efeito crônico de 12 semanas de um programa de futebol recreativo sobre a Taxa Metabólica de Repouso, composição corporal e aptidão cardiorrespiratória de adolescentes obesos.

## 1.2 Lista de artigos

- a) Artigo Original 1: aceito na revista *Archives of Endocrinology and Metabolism*, Isabela Soares; Fabrício Vasconcellos; Felipe A. Cunha; **Time to achieve steady-state for an accurate assessment of resting energy expenditure in adolescents with healthy weight and obesity: A cross-sectional study**, 2021.
- b) Artigo Original 2: em revisão na revista *Journal of Science in Sport and Exercise*, Isabela Soares; Felipe A. Cunha; Fabrício Vasconcellos; **Effects of a 12-week recreational soccer program on resting metabolic rate in obese adolescents**, 2021.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 A importância do Gasto Energético e da Taxa Metabólica de Repouso

Abordar o tema gasto energético é essencial na atualidade, tendo em vista a sua importância em questões relacionadas a epidemia de obesidade. Porém, estudos sobre essa temática, em seres humanos, já são desenvolvidos há bastante tempo. Na metade do século 18, com a primeira lei da termodinâmica, autores começaram a declarar os primeiros achados sobre energia, no qual diziam que a mesma não era criada e nem destruída, mas sim, sempre transformada. Neste sentido, com o avanço da tecnologia da época, em 1782, construíram o calorímetro de gelo e adotaram o uso do termo “caloria” para definir a energia gerada em forma de calor. A partir disso, estes autores começaram a investigar o consumo de calorias e oxigênio por humanos, em situações diversas (DA ROCHA; ALVES; DA FONSECA, 2006; MONTOYE, 1996).

As descobertas sobre respiração auxiliaram a estabelecer a ciência da calorimetria, ao firmar a base para o conhecimento do metabolismo humano e iniciar a sua medição por meio da calorimetria indireta e, conseqüentemente, os autores declararam que a combustão era um processo que consumia oxigênio, produzia calor e que o metabolismo energético humano também consumia oxigênio e produzia calor (DA ROCHA; ALVES; SILVA; CHIESA *et al.*, 2005).

Com o passar dos anos e o aparecimento de novas pesquisas, os conceitos sobre energia foram se reformulando e se especificando. Entretanto, foi a partir da descoberta que o exercício muscular consumia oxigênio e produzia gás carbônico, que a preocupação com o modo como esse gasto seria medido começou a crescer. Medir o calor liberado pelo metabolismo dos organismos vivos requer um sistema muito sofisticado, o calorímetro, considerado um dos primeiros e principais métodos criados para avaliar o gasto energético de indivíduos. Apesar de admitirem a calorimetria direta e indireta como opções, é importante lembrar que elas não medem a mesma energia (FONSECA, 2007).

A calorimetria direta foi criada para quantificar a produção total de calor metabólico dissipado pelo corpo, como resultado dos metabolismos anaeróbio e aeróbio, ou seja, a quantidade de energia liberada como calor durante os processos metabólicos que não são

direcionados para a realização de trabalho externo. No entanto, a calorimetria indireta mede a diferença nos conteúdos de oxigênio e gás carbônico através das trocas gasosas entre um organismo vivo e a atmosfera circundante, que permite uma estimativa da utilização dos substratos e, posteriormente, o cálculo do gasto energético usando os equivalentes calóricos. Porém, os dois métodos possuem suas vantagens e limitações, a condição indireta é a mais aplicada em laboratórios e estudos científicos, por ser tecnicamente mais fácil em relação a direta, devido seu menor custo e por conseguir avaliar também a oxidação dos substratos, além de ter um tempo de resposta mais rápida às alterações do metabolismo comparada a calorimetria direta (KENNY; NOTLEY; GAGNON, 2017).

Embora existam outras técnicas de calorimetria indireta, o método mais utilizado é por meio da troca gasosa, na qual afere-se a produção de energia a partir dos equivalentes calóricos de  $VO_2$  e  $VCO_2$ , com base nos conceitos de que não existem reservas de oxigênio consideráveis no organismo dos seres humanos e que a produção de gás carbônico simboliza cerca de 85% do consumo de oxigênio. Além de mensurar as variáveis respiratórias, esses gases também podem representar a oxidação dos macronutrientes ingeridos pelos indivíduos na dieta (CRISP; VERLENGIA; OLIVEIRA, 2014; HENES; JOHNSON; TONER; MAMARIL *et al.*, 2016).

Ao avaliar o gasto energético por meio da calorimetria indireta, também é possível definir um dos seus componentes mais importantes em um indivíduo, a TMR em kcal. A partir das medidas de  $VO_2$  e  $VCO_2$  em repouso, verificadas pela calorimetria, essas variáveis são aplicadas em equações que as convertem em valores calóricos da TMR. No geral, as pesquisas têm utilizado a equação de Weir (1949), aceita como “padrão ouro” para calcular a TMR em seres humanos, sendo ela:

$$TMR (kcal/min) = 3.941 * (VO_2 L/min) + 1.106 * (VCO_2 L/min)$$

A calorimetria começou a ser manuseada com o intuito de analisar a função da tireoide, por meio do metabolismo basal (WAHRLICH; ANJOS, 2001). No entanto, com os avanços tecnológicos nesse assunto, a calorimetria indireta teve seu prestígio remanejado para os estudos voltados ao metabolismo e a nutrição, visando a determinação do dispêndio energético dos indivíduos de maneira precisa (DIENER, 1997).

Desse modo, com a implementação da calorimetria indireta como uma das principais ferramentas para uma avaliação rigorosa e concreta do gasto energético total humano (GET), entender e manipular essa variável passou a ser fundamental para a manutenção do peso

corporal dos indivíduos. Essa importância deve-se pela relação entre o balanço energético, ou seja, o equilíbrio entre o gasto e o consumo de energia, com a avaliação do GET. Isso porque, o balanço energético desregulado, pode resultar na perda de peso quando o GET for maior que o consumo energético ou, principalmente, no ganho de peso com o aumento da ingestão calórica diária e a diminuição do gasto energético, podendo levar à obesidade e influenciar o metabolismo energético (BRANDOU; SAVY-PACAU; MARIE; BRUN *et al.*, 2006; REGINA, 2005).

Contudo, cabe ressaltar que o GET é composto por: efeito térmico dos alimentos, gasto energético de atividade física voluntária e TMR. E, a partir dessa medida, os profissionais de saúde podem administrar o equilíbrio entre a ingestão e o gasto calórico, ou seja, manter adequado o balanço energético dos indivíduos (FONSECA, 2007). O efeito térmico dos alimentos é definido pela energia acumulada no gasto energético posteriormente as refeições, por conta das quebras, absorção e metabolização dos alimentos, constituindo aproximadamente 10% do GET. Outro componente, apontado como o mais variado, é o gasto energético de atividade física voluntária que compreende o gasto de energia advindo do trabalho físico, da atividade muscular e do exercício físico, podendo alcançar de 15 a 30% do GET (SCHNEIDER; MEYER, 2008).

Já, a TMR é o item mais influente no gasto energético diário dos seres humanos, sua contribuição pode chegar até aproximadamente 70% do GET, sobretudo em pessoas sedentárias. Esse elemento é definido como a quantidade mínima de energia que o corpo gasta (calorias) para manter as funções fisiológicas do organismo humano em repouso, como mecanismos de excreção, manutenção do tônus muscular, funções cardiorrespiratórias, dentre outras (ALBERGA; PRUD'HOMME; SIGAL; GOLDFIELD *et al.*, 2017).

A utilização da TMR para definir o gasto diário dos indivíduos tem sido amplamente empregada, assumindo um papel de grande importância na área da saúde. Frequentemente, são aplicadas por clínicas para estimativa de necessidades energéticas de pacientes, por agências governamentais e por organizações de saúde para indicar as necessidades energéticas da população, como também, é utilizada no esporte para a orientação energética em atletas (FONSECA; DUARTE; BARBETTA, 2010).

Além da calorimetria indireta, considerada método “padrão ouro” para avaliação da TMR, essa taxa pode ser avaliada por meio de equações preditivas que estimam o seu valor de maneira mais acessível, prática e econômica. Apesar disso, as equações apresentam maior erro padrão de estimativa (EPE) da medida, quando comparado a calorimetria indireta.



Uemura et al. (2012) demonstraram em uma pesquisa com 76 adolescentes obesos (feminino:  $12,6 \pm 0,5$  anos; IMC médio  $29,2 \pm 2,8 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ ; masculino:  $12,8 \pm 0,3$  anos; IMC médio  $27,9 \pm 3,1 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ ) e eutróficos (feminino:  $12,8 \pm 0,4$  anos; IMC médio  $19,1 \pm 1,5 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ ; masculino:  $12,9 \pm 0,4$  anos; IMC médio  $18,4 \pm 1,4 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ ) os valores do EPE da TMR ao comparar diferentes equações pediátricas com a calorimetria. Os resultados indicaram 7 equações com diferenças entre as médias da TMR medidas e previstas dentro da variação de 5% nos indivíduos obesos (Harris-Benedict:  $\Delta -33,3$ ; Schofield-W:  $\Delta -67$ ; Molnar 1 e 2:  $\Delta 39,8/\Delta 50$ ; Muller 1 e 2:  $\Delta 71,4/\Delta -51$ ; Henry and Reels 1991-WH:  $\Delta -72,8 \text{ kcal/dia}$ ), enquanto nos eutróficos, essa quantidade aumentou para 13, das 18 equações avaliadas (*Food and Agriculture Organization of the United Nations 1985-W*:  $\Delta -33,4$ ; *Food and Agriculture Organization of the United Nations 2004*:  $\Delta -40,8$ ; Harris-Benedict:  $\Delta -12,8$ ; Schofield-W e WH:  $\Delta -66,5/\Delta -39,3$ ; Lazzer 1 e 2:  $\Delta -25,9/\Delta -9,9$ ; Japan-DRI:  $\Delta -34,3$ ; Henry and Reels 1991-W e WH:  $\Delta 36/\Delta 26,8$ ; Henry 2005-W e WH:  $\Delta 4,8/\Delta -2,4 \text{ kcal/dia}$ ).

Do mesmo modo que as equações preditivas, também são investigados o EPE da medida entre os analisadores metabólicos. Isso porque, o erro entre cada equipamento pode esclarecer se o motivo da variação vem de alterações fisiológicas dos indivíduos e não dos analisadores, por meio da diferença entre o CV dos sujeitos e dos instrumentos utilizados. Geralmente, os indivíduos apresentam uma variação para a TMR de 5-10%, enquanto a exigência para os analisadores metabólicos é de um  $\text{CV} \leq 3\%$  (FONSECA, 2007). Atualmente, não são produzidos analisadores metabólicos que sejam reconhecidos como método “padrão-ouro”, assim como era o Deltatrac® (VIASYS Health-care Inc, SensorMedics, 70 Yorba Linda, CA), que não é mais fabricado (KENNEDY; RYAN; FRASER; CLEGG, 2014).

Então, autores buscam constantemente demonstrar qual analisador se aproxima mais de medidas precisas, ou seja, com menor variação, entre as avaliações da calorimetria indireta. Um estudo realizado por Alcantara et al. (2018) avaliou a TMR de 17 jovens de ambos os sexos (11 mulheres; 18-26 anos; IMC médio  $22,4 \pm 2,6 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ ) em dois dias diferentes, utilizando a cada dia um analisador metabólico, sendo eles: CCM Express® (CCM) e o Ultima Cardio2® (MGU). Os autores indicaram que o analisador Ultima Cardio2 apresentou maiores valores de diferenças da TMR, entre os dois dias, comparado ao CCM Express ( $219 \pm 185$  vs.  $158 \pm 154 \text{ kcal/dia}$ ,  $P=0,002$ ; CV:  $18,3 \pm 17,2\%$  vs.  $13,5 \pm 15,3\%$ ,  $P = 0,046$ , respectivamente), ou seja, mostrando-se menos confiável, por mais que os dois analisadores tenham apresentado altos valores de CV.

Nesse sentido, a avaliação do gasto energético a partir de medidas aperfeiçoadas, em indivíduos de diferentes características, é essencial para uma indicação mais precisa desses valores, visto que, a administração do balanço energético auxilia na prevenção de diversas doenças crônicas, como a obesidade. Do mesmo modo, melhores estimativas do metabolismo em repouso podem favorecer os planejamentos de intervenções nutricionais e de treinamentos físicos (CRISP; VERLENGIA; OLIVEIRA, 2014).

### 2.1.1 Relação entre a Taxa Metabólica de Repouso e a Obesidade

É habitual o sobrepeso e a obesidade estarem, principalmente, relacionados ao aumento do consumo de energia, gerando um desequilíbrio no controle da ingestão de alimentos, além de uma diminuição no gasto energético, particularmente no elemento associado à prática de exercício físico, ou a combinação destes dois mecanismos (FONSECA, 2007). O sobrepeso é caracterizado por uma condição em que a massa corporal ultrapassa os valores médios da população adotados para o sexo, a estatura e a massa corporal do sujeito. No caso, a obesidade ocorre quando há um acúmulo excessivo de gordura no organismo dos indivíduos, acarretando comprometimentos para a saúde (POLLOCK; WILMORE, 1993).

Problemas de saúde contemporâneos, como obesidade e suas comorbidades, podem estar associados à habilidade de compreensão e manipulação do gasto energético diário da população. Embora essa relação tenha sido muito estudada há anos, ainda são incertas as funções e interferências dos componentes do gasto energético, principalmente a TMR, no desenvolvimento da obesidade na infância e em adultos (ALBERGA; PRUD'HOMME; SIGAL; GOLDFIELD *et al.*, 2017; CAZAL; MARINS; NATALI; VALLEJO SOTO *et al.*, 2019).

Atualmente, a obesidade é vista como uma epidemia e apontada como problema de saúde pública mundial. A sua predominância está associada a diversas comorbidades como a diabetes, a hipertensão, a dislipidemia e o desenvolvimento de fatores de risco para doenças cardiovasculares (CRISP; VERLENGIA; OLIVEIRA, 2014), além da diminuição de hormônios do crescimento, desordens respiratórias, problemas ortopédicos e prejuízos psicológicos e sociais em adolescentes (SCHNEIDER; MEYER, 2008).

Geralmente, o sobrepeso e a obesidade são especificados pelo IMC, que é o cálculo da razão entre o peso e a altura elevada ao quadrado de uma pessoa, em seguida, é classificado de acordo com os pontos de corte para o sexo e idade, a partir do IMC acima do percentil 85 para sobrepeso e 95 para obesidade. Esse é o método mais utilizado para avaliar excesso de peso em crianças e adolescentes (COLE; BELLIZZI; FLEGAL; DIETZ, 2000; KIM, 2014).

Ademais, o sobrepeso e a obesidade infantil têm crescido expressivamente e despertam muita atenção por serem fortes preditores de obesidade na fase adulta (HOHENADEL; HOLLSTEIN; THEARLE; REINHARDT *et al.*, 2019; REGINA, 2005). Estudos mostram que 40% das crianças obesas apresentam maiores chances de se tornarem adolescentes obesos, e 80% dos adolescentes que são obesos nessa fase, podem se tornar adultos obesos (GUO; CHUMLEA, 1999; HOHENADEL; HOLLSTEIN; THEARLE; REINHARDT *et al.*, 2019; REGINA, 2005).

Dados mundiais revelam que a obesidade em crianças e adolescentes aumentou de menos de 1% em 1975 para quase 6% em meninas e 8% em meninos no ano de 2016, passando de 11 milhões para 124 milhões de indivíduos obesos com idades entre 5 e 19 anos (ABARCA-GÓMEZ; ABDEEN; HAMID; ABU-RMEILEH *et al.*, 2017). Segundo dados do Ministério da Saúde, de 2006 a 2016, mais da metade da população brasileira apresenta excesso de peso e 18,9% estão com obesidade, mostrando o aumento de 60% desse número em dez anos (BRASIL, 2016). Na juventude, a prevalência da obesidade está cada vez maior, tanto nos países desenvolvidos quanto nos países em desenvolvimento. Desta forma, a doença já atinge cerca de 8,4% dos brasileiros de 12 a 17 anos (BLOCH; KLEIN; SZKLO; KUSCHNIR *et al.*, 2016).

O Brasil compreende o conjunto de países em transição nutricional, com grande aumento da obesidade comparado à desnutrição, porém, essas duas vertentes ainda são encontradas no mesmo espaço, entre a carência de alimentos e nutrientes, e o excesso da ingestão alimentar, sendo na maioria das vezes de alto valor calórico, baixo custo e reduzido teor nutricional (WEFFORT; DE SOUSA MARANHÃO; GURMINI; DE MELLO *et al.*). Além do fator nutricional, segundo Dutra *et al.* (2015), adolescentes e crianças que gastam maior parte do seu tempo com atividades menos energéticas, como assistir televisão, jogar videogame e usar o computador, contribuem com o ganho de peso mais acentuado nessas faixas etárias e com o aumento do sedentarismo.

A Pesquisa Nacional de Saúde do Escolar (PeNSE) publicada nos anos de 2009, 2012 e 2015 demonstraram uma diminuição no percentual de adolescentes brasileiros fisicamente

ativos, no qual os valores oscilaram de 43,1%, para 30,1% até 34,4%, respectivamente (IBGE 2010; 2013; 2016). Ou seja, no Brasil em 2015, 2/3 desses adolescentes não se enquadravam como indivíduos fisicamente ativos, por não atenderem às recomendações de 300 min ou mais de atividade física por semana. A opção por um estilo de vida com padrões de comportamento sedentário, marcado por horas em frente a telas, como televisão, vídeo-game e computador, bem como com essa redução da prática regular de atividade física, podem ser fatores determinantes para o crescimento na prevalência da obesidade infantil no Brasil e no mundo (VASCONCELLOS; DA MATTA POLYCARPO; SANTANA; DA VEIGA, 2021).

Nos dias de hoje, além do tempo disponibilizado com televisão, jogos de vídeo-game e computador, o celular também têm contribuído bastante para o aumento do comportamento sedentário entre os jovens. Em 2015, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística demonstrou que 78,3% de brasileiros com 10 anos ou mais tinham celular para uso pessoal (IBGE, 2015). Com isso, a utilização exagerada desses aparelhos eletrônicos têm sido associada a diversos riscos para doenças entre adolescentes, como lesões posturais, privação de sono (OLIVEIRA; CINTRA; BEDOIAN; NASCIMENTO *et al.*, 2017) e, principalmente, a obesidade (KENNEY; GORTMAKER, 2017).

A obesidade é considerada uma doença multifatorial, ou seja, pode ser causada por diversos fatores: genéticos, fisiológicos, ambientais e comportamentais, mas a principal razão do seu desenvolvimento é a alteração no estado do balanço energético dos indivíduos, ou seja, quando a ingestão de energia supera o gasto energético. Entretanto, a inatividade física parece ser uma das condições mais relevantes, que explica o progressivo domínio da doença na infância. De fato, hoje as crianças e adolescentes são mais sedentários do que qualquer outra época. Isso, como demonstrado anteriormente, por conta do avanço tecnológico, onde atividades sedentárias, que são consideradas como fatores de risco para obesidade, ultrapassam muito o estilo de vida mais ativo do passado (REGINA, 2005; VASCONCELLOS, FABRÍCIO; SEABRA, ANDRE; CUNHA, FELIPE; MONTENEGRO, RAFAEL *et al.*, 2016).

Hohenadel et al. (2019) desenvolveram uma pesquisa com crianças americanas para verificar se uma menor TMR medida na infância prediz maior mudança relativa no IMC durante a adolescência. Os autores avaliaram 126 indivíduos dos sexos feminino e masculino aos 5 anos (IMC médio  $17,6 \pm 3,1$ ,  $17,6 \pm 3,2$   $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ ; TMR  $1018 \pm 158$ ,  $1105 \pm 138$  kcal/dia, respectivamente), aos 10 anos (IMC médio  $24,6 \pm 5,4$ ,  $24,2 \pm 5,8$   $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ ; TMR  $1482 \pm 255$ ,  $1545 \pm 267$  kcal/dia, respectivamente) e em uma última visita que ocorria na adolescência, sem

ultrapassar os 20 anos ( $16,1 \pm 2,2$ ,  $16 \pm 2,4$  anos; IMC médio  $31,9 \pm 7,1$ ,  $31 \pm 8,2$   $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ , respectivamente). Os autores encontraram nesse estudo que apenas aos 10 anos, e não aos 5, uma menor TMR teria relação com um maior aumento nos escores z de IMC, na diferença relativa ao percentil 95 do IMC e no ganho de peso (todos  $r \leq -0,22$ ,  $P \leq 0,01$ ) futuro desses sujeitos.

Neste sentido, devido a todas as consequências que o sobrepeso e a obesidade geram à saúde, são necessárias estratégias de controle, prevenção e diminuição do peso corporal ainda na infância. Já que, com o passar dos anos, reverter esse quadro fica cada vez mais difícil. Desse modo, considerando a influência da TMR no gasto energético dos indivíduos, desenvolver métodos que possam aumentar essa taxa, atuando de forma significativa no balanço energético, mostram-se possivelmente como um bom planejamento contra a obesidade infantil.

### 2.1.2 As Variáveis que Influenciam a Taxa Metabólica de Repouso

Os indivíduos estão constantemente sujeitos à influência das variáveis biológicas e ambientais que alteram significativamente os valores da TMR. Bader et al. (2005) ao analisarem as variações da TMR intra-individual, não encontraram valores muito amplos (CV em medidas repetidas foi de aproximadamente 5%). Enquanto, ao dividirem aleatoriamente os indivíduos em 3 grupos distintos, perceberam uma maior variabilidade nos resultados interpessoais da TMR, ajustada pela massa corporal magra (MCM), nesta população (CV grupo 1: 13,6%, grupo 2: 10,4% e grupo 3: 11,1%). Do mesmo modo, diversos estudos já demonstraram resultados distintos da TMR entre populações heterogêneas, de acordo com aspectos como: sexo, idade, composição corporal, etnia, dentre outras (CRISP; VERLENGIA; OLIVEIRA, 2014; MCMURRAY et al., 2014).

A literatura descreve que a MCM é um dos fatores mais influentes na TMR dos humanos, o estudo de De Oliveira et al. (2015) demonstrou que MCM em adolescentes ( $13,7 \pm 1,2$  anos) pode explicar 59,1% dessa influência no sexo masculino (IMC médio  $31,8 \pm 5,0$   $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ ) e 67,7% no feminino (IMC médio  $31,2 \pm 4,2$   $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ ). Da mesma forma, a MCM demonstrou correlação positiva significativa com a oxidação lipídica (masculino:  $r=0,37$ ,  $P=0,02$ ; feminino:  $r=0,40$ ,  $P=0,04$ ), como também, se correlacionou

significativamente com a TMR (masculino:  $r=0,580$ ,  $P<0,01$ ; feminino:  $r=0,614$ ,  $P<0,01$ ). Consequentemente, o aumento da TMR e da oxidação de substratos podem auxiliar na redução do peso devido ao aumento do gasto energético, como também, diminuir os índices de obesidade e seus efeitos negativos (DE OLIVEIRA; GARDIM; FERREIRA; CAYRES *et al.*, 2015; OLIVEIRA; ROSSI; BUONANI; DINIZ *et al.*, 2016).

De Oliveira et al. (2015) também encontraram correlações positivas moderadas entre MCM e TMR dos adolescentes obesos de ambos os sexos (masculino:  $r=0,580$ ,  $P<0,01$ ; feminino:  $r=0,614$ ,  $P<0,01$ ). Essa relação é muito prevalente na adolescência devido ao sexo e, principalmente, à fase maturacional característica nessa idade. Por mais que os meninos tenham apresentado maior valor de TMR (masculino:  $1864\pm 402$  kcal/dia; feminino:  $1668\pm 297$  kcal/dia), o estudo indica que as meninas apresentaram correlações positivas moderadas na MCM de membros superiores e inferiores ( $r=0,616$ ,  $P=0,01$ ;  $r=0,451$ ,  $P=0,02$ , respectivamente), ao contrário dos meninos que só apresentaram correlação moderada entre a TMR e os membros inferiores ( $r=0,515$ ,  $P=0,01$ ; superiores:  $r=0,306$ ,  $P=0,07$ ).

Possivelmente, esse fato é esclarecido por elas terem um desenvolvimento corporal mais acelerado do que os meninos, ou seja, o estágio maturacional mais avançado, e com isso, a contribuição dos órgãos metabolicamente ativos e o desenvolvimento puberal levam a mais correlações com a TMR. O ciclo menstrual é outro fator que pode influenciar no grupo feminino, porque a secreção de progesterona aumenta a produção de calor corporal e eleva a TMR (DE OLIVEIRA; GARDIM; FERREIRA; CAYRES *et al.*, 2015).

Na pesquisa desenvolvida por McMurray et al. (2014) foram observadas a influência das variáveis: sexo, idade e IMC em adultos heterogêneos. Os autores concluíram que a TMR por unidade de massa corporal das mulheres foi menor do que dos homens ( $0,839$  kcal·kg<sup>-1</sup>·h<sup>-1</sup> vs.  $0,892$  kcal·kg<sup>-1</sup>·h<sup>-1</sup>, respectivamente), a idade e o IMC mostraram que a TMR, por unidade de massa corporal em ambos os sexos, era mais alta em indivíduos jovens com peso normal (masculino:  $1,007$  kcal · kg<sup>-1</sup> · h<sup>-1</sup> e feminino:  $0,918$  kcal·kg<sup>-1</sup>·h<sup>-1</sup>) e conforme a idade e o IMC aumentavam, a TMR diminuía (IMC  $\geq 30$  kg·m<sup>-2</sup>, TMR  $< 0,741$  kcal·kg<sup>-1</sup>·h<sup>-1</sup>). Hasson et al. (2011), ao analisarem a TMR de 362 indivíduos (18-60 anos; IMC médio 17,6-50,6 kg·m<sup>-2</sup>), concluíram que a mesma foi maior em homens quando comparada às mulheres ( $1827,3\pm 304,4$ ;  $1412\pm 214$  kcal/dia, respectivamente). Além disso, verificaram que obesos ( $1849,8\pm 388,9$  kcal/dia) apresentaram maiores valores em relação às pessoas com sobrepeso e eutróficas ( $1674,4\pm 303,9$  e  $1527,1\pm 298,9$  kcal/dia, respectivamente).

Assim como sexo e idade, o IMC parece ser outro fator determinante para a TMR. Nesse sentido, os achados de Byrne et al. (2005) revelaram o IMC como forte fator preditivo para explicar a variação no  $\text{VO}_2$  de repouso, sendo este, portanto, quatro vezes mais forte do que a idade. É compreensível a relação próxima do  $\text{VO}_2$  de repouso com a TMR, já que o mesmo faz parte da equação que expressa os valores de TMR, ao lado do  $\text{VCO}_2$  de repouso, como relatado anteriormente. Então, ao parear os sujeitos em função do IMC, os autores observaram, por exemplo, que o  $\text{VO}_2$  de repouso medido foi superestimado pelo valor padronizado de  $3,5 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  em 35% e 14% em indivíduos com IMC médio de 30 e  $20 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ , respectivamente. Os achados de Pinet et al. (2008) parecem corroborar a noção de uma possível relação inversamente proporcional entre o IMC e  $\text{VO}_2$  de repouso. Em uma amostra heterogênea de 68 indivíduos (24-56 anos), divididos em três faixas de IMC ([representadas pela letra 'T']. Ex.:  $T1 = 30,5 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ ;  $T2 = 34,3 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$  e  $T3 = 40,2 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ ), os autores observaram, por exemplo, que os indivíduos com maior IMC ( $T3 > T2 > T1$ ) apresentam, em média, menores valores para o  $\text{VO}_2$  de repouso ( $T3 = 2,3 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1} < T2 = 2,4 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1} < T1 = 2,7 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ).

No que tange a raça/etnia, as altas taxas de obesidade entre americanos afrodescendentes comparados aos caucasianos vêm sendo ilustradas como multifatoriais e um desses motivos evidentes são as diferenças de gasto energético de repouso em populações diversas. Então, a literatura aponta também a raça/etnia como uma variável de interferência nos valores de TMR de adultos e crianças, devido às distinções entre massa magra do tronco com metabolismo de repouso alto e massa magra apendicular de baixa taxa de metabolismo, em negros e brancos (BROADNEY; SHAREEF; MARWITZ; BRADY *et al.*, 2018; NSATIMBA; PATHAK; SOARES, 2016).

Um estudo, realizado com 594 crianças e adolescentes ( $11,1 \pm 2,6$  anos), mostrou que os afrodescendentes têm menor gasto energético em repouso que seus pares caucasianos ( $1511,6 \pm 11,2$  vs.  $1588,5 \pm 10,6$  kcal/dia, respectivamente). Esses achados apontaram diferenças na composição corporal entre as etnias, onde as crianças afrodescendentes apresentaram menor massa magra de tronco de alta taxa metabólica em repouso ajustado ( $17,2 \pm 0,2$  vs.  $17,7 \pm 0,2$  kg,  $P=0,022$ ) e maior massa magra apendicular de baixa taxa metabólica em repouso ajustado ( $17,8 \pm 0,2$  vs.  $16,0 \pm 0,2$  kg,  $P<0,001$ ), influenciando assim a TMR (BROADNEY; SHAREEF; MARWITZ; BRADY *et al.*, 2018). Os mesmos resultados foram encontrados por Nsatimba, Pathak & Soares (2015) em um estudo realizado com homens e mulheres adultos na Austrália.

A literatura também aponta uma relação muito estreita do exercício físico com o aumento da TMR, além de ser eficaz na prevenção e no controle da obesidade em crianças e adolescentes. O treinamento físico no geral, mas principalmente que inclui o ExR, é considerado primordial para aumentar o gasto calórico e diminuir o peso e a gordura corporal, visto que, auxiliam na manutenção e no crescimento da MCM, logo, podendo contribuir para o aumento da TMR (CAZAL; MARINS; NATALI; VALLEJO SOTO *et al.*, 2019; MACKENZIE-SHALDERS; KELLY; SO; COFFEY *et al.*, 2020).

Corroborando aos achados, Shook *et al.* (2014) verificaram com uma população de jovens ( $27,6 \pm 3,8$  anos; IMC médio  $25,6 \pm 3,8 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ ) que o exercício e a aptidão cardiorrespiratória foram associados a TMR mais elevada e a melhorias na composição corporal, colaborando também a manutenção da qualidade de vida, possuindo um papel modificador nos problemas relacionados à saúde. Os resultados mostraram que indivíduos com alta aptidão cardiorrespiratória ( $47,4 \pm 7,3 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ) apresentavam maior TMR e menor IMC ( $1551,3 \pm 12,1 \text{ kcal/dia}$  e  $23,6 \pm 2,5 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ , respectivamente) comparados ao grupo com baixa aptidão cardiorrespiratória ( $29,7 \pm 6,5 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ,  $1491,4 \pm 12,6 \text{ kcal/dia}$  e  $28,1 \pm 4,1 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ ;  $P=0,01$ ).

Estudos realizados com crianças e adolescentes demonstram a importância da realização de atividades físicas, principalmente em indivíduos obesos e acima do peso. Eles intensificam, especialmente, a utilização do ExC somando ExA e ExR, pois demonstraram melhores resultados na composição corporal, com aumento da força, da MCM e da TMR, contribuindo no controle e prevenção da obesidade infantil (LAZZER; BOIRIE; MONTAURIER; VERNET *et al.*, 2004; LEMURA; MAZIEKAS, 2002).

## 2.2 Relação entre a Taxa Metabólica de Repouso e o Exercício Físico

A atividade física é estabelecida como qualquer movimento corporal executado por contração do músculo esquelético estriado e que aumenta o gasto energético além do repouso. Já o exercício físico é uma atividade física planejada, estruturada e repetitiva que visa aumentar ou manter a saúde (CASPERSEN; POWELL; CHRISTENSON, 1985), e junto com as atividades físicas rotineiras, são considerados os elementos mais versáteis do gasto



energético total, por serem influenciados pelas variáveis: tipo, frequência, intensidade, volume, entre outras (CRISP; VERLENGIA; OLIVEIRA, 2014).

As mudanças na TMR causadas pelo exercício podem ser explicadas por vários fatores. As alterações na composição corporal (IMC, massa corporal gorda e MCM) causadas pelo exercício, principalmente no componente da MCM que é considerada a maior responsável da variação da TMR, influenciam diretamente essa taxa, por conta da sua relevante produção e contribuição de energia para o organismo. Então, principalmente as perdas ou ganhos na composição corporal dos indivíduos, oriundos de exercícios físicos, podem impactar a TMR (HWANG; JUNG; KIM; PARK *et al.*, 2019)

Além desses aspectos primários, a literatura relata outras possíveis causas genéticas e fisiológicas que podem alterar a TMR pelo exercício, são elas: status da tireoide, ressíntese proteica, leptina circulante, estimulação adrenérgica e atividade do sistema nervoso simpático (MACKENZIE-SHALDERS; KELLY; SO; COFFEY *et al.*, 2020). Entretanto, esses fatores ainda não foram muito explorados, levantando diversas questões e a exigência de mais estudos específicos.

O que se sabe sobre esses fatores é que os hormônios tireoidianos possuem uma relação direta com o metabolismo basal, sobretudo com a TMR. Isso porque, esses hormônios são os responsáveis pela regulação do metabolismo humano, com ações sobre a síntese proteica e enzimática, administrando o tamanho e número de mitocôndrias na maioria das células, como também a atividade contrátil do coração e a metabolização dos substratos energéticos. Portanto, em resposta ao exercício eles podem aumentar devido às alterações fisiológicas do corpo, logo, a TMR também aumenta (LEE; SEDLOCK; FLYNN; KAMIMORI, 2009; POEHLMAN; BERKE; JOSEPH; GARDNER *et al.*, 1992). No entanto, isso não costuma ser regra, pois estudos também encontraram uma diminuição dos hormônios tireoidianos após o exercício, mostrando por vezes a diminuição ou a não alteração da TMR (ASTRUP; BUEMANN; TOUBRO; RANNERIES *et al.*, 1996; TREMBLAY; POEHLMAN; DESPRÉS; THERIAULT *et al.*, 1997).

Acredita-se também que a ressíntese de proteína contribua substancialmente para a TMR, por conta da sua exigência de energia dos tecidos ativos, com base nos requisitos teóricos de ATP, para a manutenção da proteólise, do metabolismo dos aminoácidos não reincorporados na proteína, do transporte da proteína através das membranas e do metabolismo do RNA (WELLE; SCHWARTZ; STATT, 1991). Após o exercício, há uma grande necessidade de reparação e reconstrução das proteínas degradadas durante essa prática,

estimulando assim a competência anabólica do corpo para a síntese de proteínas pós exercício, assim elevando o metabolismo energético (RECKMAN; NAVIS; KRIJNEN; VONK *et al.*, 2019).

Outro ponto é a leptina, hormônio produzido pelo tecido adiposo e que participa da regulação do balanço energético, a partir da sua principal ação de inibir a ingestão alimentar e aumentar do GET. Isso ocorre pela estimulação de dois hormônios anorexígenos no núcleo arqueado, pró-ópio melanocortina (POMC) e transcritos relacionados à anfetamina e cocaína (CART), via ativação do sistema nervoso simpático (SNS), além de inibir os neuropeptídeos orexígenos, que aumentam a ingestão alimentar e diminuem o gasto energético (MARTINZ, 2011). Em indivíduos obesos, esse mecanismo acontece ao inverso, pois a grande quantidade de leptina circulante acaba provocando uma resistência a esse hormônio, atrapalhando o controle da saciedade e o balanço energético. Entretanto, independente do tipo de exercício, o treinamento físico parece diminuir significativamente os níveis de leptina e melhora a resistência dos receptores à esse hormônio (FEDEWA; HATHAWAY; WARD-RITACCO; WILLIAMS *et al.*, 2018).

Já a estimulação adrenérgica, mediante a exposição de agentes adrenérgicos aos receptores, denominados catecolaminas, desempenha diversos processos adaptativos no organismo, sobretudo em situações de estresse agudo, como no exercício, assim, também podendo afetar a TMR (TREMBLAY; COVENEY; DESPRÉS; NADEAU *et al.*, 1992). O estresse é considerado o fator primário para a secreção das catecolaminas, principalmente noradrenalina e adrenalina, hormônios regulados pelo SNS. Durante o exercício prolongado, as catecolaminas possuem funções importantes no transporte de oxigênio e substratos energéticos para os músculos ativos, no aumento da glicogenólise, da força de contração do coração, da liberação de glicose e ácidos graxos livres na corrente sanguínea, da pressão arterial e da respiração, então, levando a um aumento consecutivo da taxa de metabolismo do corpo (CANALI; KRUEL, 2001; ZOUHAL; JACOB; DELAMARCHE; GRATAS-DELAMARCHE, 2008).

Por fim, o SNS controla a prontidão fisiológica através de estímulos elétricos dos neurônios, em situações de estresse/ativação, por exemplo o exercício. Esse mecanismo atua aumentando o débito respiratório, a frequência cardíaca, o aporte de nutrientes às órgãos e células, estimula a liberação de adrenalina e noradrenalina, intensifica a glicogenólise, assim aumentando as atividades metabólicas e de produção de energia do corpo (SPRAUL; RAVUSSIN; FONTVIEILLE; RISING *et al.*, 1993; TREMBLAY; POEHLMAN; DESPRÉS;

Theriault *et al.*, 1997). Por isso, o SNS também é um componente associado às modificações da TMR dos indivíduos. Jeon *et al.* (2003) declararam em seu estudo que a atividade do SNS foi um determinante do gasto energético, e que indivíduos com baixo SNS em repouso podem estar em risco de ganho de peso corporal devido à menor taxa metabólica.

Outro fator importante, que muitas vezes pode explicar o aumento da TMR, devido ao treinamento, é o excesso do consumo de oxigênio pós-exercício (EPOC). Esse mecanismo se manifesta logo após o exercício físico, demonstrando um aumento expressivo no  $VO_2$  e no gasto energético além dos valores em repouso. O EPOC é essencial durante a recuperação e é utilizado para recompor o corpo ao estado de repouso, além de adaptá-lo às alterações provocadas pela prática do exercício. Alguns mecanismos fisiológicos são envolvidos nas modificações causadas por esse efeito, como a reposição dos estoques de oxigênio no músculo e no sangue, o aumento do ciclo de triglicerídeos/ácidos graxos, da frequência cardíaca, da ventilação, da temperatura corporal, da circulação e remoção de lactato e da ressíntese de ATP e fosfato de creatina (JUNG; HWANG; KIM; PARK *et al.*, 2019). Entretanto, os mecanismos fisiológicos compreendidos na extensão e duração do EPOC ainda não estão completamente determinados na literatura (CRISP; VERLENGIA; OLIVEIRA, 2014).

Além disso, como não há uma padronização sobre qual o tempo mínimo e máximo para medir a TMR após o exercício, estudos acabam avaliando-a em períodos diferentes após os programas de treinamento. Em virtude do grande aumento do consumo de oxigênio imediatamente após o exercício, o EPOC pode ser considerado uma importante variável de confusão e, por vezes, negligenciado na avaliação do GET de indivíduos, tendo em vista que a diminuição do EPOC começa nas primeiras 4h pós-exercício, até se normalizar em 24h nas respostas agudas, podendo configurar um grave erro metodológico ao responsabilizar o aumento da TMR como consequência da intervenção ao invés do EPOC (CAZAL; MARINS; NATALI; VALLEJO SOTO *et al.*, 2019).

Nesse cenário, os resultados de estudos vêm mostrando que o EPOC pode permanecer por muitas horas após o exercício físico (BAHR; INGNES; VAAGE; SEJERSTED *et al.*, 1987; SCHUENKE; MIKAT; MCBRIDE, 2002), enquanto outros mostram apenas uma ação transitiva e mínima sobre o gasto energético (BINZEN; SWAN; MANORE, 2001; KAMINSKY; PADJEN; LAHAM-SAEGER, 1990). Paoli *et al.* (2012) investigaram, por exemplo, os efeitos agudos do treinamento de força de alta intensidade *vs.* treinamento de força tradicional sobre a TMR 22h pós-exercício em 18 homens treinados (idade:  $28 \pm 4$  anos).

Os autores observaram um aumento médio para a TMR de 5% ( $\Delta$  98 kcal/dia;  $P < 0,001$ ) e 20% ( $\Delta$  452 kcal/dia;  $P < 0,001$ ) após o treinamento de força tradicional e o de alta intensidade, respectivamente. Em outras palavras, não somente o tempo de restrição, mas o tipo de exercício físico (ex.: intensidade e modo) afetam diretamente o metabolismo basal e, portanto, devem ser considerados para a aferição da TMR.

A maioria dos estudos se baseia em ExA, ExR, ou ExC tradicionais para os programas de intervenção, por apresentarem maior facilidade para a manipulação a nível individual. Por isso, é possível encontrar bastante conteúdo sobre o efeito desses tipos de exercícios na TMR, principalmente em adultos, no qual exibem maior investimento em pesquisas sobre essa temática (ARISTIZABAL; FREIDENREICH; VOLK; KUPCHAK *et al.*, 2015; LEE; SEDLOCK; FLYNN; KAMIMORI, 2009; SILVA; NUNES; MATIAS; JESUS *et al.*, 2020).

A participação regular em programas de ExA mostra melhorias na composição corporal e na TMR dos indivíduos, entretanto, os resultados ainda são contraditórios. Um estudo realizado em jovens com sobrepeso e obesidade (17-35 anos; IMC médio 25-34,9 kg·m<sup>-2</sup>), investigou o efeito de um treinamento de 16 meses com ExA, que tiveram a intensidade e duração modificadas progressivamente. Os resultados da intervenção apontaram o aumento da TMR tanto nas mulheres como nos homens (1583±221 vs. 1715±238 kcal/dia; 1995±184 vs. 2124±270 kcal/dia;  $P < 0,05$ , respectivamente), mas sem alterações significativas na MCM (feminino: 49,5±5,8 vs. 50,4±5,8 kg; masculino: 67,1±8,3 vs. 66,9±7,8 kg) (POTTEIGER; KIRK; JACOBSEN; DONNELLY, 2008).

Os resultados dessa pesquisa indicaram que, apesar da MCM ser muito influente pela sua atividade metabólica, existem outros fatores, já descritos acima, acerca do ExA que reforçam a sua importância e participação na alteração da TMR, sendo eles resultantes do aumento de hormônios metabólicos, como catecolaminas, hormônio do crescimento, da tireoide e o cortisol, do aumento de diversas reações enzimáticas e sistemas de transporte, aumento do fluxo de substrato, reparo do trauma induzido pelo exercício e da síntese de proteínas (CAZAL; MARINS; NATALI; VALLEJO SOTO *et al.*, 2019).

Entretanto, ainda é possível encontrar artigos que não atingem essas mesmas respostas satisfatórias, ou seja, com aumento da TMR. Wilmore *et al.* (1998) analisaram o efeito de exercícios com cicloergômetro em adultos (34,9±14,7 anos; 170,4±9,5 cm; 78±16,1 kg) por 20 semanas. Esse programa também foi alterado progressivamente de acordo com as semanas de treinamento, indo de 30 min com 55% do VO<sub>2max</sub> inicialmente, até 50 min com 75% do

$VO_{2max}$ . Nesse caso, o exercício não foi suficiente para mostrar alterações na TMR desses indivíduos (pré  $6,54 \pm 1,22$  vs. pós  $6,61 \pm 1,23$  mJ/dia).

Ao compararem o próprio estudo, com outros que resultaram em aumento da TMR, Wilmore et al. (1998) reportaram que as diferenças entre idade, modo de treinamento e estado de obesidade poderiam justificar a divergência entre os desfechos das pesquisas. Os autores também reconheceram que o ExA de alto volume durante anos pode levar ao aumento da TMR devido ao aumento do SNS. Entretanto, eles assumiram que o motivo pela qual a ausência de mudanças no seu estudo não teria ficado clara seria, principalmente, por não terem conseguido avaliar a cinética da norepinefrina para identificar modificações dos receptores adrenérgicos.

Já os estudos que examinam programas que tenham o treinamento com ExR como intervenção parecem estar mais consensuais quanto aos seus resultados na literatura, comparado aos estudos realizados com ExA e/ou ExC. Isso por conta do seu papel sobre os valores de TMR, devido ao importante benefício no aumento da MCM. Ryan et al. (1995) descreveram um aumento da MCM e da TMR (peso livre:  $38,2 \pm 1,0$  vs.  $39,3 \pm 1,4$  kg e  $1254 \pm 46$  vs.  $1307 \pm 56$  kcal/dia; máquina:  $43,7 \pm 0,4$  vs.  $44,2 \pm 0,5$  kg e  $1353 \pm 50$  vs.  $1405 \pm 43$  kcal/dia, respectivamente) em mulheres pós-menopausa submetidas a ExR livres ( $57 \pm 2$  anos; IMC médio  $23,2 \pm 0,8$  kg·m<sup>-2</sup>) e em máquinas ( $59 \pm 2$  anos; IMC médio  $30,2 \pm 1,1$  kg·m<sup>-2</sup>) por 16 semanas.

Do mesmo modo, uma pesquisa investigou o efeito do ExR em circuito por 30 min/dia, 3 vezes por semana durante 14 semanas em mulheres obesas ( $38,5 \pm 8,5$  anos; IMC médio  $34,9 \pm 6,4$  kg·m<sup>-2</sup>) e encontraram um aumento de 52% na TMR após a intervenção, ajudando na perda de peso (KERKSICK et al., 2009). Então, o grande impacto do ExR na TMR é fundamentado na maior aptidão ao desenvolvimento do músculo esquelético, levando em conta que a MCM é formada por músculo e outros órgãos e tecidos, ambos metabolicamente ativo.

Ao entender as implicações e mecanismos do ExA e ExR nas modificações da TMR descritas acima, é compreensível despertar a ideia de que os ExC, ou seja, exercícios que conciliam o ExA com o ExR, sejam uma estratégia mais adequada para potencializar essa taxa, visto que, podem aumentar a MCM e a atividade do SNS (MACKENZIE-SHALDERS; KELLY; SO; COFFEY *et al.*, 2020). Entretanto, os estudos sobre esse assunto são bastante escassos, e ainda não se pode afirmar essa declaração. Como exemplo, a pesquisa de Rocha et al. (2012) demonstrou que o ExC, como forma de método de intervenção, não modificou a

TMR (pré 1257,5±106 vs. pós 1253±104,1 kcal/dia) de mulheres pós-menopausa (55,5±5,6 anos) após um programa de treinamento de 12 meses. Entretanto, Dolezal & Potteiger (1998) encontraram um aumento significativo da TMR (7,454±964 vs. 7,802±981 kJ/dia) em homens adultos que participaram de 10 semanas de ExC.

Portanto, assim como em adultos, alguns estudos também citam o exercício físico como fator de atuação nas variações da TMR em adolescentes, principalmente obesos (REGINA, 2005; VAN DER HEIJDEN; SAUER; SUNEHAG, 2010; YETGIN; AGOPYAN; KUCUKLER; GEDIKBASI *et al.*, 2018). Entretanto, não são encontrados muitos estudos que elucidem de fato o verdadeiro efeito e os mecanismos do exercício físico sobre a TMR, e mesmo assim, os artigos existentes demonstram resultados muito variados. Assim, despertando a necessidade de mais pesquisas que envolvam e esclareçam essas questões relacionadas ao impacto do exercício sobre a TMR de adolescentes obesos, principalmente, com a utilização de exercícios que sejam mais atrativos e motivadores para essa população, como as atividades recreativas e esportivas.

### 2.2.1 A Taxa Metabólica de Repouso e o Exercício na adolescência

A adolescência é uma das principais fases de crescimento e desenvolvimento da vida, marcada por intensas transformações biológicas e psicossociais (REGINA, 2005). Essa etapa pode ser definida como a mudança da infância para a vida adulta, sendo estabelecida pela OMS (1989) como o período dos 10 aos 19 anos. Contudo, é preciso ter muita atenção na saúde do adolescente, pois nessa fase o risco do desenvolvimento de doenças que possam perdurar ao longo da vida é muito grande, principalmente a obesidade e suas comorbidades. Então, programas de prevenção, controle e diminuição da obesidade são primordiais nesse contexto (SCHNEIDER; MEYER, 2008).

A puberdade é definida como um processo fisiológico de rápido crescimento e maturação hormonal, em um curto período de tempo, envolvendo a maioria dos órgãos e estruturas do corpo, tornando-o apto a se reproduzir (BÖHME, 2004). Além disso, ao longo dessa etapa, há um aumento significativo dos hormônios gonadais (principalmente, testosterona em homens e estradiol em mulheres), aumentos transitórios do hormônio de crescimento, fator de crescimento semelhante à insulina-1 e resistência à insulina, além de

alterações na função tireoidiana e aumento da MCM, principalmente em meninos (CHENG, HOI LUN; AMATOURY, MAZEN; STEINBECK, KATHARINE, 2016). Tendo em vista as alterações da puberdade, é provável que as necessidades de energia aumentem para suportar essas rápidas mudanças físicas, por isso, na infância e na adolescência, recomenda-se incluir ainda os efeitos do anabolismo e/ou do crescimento nos valores do GET (FONSECA; DUARTE; BARBETTA, 2010).

Os resultados da revisão sistemática publicada por Cheng, Amatory & Steinbeck (2016) demonstraram que a maioria dos estudos, incluindo um conjunto de dados longitudinais, sustentam uma TMR absoluta significativamente mais elevada em adolescentes púberes comparado a adolescentes pré-púberes. Além disso, os resultados da análise exploratória indicam aumentos progressivos na TMR com o avanço da puberdade. No entanto, quando a TMR de indivíduos de maturação diferenciada é normalizada pela MCM e pela massa gorda, não há influência da puberdade (FONSECA, 2007).

Durante esse período da vida, a MCM e a massa gorda mudam rapidamente em termos absolutos e relativos, sendo essas mudanças influenciadas pelo sexo e pela status de obesidade dos adolescentes. Porém, não é completamente compreendido como essas alterações dramáticas na composição corporal afetam a TMR (MOLNAR; SCHUTZ, 1997). No entanto, sabendo quais os fatores que podem diminuir ou potencializar a TMR são necessárias estratégias que interfiram na composição corporal e promovam resultados benéficos para esse público.

Assim como o exercício, a dieta com restrição alimentar, ou seja, diminuição considerável da ingesta calórica, também é bastante empregada dentre essas estratégias. Entretanto, a sua aderência a longo prazo é enfraquecida em adultos e crianças. Além disso, a restrição pode acarretar déficits nutricionais e dificuldade em manter a perda de peso, por conta da redução de 50% ou mais da MCM, podendo provocar perda de força muscular, gerando fadiga e redução da TMR. Então, autores associam esses efeitos à dificuldade em que adolescentes com obesidade tem para alcançar o sucesso na perda de peso e depois mantê-la (ALBERGA; PRUD'HOMME; SIGAL; GOLDFIELD *et al.*, 2017; SCHNEIDER; MEYER, 2008).

Como consequência da dieta restritiva, os valores diminuídos da TMR e a perda de MCM nos indivíduos podem ser fatores de risco para o desenvolvimento da obesidade ou reganho de peso após o emagrecimento, como efeito rebote (MACLEAN; BERGOUIGNAN; CORNIER; JACKMAN, 2011). Portanto, o exercício físico é bastante indicado na prevenção

e no tratamento da obesidade, ainda mais pela associação com o aumento de hormônios e pela manutenção ou aumento da MCM no período da adolescência e puberdade, que evitam a diminuição da TMR e podem até resultar no seu aumento (ALBERGA; PRUD'HOMME; SIGAL; GOLDFIELD *et al.*, 2017).

Miller et al. (2012) avaliaram 62 adultos obesos e relataram que indivíduos com menor TMR ( $47,6 \pm 11,1$  anos;  $1985 \pm 595$  kcal/dia), comparado ao grupo de indivíduos com TMR mais elevada ( $47 \pm 12,9$  anos;  $2342 \pm 484$  kcal/dia), apresentaram aumento do IMC ( $52,9$  vs.  $44,7$   $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ ,  $P=0,001$ , respectivamente). Dessa forma, os autores reforçaram a ideia de que aumentar a TMR, que é o fator responsável pela maior parte do GET diário, poderia ocasionar em um efeito positivo na redução do peso corporal e melhorar os marcadores de saúde em adolescentes obesos. Embora dúvidas permaneçam no tocante ao efeito crônico do ExA sobre a TMR dessa população, a literatura defende que a prática regular de ExR pode promover um aumento da TMR ( $1956 \pm 352,62$  vs.  $2111,75 \pm 594,02$  kcal/dia) concomitantemente à redução/manutenção ponderal ( $101,15 \pm 14,22$  vs.  $101,15 \pm 14,22$  kg) e aumento da massa muscular ( $60,19 \pm 5,49$  vs.  $61,36 \pm 6,98$  kg) em adolescente com obesidade (YETGIN; AGOPYAN; KUCUKLER; GEDIKBASI *et al.*, 2018).

Apesar de mencionarem que pessoas com baixa TMR são mais propensas a se tornarem indivíduos obesos do que aqueles com TMR normal ou alta (HOHENADEL; HOLLSTEIN; THEARLE; REINHARDT *et al.*, 2019), ressaltando a importância da sua verificação para o tratamento da obesidade, ainda não há um consenso sobre a relação entre a obesidade, exercício e a TMR. A literatura apresenta resultados que mostram o aumento da TMR em resposta ao exercício, como o estudo que analisou 18 adolescentes obesos ( $13 \pm 1,9$  anos; IMC médio  $37 \pm 7,1$   $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ ) alocados em dois grupos que praticavam exercício e outro controle e encontraram efeito positivo no IMC [Ex:  $\Delta 0,36$  ( $-0,24 - 0,96$ ); Ct:  $\Delta -0,19$  ( $-0,7 - 0,31$ )  $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ ,  $P=0,14$ ], na MCM [Ex:  $\Delta 2$  ( $-0,2 - 4,2$ ); Ct:  $\Delta 0,6$  ( $-0,8 - 2,1$ ) kg,  $P=0,28$ ] e na TMR [Ex:  $\Delta 0,14$  ( $-1,9 - 2,2$ ); Ct:  $\Delta -2,9$  ( $-6 - 0,3$ ) kcal/dia,  $P=0,07$ ] após a intervenção no grupo que praticou exercício, comparado ao controle (MCCORMACK; MCCARTHY; HARRINGTON; FARILLA *et al.*, 2014).

Da mesma forma, demonstram a diminuição da TMR, como o estudo de Lazzer et al. (2011), que compararam 20 adolescentes obesos (15-17 anos; IMC médio  $37,5 \pm 3,7$   $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ ) submetidos a ExA de baixa intensidade ou alta intensidade (frequência cardíaca a 40% e 70% do  $\text{VO}_{2\text{max}}$ , respectivamente) mais atividade física regular, durante 9 meses. E, após a



intervenção, houve uma redução da TMR na amostra em ambos os grupos (baixa intensidade:  $8,42 \pm 1,06$  vs.  $8,06 \pm 0,99$ ; alta intensidade:  $8,96 \pm 1,14$  vs.  $8,85 \pm 1,02$  mJ/dia).

Como também, pode ser indicado que as intervenções não apresentem diferenças significativas na TMR. No caso, Lazzer et al. (2017) analisaram 30 meninos com obesidade que foram divididos entre três grupos com exercício de baixa intensidade, alta intensidade e intervalado de alta intensidade (baixa:  $16,4 \pm 1,1$  anos; IMC médio  $37,1 \pm 3,1$  kg·m<sup>-2</sup>/ alta:  $16,1 \pm 1,1$  anos; IMC médio  $39,2 \pm 3,7$  kg·m<sup>-2</sup>/ intervalado:  $16,8 \pm 0,7$  anos; IMC  $34,8 \pm 3,0$  kg·m<sup>-2</sup>) durante 3 semanas e não encontraram diferenças significativas da TMR pré e pós entre os grupos (baixa:  $8,66 \pm 0,78$  vs.  $8,13 \pm 1,02$ ; alta:  $9,27 \pm 0,89$  vs.  $9,04 \pm 0,96$ ; intervalado:  $9,68 \pm 0,58$  vs.  $9,39 \pm 0,59$  kcal).

### 2.2.2 Aderência ao exercício físico na adolescência e o Futebol Recreativo como proposta de intervenção

Permanecem as incertezas em relação ao efeito de programas de exercício físico sobre a TMR em adolescentes e, de fato, percebe-se uma escassez ainda maior de estudos envolvendo adolescentes com sobrepeso e obesidade. Tendo em vista a necessidade de programas de intervenção adequados e atraentes para o controle da obesidade, e o importante papel da TMR nesse cenário, é de extrema relevância verificar as propostas de exercícios mais adequados para essa questão.

Alberga et al. (2019) mostraram que altos níveis de aderência a intervenções de exercícios físicos não convencionais com adolescentes, principalmente obesos, apresentam mais chances de se alcançar benefícios para a saúde, quando comparados a programas de exercícios tradicionais, que normalmente revelam baixa aderência e desinteresse dessa população. Além disso, também encontraram que grupos de adolescentes expostos ao ExR tendem a ter menor aderência comparado ao grupo de ExA.

Nesse contexto, a maioria dos estudos experimentais que investigam o impacto de programas com exercícios em adolescentes obesos, optam por intervenções baseadas em ExA e ExR tradicionais (ex.: esteiras, bicicletas e aparelhos de academia), pela facilidade na execução e na prescrição individual. Contudo, essas modalidades de exercícios parecem culminar numa menor aderência de crianças e adolescentes quando comparadas a atividades

desportivas e/ou recreativas, a saber, o futebol recreativo (FAUDE; KERPER; MULTHAUPT; WINTER *et al.*, 2010; WEINTRAUB; TIRUMALAI; HAYDEL; FUJIMOTO *et al.*, 2008).

O futebol é um dos esportes mais praticados em todo o mundo, principalmente no Brasil, além de ser um esporte motivador e que atravessa diferentes gerações. Assim, ajudando a desenvolver uma cultura ativa para que a prática regular de exercícios possa ser mantida como hábito por toda a vida. Parte deste encanto nacional foi contribuído pelo estilo do futebol brasileiro, marcado no século XX e início do XXI, que combinava ginga, malícia e habilidade com a bola, e foi ampliado ainda mais pela conquista dos cinco títulos mundiais na época. Outro ponto influente é o grande incentivo midiático em cima do futebol, gerando uma inspiração em muitos jovens, e muitas vezes também nas famílias, a buscarem a carreira de jogadores como alternativa de ascensão social e/ou de fama (BALZANO; DE PAULA RODRIGUES; DA SILVA; MUNSBURG, 2019).

Além disso, cabe destacar a simplicidade para a prática do futebol, por ser bastante dinâmico, quanto aos modelos de jogos, e por demandar poucos recursos materiais e financeiros para acontecer, também agregam argumentos que justificam o seu enorme prestígio e popularidade (FAUDE; KERPER; MULTHAUPT; WINTER *et al.*, 2010; RANDERS; PETERSEN; ANDERSEN; KRUSTRUP *et al.*, 2012). No entanto, diferente do futebol tradicional, que é voltado para competições e para o desempenho esportivo em clubes de base e elite, o futebol recreativo é relevante, pois não se preocupa com os aspectos da performance, e sim, com o desenvolvimento do lazer, bem-estar e promoção da saúde. Assim, estimulando os participantes a brincarem e se divertirem, favorecendo uma boa aderência ao exercício, em especial, por adolescentes com sobrepeso e obesidade (KRUSTRUP; HELGE; HANSEN; AAGAARD *et al.*, 2018; VASCONCELLOS, FABRÍCIO; CUNHA, FELIPE A.; GONET, DEBORAH T.; FARINATTI, PAULO T. V., 2021).

O futebol recreativo é caracterizado por jogos reduzidos (ex.: 3v3; 4v4; 5v5), ajustados por regras simples, de acordo com os participantes e os objetivos do treinamento. Essa configuração de pequenas áreas de jogo, manipulando os jogadores e as regras, contribui aumentando a aptidão aeróbia, habilidades técnicas e táticas, com uma percepção de esforço menor do que o futebol tradicional (KRUSTRUP; HELGE; HANSEN; AAGAARD *et al.*, 2018; SEABRA; LARSEN; RIIS; ELBE *et al.*, 2019; VASCONCELLOS, FABRÍCIO; CUNHA, FELIPE A.; GONET, DEBORAH T.; FARINATTI, PAULO T. V., 2021). Além de promover inúmeros benefícios a saúde, por reunir um conjunto de tarefas motoras

diversificadas com intensidade moderada a vigorosa, envolvendo ações de alto impacto, que estimulam o sistema musculoesquelético, como também *sprints* e mudanças de direções, que exigem uma enorme participação do componente aeróbio e um elevado gasto energético. Sendo assim, esta prática pode auxiliar na melhora da aptidão cardiorrespiratória, do sistema musculoesquelético, dos marcadores cardiovasculares e metabólicos e na redução da ansiedade e depressão (KRUSTRUP; HELGE; HANSEN; AAGAARD *et al.*, 2018; PEDRETTI; PEDRETTI; VASCONCELLOS; SEABRA, 2016).

Os dados sobre os efeitos benéficos na TMR com a participação de indivíduos em esportes coletivos, como o futebol, são escassos, tanto em adultos, como em adolescentes obesos. Portanto, fica a pergunta: Será que um programa de futebol recreativo seria capaz de modificar a TMR de adolescentes obesos?

### 2.3 Métodos e protocolos de avaliação da Taxa Metabólica de Repouso

A necessidade de protocolos mais precisos para a avaliação e a interpretação da TMR fica claro, principalmente, em função da contribuição desse elemento ao gasto energético diário dos indivíduos (MACKENZIE-SHALDERS; KELLY; SO; COFFEY *et al.*, 2020). Os cuidados metodológicos com essa avaliação e interpretação dos dados, por meio da calorimetria indireta, são apontados como motivos primordiais da contradição na literatura (MACKENZIE-SHALDERS; KELLY; SO; COFFEY *et al.*, 2020). Diversos estudos que avaliam a TMR por calorimetria indireta utilizam as recomendações descritas por Compher *et al.* (2006), que se aplicam aos seres humanos em geral, e quando respeitadas, apresentam maior chance de alcançar dados mais precisos dessas variáveis nos estudos científicos.

A revisão destes autores buscou determinar, por meio de 10 perguntas, a condição ideal do sujeito e da metodologia na avaliação da TMR para uma medição mais confiável. Em detalhes, os autores destacaram os seguintes aspectos importantes: (a) mínimo de 6h em jejum; (b) abstenção noturna de cafeína e, pelo menos 2h, de nicotina e álcool; (c) abstenção de atividade física moderada por 2h e vigorosa por, pelo menos, 14h; (d) indivíduos em decúbito dorsal ou ligeiramente elevados; (e) 10 a 20 min de aclimatação, desde que os primeiros 5 min de teste sejam eliminados; (f) utilização de qualquer dispositivo de coleta de gás, desde que não permita vazamento de ar; (g) ambiente de coleta sem ruído, baixa

luminosidade e temperatura entre 20°C e 25°C; (h) quociente respiratório entre 0,7 e 1; i) mínimo de 10 min de medida em condições de estado estável (5 min contínuos nos quais os dados de  $VO_2$  e  $VCO_2$  mantivessem um  $CV \leq 10\%$ ), descartando os primeiros 5 min, e caso não for alcançada a estabilização durante o tempo do teste, duas ou três novas medidas, não consecutivas, devem ser feitas. Porém, os autores em nenhum momento do estudo especificaram qual seria o período de tempo indicado para alcançar essa estabilidade.

Contudo, Cunha et al. (2013) questionaram esse tempo ideal em um estudo desenvolvido com adultos saudáveis ( $22 \pm 3$  anos, IMC médio  $24 \pm 3 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ ) e verificaram que esses sujeitos alcançavam uma estabilização da medida da TMR apenas no minuto 30 (inclinação =  $-0,95 \text{ kcal/dia por min}$ , 95% IC  $-1,55$  a  $-0,36$ ,  $P=0,002$ ). Os autores também demonstraram maior confiabilidade teste-reteste a partir do minuto 25 ( $-31$  a  $56 \text{ kcal/dia}$ ) em diante, destacando a possibilidade de apenas uma única medida ao respeitar maiores durações de teste. Sendo assim, dúvidas sobre o tempo ideal da medida da TMR em adolescentes também são levantadas, sobretudo em adolescentes com obesidade.

No entanto, há uma grande variedade de estudos que confirmam a inconsistência dos resultados sobre a TMR como descritos nas sessões acima, mas não deixam claro se os protocolos de Compher et al. (2006) foram utilizados de maneira correta, ou até se os mesmos foram seguidos, mostrando grande inconsistência metodológica entre as pesquisas. Além do mais, essas divergências precisam de maior atenção, pois podem conduzir à diferenças na prescrição de exercícios e na análise do gasto energético entre profissionais que tratam pessoas com sobrepeso e/ou obesidade (CAZAL; MARINS; NATALI; VALLEJO SOTO *et al.*, 2019).

A ausência de estudos que confirmem o tempo para estabilização da medida em adolescentes obesos reforça ainda mais essa lacuna e destaca a necessidade de novas investigações com essa população. Para além das justificativas metodológicas, outros fatores também podem elucidar as discordâncias entre os estudos, responsabilizando os diferentes tipos de exercícios realizados em cada um deles, além das variações na dinâmica dos exercícios ou em sua combinação, como a duração da sessão, sua intensidade, a frequência semanal ou a duração total dos estudos, e se a MCM apresenta aumento ou não como consequência à exposição da intervenção (VAN DER HEIJDEN; SAUER; SUNEHAG, 2010). Como também, a manipulação dietética que contribui na perda de peso (MACKENZIE-SHALDERS; KELLY; SO; COFFEY *et al.*, 2020).

### 2.3.1 Avaliação da Taxa Metabólica de Repouso por calorimetria indireta em adolescentes

Ao observar as recomendações, mais utilizadas nos dias de hoje, para se obter uma avaliação mais precisa da TMR (COMPHER; FRANKENFIELD; KEIM; ROTH-YOUSEY *et al.*, 2006), é possível encontrar estudos realizados com adolescentes apresentando diversas metodologias diferentes da preconizada para medição e análise dos dados dessa taxa. E até, por muitas vezes, é provável se deparar com a falta de informações sobre como esses procedimentos foram conduzidos, como visto na tabela abaixo, que analisou alguns estudos envolvendo exercício e a TMR em adolescentes (Tabela 1).

Tabela 1 - Aspectos metodológicos dos estudos que avaliaram a TMR de adolescentes, segundo protocolos de Compher et al. (2006).

Estudo (ano)	Participantes (N, sexo, idade e IMC)	Analizador metabólico	Período de jejum	Abstenção de cafeína e nicotina	Tempo de aclimação	Tempo da medida	Tempo de restrição de atividade física	Posição corporal	Características ambientais da sala	Tipos de dispositivos de coleta de gás	Variação (%) e tempo da variação para VO <sub>2</sub> e VCO <sub>2</sub>	Diferença da TMR ao reavaliar o indivíduo no mesmo dia ou dias diferentes	Utilização do quociente respiratório (RQ)
(ALBERGA; PRUD'HOMME; SIGAL; GOLDFIELD <i>et al.</i> , 2017)	N=304; M/F; 15,6±4,5 anos; IMC 34,6±4,5 kg/m <sup>2</sup> .	MOXUS Modular Metabolic System, AEI Technologies Naperville, Ill., USA	12h	NI	30min	20min	48h	Decúbito dorsal (supino)	Condições termoneutras	Bocal	NI	ExA: Δ 18; ExR: Δ -32; ExC: Δ -29; Ct: Δ -2 kcal/d.	NI
(LAZZER; BOIRIE; MONTAURIER; VERNET <i>et al.</i> , 2004)	N=26; M/F; 13,5/14,7 ±0,56 anos; IMC 33,1/34,7±1,53 kg/m <sup>2</sup> , respectivamente.	Deltatrac; Instrumentarium Oy, Datex Division, Helsinque, Finlândia	13h	NI	NI	45min	NI	NI	Temperatura, pressão e umidade padronizados.	Campânula ventilada	NI	M: 6 vs. 5,56; F: 5,47 vs. 4,96 ±0,326 kJ/m.	NI
(LAZZER; LAFORTUNA; BUSTI; GALLI <i>et al.</i> , 2011)	N=20; M; 15-17 anos; IMC 37,5±3,7 kg/m <sup>2</sup> .	Vmax 29, Sensor Medics, Yorba Linda, Ca, USA	Jejum noturno	NI	5-10min	45min	NI	NI	Temperatura, pressão e umidade padronizados.	Campânula ventilada	NI	BI: 8,42±1,06 vs. 8,06±0,99; AI: 8,96±1,14 vs. 8,85±1,02 MJ/d.	NI
(LAZZER; TRINGALIE; DE MICHELI <i>et al.</i> , 2017)	N=30; M; 15-17 anos; IMC 36,9±3,6 kg/m <sup>2</sup> .	Vmax 29, Sensor Medics, Yorba Linda, Ca, USA	Jejum noturno	NI	5-10min	45min	NI	NI	Temperatura, pressão e umidade padronizados.	Campânula ventilada	NI	BI: 8,66±0,78 vs. 8,13±1,028; AI: 9,27±0,89 vs. 9,04±0,96; AII: 9,68±0,58 vs. 9,39±0,59 MJ/d.	NI
(MCCORMACK; MCCARTHY; HARRINGTON;	N=18; M/F; 13±1,9 anos; IMC 37±7,1 kg/m <sup>2</sup> .	Vmax Encore 29, SensorMedics; Yorba Linda CA	Jejum sem tempo específico	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI	Ex: Δ 0,14 (-1,9-2,2); Ct: Δ -2,9 (-6,0-0,3); P=0,10.	↓RQ ↑ oxidação lipídica (r=-0,70, P=0,02)

FARILLA *et al.*, 2014)

(MEUCCI; COOK; CURRY; GUIDETTI <i>et al.</i> , 2013)	N=22; M/F; 9,9±1,2 anos; IMC Ct: 19,5±3,4; 4sem: 22,5±3,4; 8sem: 22,2±44 kg/m <sup>2</sup> .	Parvo Medics TrueOne®	12h	NI	10min	10min	24h	Decúbito dorsal (supino)	Baixa iluminação, sem ruídos e temperatura de 20°C.	NI	NI	Ct: 1072±127 vs. 1067±14; 4sem: 1187±150 vs. 1220±169; 8sem: 1154±140 vs. 1202±151 kcal/dia. ExA: 1861,63±4,22 vs. 2124,25±577,3 8; ExR: 1956±352,64 vs. 2111,75±594,0 2 kcal/dia.	NI
(YETGIN; AGOPYAN; KUCUKLER; GEDIKBASI <i>et al.</i> , 2018)	N=16; M; 16,81±0,91 anos; IMC ExA: 32,19±3,24 e ExR: 32,52±3,08 kg/m <sup>2</sup> .	ZAN@ 680 USB, ZANMessgera ete, Oberthulba, Germany	12h	NI	30min	30min	NI	Decúbito dorsal (supino)	Sem ruído e temperatura neutra	NI	NI	2111,75±594,0 2 kcal/dia.	NI
(VAN DER HEIJDEN; SAUER; SUNEHAG, 2010)	N=28; M/F; magros 15,3±0,3 anos; IMC 20,2±0,7 kg/m <sup>2</sup> /obesos 15,6±0,3 anos; IMC 33,1±0,9 kg/m <sup>2</sup> .	NI	12h	NI	30min	40min	Período noturno	Decúbito dorsal (supino)	Temp. 23-25°C, humidade relativa 20-40% e pressão 13,3 Pa	NI	NI	Magros: 1,01±0,03 vs. 1,03±0,04; Obesos: 1,23±0,063 vs. 1,22±0,063 kcal/min.	↓RQ ↑ oxidação lipídica em indivíduos magros (magros 0,81±0,01 vs. 0,77±0,01; obesos 0,77±0,024 vs. 0,77±0,02).
(OLIVEIRA; ROSSI; BUONANI; DINIZ <i>et al.</i> , 2016)	N=20; M; funcional: 13±1,1 anos; 73,4± 16 kg; 159,2±10 cm/força: 13,4±1 anos; 81,7±36 kg; 165,1±12cm.	QUARK-PFT (COSMED, Roma, Itália)	6h	NI	5min	30min	24h	Decúbito dorsal (supino)	Baixa iluminação, sem ruídos e temperatura de 21-24°C	NI	NI	Funcional 19,6±15,3; Força 10,7±24,5 kcal, P=0,331.	NI

Legenda: M (masculino), F (feminino), IMC (índice de massa corporal), NI (não informado), Ex (exercício), ExA (exercício aeróbio), ExR (exercício resistido), ExC (exercício combinado), Ct (grupo controle), BI (baixa intensidade), AI (alta intensidade), AII (alta intensidade intervalado). Fonte: O autor, 2021.

Dentre esses estudos que investigaram o efeito do exercício na TMR de adolescentes, observa-se que o período de aclimação, um fator extremamente relevante na precisão da medida, mostrou durações distintas, onde alguns autores adotaram de 5 a 10 min (LAZZER; LAFORTUNA; BUSTI; GALLI *et al.*, 2011; LAZZER; TRINGALI; CACCAVALE; DE MICHELI *et al.*, 2017; OLIVEIRA; ROSSI; BUONANI; DINIZ *et al.*, 2016), outros 30 min (ALBERGA; PRUD'HOMME; SIGAL; GOLDFIELD *et al.*, 2017; YETGIN; AGOPYAN; KUCUKLER; GEDIKBASI *et al.*, 2018), um declarou ter respeitado 20 min (MEUCCI; COOK; CURRY; GUIDETTI *et al.*, 2013) e a grande parte não informou o período de tempo em que os adolescentes permaneceram em repouso antes da avaliação (ALBERGA; GOLDFIELD; KENNY; HADJIYANNAKIS *et al.*, 2012; LAZZER; BOIRIE; MONTAURIER; VERNET *et al.*, 2004; MCCORMACK; MCCARTHY; HARRINGTON; FARILLA *et al.*, 2014; VAN DER HEIJDEN; SAUER; SUNEHAG, 2010).

Do mesmo modo, o intervalo de tempo em que a medida foi realizada também se diferenciou, logo, durações diferentes da medida irão representar valores de TMR distintos, visto que, essa taxa é analisada através dos minutos finais em que o indivíduo alcance um estado de estabilidade. Alguns estudos relataram uma duração total de 20 minutos de teste (ALBERGA; PRUD'HOMME; SIGAL; GOLDFIELD *et al.*, 2017; ALBERGA; GOLDFIELD; KENNY; HADJIYANNAKIS *et al.*, 2012; MEUCCI; COOK; CURRY; GUIDETTI *et al.*, 2013), outros descreveram 30 min (OLIVEIRA; ROSSI; BUONANI; DINIZ *et al.*, 2016; YETGIN; AGOPYAN; KUCUKLER; GEDIKBASI *et al.*, 2018) e, também foram encontrados estudos utilizando um período de 45 minutos para o teste (LAZZER; BOIRIE; MONTAURIER; VERNET *et al.*, 2004; LAZZER; LAFORTUNA; BUSTI; GALLI *et al.*, 2011; LAZZER; TRINGALI; CACCAVALE; DE MICHELI *et al.*, 2017). Além disso, existem autores declarando utilizar 24h para coleta do  $VO_2$  em repouso (VAN DER HEIJDEN; SAUER; SUNEHAG, 2010) e outros que não descreveram esse tempo (MCCORMACK; MCCARTHY; HARRINGTON; FARILLA *et al.*, 2014).

O CV é um fator importante para determinar a estabilização da medida nos indivíduos, além de ser essencial na análise desses dados. Entretanto, apenas um autor informou o valor de variação do  $VO_2$  e  $VCO_2$  no seu estudo (VAN DER HEIJDEN; SAUER; SUNEHAG, 2010), enquanto os outros não declararam a utilização dessa ferramenta (ALBERGA; GOLDFIELD; KENNY; HADJIYANNAKIS *et al.*, 2012; ALBERGA; PRUD'HOMME; SIGAL; GOLDFIELD *et al.*, 2017; LAZZER; BOIRIE; MONTAURIER; VERNET *et al.*, 2004; LAZZER; LAFORTUNA; BUSTI; GALLI *et al.*, 2011; LAZZER; TRINGALI;



CACCAVALE; DE MICHELI *et al.*, 2017; MCCORMACK; MCCARTHY; HARRINGTON; FARILLA *et al.*, 2014; MEUCCI; COOK; CURRY; GUIDETTI *et al.*, 2013; OLIVEIRA; ROSSI; BUONANI; DINIZ *et al.*, 2016; YETGIN; AGOPYAN; KUCUKLER; GEDIKBASI *et al.*, 2018).

As avaliações da troca gasosa em repouso podem ser feitas com o indivíduo sentado em alguma cadeira confortável ou em posição deitada, no entanto, as informações mostraram que os estudos analisaram os adolescentes apenas em decúbito ventral (ABARCA-GÓMEZ; ABDEEN; HAMID; ABU-RMEILEH *et al.*, 2017; ALBERGA; PRUD'HOMME; SIGAL; GOLDFIELD *et al.*, 2017; MEUCCI; COOK; CURRY; GUIDETTI *et al.*, 2013; OLIVEIRA; ROSSI; BUONANI; DINIZ *et al.*, 2016; VAN DER HEIJDEN; SAUER; SUNEHAG, 2010; YETGIN; AGOPYAN; KUCUKLER; GEDIKBASI *et al.*, 2018) ou então não informaram a posição corporal dos adolescentes (ALBERGA; GOLDFIELD; KENNY; HADJIYANNAKIS *et al.*, 2012; LAZZER; BOIRIE; MONTAURIER; VERNET *et al.*, 2004; LAZZER; LAFORTUNA; BUSTI; GALLI *et al.*, 2011; LAZZER; TRINGALI; CACCAVALE; DE MICHELI *et al.*, 2017; MCCORMACK; MCCARTHY; HARRINGTON; FARILLA *et al.*, 2014).

Da mesma forma, muitos não mencionaram o dispositivo coletor de gases usado na medida (ALBERGA *et al.*, 2012; MCCORMACK *et al.*, 2014; YETGIN *et al.*, 2018; MEUCCI *et al.*, 2013; VAN DER HEIJDEN; SAUER; SUNEHAG, 2010; OLIVEIRA *et al.*, 2016), e em outros foram selecionados o uso da máscara facial (ALBERGA *et al.*, 2017) ou a campânula ventilada (LAZZER *et al.*, 2004; LAZZER *et al.*, 2011; LAZZER *et al.*, 2017).

Outras situações de teste são essenciais para evitar variações no metabolismo, no entanto, também não foi possível encontrar um mesmo padrão de técnicas na literatura. A restrição de alimentos e substâncias estimulantes, como também de nicotina, pré-requisitos para a realização do teste, foram isentos de informações sobre a sua abstinência em todos os estudos.

O jejum prévio também é outro fator importante na avaliação para não considerarem os efeitos térmicos da metabolização dos alimentos, porém, os estudos adaptaram para a análise períodos diversos de 12h (ALBERGA *et al.*, 2012; ALBERGA *et al.*, 2017; MEUCCI *et al.*, 2013; YETGIN *et al.*, 2018; VAN DER HEIJDEN; SAUER; SUNEHAG, 2010), 13h (LAZZER *et al.*, 2004), 6h (OLIVEIRA *et al.*, 2016), noturno (LAZZER *et al.*, 2011; LAZZER *et al.*, 2017) ou não especificaram esse tempo (MCCORMACK *et al.*, 2014).

Além disso, é recomendado que os adolescentes não pratiquem exercícios por um período antecedente a avaliação, contudo, os estudos mostraram diferentes exigências, como 24 horas (OLIVEIRA et al. 2016; MEUCCI et al., 2013), 48h horas (ALBERGA et al., 2017), período noturno (VAN DER HEIJDEN; SAUER; SUNEHAG, 2010) ou, como mais encontrado, não informaram esse tempo (ALBERGA et al., 2012; LAZZER et al., 2004; LAZZER et al., 2011; LAZZER et al., 2017; MCCORMACK et al., 2014; YETGIN et al., 2018).

Outros pontos importantes, que exigem atenção e resguardo, são as condições da sala, onde alguns estudos mencionaram apenas terem respeitado condições termo neutras (ALBERGA et al., 2017; LAZZER et al., 2004; LAZZER et al., 2011; LAZZER et al., 2017; YETGIN et al., 2018), enquanto, três foram específicos quanto as informações de temperatura, humidade, pressão, luz e ruídos (MEUCCI et al., 2013; VAN DER HEIJDEN; SAUER; SUNEHAG, 2010; OLIVEIRA et al. 2016) e alguns não informaram (ALBERGA et al., 2012; MCCORMACK et al., 2014). A outra questão é sobre a utilização do quociente respiratório na análise dos dados, porém, nenhum dos estudos assumiram a utilização dessas variáveis nos seus resultados.

### 2.3.2 Princípios da prescrição FITT-VP sobre a Taxa Metabólica de Repouso em adolescentes

O planejamento é uma parte essencial para programas de treinamento físico eficazes, por isso, o American College of Sports Medicine estimula a utilização do princípio FITT-VP para a prescrição de exercícios (GARBER; BLISSMER; DESCHENES; FRANKLIN *et al.*, 2011; LEE; LEE; KIM; LEE *et al.*, 2020). Este princípio destaca vários aspectos a serem considerados para o desenvolvimento de um plano de treinamento eficiente, sendo eles: frequência, intensidade, tempo, tipo de exercício, volume e progressão. Desse modo, a análise dos protocolos de intervenção dos estudos selecionados, feita na presente seção, foi organizada de acordo com o princípio FITT-VP.

Até o momento, não existem muitos estudos que investigaram o impacto de programas de treinamento na TMR em adolescentes. Além disso, os protocolos de intervenção destes estudos foram diversificados e muitos não respeitaram a padronização dos princípios FITT-VP de prescrição de exercícios, logo, apresentando resultados muito controversos. Pode-se

observar essas divergências na Tabela 2, que reuniu os detalhes das intervenções utilizadas nos mesmos estudos analisados na tabela anterior.

Tabela 2 - Protocolos de intervenção dos estudos que avaliaram o efeito do exercício físico na TMR de adolescentes, de acordo com os princípios de prescrição FITT-VP.

Estudo (ano)	Participantes (N, sexo, idade e IMC)	Tipo de intervenção	Progressão	Frequência	Intensidade	Tempo/Volume	Varição da TMR pós intervenção
(ALBERGA; PRUD'HOMME; SIGAL; GOLDFIELD <i>et al.</i> , 2017)	N=304; M/F; 15,6±4,5 anos; IMC 34,6±4,5 kg/m <sup>2</sup> .	ExA (esteira, cicloergômetro ou elíptico); ExR (em máquinas); ExC (aeróbio + resistido)	Progressão semanal com variações das sessões	4x semana (sem) durante 22 semanas	ExA: 65-85% Fcmax; ExR: carga da 15ªRM.	ExA: 20-45min; ExR: 3x 7 exercícios (6-15 repetições) com 1,5 a 2 min de descanso por aproximadamente 20-45min; ExC: máx. 90min por dia	ExA Δ: 18; ExR Δ: -32; ExC Δ: -29; Ct Δ: -2 kcal/d.
(LAZZER; BOIRIE; MONTAURIER; VERNET <i>et al.</i> , 2004)	N=26 ; M/F; 13,5/14,7 ±0,56 anos; IMC 33,1/34,7±1,53 kg/m <sup>2</sup> , respectivamente.	ExA (esteira, cicloergômetro, remo estático ou stepper) + aula de educação física (EF) + atividades aeróbias	ExA: Progressão mensal personalizada	ExA: 2x sem; EF: 1x sem; atividade aeróbia: 1x sem durante 9 meses	ExA: FC a 55-60% do teste de VO2max	ExA: 40min; EF: 2h; atividades aeróbias: 2h por dia	M: 6 vs. 5,56; F: 5,47 vs. 4,96 ±0,326 kJ/m.
(LAZZER; LAFORTUNA; BUSTI; GALLI <i>et al.</i> , 2011)	N=20; M; 15-17 anos; IMC 37,5±3,7 kg/m <sup>2</sup> .	ExA (esteira) + lazer aeróbio	Sem progressão	ExA: 2 sessões/dia, 5x sem; lazer aeróbio: 2x sem durante 3 semanas	ExA: FC a 40% e 70% do teste de VO2max para BI e AI, respectivamente	ExA: 45,4±6,5min BI e 30,6±4,2min AI + lazer aeróbio: 1h por dia	BI: 8,42±1,06 vs. 8,06±0,99; AI: 8,96±1,14 vs. 8,85±1,02 MJ/d.
(LAZZER; TRINGALI; CACCAVALE; DE MICHELI <i>et al.</i> , 2017)	N=30; M; 15-17 anos; IMC 36,9±3,6 kg/m <sup>2</sup> .	ExA (esteira) + lazer aeróbio	Sem progressão	ExA: 2 sessões/dia, 5x sem; lazer aeróbio: 2x sem durante 3 semanas	ExA: BI - FC a 40%; AI - FC a 70%; AII - FC a 100% (recuperação com FC a 40%) do teste de VO2max	ExA: BI - 45±6min; AI - 31±4min; AII 37±3min (6x40s de esforço com intervalos de 5min de caminhada) + lazer aeróbio: 1h por dia	BI: 8,66±0,78 vs. 8,13±1,028; AI: 9,27±0,89 vs. 9,04±0,96; AII: 9,68±0,58 vs. 9,39±0,59 MJ/d.
(MCCORMACK; MCCARTHY; HARRINGTON; FARILLA <i>et al.</i> , 2014)	N=18; M/F; 13±1,9 anos; IMC 37±7,1 kg/m <sup>2</sup> .	ExA (cicloergômetro) + Exercícios de alongamento ou ExR (Wii)	Sem progressão	3x sem durante 8 semanas	ExA: 60-80% da FC de reserva por teste de VO2max	ExA: máx 35min; Wii: máx 25min por dia	Ex: Δ 0,14 (-1,9-2,2); Ct: Δ-2,9 (-6,0-0,3); P=0,10.

(MEUCCI; COOK; CURRY; GUIDETTI <i>et al.</i> , 2013)	N=22; M/F; 9,9±1,2 anos; IMC Ct: 19,5±3,4; 4sem: 22,5±3,4; 8sem: 22,2±44 kg/m <sup>2</sup> .	Atividades de força (balançar, pendurar, escalar, carregar equipamentos, etc.), de flexibilidade (com alongamento e ioga) e ExA recreativo (caminhadas, corridas e esportes como beisebol, softball, queimada, futebol, etc.)	Sem progressão	5x sem durante 4 ou 8 semanas	Intensidade moderada	4h/dia	Ct: 1072±127 vs. 1067±14; 4sem: 1187±150 vs. 1220±169; 8sem: 1154±140 vs. 1202±151 kcal/dia.
(YETGIN; AGOPYAN; KUCUKLER; GEDIKBASI <i>et al.</i> , 2018)	N=16; M; 16,81±0,91 anos; IMC ExA: 32,19±3,24 e ExR: 32,52±3,08 kg/m <sup>2</sup> .	ExA; ExR	Progressão a cada 2 meses	3x sem durante 6 meses	ExA: 50-60%/60-70%/70-75% Fcmax; ExR: 50-60%/60-70%/70-75% de 1RM até 2° mês, até 4° mês e até 6° mês, respectivamente	60min/dia	ExA: 1861,63±4,22 vs. 2124,25±577,38; ExR: 1956±352,64 vs. 2111,75±594,02 kcal/dia.
(VAN DER HEIJDEN; SAUER; SUNEHAG, 2010)	N=28; M/F; magros 15,3±0,3 anos; IMC 20,2±0,7 kg/m <sup>2</sup> /obesos 15,6±0,3 anos; IMC 33,1±0,9 kg/m <sup>2</sup> .	ExA (esteira, cicloergômetro ou elíptico) + sessão semelhante em casa	Sem progressão	ExA: 2x sem + sessão casa: 2x sem durante 12 semanas	FC ≥ 70% do VO <sub>2</sub> max, ou seja, >140bpm	30min/dia	Magros: 1,01±0,03 vs. 1,03±0,04 ; Obesos: 1,23±0,063 vs. 1,22±0,063 kcal/min.
(OLIVEIRA; ROSSI; BUONANI; DINIZ <i>et al.</i> , 2016)	N=20; M; funcional: 13±1,1 anos; 73,4± 16 kg; 159,2±10 cm/força: 13,4±1 anos; 81,7±36 kg; 165,1±12cm.	ExR; Ex funcional (ExF) - exercício estático e dinâmico + ExA	ExR; ExF: progressão a cada 2sem + AxE: a cada 8sem	3x sem durante 16 semanas	ExR: 45-80% 1RM; ExF: dinâmicos controlado pela Escala de Borg e estáticos controlado pelo tempo de contração + ExA: 1-8sem (65-75% VO <sub>2</sub> pico)/ 9-16sem (75-85% VO <sub>2</sub> pico)	ExR: 2x 25-8 repetições; ExF: dinâmicos (2x 10-15; 1x 20-25 repetições) e estáticos (30s de esforço para 30s de repouso) 60 min por sessão + ExA: 30min por dia	ExR: 10,7±24,5; ExF: 19,6±15,3 kcal, P=0,331.

Legenda: M (masculino), F (feminino), IMC (índice de massa corporal), Ex (exercício), ExA (exercício aeróbio), ExR (exercício resistido), ExC (exercício combinado), Ct (grupo controle), BI (baixa intensidade), AI (alta intensidade), AII (alta intensidade intervalado), RM (repetição máxima), FC (frequência cardíaca).  
Fonte: O autor, 2021.

Entretanto, desses poucos estudos encontrados, a maioria avaliou as modificações da TMR por programas com exercícios tradicionais e poucos optaram por atividades recreativas (MCCORMACK; MCCARTHY; HARRINGTON; FARILLA *et al.*, 2014; MEUCCI; COOK; CURRY; GUIDETTI *et al.*, 2013), assumindo que esse último atrai mais indivíduos na faixa etária dos adolescentes. Contudo, nenhum estudo identificado determinou se a prática regular de futebol recreativo, com adolescentes, surtia em modificações na TMR dos mesmos.

Alberga *et al.* (2017) submeteram adolescentes obesos ( $15,6 \pm 1,4$  anos; IMC médio  $34,6 \pm 4,5 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ ) a 26 semanas de exercícios, 4 vezes na semana, e analisaram esse efeito na TMR a partir de quatro grupos: ExA, ExR, ExC e grupo controle. O protocolo mudou progressivamente a cada semana, os ExA foram de 65% da frequência cardíaca máxima ( $FC_{\text{max}}$ ) até 85% da  $FC_{\text{max}}$ , tendo duração de 10 min inicialmente, chegando a 35 min por dia no final da intervenção. Já o grupo de ExR, gradualmente passaram de 2 séries de 15 repetições até alcançarem 3 séries de 6 repetições. No final da intervenção, o estudo não mostrou diferenças na TMR absoluta e relativa em nenhum dos grupos (ExA:  $1972 \pm 38$  vs.  $1990 \pm 41$  kcal/dia; ExR:  $2024 \pm 37$  vs.  $1992 \pm 41$  kcal/dia; ExC:  $2023 \pm 38$  vs.  $1995 \pm 38$  kcal/dia; Controle:  $2075 \pm 38$  vs.  $2073 \pm 39$  kcal/dia).

É plausível que a TMR tenha se mantido inalterada, pois, apesar da restrição calórica de 250 kcal, considerada baixa, os autores também prescreveram um elevado volume de treino, levando a um desequilíbrio energético. Assim, a menor redução de peso entre os adolescentes do estudo, sem diferenças significativas na MCM entre os grupos, pode ser justificada por esse déficit de energia e grande volume de treino adotados. Ou seja, a restrição dietética auxiliou na perda de peso, porém os efeitos do exercício não permitiram grandes perdas na MCM. Mostrando, então, a necessidade de maiores aumentos na MCM, quem sabe com maior duração da intervenção, para alcançar modificações significativas na TMR.

Outra pesquisa realizada com adolescentes obesos (15-17 anos; IMC médio  $37,5 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ ), também não encontrou diferenças na TMR após a intervenção (baixa intensidade:  $8,42 \pm 1,06$  vs.  $8,06 \pm 0,99$  mJ/dia; alta intensidade:  $8,96 \pm 1,14$  vs.  $8,85 \pm 1,02$  mJ/dia). A investigação teve duração de 3 semanas, onde os indivíduos foram divididos em grupos de baixa e alta intensidade, ambos isocalóricos, realizando 2 sessões de exercícios por dia, de segunda a sexta, acrescidos de 1h de lazer aeróbio aos sábados e domingos. As sessões do grupo de baixa intensidade tiveram, aproximadamente 45 min de duração a 40%  $FC_{\text{max}}$ , enquanto, o outro grupo treinou por volta de 30 min a 70%  $FC_{\text{max}}$  (LAZZER *et al.*, 2011). Corroborando ao estudo citado anteriormente, também não foi identificado modificações

significativas na TMR devido à ausência de aumentos consideráveis na MCM para potencializar essa variável. Para contrapor e confirmar essa ideia, os autores ainda identificaram uma redução significativa da MCM em ambos os grupos, possivelmente pela grande restrição dietética implementada na dieta (-15 a 20% da ingestão calórica diária), explicando então os resultados não significativos da TMR.

Utilizando outro tipo de protocolo, Van Der Heijden et al. (2010) compararam adolescentes obesos (15,6±0,3 anos; IMC médio 33,1±0,9 kg·m<sup>-2</sup>) e magros (15,3±0,3 anos; IMC médio 20,2±0,7 kg·m<sup>-2</sup>) que participaram durante 12 semanas de um programa de treinamento com ExA, realizados com esteira, bicicleta ou elíptico, 4 vezes na semana sendo 2 em casa. As sessões de exercício tinham duração de 30 min por dia a 70% FC<sub>max</sub> ou mais, através do VO<sub>2max</sub>. Seguindo os achados, os autores não encontraram diferenças na TMR absoluta e relativa entre os grupos (magros: 1,01±0,03 vs. 1,03±0,04 kcal/min; obesos: 1,23±0,06 vs. 1,22±0,06 kcal/min). Essa ausência pode ser explicada pelo pequeno aumento na MCM (2-3%) dos participantes. Apesar de não ter sido aplicado restrição dietética como nos estudos anteriores, não se esperava grandes aumentos da MCM, por conta do tipo de intervenção, exclusivamente aeróbio com exercícios tradicionais, justificando os resultados encontrados.

Lazzer et al. (2004) avaliaram as alterações da TMR em adolescentes obesos (12-16 anos; IMC médio 33,9 kg·m<sup>-2</sup>) submetidos a um programa de redução de peso durante 9 meses. Essa intervenção foi constituída por sessões de ExA e ExR 2 vezes por semana, ao longo de 40 min, aumentando a FC no decorrer da intervenção de 55 a 60% do VO<sub>2max</sub>. Além disso, os adolescentes participavam de atividades aeróbicas na instituição e de educação física na escola, uma vez por semana cada, com 2h de duração. No final de semana, eles faziam atividade física de lazer livre. Os resultados desse estudo demonstraram uma diminuição significativa (-8,3%) da TMR pós intervenção em ambos os sexos (masculino: 6,0 vs. 5,56 kJ/min; feminino: 5,47 vs. 4,96 kJ/min ±0,326, *P*<0,001). Esses achados podem ser parcialmente explicados pela maior restrição dietética e supervisão dietética mais rigorosa no estudo (1 visita semanal; restrição dietética de -15 a 20%), justificando em parte a diminuição da TMR pelas maiores perdas no peso corporal e MCM (provavelmente devido a reduções de massa dos órgãos e taxa metabólica) e/ou diferenças nos protocolos de treinamento.

Entretanto, a literatura também expressa resultados satisfatórios, ou seja, demonstrando aumento da TMR. McComark et al. (2014) examinaram crianças e adolescentes obesos (13±1,9 anos; IMC médio 37±7,1 kg·m<sup>-2</sup>) em dois grupos, um controle e

um que fazia ExA, ExR e alongamentos, utilizando o Wii®, por 8 semanas. Os participantes treinavam 3 vezes na semana, no qual 20 min eram de ExA a 60-80% da FC de reserva e 25 min de ExR e alongamentos. Ao final da intervenção, os autores encontraram uma tendência de aumento da TMR, ajustado pelo peso corporal, no grupo experimental [ $\Delta$  0,14 (-1.9-2.2);  $P=0.07$ ]. Esse fato se justifica por melhorias no condicionamento físico pelo exercício, associadas ao aumento do conteúdo lipídico intramiocelular e redução do quociente respiratório, sugerindo uma maior oxidação lipídica. Com isso, as mudanças na TMR foram positivamente associadas ao ganho de MCM ( $r=0,60$ ;  $P=0,01$ ), e negativamente associada à mudança na massa gorda ( $r=-0,57$ ;  $P=0,02$ ) e porcentagem de gordura corporal ( $r=-0,72$ ;  $P=0,002$ ), entre os adolescentes que praticaram exercício.

Meucci et al. (2013) avaliaram o efeito de diferentes durações de exercícios recreativos e exercícios baseados em brincadeiras, por 4 e 8 semanas, em adolescentes com sobrepeso. A amostra foi dividida nesses dois grupos mais o grupo controle (IMC médio 4 semanas:  $22,5 \pm 3,4 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ ; 8 semanas:  $22,2 \pm 4 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ ; controle:  $19,5 \pm 3,4 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ ). Quem participou da intervenção foi submetido aos exercícios recreativos 5 vezes na semana, com um total de 4h por dia, em intensidade moderada. Os resultados demonstraram que o grupo que realizou o programa de exercícios teve um aumento significativo na TMR (4 semanas pré:  $1187 \pm 150 \text{ kcal/dia}$  vs. pós:  $1220 \pm 169 \text{ kcal/dia}$ ; 8 semanas pré:  $1154 \pm 150 \text{ kcal/dia}$  vs. pós:  $1202 \pm 151 \text{ kcal/dia}$ ;  $P \leq 0,05$ ) e no  $\text{VO}_{2\text{pico}}$  (8 semanas pré:  $27,8 \pm 7,8$  vs. pós:  $34,8 \pm 6,5 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ;  $P \leq 0,001$ ) comparado ao grupo controle (TMR pré:  $1072 \pm 127 \text{ kcal/dia}$  vs. pós:  $1067 \pm 144 \text{ kcal/dia}$ ;  $\text{VO}_{2\text{pico}}$  pré:  $30,2 \pm 5,6$  vs. pós:  $30,8 \pm 5,6 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ). Esses achados sugerem que protocolos com exercícios recreativos e desportivos ajudam a condicionar adolescentes mais ativos e propensos a manter seus níveis de atividade aumentados ao longo da vida, além de atenuar o desenvolvimento de fatores de risco associados ao comportamento sedentário e trazer benefícios para a saúde e o bem-estar desse público.

Do mesmo modo, Yetgin et al. (2018) dividiram adolescentes obesos ( $16,81 \pm 0,91$  anos) do sexo masculino em grupos de ExA e outro de ExR, que progrediam a cada 2 meses de treinamento, com um total de 6 meses de intervenção. Esses adolescentes se exercitavam 3 vezes por semana durante 60 min por dia. A intensidade dos ExA variou de 50-75% da  $\text{FC}_{\text{max}}$  e dos ExR foram de 50-75% de 1RM durante a intervenção. A TMR mostrou aumento apenas no grupo que participou das atividades aeróbias (ExA:  $1861,63 \pm 422,38$  vs.  $2124,25 \pm 577,38 \text{ kcal/dia}$ ; ExR:  $1956 \pm 352,64$  vs.  $2111,75 \pm 594,02 \text{ kcal/dia}$ ).



Tendo em vista os resultados apresentados de alguns estudos que avaliaram a intervenção de programas de exercícios na TMR de adolescentes, são bastante expressivas as variações e a inconsistência da parte metodológica na literatura e, dessa forma, essa divergência reflete a falta de consenso dos estudos sobre esse assunto.

### 3 ARTIGOS ORIGINAIS

#### 3.1 Artigo 1

##### TITLE PAGE

**Time to achieve steady-state for an accurate assessment of resting energy expenditure in adolescents with healthy weight and obesity: A cross- sectional study**

**Running Title:** Test-retest reliability of REE assessment in adolescents

Isabela F. Soares<sup>1</sup>, Fabrício Vasconcellos<sup>1,2</sup>, and Felipe A. Cunha<sup>1,2</sup>

1) Graduate Program in Exercise Science and Sports, University of Rio de Janeiro State, Rio de Janeiro, Brazil.

2) Laboratory of Physical Activity and Health Promotion, Rio de Janeiro State University, Rio de Janeiro, Brazil.

**Address for correspondence:** Felipe A. da Cunha, Ph.D. Institute of Physical Education and Sports, Laboratory of Physical Activity and Health Promotion, University of Rio de Janeiro State. Rua São Francisco Xavier 524 / sala 8121F - Maracanã, Rio de Janeiro, RJ, Brazil. CEP: 20550-013; Phone: +55-21-2334-0775. E-mail: [felipeac@globocom](mailto:felipeac@globocom)

**Acknowledgements:** This study was supported by the Carlos Chagas Filho Foundation for the Research Support in Rio de Janeiro (FAPERJ, E-26/202.705/2019, recipient FC). The funder had no role in study design, data collection and analysis, decision to publish, or preparation of the manuscript.

## Abstract

**Objective:** The present study investigated the time needed to achieve a steady state for an accurate assessment of resting energy expenditure (REE) in adolescents with healthy weight and obesity.

**Materials and methods:** Thirty adolescents aged 12–17 years were assigned to a group with healthy weight (GHW;  $n = 12$ , body mass index [BMI]  $22.5 \pm 3.6 \text{ kg/m}^2$ ) and another group with obesity (GO;  $n = 18$ , BMI  $34.1 \pm 5.2 \text{ kg/m}^2$ ). Participants underwent test-retest reliability of REE assessment as follows: a) 24 h of abstention from physical exercise, soft drinks, or caffeine; b) fasting for ~12 h; c) acclimation period of 10 min; d) 30-min assessment in a supine position.

**Results and discussion:** A significant change occurred during the 30 min in REE. Significant differences existed between consecutive means until the 20<sup>th</sup> and 25<sup>th</sup> min for the GHW and GO, respectively. Although significant differences between trials 1 and 2 were detected during the first 5–10 min of assessment, the REE for each 5-min time point exhibited high test-retest reliability across trials in both groups (intraclass correlation coefficients range 0.79–0.99).

**Conclusion:** The following recommendations are provided to promote accurate assessment of REE among adolescents: a) initiate the REE assessment with 10 min of acclimation to decrease restlessness; b) determine REE for a minimum of 20 min if healthy weight and 25 min if obesity; c) determine REE for a further 5 min, with the average of this last 5 min of REE data being regarded as the REE.

**Keywords:** resting metabolic rate, kilocalories, oxygen uptake, reliability, CPX Ultima CardiO2, indirect calorimetry.

## Introduction

Childhood obesity is a serious public health concern in developed and developing countries (14), and its overall prevalence has markedly risen in more than 70 countries by 20% from 1980 to 2015, which represents 107.7 million children worldwide (1). According to the Centers for Disease Control and Prevention, childhood obesity is defined as a body mass index (BMI) at or above the 95<sup>th</sup> percentile for age and sex (16), and its long-term effects are directly associated with several comorbidities (17), a greater risk of adult obesity compared with counterparts with healthy weight (10), and a predictor of mortality in early adulthood (17, 20).

Although obesity is a result of a complex combination of biological, developmental, environmental, behavioral, and genetic factors (14), the most common cause of weight gain is an imbalance between total energy intake and total daily energy expenditure, such that intake chronically exceeds energy requirements including basal metabolic rate (BMR), diet-induced thermogenesis, and activity-related energy expenditure (2). The BMR is the lowest resting energy expenditure (REE) required to maintain the body's integrated systems and homeostasis; therefore, knowledge of REE is important in clinical applications because it accounts for the largest proportion of total daily energy expenditure (*i.e.*, ~50–70%) (13).

Indirect calorimetry for the assessment of oxygen uptake ( $\text{VO}_2$ ) and carbon dioxide output ( $\text{VCO}_2$ ) has been widely used and accepted as the gold-standard method to determine the REE under strict conditions (3). In 2006, the Academy of Nutrition and Dietetics Evidence Analysis Library (AEL) published an early systematic review (7) to guide practitioners on the best procedures to promote accurate and reliable REE assessment in adults, which are summarized as follows: a) at least 6 h of fasting before the assessment to avoid the thermogenic effect of food; b) abstinence from coffee, alcohol, nicotine, or any other stimulant for at least 2 h before the assessment; c) a minimum rest period of 10 to 20 min before the assessment; d) restriction of physical activities for a minimum of 2 h for moderate activities and 14 h for strenuous activities; e) measurements made in supine or slightly elevated body posture; and f) minimum measurement duration of 10 min under steady-state (SSt) conditions, discarding the first 5 min of REE data. The SSt is defined as the first 5 min in which  $\text{VO}_2$  and  $\text{VCO}_2$  data achieve a coefficient of variation (CV) of 10% or less.

Although the systematic review by AEL (7) has progressed our understanding of the main criteria for the REE assessment in adults, it did not include the time needed to achieve SSt in  $VO_2$  and  $VCO_2$  data. An important question remains as to whether there is sufficient evidence that a short-term assessment of 10 min is a valid time to verify the attainment of SSt required for the determination of REE, especially among adolescents, which were not included in the systematic review of AEL (7). Some studies, for example, suggested that a short-term protocol of 10 min would be enough to provide a SSt condition and avoid individual restlessness in adults (11) and children (25). Others reported that following an acclimation period of 10 min, at least 30 min of REE assessment were needed to achieve the start of a SSt condition in adults (8).

Among the adolescent population, this particular aspect of REE determination remains totally unknown. Considering that puberty is a hormonal event marked by rapid growth and maturation into a short-term period that elicits changes in energy requirements and potentially increases the risks of energy imbalance (5), it is feasible to think that additional investigation is warranted to address the following research question: How long should the duration of the REE assessment be to achieve a SSt in adolescents with healthy weight and obesity? Thus, the aim of the present study was to identify the time needed to achieve a SSt for an accurate assessment of REE in adolescents with healthy weight and obesity. We hypothesized that after completion of an acclimatization period of 10 min at least 20 min are needed to obtain SSt conditions and to provide adequate test-retest reliability in adolescents, regardless of obesity status.

## **Materials and Methods**

### *Participants*

Thirty adolescents (23 boys) aged 12 to 17 years volunteered for the study, recruited from schools in the city of Rio de Janeiro, RJ, Brazil. The participants were classified as obese when their BMI was above the 95<sup>th</sup> percentile for age and sex (16). In order to participate in the study, the participants had to present sexual maturation above stage 3 for breast development, pubic hair, or genital size according to Tanner classification charts, or menarche (Tanner & Whitehouse, 1976). Girls and their mothers were asked whether or not menstrual bleeding had occurred (*status quo* method). Exclusion criteria included the use of

medication for the management of metabolic, endocrine, or cardiovascular disease or body mass, or participation in a weight management program, including exercise or nutritional interventions, within 6 months prior to the study.

The study was approved by the institutional ethics committee of the University of Rio de Janeiro State (CAAE: 91950618.8.0000.5259). All parents or legal guardians signed informed consent forms providing authorization for the children to participate in the study.

### *Procedures*

Each participant visited the laboratory three times on three separate days. On the first day, anthropometric measurements were carried out by the same investigator and included body mass, height, waist, and hip circumferences. Body mass and height were assessed, respectively, by digital balance scales (Welmy, São Paulo, SP, Brazil) and a stadiometer graded in millimeters (American Medical do Brasil, São Paulo, SP, Brazil). BMI was subsequently calculated as body mass (kg) divided by squared height ( $m^2$ ). Waist circumference was taken midway between the lowest rib and the top of the iliac crest. Hip circumference was taken at the widest diameter of the buttocks. The waist-hip ratio was computed by dividing the waist circumference (cm) by the hip circumference (cm). Body composition (*i.e.*, fat-free mass [FFM] and fat mass [FM], and percentage body fat) was assessed by dual-energy x-ray absorptiometry (Hologic QDR 4500, Hologic, Bedford, MA, USA).

On the second and third visits, REE was determined in accordance with the recommendations of AEL (7): abstention of physical exercise, soft drinks, and caffeine in the 24 h preceding the assessment, and overnight fasting prior to the assessment. The participants were instructed to wake slowly, minimize movement, and promptly come to the laboratory by car or bus early in the morning, expending as little energy as possible and without breakfast (about 12 h of fasting). In the laboratory, after confirming their compliance with these conditions, the participants laid on a bed in the supine position with their heads supported by a pillow and were covered with a bedsheet. They were instructed to remain silent and awake and to maintain a spontaneous breathing rhythm while in a calm and thermoneutral environment (22 to 24°C) with minimum disturbance and light. Under this environment, an acclimation period of 10 min was undertaken with indirect calorimetry to decrease the participant's anxiety during the assessment, after which the REE was measured for 30 min.

The REE assessments were always performed at the same time of the day (between 7 a.m. and 11 a.m.), and the second trial was repeated after a 48–72 h interval to determine test-retest reliability. In girls, the REE assessments were synchronized to the menstrual cycle (measurements were carried out before ovulation).

Breath-by-breath pulmonary gas exchanges and min ventilation were recorded using a CPX Ultima Cardio2 indirect calorimeter (Medical Graphics Corp, St. Paul, MN, USA) and a Model 7400 oronasal mask (Hans Rudolph, Kansas, MO, USA) equipped with a Prevent metabolic flow sensor (Medical Graphics Corp, St. Paul, MN, USA). Flow calibrations were performed using a syringe graduated for a 3 L capacity (Hans Rudolph, Kansas, MO, USA) at the beginning of each test day, and gas calibrations were performed using a certified standard mixture of oxygen (17.01%) and carbon dioxide (5.00%), balanced with nitrogen (AGA, Rio de Janeiro, RJ, Brazil) according to the manufacturer's instructions. MGC Diagnostic Breeze Suite 8.1.0.54 SP7 software (Medical Graphics Corp., St. Paul, MN, USA) was used to calculate the means of ventilation variables every min. The data obtained from the indirect calorimetry assessment included the  $\text{VO}_2$ ,  $\text{VCO}_2$ , and REE. The REE was calculated by the Weir equation (26) and reported as kcal/day.

#### *Data analysis*

Statistical analyses were performed using IBM SPSS Statistics 22 (SPSS Inc., Chicago, IL USA). Data were summarized using means and standard deviations (SD). Cohen's *d* effect sizes for mean differences were calculated and defined as small (0.20), moderate (0.50), and large (0.80) (6). Statistical differences between groups with healthy weight (GHW) and obesity (GO) were investigated using unpaired Student's *t* test. REE was statistically adjusted for FFM as described elsewhere (21) to control for variation attributable to differences in body composition.

The 30 min of  $\text{VO}_2$ ,  $\text{VCO}_2$  and REE data for each trial were split into 5-min stationary time averages (*e.g.*, 1<sup>st</sup>-5<sup>th</sup> min, 6<sup>th</sup>-10<sup>th</sup> min, etc.), which seems to provide an accurate representation of the 24-h total energy expenditure than any other time interval in healthy populations (12). Changes in  $\text{VO}_2$  (L/min),  $\text{VCO}_2$  (L/min), and REE (kcal/d) were then analyzed with a marginal model using the Mixed procedure, with Trial and Time included as within-subject factors. *Post hoc* pairwise comparisons with Sidak-adjusted *p* values were used to identify at which time point there was no significant change in  $\text{VO}_2$ ,  $\text{VCO}_2$ , and REE. The

SSt condition was based on the absence of statistical significance between the 5-min stationary time averages. Two-tailed statistical significance for all null hypothesis tests was accepted as  $p \leq 0.05$ . Test-retest reliability was evaluated by the mean difference across trials, and the intraclass correlation coefficient (ICC) was calculated as a one-way random-effects model (23).

## **Results**

Anthropometric and body composition profiles of the GHW and GO, as well as REE data collected under SSt are summarized in Tabela 3. The two groups were similar only for age, height, and REE adjusted for FFM. As expected, body mass, BMI, waist-hip ratio, and fat percentage were significantly higher in the GO than the GHW ( $p \leq 0.01$ ).



Tabela 3 - Baseline participants' characteristics.

Variables	Group with healthy weight	Group with obesity	<i>t</i> -test	<i>P</i> -value
	( <i>n</i> = 12, 2 girls)	( <i>n</i> = 18; 5 girls)		
	Mean ± SD	Mean ± SD		
Age (years)	14.8 ± 1.5	14.4 ± 1.5	0.69	0.50
Tanner stage (range)	4 – 5	4 – 5	-	-
Height (cm)	168.6 ± 11.3	163.8 ± 8.2	1.4	0.181
Body mass (kg)	64.1 ± 13.5	91.8 ± 18.1	4.5	< 0.001
Fat-free mass (kg)	46.5 ± 11.2	51.1 ± 7.4	1.4	0.186
Fat mass (kg)	17.6 ± 10.2	40.7 ± 13.1	5.2	< 0.001
Percentage body fat (%)	25.3 ± 11.8	43.7 ± 6.0	5.6	< 0.001
Body mass index (kg/m <sup>2</sup> )	22.5 ± 3.6	34.1 ± 5.2	6.7	< 0.001
Waist circumference (cm)	80.1 ± 10.9	105.0 ± 13.7	5.2	< 0.001
Hip circumference (cm)	93.3 ± 8.9	114.2 ± 13.9	4.6	< 0.001
Waist-hip ratio	0.85 ± 0.1	0.92 ± 0.1	2.6	0.015
Resting energy expenditure adjusted for fat-free mass (kcal/day)	1096 ± 144	1156 ± 95	1.1	0.301

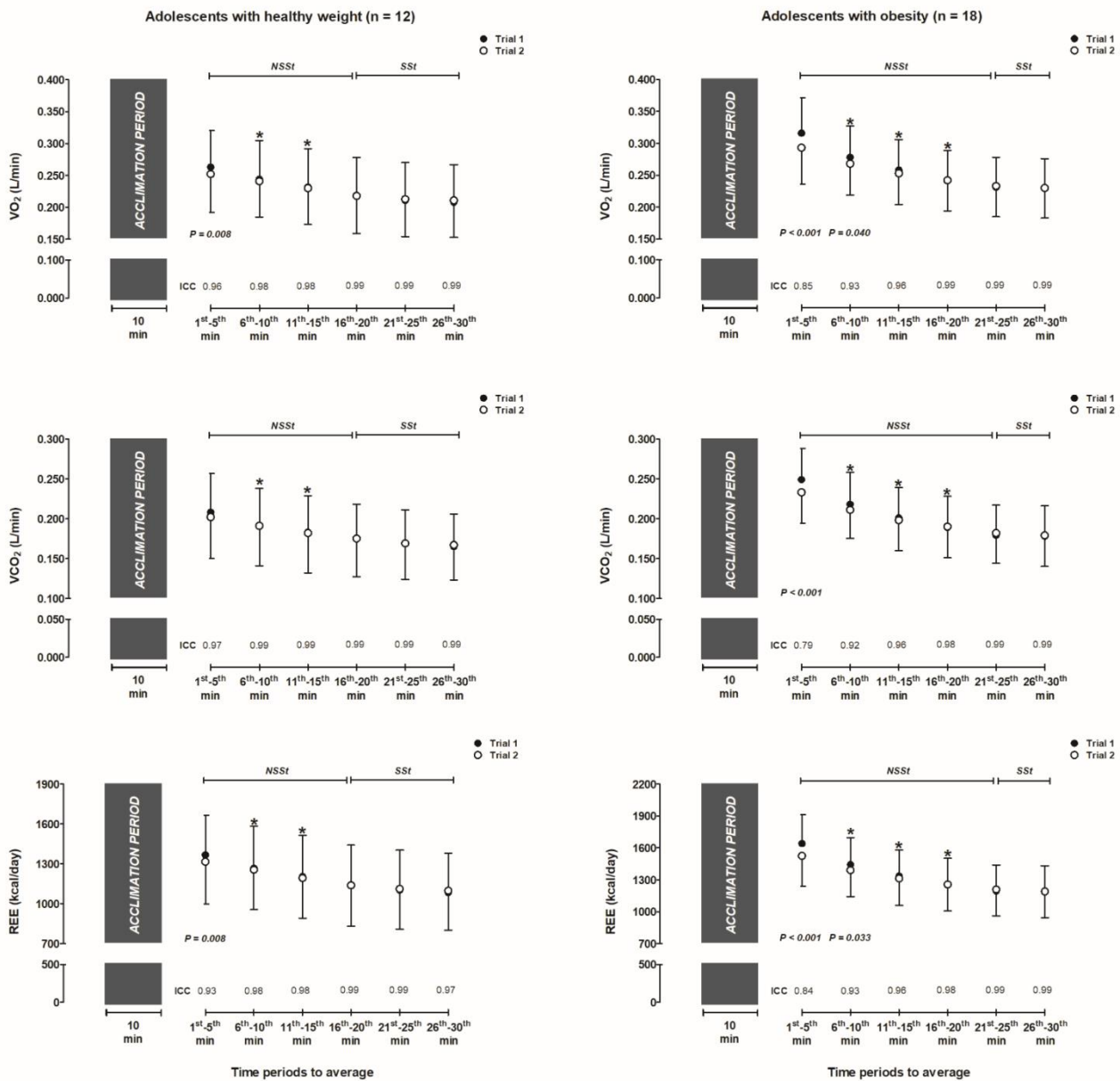
Tabela 4 shows the mean  $\pm$  SD (95% confidence interval [CI]) values for  $\text{VO}_2$ ,  $\text{VCO}_2$ , and REE for both trials of the 30-min assessment. Figure 1 shows the mean  $\pm$  SD values for  $\text{VO}_2$ ,  $\text{VCO}_2$ , and REE in graphical form, along with the test-retest reliability statistics for both trials of the 30-min assessment. Both groups had a significant change in  $\text{VO}_2$  (GHW:  $F = 89.2$ ,  $p < 0.001$ ; GO:  $F = 133.3$ ,  $p < 0.001$ ),  $\text{VCO}_2$  (GHW:  $F = 84.9$ ,  $p < 0.001$ ; GO:  $F = 175.8$ ,  $p < 0.001$ ), and REE (GHW:  $F = 103.6$ ,  $p < 0.001$ ; GO:  $F = 158.3$ ,  $p < 0.001$ ) during the 30-min assessment. *Post hoc* pairwise comparisons showed that for each of the three outcome variables, significant differences existed between consecutive means until the 20<sup>th</sup> and 25<sup>th</sup> min (*i.e.*, non-steady-state period, NSSt) for the GHW and GO, respectively, after which no significant differences occurred (*i.e.*, SSt condition). Regardless of the group (*i.e.*, GHW *vs.* GO), when under SSt conditions, all assessments were characterized by a CV lower than 10% over a period of 5 consecutive min for either  $\text{VO}_2$  or  $\text{VCO}_2$  data. On the other hand, only 56% of the assessments achieved a  $\text{CV} < 10\%$  under NSSt conditions in both groups.

Tabela 4 - Mean  $\pm$  standard deviation (95% confidence interval) absolute resting oxygen uptake ( $\text{VO}_2$ ), carbon dioxide output ( $\text{VCO}_2$ ), and resting energy expenditure (REE) during two trials of 30-min data collection in groups with healthy weight (GHW) and obesity (GO).

Variables	Trial	Time periods to average					
		1 <sup>st</sup> -5 <sup>th</sup> min	6 <sup>th</sup> -10 <sup>th</sup> min	11 <sup>th</sup> - 15 <sup>th</sup> min	16 <sup>th</sup> - 20 <sup>th</sup> min	21 <sup>st</sup> - 25 <sup>th</sup> min	26 <sup>th</sup> - 30 <sup>th</sup> min
<b>GHW</b>							
$\text{VO}_2$ (L/min)	1	0.262 $\pm$ 0.054 (0.228-0.297)	0.243 $\pm$ 0.058 (0.206-0.280)*	0.231 $\pm$ 0.057 (0.194- 0.267)*	0.219 $\pm$ 0.056 (0.183-0.254)	0.212 $\pm$ 0.056 (0.176-0.247)	0.208 $\pm$ 0.056 (0.173-0.244)
	2	0.252 $\pm$ 0.057 (0.216-0.289)	0.241 $\pm$ 0.054 (0.207-0.275)*	0.228 $\pm$ 0.055 (0.194- 0.263)*	0.217 $\pm$ 0.056 (0.182-0.253)	0.213 $\pm$ 0.056 (0.177-0.249)	0.211 $\pm$ 0.056 (0.176-0.247)
$\text{VCO}_2$ (L/min)	1	0.206 $\pm$ 0.048 (0.175-0.236)	0.190 $\pm$ 0.045 (0.161-0.219)*	0.181 $\pm$ 0.045 (0.153- 0.210)*	0.174 $\pm$ 0.040 (0.149-0.200)	0.167 $\pm$ 0.041 (0.142-0.193)	0.163 $\pm$ 0.040 (0.138-0.189)
	2	0.200 $\pm$ 0.050 (0.168-0.232)	0.190 $\pm$ 0.048 (0.159-0.220)*	0.180 $\pm$ 0.048 (0.150- 0.210)*	0.173 $\pm$ 0.046 (0.144-0.202)	0.168 $\pm$ 0.043 (0.141-0.195)	0.166 $\pm$ 0.042 (0.139-0.192)
REE (kcal/day)	1	1361 $\pm$ 287 (1179- 1543)	1261 $\pm$ 301 (1070-1452)*	1199 $\pm$ 296 (1010- 1387)*	1138 $\pm$ 285 (957- 1320)	1101 $\pm$ 286 (919- 1282)	1081 $\pm$ 283 (901- 1261)
	2	1314 $\pm$ 303 (1121- 1506)	1251 $\pm$ 285 (1070-1433)*	1187 $\pm$ 289 (1003- 1371)*	1132 $\pm$ 294 (946- 1319)	1106 $\pm$ 288 (923- 1289)	1096 $\pm$ 285 (915- 1277)
<b>GO</b>							
$\text{VO}_2$ (L/min)	1	0.316 $\pm$ 0.055 (0.289-0.343)	0.278 $\pm$ 0.049 (0.254-0.302)*	0.258 $\pm$ 0.048 (0.234- 0.281)*	0.242 $\pm$ 0.047 (0.219-0.266)*	0.231 $\pm$ 0.047 (0.207-0.254)	0.229 $\pm$ 0.047 (0.206-0.252)
	2	0.293 $\pm$ 0.057 (0.264-0.321)	0.268 $\pm$ 0.049 (0.243-0.292)*	0.253 $\pm$ 0.049 (0.228- 0.278)*	0.242 $\pm$ 0.048 (0.218-0.266)*	0.233 $\pm$ 0.048 (0.209-0.257)	0.230 $\pm$ 0.047 (0.206-0.253)
$\text{VCO}_2$ (L/min)	1	0.249 $\pm$ 0.039 (0.229-0.268)	0.218 $\pm$ 0.040 (0.198-0.238)*	0.201 $\pm$ 0.038 (0.182- 0.219)*	0.189 $\pm$ 0.039 (0.170-0.208)*	0.179 $\pm$ 0.038 (0.160-0.198)	0.178 $\pm$ 0.038 (0.159-0.197)
	2	0.233 $\pm$ 0.039 (0.213-0.252)	0.211 $\pm$ 0.036 (0.193-0.229)*	0.198 $\pm$ 0.038 (0.179- 0.217)*	0.190 $\pm$ 0.039 (0.171-0.209)*	0.182 $\pm$ 0.038 (0.163-0.201)	0.179 $\pm$ 0.039 (0.160-0.198)
REE (kcal/day)	1	1641 $\pm$ 272 (1450- 1742)	1443 $\pm$ 254 (1276-1536)*	1335 $\pm$ 246 (1171- 1420)*	1255 $\pm$ 246 (1087- 1338)*	1195 $\pm$ 245 (1032- 1276)	1186 $\pm$ 246 (1024- 1267)
	2	1525 $\pm$ 284 (1383- 1663)	1391 $\pm$ 248 (1268-1515)*	1312 $\pm$ 254 (1187- 1442)*	1256 $\pm$ 250 (1132- 1381)*	1209 $\pm$ 248 (1085- 1330)	1191 $\pm$ 247 (1068- 1311)

\*: Significantly lower than the previous value ( $p < 0.05$ ).

Figure 1 - Mean  $\pm$  standard deviation absolute resting oxygen uptake ( $VO_2$ ), carbon dioxide output ( $VCO_2$ ), and resting energy expenditure (REE) during two trials of 30-min data collection in adolescents with healthy weight and obesity.



Abbreviations: NSSt, non-steady state; SSt, steady state; \*: Significantly lower than the previous value ( $p < 0.05$ ); P values showing significant differences between Trial 1 vs. Trial 2; Intraclass correlation coefficient (ICC) for each time point between Trial 1 vs. Trial 2.

In the GHW, significant differences were observed between trials only at 5 min of assessment for  $VO_2$  (mean diff = 0.010 L/min, 95% CI = 0.003 to 0.017 L/min,  $p = 0.008$ , effect size [Cohen's d] = 0.17) and REE (mean diff = 47 kcal/day, 95% CI = 12 to 82 kcal/day,  $p = 0.008$ , effect size [Cohen's d] = 0.17), while in the GO, significant differences were observed until the 10-min time point for  $VO_2$  (1<sup>st</sup> to 5<sup>th</sup> min: mean diff = 0.023 L/min,

95% CI = 0.013 to 0.033 L/min,  $p < 0.001$ , effect size [Cohen's  $d$ ] = 0.42; 6<sup>th</sup> to 10<sup>th</sup> min: mean diff = 0.010 L/min, 95% CI = 0.000 to 0.020 L/min,  $p = 0.040$ , effect size [Cohen's  $d$ ] = 0.21) and REE (1<sup>st</sup> to 5<sup>th</sup> min: mean diff = 116 kcal/day, 95% CI = 69 to 163 kcal/day,  $p < 0.001$ , effect size [Cohen's  $d$ ] = 0.43; 5<sup>th</sup> to 10<sup>th</sup> min: mean diff = 51 kcal/day, 95% CI = 4 to 99 kcal/day,  $p = 0.033$ , effect size [Cohen's  $d$ ] = 0.21) or at 5 min for VCO<sub>2</sub> (mean diff = 0.016 L/min, 95% CI = 0.009 to 0.023 L/min,  $p < 0.001$ , effect size [Cohen's  $d$ ] = 0.42), either as a main effect (VO<sub>2</sub>:  $F = 8.2$ ,  $p = 0.005$ ; VCO<sub>2</sub>:  $F = 5.9$ ,  $p = 0.16$ ; REE:  $F = 8.5$ ,  $p = 0.004$ ), or as an interaction with time (VO<sub>2</sub>:  $F = 3.7$ ,  $p = 0.003$ ; VCO<sub>2</sub>:  $F = 3.8$ ,  $p = 0.002$ ; REE:  $F = 4.2$ ,  $p = 0.001$ ). Although statistically significant differences between trials 1 and 2 were detected during the first 5 to 10 of assessment, the VO<sub>2</sub> and VCO<sub>2</sub> responses and the REE for each 5-min time point exhibited high test-retest reliability across trials in both groups (*e.g.*, ICC ranging from 0.79 to 0.99).

## Discussion

To the best of our knowledge, the present study is the first to identify the time needed to achieve SS<sub>t</sub> conditions for an accurate and reliable assessment of REE in adolescents with healthy weight and obesity. The major finding was that following an acclimation period of 10 min, at least 20 and 25 min of assessment were needed to achieve a SS<sub>t</sub> in the GHW and GO, respectively. Test-retest reliability was high and relatively constant from 20 min onwards in both groups, which means that a single-day assessment of REE would be sufficient in clinical and research settings.

Cunha et al. (8) reported similar findings when studying REE assessment in 30 healthy men (age,  $22 \pm 3$  years) who performed two 60-min trials in a supine position to determine the test-retest reliability. These authors showed, for example, that following an acclimation period of 10 min, significant differences existed between consecutive 5 min means until the 30 min time point, where the largest differences occurred between mean values taken at 1<sup>st</sup>-5<sup>th</sup> min *vs.* 30<sup>th</sup> min, after which no significant differences occurred for VO<sub>2</sub>, VCO<sub>2</sub>, and REE. In the present study, when considering averaged data across trials following an acclimation period of 10 min, there was a mean difference of 202 and 381 kcal/day between the estimated energy requirements calculated using the mean REE values taken at 1<sup>st</sup>-5<sup>th</sup> min *vs.* 16<sup>th</sup>-20<sup>th</sup> and 21<sup>st</sup>-25<sup>th</sup> min under SS<sub>t</sub> for the GHW and GO, respectively. From a practical perspective, the adoption of a short-term protocol of 10 min, as supported by previous studies (4, 11, 25),

would overestimate the REE by 15% and 32% in the GHW and GO, respectively. Taking into account that REE is defined as the lowest energy expenditure of a person at rest (12), it is not difficult to understand that such inherent error would have important practical consequences for clinical and research settings, especially among adolescents with obesity, who seem to require more time to achieve a SSt condition than those with healthy weight.

Mellecker and McManus (19) used a mask or mouthpiece/nose clip device to determine the REE of 23 healthy children (ages 7–12 years) during two 35-min trials and found no significant differences in REE when assessed after 10, 15, 20, or 25 min compared with 30 min for both devices, although the lowest variability in REE data had occurred after 20 min of assessment. In a cross-sectional study involving 76 Korean children and adolescents with healthy weight and 52 with obesity aged 7–18 years, Kim et al. (15) evaluated the REE according to the main methodological criteria proposed by the systematic review of AEL (7). In contrast to the present study, the REE determination lasted only 15 min and the first 5 min were discarded. The mean  $\pm$  SD REE values reported for the GHW and GO, respectively, were  $1,231 \pm 238$  and  $1,553 \pm 307$  kcal/day, which were similar to values observed by the present investigation at the 10<sup>th</sup> min of assessment in both groups. Although Kim et al. (15) stated that only the  $VO_2$  and  $VCO_2$  steady-state periods were selected, it is feasible to think that their abbreviated protocol may not be sufficient to permit a decrease in REE data. Interestingly, another study reported similar REE results in adolescents with healthy weight and obesity as those reported by Kim et al. (15). For example, Rodríguez et al. (22) found mean  $\pm$  SD values of  $1,391 \pm 246$  and  $1,595 \pm 277$  kcal/day for the GHW and GO, respectively, after the participants underwent 30 min of assessment in a supine position and considering only  $VO_2$  and  $VCO_2$  data from SSt to determine the REE. Once again, the REE observed by Rodríguez et al. (22) were close to the values reported by the present study at the 10<sup>th</sup> min of assessment in GHW and GO. Despite the aforementioned studies supporting the idea that REE determination was calculated from  $VO_2$  and  $VCO_2$  data under SSt conditions, the authors did not state how long it took to attain a SSt (15, 22).

Marra et al. (18) evaluated the REE of 264 adolescents with obesity (109 boys aged  $16.5 \pm 1.3$  years and 155 girls aged  $16.2 \pm 1.5$  years) with BMI ranging from 30.0–70.0 kg/m<sup>2</sup> and reported very high mean REE values in both boys ( $2,569 \pm 459$  kcal/day) and girls ( $2,018 \pm 385$  kcal/day) after applying a longer protocol characterized by 15 min of acclimation and a subsequent 45 min of assessment in a supine position (a total of 60 min). Notably, these REE values are greater than those reported in previous studies (15, 22) and even twice the values

found in the current study. Therefore, the following question remains: what could explain the elevated REE values reported by Marra et al. (18)? First, it is important to highlight that the authors did not describe which method was adopted to determine the REE (*e.g.*, selection of a predefined time interval or SSt-based REE). The lack of information on how the REE was calculated may account in part for these higher values. Another issue is related to the prolonged protocol that may promote boredom and consequently fidgeting among adolescents. Tang et al. (24) evaluated 20 children and adolescents with obesity aged 7–17 years who underwent a 4-week summer camp program. REE assessments were performed after a 12-h fast and a minimum 30-min rest period. Although these authors stated that assessments were recorded at 1-min intervals for a minimum of 15–30 min, it is unclear how the REE was calculated in terms of criteria and the time necessary for detection of a SSt, which is a similar issue found in the description of the methods for the study by Marra et al. (18). In other words, high REE values were also reported pre- and post-summer camp (*i.e.*,  $1,936 \pm 789$  and  $1,902 \pm 575$  kcal/day, respectively). Nevertheless, bearing in mind the different REE protocols and metabolic systems, as well as several factors that may underpin the interindividual variability of REE such as age, sex, body size, body composition, hormonal status, and a range of genetic and environmental influences, among others (9, 10), the comparisons between results of the aforementioned studies should be viewed with caution.

Some limitations of the present study must be acknowledged. First, it was not possible to investigate the REE derived from different collection apparatus widely adopted in experimental or clinical applications, such as mouthpiece and ventilated canopy. Second, the sample size was relatively small (*i.e.*, 12 adolescents with healthy weight and 18 with obesity). Although small sample sizes are common in this area of research, caution should always be exercised when interpreting the accuracy of parameter estimates derived from such sample sizes.

The present study, therefore, detected the existence of an optimal assessment duration of  $VO_2$  and  $VCO_2$  data for achieving a SSt condition, recommended to improve the accuracy of REE determination in adolescents with healthy weight and obesity. In conclusion, after completing a 10-min acclimation period, a minimum of a further 20 and 25 min of rest were necessary to obtain a  $VO_2$  and  $VCO_2$  SSt conducive to an accurate determination of REE in GHW and GO, respectively. On the basis of the main findings, the following recommendations are provided: a) initiate the REE assessment with 10 min of acclimation to decrease restlessness in

adolescents; b) determine REE for a minimum of 20 min in GHW and 25 min in GO, until apparent  $\text{VO}_2$  and  $\text{VCO}_2$  SSTs have been achieved; and c) determine REE for a further 5 min, with the average of this last 5 min of REE data being regarded as the REE.

## References

1. Afshin A, Forouzanfar MH, Reitsma MB, Sur P, Estep K, Lee A, et al. Health effects of overweight and obesity in 195 countries over 25 years. *N Engl J Med*.2017;377(1):13-27.
2. Alberga AS, Prud'homme D, Sigal RJ, Goldfield GS, Hadjiyannakis S, Gougeon R, et al. Does exercise training affect resting metabolic rate in adolescents with obesity? *Appl Physiol Nutr Metab*.2017;42(1):15-22.
3. Alcantara JMA, Sanchez-Delgado G, Martinez-Tellez B, Merchan-Ramirez E, Labayen I, Ruiz JR. Congruent validity and inter-day reliability of two breath by breath metabolic carts to measure resting metabolic rate in young adults. *Nutr Metab Cardiovasc Dis*.2018;28(9):929-936.
4. Borges JH, Guerra-Júnior G, Gonçalves EM. Methods for data analysis of resting energy expenditure measured using indirect calorimetry. *Nutrition*.2019;59:44-49.
5. Cheng HL, Amatoury M, Steinbeck K. Energy expenditure and intake during puberty in healthy nonobese adolescents: a systematic review. *Am J Clin Nutr*.2016;104(4):1061-1074.
6. Cohen J. *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. Hillsdale, N.J.: L. Erlbaum Associates, 1988.
7. Compher C, Frankenfield D, Keim N, Roth-Yousey L. Best practice methods to apply to measurement of resting metabolic rate in adults: a systematic review. *J Am Diet Assoc*.2006;106(6):881-903.



8. Cunha FA, Midgley AW, Monteiro W, Freire R, Lima T, Farinatti PT. How long does it take to achieve steady state for an accurate assessment of resting VO<sub>2</sub> in healthy men? *Eur J Appl Physiol*.2013;113(6):1441-1447.
9. Herrmann SD, McMurray RG, Kim Y, Willis EA, Kang M, McCurdy T. The influence of physical characteristics on the resting energy expenditure of youth: A meta-analysis. *Am J Hum Biol*.2017;29(3).
10. Hohenadel MG, Hollstein T, Thearle M, Reinhardt M, Piaggi P, Salbe AD, et al. A low resting metabolic rate in late childhood is associated with weight gain in adolescence. *Metabolism*.2019;93:68-74.
11. Horner NK, Lampe JW, Patterson RE, Neuhouser ML, Beresford SA, Prentice RL. Indirect calorimetry protocol development for measuring resting metabolic rate as a component of total energy expenditure in free-living postmenopausal women. *The Journal of Nutrition*.2001;131(8):2215-2218.
12. Irving CJ, Eggett DL, Fullmer S. Comparing steady state to time interval and non-steady state measurements of resting metabolic rate. *Nutr Clin Pract*.2017;32(1):77-83.
13. Johnstone AM, Murison SD, Duncan JS, Rance KA, Speakman JR. Factors influencing variation in basal metabolic rate include fat-free mass, fat mass, age, and circulating thyroxine but not sex, circulating leptin, or triiodothyronine. *Am J Clin Nutr*.2005;82(5):941-948.
14. Kansra AR, Lakkunarajah S, Jay MS. Childhood and adolescent obesity: A review. *Frontiers in Pediatrics*.2021;8(866).
15. Kim MH, Kim JH, Kim EK. Accuracy of predictive equations for resting energy expenditure (REE) in non-obese and obese Korean children and adolescents. *Nutr Res Pract*.2012;6(1):51-60.

16. Kuczmarski RJ, Ogden CL, Guo SS, Grummer-Strawn LM, Flegal KM, Mei Z, et al. 2000 CDC Growth Charts for the United States: methods and development. *Vital and health statistics. Series 11, Data from the national health survey*.2002(246):1-190.
17. Lindberg L, Danielsson P, Persson M, Marcus C, Hagman E. Association of childhood obesity with risk of early all-cause and cause-specific mortality: A Swedish prospective cohort study. *PLoS Med*.2020;17(3):e1003078.
18. Marra M, Montagnese C, Sammarco R, Amato V, Della Valle E, Franzese A, et al. Accuracy of predictive equations for estimating resting energy expenditure in obese adolescents. *J Pediatr*.2015;166(6):1390-1396.e1391.
19. Mellecker RR, McManus AM. Measurement of resting energy expenditure in healthy children. *JPEN J Parenter Enteral Nutr*.2009;33(6):640-645.
20. Ohlsson C, Bygdell M, Sundén A, Rosengren A, Kindblom JM. Association between excessive BMI increase during puberty and risk of cardiovascular mortality in adult men: a population-based cohort study. *Lancet Diabetes Endocrinol*.2016;4(12):1017-1024.
21. Ravussin E, Bogardus C. Relationship of genetics, age, and physical fitness to daily energy expenditure and fuel utilization. *Am J Clin Nutr*.1989;49(5 Suppl):968-975.
22. Rodríguez G, Moreno LA, Sarría A, Pineda I, Fleta J, Pérez-González JM, et al. Determinants of resting energy expenditure in obese and non-obese children and adolescents. *J Physiol Biochem*.2002;58(1):9-15.
23. Shrout PE, Fleiss JL. Intraclass correlations: uses in assessing rater reliability. *Psychol Bull*.1979;86(2):420-428.
24. Tang Q, Ruan H, Tao Y, Zheng X, Shen X, Cai W. Effects of a summer program for weight management in obese children and adolescents in Shanghai. *Asia Pac J Clin Nutr*.2014;23(3):459-464.

25. Ventham JC, Reilly JJ. Reproducibility of resting metabolic rate measurement in children. *Br J Nutr.*1999;81(6):435-437.
26. Weir JB. New methods for calculating metabolic rate with special reference to protein metabolism. *J Physiol.*1949;109(1-2):1-9.

### 3.2 **Artigo 2**

#### **TITLE PAGE**

#### **Effects of a 12-week recreational soccer program on resting metabolic rate among obese adolescents**

**Running Title:** Recreational soccer and resting metabolic rate in obese adolescents

Isabela F. Soares<sup>a</sup>, Felipe A. Cunha<sup>a,b</sup>, and Fabrício Vasconcellos<sup>a,b</sup>

a - Graduate Program in Exercise Science and Sports, University of Rio de Janeiro State, Rio de Janeiro, Brazil.

b - Laboratory of Physical Activity and Health Promotion, Rio de Janeiro State University, Rio de Janeiro, Brazil.

**Address for correspondence:** Fabrício Vasconcellos, Ph.D. Institute of Physical Education and Sports, Laboratory of Physical Activity and Health Promotion, University of Rio de Janeiro State. Rua São Francisco Xavier 524 / sala 8121F - Maracanã, Rio de Janeiro, RJ, Brazil. CEP: 20550-013; Phone: +55-21-2334-0775. E-mail: [fabriciovav@hotmail.com](mailto:fabriciovav@hotmail.com)

**Acknowledgements:** This study was supported by the Carlos Chagas Filho Foundation for the Research Support in Rio de Janeiro (FAPERJ, E-26/202.705/2019, recipient FC). The

funder had no role in study design, data collection and analysis, decision to publish, or preparation of the manuscript.

### Abstract

**Objectives.** The purpose of this study was to investigate the chronic effects of a 12-week recreational soccer program (RSP) on resting metabolic rate (RMR) in obese adolescents.

**Methods.** Eighteen obese adolescents were assigned to RSP (n=10, age =  $13.8 \pm 1.5$  years, body mass index [BMI] =  $30.7 \pm 5$  kg/m<sup>2</sup>) and Control (n=8, age =  $14.9 \pm 1.4$  years, BMI =  $32.5 \pm 4.1$  kg/m<sup>2</sup>) groups. Participants underwent anthropometric, body composition, cardiorespiratory fitness and RMR assessments at baseline and post-intervention. The 12-week RSP consisted of small-sided games with 60-min performed 3 times per week.

**Results.** Post-intervention, between-group differences emerged for waist and hip circumferences (mean diff.: -14.6 and -16.6 cm,  $P < 0.05$ ), fat mass (mean diff.: -8.7 kg,  $P = 0.049$ ), and maximal oxygen uptake (mean diff.:  $-5.5$  mL·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>,  $P < 0.001$ ). No significant differences were detected for the absolute and adjusted RMR for fat mass and fat-free mass at baseline and after 12 weeks for both RSP and Control groups, although a marked downward trend of 27.6% for adjusted RMR was observed post-Control (1,915 vs. 1,386 kcal/day; mean diff.: -529 kcal/day).

**Conclusion.** A 12-week RSP was effective for improving anthropometric, body composition and cardiorespiratory fitness health markers in obese adolescents, but not RMR.

**Key Words:** basal metabolism; energy expenditure; calorimetry; exercise training; body weight.

## Introduction

Childhood obesity is defined as a body mass index (BMI) at or above the 95<sup>th</sup> percentile for age and sex <sup>1</sup>, and its prevalence has increased dramatically over the last decades<sup>2,3</sup>. Afshin et al. <sup>2</sup> evaluated the BMI data from the Global Burden of Disease study in 195 countries and found a significant and rapid increase in the prevalence of childhood obesity of 20% over the period 1980-2015 (i.e., 107.7 million obese children worldwide). In Brazil, a recent meta-analysis of Ferreira et al. <sup>3</sup> reported that in the 2010s decade the prevalence of childhood obesity was 12%. Since higher levels of childhood obesity constitute a serious worldwide health issue due to its long-term effects associated with several comorbidities (i.e., cardiovascular diseases, type 2 diabetes, hypertension, dyslipidemia, and others) <sup>4</sup>, engagement in regular physical activity is regarded as an important behaviour in controlling the aforementioned risk factors and in promoting improvements among the health-related physical fitness components in overweight and obese children and adolescents <sup>5</sup>.

In regards weight management, it is well established that weight loss or gain is related to an imbalance between total energy intake and total daily energy expenditure (TDEE) resulting from the resting metabolic rate (RMR), diet-induced thermogenesis, and physical activity <sup>6</sup>. The RMR is the lowest resting energy expenditure required to maintain the body's integrated systems and homeostasis and knowledge of RMR is important in clinical applications because it accounts for the largest component of TDEE (i.e., ~ 50-70%) <sup>7</sup>, whereas the energy expenditure associated with physical activity represents 15-30% of TDEE <sup>8</sup>. Previous findings suggest that lower levels of RMR result in weight gain over time <sup>9</sup>, although the literature is ambiguous on this subject <sup>10</sup>. Like RMR, a decline in physical activity has been associated with a greater gain in BMI and skin fold thickness over time during adolescence, suggesting that higher levels of physical activity (i.e. including participation in purposeful exercise) may potentially prevent weight gain <sup>11</sup>.

In this context, it is known that many factors can influence RMR, such as age, body composition, and cardiorespiratory fitness (CRF), as represented by the maximal oxygen uptake ( $VO_{2max}$ ), among others <sup>12, 13</sup>. However, the findings of previous studies regarding the long-term effects of exercise on RMR among obese adolescents are mixed, observing either increased RMR post-exercise training <sup>14</sup>, no change <sup>15</sup>, or even a decreased RMR <sup>16</sup>. Beyond that, it is worth mentioning that previous studies that investigated the chronic responses of RMR to exercise training have adopted traditional aerobic and resistance exercises (i.e.,

treadmills, cycle ergometer and gym equipment)<sup>15, 17, 18</sup>, which usually fail to encourage adherence in exercise training programs among obese adolescents<sup>19</sup>. Participation in group sports, in particular recreational soccer programs (RCP), has emerged as an effective strategy to improve physical fitness components and cardiovascular risk factors in obese adolescents<sup>20</sup>. Nevertheless, to the best of our knowledge, no study has addressed whether an RSP could elicit an increased RMR response among obese adolescents, warranting additional investigations to clarify this question.

Therefore, the main purpose of the present randomized controlled trial was to investigate the effect of a 12-week RSP on the RMR of obese adolescents. We hypothesized that a long-term RSP would increase the RMR.

## **Methods**

### *Eligibility criteria for participants*

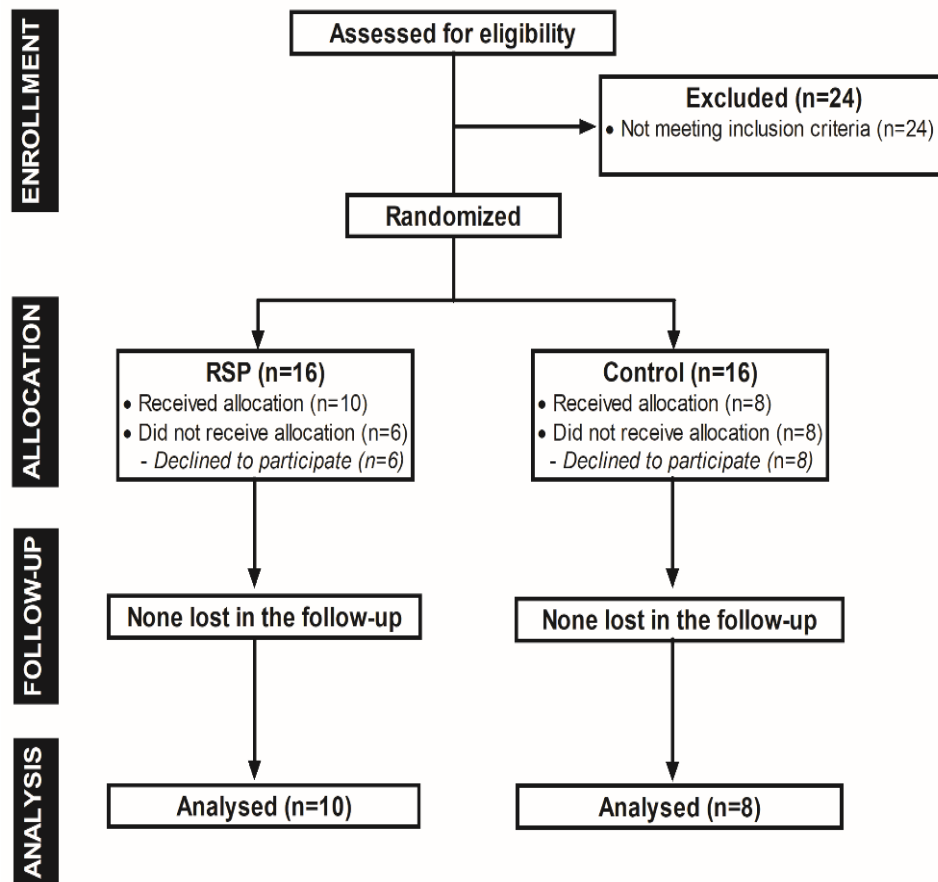
Inclusion criteria were: a) aged between 12-17 years; b) pubertal maturation level from 3 to 5 according to the Tanner scale; and c) obesity, defined as a BMI  $\geq$  95<sup>th</sup> age- and gender-specific percentile<sup>1</sup>. Exclusion criteria were: a) failure to submit a medical certificate clearing the person for physical activity; b) the use of medications to manage metabolic, endocrine or cardiovascular diseases, or body weight; and c) participation in structured exercise, nutrition or weight loss programs within a period of 6 months prior to the initial screening.

### *Participants*

This study is part of a broader soccer intervention developed at the University of Rio de Janeiro State (UERJ, Brazil), including adolescents recruited in ten public schools. An achieved statistical power ( $1 - \beta$ ) of .80 was obtained by a priori analysis using G\*Power 3.1.5 software (Universitat Dusseldorf, Dusseldorf, Germany), considering two groups (i.e., RSP and Control), with a total sample size for each group of 13, effect size = 0.8, and  $\alpha = 0.05$ . A researcher blinded to the experiment's purpose acquired a computer-generated randomization sequence and prepared envelopes containing the group allocations. Baseline and post-RSP/Control and data analysis were performed in a single blind fashion, with the evaluators not knowing to what group participants were assigned.

Figure 2 summarizes sample selection and group allocation. A total of 56 adolescents were invited to participate in the study, irrespective of their BMI status. Of these, 32 (7 girls) were classified as obese (mean  $\pm$  standard deviation, SD; age =  $14.6 \pm 1.6$  years; BMI =  $29.6 \pm 7.2$  kg/m<sup>2</sup>) and subsequently assigned to RSP (n = 16) and Control (n = 16) groups. Fourteen adolescents (RSP: n=6; Control: n=8) dropped out of the study before the beginning of the RSP because their families could not afford the transportation to the University facilities. Therefore, 10 obese adolescents (2 girls, age =  $13.8 \pm 1.5$  years, BMI =  $30.7 \pm 5$  kg/m<sup>2</sup>) initiated and completed the RSP and other 8 were controls (2 girls, age =  $14.9 \pm 1.4$  years, BMI =  $32.5 \pm 4.1$  kg/m<sup>2</sup>). Controls were invited to register for the RSP at the end of the experiment due to ethical considerations. There was no dietary monitoring during the 12-week intervention and participants were advised to continue with their own eating routines '*ad libitum*'. All legal guardians provided a signed informed consent form. This trial was approved by the institutional ethics committee of the UERJ (CAAE: 91950618.8.0000.5259) registered at a World Health Organization accredited office (Thai Clinical Trials Registry, protocol TCTR20150512001).

Figure 2 - Study design overview.



### *Procedures*

#### *Anthropometric and body composition assessments*

Anthropometric measurements were carried out by the same investigator and included body mass, height, waist and hip circumferences. Body mass and height were assessed, respectively, by digital balance scales (Welmy<sup>TM</sup>, São Paulo, SP, Brazil) and a stadiometer graded in millimeters (American Medical do Brazil<sup>TM</sup>, São Paulo, SP, Brazil). BMI was subsequently calculated as body mass (kg) divided by height (m<sup>2</sup>). Waist circumference (WC) was taken midway between the lowest rib and the top of iliac crest. Hip circumference (HC) was taken at the widest diameter of the buttocks. Body composition (i.e., fat-free mass [FFM] and fat mass [FM], and body fat percentage [BFP]) was assessed by Dual-Energy X-ray Absorptiometry (Hologic QDR 4500, Hologic<sup>TM</sup>, Bedford, MA, USA).



*Resting metabolic rate and cardiorespiratory fitness assessments*

RMR was determined in accordance with the recommendations of Compher et al.<sup>21</sup>: abstention of physical exercise, soft drinks and caffeine in the 24 h preceding the assessment, and overnight fasting prior to the assessment. Moreover, participants were instructed to wake slowly, minimize movement, and promptly come to the laboratory by car or bus early in the morning, expending as little energy as possible, having had no breakfast (~ 12 h of fasting). In the laboratory, after confirming their compliance with these above conditions, participants laid on a bed in the supine position with their head supported by a pillow and were covered with a bedsheet. They were instructed to remain silent and awake, and to maintain a spontaneous breathing rhythm, in a calm and thermoneutral environment (22 to 24°C) with minimum disturbance and light. Under this environment, an acclimation period of 10 min was undertaken with indirect calorimetry to decrease the participant's anxiety during the assessment, after which the RMR was measured for 30 min, according to the article 1 of this dissertation. The RMR was taken as the average of the last 5 min of steady-state data (i.e., coefficient of variation  $\leq 10\%$  during 5 min). In girls, the RMR assessments were synchronized to the menstrual cycle (measurements were carried out before ovulation).

A maximal oxygen uptake ( $\text{VO}_{2\text{max}}$ ) test was performed on a cycle ergometer (CG-04; nbramed<sup>TM</sup>, Porto Alegre, RS, Brazil) using a ramp-incremental protocol with the initial load fixed at 25 W and increasing 10 W every minute. The tests were considered maximal if at least three of the four following criteria were satisfied: a) maximum voluntary exhaustion defined by attaining a 10 on Borg CR-10 scale; b) 90% of predicted  $\text{HR}_{\text{max}}$  [ $220 - \text{age}$ ] or presence of a heart rate plateau ( $\Delta\text{HR}$  between two consecutive work rates  $\leq 4 \text{ beats} \cdot \text{min}^{-1}$ ); c) presence of a  $\text{VO}_2$  plateau ( $\Delta\text{VO}_2$  between two consecutive work rates of less than  $2.1 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ); and d) a maximal respiratory exchange ratio ( $\text{RER}_{\text{max}}$ )  $> 1.10$ <sup>22</sup>.

Breath-by-breath pulmonary gas exchange and minute ventilation were recorded using a CPX Ultima<sup>TM</sup> CardiO2<sup>®</sup> indirect calorimeter (Medical Graphics Corp, St. Paul, MN, USA) and a Model 7400 oronasal mask (Hans Rudolph<sup>TM</sup>, Kansas, MO, USA), equipped with a Prevent<sup>TM</sup> metabolic flow sensor (Medical Graphics Corp, St. Paul, MN, USA). Flow calibrations were performed using a syringe graduated for a 3 L capacity (Hans Rudolph<sup>TM</sup>, Kansas, MO, USA) at the beginning of each test day, and gas calibrations were performed using a certified standard mixture of oxygen (17.01%) and carbon dioxide (5.00%), balanced with nitrogen (AGA<sup>TM</sup>, Rio de Janeiro, RJ, Brazil) according to the manufacturer's

instructions. MGC Diagnostic® Breeze Suite 8.1.0.54 SP7 software (Medical Graphics Corp., St. Paul, MN, USA) was used to calculate the ventilation variables. The gas exchange variables were 30-s stationary time-averaged, which provided a good compromise between removing noise in the data while maintaining the underlying trend<sup>23</sup>

### *Intervention*

The RSP was performed three times per week over 12 weeks at the university facilities. The classes were provided so that the participants could attend before or after school to facilitate adherence. The times were 9 to 10 a.m. or 3 to 4 p.m. However, all adolescents assigned to RSP trained in the afternoon. As abovementioned, this study is part of a broader intervention including adolescents with different weight statuses (normal weight, overweight, and obesity). We considered that sports interventions exclusively designed for obese children and adolescents favors stereotyping and reduces adherence. The challenge was to design a soccer program in which obese children were able to play and not feel threatened or ostracized by those children who are normal weight and often more skilled. This is a common problem, at least among Brazilian children. Hence, the present RSP was structured as small-side games to increase the opportunity for every child to be fully involved in the game.

Each 60 min bout of exercise consisted of a 10-min warm-up followed by 40 min of small-sided games (i.e., 2 vs. 2, 3 vs. 3 and 4 vs. 4), and a 10-min cool-down. The games played in small pitch areas are acknowledged to increase aerobic fitness, technical and tactical skills<sup>24</sup>, with a low perceived exertion<sup>25</sup>. Training intensity was recorded continuously using a cardiometer (RS800cx, Polar™, Kempele, Finland). Training sessions did not have a predetermined intensity target, but heart rate (HR) was measured to determine the relative workload. Two licensed instructors administered the soccer training, under the supervision of the principal investigator.

### *Statistical analysis*

Statistical analyses were performed using IBM SPSS Statistics 21 (SPSS™ Inc., Chicago, IL, USA). Homogeneity of variance and normality assumptions were confirmed using Levene's test and Shapiro-Wilk's test, respectively. Therefore, results are reported as mean  $\pm$  SD. Cohen's d effect sizes for mean differences were calculated and defined as small

(0.20), moderate (0.50), and large (0.80) <sup>26</sup>. Marginal models via the SPSS MIXED procedure were used to analyze the effects of Condition (i.e., RSP vs. Control) and Time (i.e., Baseline vs. post-RSP/Control)] on anthropometric data, body composition, CRF and RMR. Repeated-measures analysis of covariance was used to adjust RMR for changes in body composition, with use of FFM and FM as covariates in the model. The best fitting covariance structure was identified as that which minimized the Hurvich and Tsai's criterion value. Where there was a statistically significant main effect or interaction effect, post hoc pairwise comparisons with Sidak-adjusted *P* values were obtained. A two-tailed *P* value  $\leq 0.05$  was accepted as statistically significant.

## Results

All participants assigned to RSP completed 100% of the training bouts over 12 weeks with a mean  $\pm$  SD percentage of maximal heart rate of  $84.5 \pm 4.1\%$ . Anthropometric, body composition, and CRF profiles at baseline and after 12-week of RSP and Control interventions are summarized in Tabela 5. At baseline, the two groups were similar for all variables. A significant Condition  $\times$  Time interaction showed that differences between RSP and the Control conditions emerged after 12-week for body mass ( $F = 39.4$ ,  $P < 0.001$ ), BMI ( $F = 45.7$ ,  $P > 0.001$ ), WC ( $F = 4.4$ ,  $P = 0.050$ ), FM ( $F = 40.0$ ,  $P < 0.001$ ), BFP ( $F = 5.5$ ,  $P = 0.032$ ), and  $VO_{2max}$  ( $F = 4.6$ ,  $P = 0.047$ ). Within-group differences revealed that post-RSP there was a significant improvement in body mass (mean diff.:  $-2.4$  kg,  $P = 0.017$ ), BMI (mean diff.:  $-1.3$  kg/m<sup>2</sup>,  $P > 0.001$ ), WC (mean diff.:  $-6.5$  cm,  $P = 0.003$ ), FM (mean diff.:  $-2.6$  kg,  $P < 0.001$ ), BFP (mean diff.:  $-2.2$  %,  $P = 0.001$ ), and  $VO_{2max}$  (mean diff.:  $5.8$  mL $\cdot$ kg<sup>-1</sup> $\cdot$ min<sup>-1</sup>,  $P < 0.001$ ) compared to baseline, while significant increase was observed post-Control in body mass (mean diff.:  $6.2$  kg,  $P < 0.001$ ), BMI (mean diff.:  $1.6$  kg,  $P < 0.001$ ) and FM (mean diff.:  $2.6$  kg,  $P = 0.001$ ). Similarly, between-group differences due to RSP were detected for body mass (mean diff.:  $-15.1$  kg,  $P = 0.043$ ), BMI (mean diff.:  $-4.7$  kg,  $P = 0.05$ ), WC (mean diff.:  $-14.6$  cm,  $P = 0.015$ ), HC (mean diff.:  $-16.6$  cm,  $P = 0.017$ ), FM (mean diff.:  $-8.7$  kg,  $P = 0.049$ ), and  $VO_{2max}$  (mean diff.:  $-5.5$  mL $\cdot$ kg<sup>-1</sup> $\cdot$ min<sup>-1</sup>,  $P = 0.013$ ).

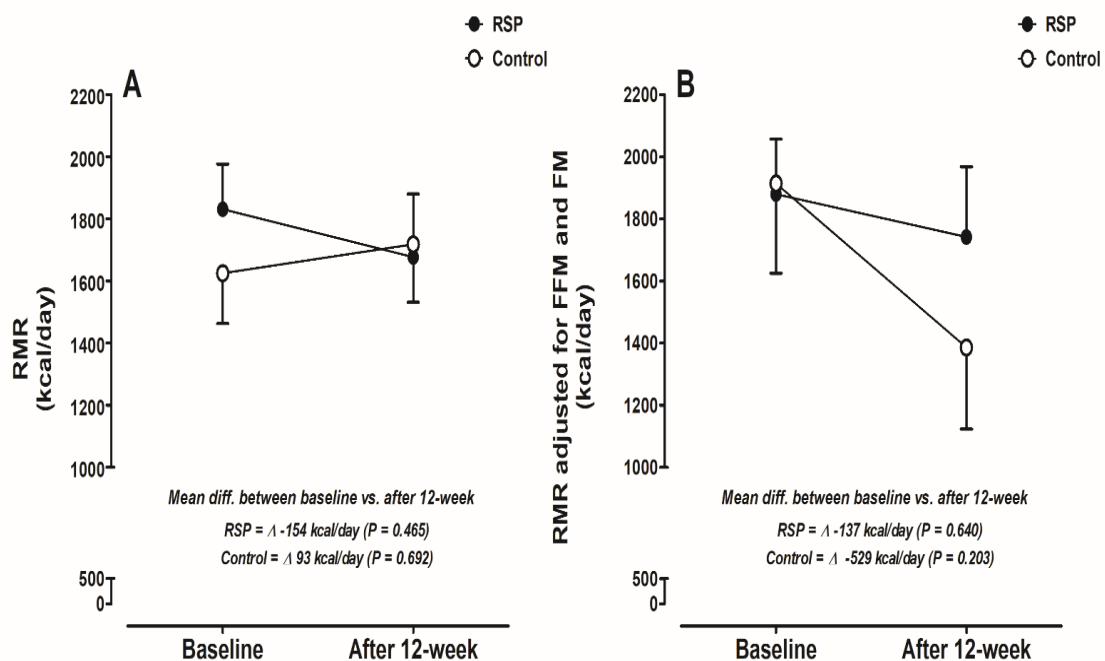
Tabela 5 - Anthropometric characteristics, body composition, and cardiorespiratory fitness at baseline and after 12 weeks of RSP and Control conditions, as well as within and between-group comparisons.

Variables	RSP				Control				RSP vs. Control			
	Baseline	After 12-week	P-value	Effect size	Baseline	After 12-week	P-value	Effect size	Baseline		After 12-week	
	Mean $\pm$ SD	Mean $\pm$ SD			Mean $\pm$ SD	Mean $\pm$ SD			P-value	Effect size	P-value	Effect size
Age (years)	13.8 $\pm$ 1.5	-	-	-	14.9 $\pm$ 1.4	-	-	-	0.137	0.80	-	-
Body mass (kg)	81.3 $\pm$ 13.2	78.9 $\pm$ 12.4	0.017	0.20	87.8 $\pm$ 15.7	94.0 $\pm$ 17.3	< 0.001	0.40	0.355	0.48	0.043	1.09
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	30.7 $\pm$ 5.0	29.4 $\pm$ 4.8	< 0.001	0.27	32.5 $\pm$ 4.1	34.1 $\pm$ 4.7	< 0.001	0.36	0.435	0.39	0.050	0.99
WC (cm)	97.9 $\pm$ 9.8	91.4 $\pm$ 9.9	0.003	0.70	106.6 $\pm$ 13.2	106.0 $\pm$ 13.6	0.769	0.05	0.128	0.81	0.015	1.33
HC (cm)	105.6 $\pm$ 9.6	98.9 $\pm$ 10.6	0.058	0.70	114.9 $\pm$ 15.8	115.5 $\pm$ 17.9	0.867	0.04	0.162	0.78	0.017	1.23
BFP (%)	41.4 $\pm$ 5.8	39.2 $\pm$ 5.5	0.001	0.41	42.1 $\pm$ 5.5	41.9 $\pm$ 5.2	0.692	0.04	0.787	0.13	0.324	0.53
FFM (kg)	42.9 $\pm$ 7.9	44.5 $\pm$ 7.2	0.443	0.22	49.3 $\pm$ 6.7	51.4 $\pm$ 8.3	0.364	0.30	0.090	0.92	0.068	0.95
FM (kg)	33.7 $\pm$ 8.0	31.1 $\pm$ 7.5	< 0.001	0.35	37.2 $\pm$ 10.7	39.8 $\pm$ 11.4	0.001	0.25	0.436	0.40	0.049	0.98
VO <sub>2max</sub> (mL·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	24.6 $\pm$ 3.5	30.4 $\pm$ 5.7	< 0.001	1.29	23.3 $\pm$ 3.4	24.9 $\pm$ 4.1	0.278	0.45	0.518	0.40	0.013	1.15

**BFP:** body fat percentage; **BMI:** body mass index; **FFM:** fat-free mass; **FM:** fat mass; **HC:** hip circumference; **RSP:** recreational soccer program; **VO<sub>2max</sub>:** maximal oxygen uptake; **WHR:** waist circumference.

Figure 3 shows the mean  $\pm$  SD values for absolute (A) and adjusted (B) RMR at baseline and after 12-week for RSP and Control groups. There were no significant main effects for Condition (absolute RMR:  $F = 0.02$ ,  $P = 0.884$ ; adjusted RMR:  $F = 0.04$ ,  $P = 0.854$ ), Time (absolute RMR:  $F = 1.9$ ,  $P = 0.197$ ; adjusted RMR:  $F = 2.3$ ,  $P = 0.152$ ) or the Condition  $\times$  Time interaction (absolute RMR:  $F = 0.6$ ,  $P = 0.467$ ; adjusted RMR:  $F = 0.7$ ,  $P = 0.415$ ). Interestingly, even in the absence of statistical significance, the RSP group showed a downward trend of 8.4% between the baseline and after 12-week for the absolute RMR (i.e., mean RMR at baseline vs. post-RSP: 1,831 vs. 1,677 kcal/day;  $\Delta$ -154 kcal/day), whereas an upward trend of 5.7% was observed in the Control group (i.e., mean RMR at baseline vs. post-Control: 1,625 vs. 1,718 kcal/day;  $\Delta$ +93 kcal/day). However, when the RMR was adjusted for FFM and FM, there was a slight decrease of 7.0% to the downward trend in the RSP group (i.e., mean adjusted RMR at baseline vs. post-RSP: 1,880 vs. 1,748 kcal/day;  $\Delta$  -137 kcal/day), while a marked downward trend of 27.6% emerged in the Control group (i.e., mean adjusted RMR at baseline vs. post-RSP: 1,915 vs. 1,386 kcal/day;  $\Delta$  -529 kcal/day) (see Figure 3).

Figure 3 - Mean  $\pm$  SD absolute (A) and adjusted (B) RMR values at baseline and after 12 weeks of intervention in RSP and Control groups.



## Discussion

The main purpose of the present study was to investigate the impact of a 12-week RSP on RMR in obese adolescents. Contrary to our hypothesis, RMR was unchanged after the 12-week RSP intervention, with or without adjustment for FFM and FM. However, the RSP group significantly improved body mass, BMI, WC, FM, BFP, and  $VO_{2max}$ , whereas the Control group only exhibited significant differences in increasing body mass, BMI and FM after the intervention.

To date, several studies have examined the long-term effects of exercise upon RMR in overweight and obese adolescents with mixed outcomes<sup>14-17, 27, 28</sup>, and none have compared the isolated effects of recreational soccer. Our findings differed from those of Meucci et al.<sup>27</sup>, who reported that 4 and 8 weeks of supervised play-based physical activity increased RMR when compared to an age-matched control group that maintained their typical summer break (control [n=10; RMR:  $1,067 \pm 144$  kcal/day] vs. 4-week [n=6; RMR:  $1,220 \pm 1691$  kcal/day] and 8-week [n=6; RMR:  $1,202 \pm 151$  kcal/day] groups, respectively;  $P = 0.047$ ). Like Meucci et al.<sup>27</sup>, the data from Yetgin et al.<sup>14</sup> also showed increases in RMR between baseline and after 6 months of aerobic exercise ( $1,956 \pm 353$  vs.  $2,124 \pm 577$  kcal/day,  $P = 0.036$ ) in 8 obese adolescents. On the other hand, Lazzer et al.<sup>16</sup> found a significant reduction in RMR after 9-month of progressive aerobic and resistance exercise (boys:  $\sim 2,065$  vs.  $\sim 2,051$  kcal/day,  $P = 0.001$ ; girls:  $\sim 1,882$  vs.  $\sim 1,707$  kcal/day,  $P = 0.001$ ).

According to the systematic review of Schwartz et al.<sup>29</sup>, changes in FM and FFM explained 76.5% and 79.3% of the variance seen in absolute RMR at baseline and post-body mass loss, respectively. In the present study, significant reductions in body mass and FM post-RSP were not followed by a significant change in the adjusted RMR, while the increased body mass and FM post-Control was only followed by a marked downward trend for the adjusted RMR (see Tabela 5 and Figure 3). In practical terms, the RSP protocol adopted by the present study may have offset significant decreases in adjusted RMR that are typically observed in weight loss programs without an exercise component<sup>30</sup>, and the results of previous studies showing unchanged RMR responses due to long-term exercise training among obese adolescents seems to corroborate our data<sup>15, 18, 28</sup>. In this sense, van der Heijden et al.<sup>28</sup> reported that a 12-week aerobic exercise program did not affect the RMR in non-obese ( $1,918 \pm 86$  vs.  $1,860 \pm 73$  kcal/day) and obese ( $2,332 \pm 106$  vs.  $2,341 \pm 97$  kcal/day) adolescents. In another study, Inoue et al.<sup>18</sup> evaluated 45 obese adolescents randomly

assigned to three exercise groups with a 1-year follow-up (aerobic training, AT: n=20; aerobic *plus* strength training with linear periodization, LP: n=13; and aerobic *plus* strength training with daily undulating periodization, DUP: n=12). Compared to baseline, AT and DUP groups presented a significant reduction in RMR (AT:  $1,870 \pm 93$  vs.  $1,489 \pm 83$  kcal/day,  $P < 0.01$ ; DUP:  $1,929 \pm 183$  vs.  $1,607 \pm 86$  kcal/day,  $P < 0.01$ ), which was associated with a decreased FM (AT:  $40.0 \pm 2.1$  vs.  $32.5 \pm 2.1$  kg,  $P \leq 0.05$ ; DUP:  $50.3 \pm 3.1$  vs.  $32.4 \pm 4.3$  kg,  $P \leq 0.05$ ) after a 1-year intervention. In contrast, the LP group improved FM ( $45.7 \pm 3.3$  vs.  $33.3 \pm 2.8$ ,  $P \leq 0.05$ ) and FFM ( $51.6 \pm 1.8$  vs.  $55.7 \pm 2.5$  kg,  $P < 0.01$ ), while RMR remained statistically unchanged (i.e.,  $1,877 \pm 131$  vs.  $1,651 \pm 117$ ). Despite the lack of a Control group in the study of Inoue et al.<sup>18</sup>, it is possible to observe that the unchanged RMR post-LP was also followed by a downward trend of 226 kcal/day ( $\Delta$ : -11%) compared to baseline, which was similar to the outcomes reported by the present study (see Figure 3).

In a study with a large sample of 304 overweight and obese adolescents, Alberga et al.<sup>15</sup> did not find within- or between-group differences in the absolute RMR between baseline vs. after 6 months due to aerobic ( $1,972 \pm 38$  vs.  $1,990 \pm 41$  kcal/day), resistance ( $2,024 \pm 37$  vs.  $1,992 \pm 41$  kcal/day), and combined ( $2,023 \pm 38$  vs.  $1,995 \pm 38$  kcal/day) exercises, including post-Control ( $2,075 \pm 38$  vs.  $2,073 \pm 39$  kcal/day). After adjusting for body weight and FFM, changes in RMR still did not differ between groups, although all exercise groups exhibited significant improvements in body mass and FFM after the 6-month intervention. Like Alberga et al.<sup>15</sup>, the present investigation also indicates that 12-week of a RSP was not able to elicit an increase in both absolute and adjusted RMR among obese adolescents.

Regardless of an unchanged RMR, it is worth noting that RSP improved other physical fitness components widely associated with cardiovascular risk factors in obese adolescents, such as body mass, BMI, WC, FM, BFP, and  $VO_{2max}$  (see Tabela 5) – therefore, our data are in agreement with the findings of previous studies that also verified improvements in physical fitness profiles and health-related metabolic markers through soccer training among adolescents<sup>31-33</sup>.

Some limitations of this study must be acknowledged. Firstly, the sample size was small and mostly composed of boys, which means that our data must be interpreted with caution. Secondly, it was not possible to prescribe and monitor nutritional status over the 12-week intervention. Therefore, further research is needed to investigate the applicability of the present findings among obese adolescents.

## Conclusion

In conclusion, our findings do not support the hypothesis that a 12-week RSP can increase the RMR of obese adolescents. However, taking into account that beneficial effects were observed in anthropometric, body composition, and CRF profiles, soccer training should be considered as a potentially strategy to improve health-related physical fitness markers in obese adolescents. Lastly, the RSP group attended 100% of training bouts over 12-week of intervention, which supports the notion that soccer training may favor spontaneous, leisure, and social physical activity among obese adolescents with their peers.

## References

1. Kuczmarski RJ, Ogden CL, Guo SS, et al. 2000 CDC Growth Charts for the United States: methods and development. *Vital and health statistics. Series 11, Data from the national health survey*. 2002(246):1-190.
2. Afshin A, Forouzanfar MH, Reitsma MB, et al. Health effects of overweight and obesity in 195 countries over 25 years. *N Engl J Med*. 2017; 377(1):13-27.
3. Ferreira CM, Reis NDD, Castro AO, et al. Prevalence of childhood obesity in Brazil: systematic review and meta-analysis. *J Pediatr (Rio J)*. 2021.
4. Bacha F, Gidding SS. Cardiac abnormalities in youth with obesity and type 2 diabetes. *Curr Diab Rep*. 2016; 16(7):62.
5. Kelley GA, Kelley KS, Pate RR. Exercise and adiposity in overweight and obese children and adolescents: a systematic review with network meta-analysis of randomised trials. *BMJ Open*. 2019; 9(11):e031220-e031220.
6. Blomain ES, Dirhan DA, Valentino MA, Kim GW, Waldman SA. Mechanisms of weight regain following weight loss. *ISRN Obesity*. 2013; 2013:210524.
7. Johnstone AM, Murison SD, Duncan JS, Rance KA, Speakman JR. Factors influencing variation in basal metabolic rate include fat-free mass, fat mass, age, and



- circulating thyroxine but not sex, circulating leptin, or triiodothyronine. *Am J Clin Nutr.* 2005; 82(5):941-948.
8. POEHLMAN ET. A review: exercise and its influence on resting energy metabolism in man. *Med Sci Sports Exerc.* 1989; 21(5):515-525.
  9. Astrup A, Gøtzsche PC, van de Werken K, et al. Meta-analysis of resting metabolic rate in formerly obese subjects. *Am J Clin Nutr.* 1999; 69(6):1117-1122.
  10. Katzmarzyk PT, Pérusse L, Tremblay A, Bouchard C. No association between resting metabolic rate or respiratory exchange ratio and subsequent changes in body mass and fatness: 5½ year follow-up of the Québec Family Study. *Eur J Clin Nutr.* 2000; 54(8):610-614.
  11. Kimm SY, Glynn NW, Obarzanek E, et al. Relation between the changes in physical activity and body-mass index during adolescence: a multicentre longitudinal study. *Lancet.* 2005; 366(9482):301-307.
  12. Nielsen S, Hensrud DD, Romanski S, Levine JA, Burguera B, Jensen MD. Body composition and resting energy expenditure in humans: role of fat, fat-free mass and extracellular fluid. *Int J Obes Relat Metab Disord.* 2000; 24(9):1153-1157.
  13. Shook RP, Hand GA, Paluch AE, et al. Moderate cardiorespiratory fitness is positively associated with resting metabolic rate in young adults. *Mayo Clin Proc.* 2014; 89(6):763-771.
  14. Yetgin MK, Agopyan A, Kucukler FK, et al. The influence of physical training modalities on basal metabolic rate and leptin on obese adolescent boys. *J Pak Med Assoc.* 2018; 68(6):929-931.
  15. Alberga AS, Prud'homme D, Sigal RJ, et al. Does exercise training affect resting metabolic rate in adolescents with obesity? *Appl Physiol Nutr Metab.* 2017; 42(1):15-22.

16. Lazzer S, Boirie Y, Montaurier C, Vernet J, Meyer M, Vermorel M. A weight reduction program preserves fat- free mass but not metabolic rate in obese adolescents. *Obes Res.* 2004; 12(2):233-240.
17. Yu WW, Lee S, Arslanian S, Tamim H, Kuk JL. Effects of exercise on resting metabolic rate in adolescents with overweight and obesity. *Child Obes.* 2021; 17(4):249-256.
18. Inoue DS, De Mello MT, Foschini D, et al. Linear and undulating periodized strength plus aerobic training promote similar benefits and lead to improvement of insulin resistance on obese adolescents. *J Diabetes Complications.* 2015; 29(2):258-264.
19. Alberga AS, Sigal RJ, Sweet SN, et al. Understanding low adherence to an exercise program for adolescents with obesity: the HEARTY trial. *Obes Sci Pract.* 2019; 5(5):437-448.
20. Vasconcellos F, Seabra A, Katzmarzyk PT, Kraemer-Aguiar LG, Bouskela E, Farinatti P. Physical activity in overweight and obese adolescents: systematic review of the effects on physical fitness components and cardiovascular risk factors. *Sports Med.* 2014; 44(8):1139-1152.
21. Compher C, Frankenfield D, Keim N, Roth-Yousey L. Best practice methods to apply to measurement of resting metabolic rate in adults: a systematic review. *J Am Diet Assoc.* 2006; 106(6):881-903.
22. Howley ET, Bassett DR, Jr., Welch HG. Criteria for maximal oxygen uptake: review and commentary. *Med Sci Sports Exerc.* 1995; 27(9):1292-1301.
23. Midgley AW, McNaughton LR, Carroll S. Effect of the VO<sub>2</sub> time-averaging interval on the reproducibility of VO<sub>2max</sub> in healthy athletic subjects. *Clin Physiol Funct Imaging.* 2007; 27(2):122-125.

24. Halouani J, Chtourou H, Gabbett T, Chaouachi A, Chamari K. Small-sided games in team sports training: a brief review. *J Strength Cond Res.* 2014; 28(12):3594-3618.
25. Krstrup P, Aagaard P, Nybo L, Petersen J, Mohr M, Bangsbo J. Recreational football as a health promoting activity: a topical review. *Scand J Med Sci Sports.* 2010; 20 Suppl 1:1-13.
26. Cohen J. *Statistical power analysis for the behavioral sciences*, Hillsdale, N.J., L. Erlbaum Associates; 1988.
27. Meucci M, Cook C, Curry CD, Guidetti L, Baldari C, Collier SR. Effects of supervised exercise program on metabolic function in overweight adolescents. *World J Pediatr.* 2013; 9(4):307-311.
28. van der Heijden G-J, Sauer PJJ, Sunehag AL. Twelve weeks of moderate aerobic exercise without dietary intervention or weight loss does not affect 24-h energy expenditure in lean and obese adolescents. *Am J Clin Nutr.* 2010; 91(3):589-596.
29. Schwartz A, Kuk JL, Lamothe G, Doucet E. Greater than predicted decrease in resting energy expenditure and weight loss: results from a systematic review. *Obesity (Silver Spring).* 2012; 20(11):2307-2310.
30. Schwartz A, Doucet E. Relative changes in resting energy expenditure during weight loss: a systematic review. *obesity reviews.* 2010; 11(7):531-547.
31. Vasconcellos F, Seabra A, Cunha F, et al. Health markers in obese adolescents improved by a 12-week recreational soccer program: a randomised controlled trial. *J Sports Sci.* 2016; 34(6):564-575.
32. Hammami A, Randers MB, Kasmi S, et al. Effects of soccer training on health-related physical fitness measures in male adolescents. *J Sport Health Sci.* 2018; 7(2):169-175.

33. Vasconcellos F, Cunha FA, Gonet DT, Farinatti PTV. Does recreational soccer change metabolic syndrome status in obese adolescents? A pilot study. *Res Q Exerc Sport*. 2021; 92(1):91-99.

#### 4 DISCUSSÃO GERAL

Em relação ao impacto de programas de exercício físico, não há um consenso na literatura sobre o potencial do exercício para modular a TMR em humanos, principalmente em adolescentes obesos. Além disso, percebemos que os resultados ainda são muito contraditórios. Alguns dos principais motivos para essa inconsistência são: os diferentes métodos de avaliação e interpretação dessa variável (em especial, a técnica e o tempo da medida), o tamanho reduzido das amostras e as diferenças nos protocolos de intervenção quanto ao tipo, a duração, a intensidade, a frequência e o volume dos exercícios (LEE; SEDLOCK; FLYNN; KAMIMORI, 2009; MACKENZIE-SHALDERS; KELLY; SO; COFFEY *et al.*, 2020).

Por isso, o objetivo geral da presente dissertação foi investigar o efeito crônico de um programa de futebol recreativo de 12 semanas sobre a Taxa Metabólica de Repouso de adolescentes obesos. Ademais, o primeiro objetivo específico foi identificar o tempo necessário para alcançar um estado estável para uma avaliação precisa da TMR em adolescentes obesos e não obesos e o segundo foi analisar o efeito crônico de 12 semanas de um programa de futebol recreativo sobre a TMR, composição corporal e aptidão cardiorrespiratória de adolescentes obesos.

Os principais resultados mostram que ao investigar o tempo ideal para uma avaliação precisa da TMR em adolescentes, identificamos que seriam necessários pelo menos 20 e 25 min de descanso para alcançar um estado estacionário do  $VO_2$  e  $VCO_2$  em adolescentes obesos e não obesos, respectivamente. Além disso, por mais que os resultados do segundo estudo não tenham mostrado diferenças significativas na TMR após 12 semanas, outros benefícios significativos foram identificados, como a diminuição da massa corporal no grupo da intervenção e o aumento da mesma no grupo controle. Como também, melhorias significativas no IMC, percentual de gordura corporal e  $VO_{2max}$  apenas no grupo que participou do programa de exercícios.

O método mais utilizado e confiável para determinar a TMR é a calorimetria indireta, entretanto, se fez necessário a padronização de suas técnicas para uma avaliação mais fidedigna. Então, Compher et al. (2006) desenvolveram uma revisão que reunia diversas recomendações metodológicas com intuito de alcançar melhores práticas de avaliação, bem como medidas mais precisas. Em suma, os autores apontaram algumas orientações prévias

para a avaliação dos indivíduos relacionadas ao jejum, consumo de substâncias estimulantes, prática de atividade física, preparação dos avaliados, condições da sala e do equipamento, dentre outras. No entanto, em nenhum momento do estudo eles especificaram qual seria o período de tempo indicado para alcançar a estabilidade da medida.

Portanto, atualmente não está claro se as publicações que relatam alterações na TMR aderem e descrevem os protocolos citados por Compher et al. (2006). Do mesmo modo, a ausência de informações sobre o período de tempo ideal para alcançar a estabilização da medida, faz com que os estudos se diferenciem tanto na padronização da avaliação, como na consistência dos resultados encontrados (MACKENZIE-SHALDERS; KELLY; SO; COFFEY *et al.*, 2020).

Cunha et al. (2013) encontraram resultados semelhantes aos nossos ao estudar a avaliação da TMR em 30 homens saudáveis ( $22 \pm 3$  anos; IMC médio  $24 \pm 3$   $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$ ) que realizaram dois testes de 60 min em posição supina para determinar a confiabilidade teste-reteste, seguindo as recomendações de Compher et al. (2006). Esses autores mostraram, por exemplo, que após um período de aclimação de 10 min, existiam diferenças significativas entre médias consecutivas de 5 min até o ponto de tempo de 30 min, onde as maiores diferenças ocorreram entre os valores médios tomados no 1°-5° min vs. 30° min, após não ocorreram diferenças significativas para os dados de  $\text{VO}_2$ ,  $\text{VCO}_2$  e TMR. Na presente dissertação, ao considerar os dados médios entre os ensaios após um período de aclimação de 10 min, houve uma diferença média de 202 e 381 kcal/dia entre as necessidades de energia estimadas quando calculadas usando os valores médios de TMR obtidos no 1°-5° min vs. 16°-20° e 21°-25° min em estado estável para os grupos não obesos e obesos, respectivamente.

Um estudo buscou comparar a precisão entre medidas de TMR em 30 indivíduos de ambos os sexos (21-34 anos; IMC médio  $23,4 \pm 3,5$   $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$ ), analisados durante dois protocolos diferentes com períodos de avaliação de 30 min (5SS30) e outro com período abreviado de 10 min (5SS10), descartando os primeiros 5 min de ambas as medidas. Os autores demonstraram maiores diferenças significativas durante os testes efetuados com tempo de medida curto, comparado com o tempo tradicional ( $r=0,42$ ,  $P=0,043$ ;  $r=0,16$ ,  $P=0,394$ , respectivamente) e indicaram que o maior número de pessoas que alcançaram a estabilidade da medida foram os que participaram do protocolo de 30 min, descartando os primeiros 5 min (5SS30: 100%; 5SS10: 80%) (BORGES; GUERRA-JÚNIOR; GONÇALVES, 2019).

Além disso, os autores apoiaram esses achados no fato de que o  $\text{VO}_2$  e  $\text{VCO}_2$  dos indivíduos, mesmo após alcançarem o estado estável em 10 min, ainda podem diminuir após

esse período. Então, considerar 10 min de medida provavelmente exclua outros períodos de estabilidade, diminuindo as chances de encontrar menores médias de  $VO_2$  e  $VCO_2$  para o cálculo da TMR, logo utilizar o período de 30 min acaba sendo mais confiável (BORGES; GUERRA-JÚNIOR; GONÇALVES, 2019).

Em um estudo transversal envolvendo 76 crianças e adolescentes coreanos não obesos e 52 obesos (12,7±3,3 anos, IMC médio 19±2,3 kg·m<sup>-2</sup>; 12,7±3,2 anos, IMC médio 25,9±3,2 kg·m<sup>-2</sup>, respectivamente), Kim et al. (2012) avaliaram a TMR dos mesmos, de acordo com os principais critérios metodológicos propostos pela revisão sistemática de Compher et al. (2006). Em contraste com a presente dissertação, a determinação da TMR durou apenas 15 min e os primeiros 5 min foram descartados. Os valores médios de TMR relatados para os grupos de não obesos e obesos, respectivamente, foram 1,231±238 e 1,553±307 kcal/dia, os quais foram semelhantes aos valores observados pela presente investigação no 10º min de avaliação em ambos os grupos. Embora Kim et al. (2012) afirmaram que apenas os períodos de estado estacionário de  $VO_2$  e  $VCO_2$  foram selecionados, é viável pensar que seu protocolo abreviado pode não ser suficiente para permitir uma análise mais fidedigna nos dados de TMR, pois assim como Borges, Guerra-Júnior & Gonçalves (2019), também podem ter negligenciado períodos de estabilidade que normalmente ocorrem em avaliações um pouco maiores que 10/15 min.

Do ponto de vista prático, a adoção de um protocolo de curto prazo de 10 min, conforme corroborado por estudos anteriores (HORNER; LAMPE; PATTERSON; NEUHOUSER *et al.*, 2001; VENTHAM, JONATHAN C.; REILLY, JOHN J., 1999), superestimaria a TMR em 15% e 32% nos grupos de não obesos e obesos, respectivamente. Levando em consideração que a TMR é definida como o menor gasto energético de uma pessoa em repouso (IRVING, CHELSEA JAYNE; EGGETT, DENNIS L.; FULLMER, SUSAN, 2017), não é difícil entender que tal erro inerente teria consequências práticas importantes para o ambiente clínico e de pesquisa, especialmente entre adolescentes obesos que parecem exigir um maior tempo para atingir uma condição de estabilidade do que adolescentes não obesos.

Assim como medidas muito curtas podem influenciar a TMR, medidas muito longas também podem expressar alterações nesses valores. Yetgin et al. (2018) avaliaram a TMR de 16 meninos obesos (16,81±0,91 anos; IMC médio ExA: 32,19±3,24; ExR: 32,52±3,08 kg·m<sup>-2</sup>) divididos entre grupos que praticavam ExA ou ExR e relataram valores médios de TMR muito altos (ExA: 1861,63±422,2; ExR: 1956±352,64 kcal/dia), após a aplicação de um

protocolo mais longo caracterizado por 30 min de aclimação e subsequentes 30 min de avaliação em decúbito dorsal, seguindo os principais protocolos indicados por Compher et al. (2006).

Igualmente ao estudo anterior, Marra et al. (2015) avaliaram a TMR de 264 adolescentes obesos (109 meninos, de  $16,5 \pm 1,3$  anos; e 155 meninas, de  $16,2 \pm 1,5$  anos) com IMC variando de  $30,0-70,0 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$  e indicaram valores médios de TMR mais altos em meninos ( $2569 \pm 459 \text{ kcal/dia}$ ) e meninas ( $2018 \pm 385 \text{ kcal/dia}$ ), diferente dos achados da presente dissertação. O estudo também avaliou os indivíduos utilizando um protocolo longo definido por 15 min de aclimação seguidos de 45 min de avaliação em decúbito dorsal, totalizando 60 min como na pesquisa citada acima.

No entanto, os valores de TMR apresentados por Marra et al. (2015) são maiores do que os valores de Yetgin et al. (2018) e até o dobro dos valores encontrados por Kim et al. (2012) e dos valores da dissertação atual. Alguns pontos importantes podem ser indicados para explicar os elevados valores descritos pelos estudos anteriores. Primeiro, destaca-se que os autores não descreveram qual método foi adotado para determinar a TMR (por exemplo, utilização de um intervalo de tempo pré-definido ou TMR baseado em estado estável). A falta de informações sobre como a TMR foi calculada pode ser responsável em parte por esses valores mais elevados.

Outra questão está relacionada ao protocolo prolongado que pode promover tédio e, conseqüentemente, inquietação entre os adolescentes, o que pode alterar a TMR. No entanto, tendo em mente os diferentes protocolos de TMR e sistemas metabólicos, bem como vários fatores que podem sustentar a variabilidade interindividual da TMR, como idade, sexo, tamanho corporal, composição corporal, estado hormonal, uma gama de influências genéticas e ambientais, entre outros (JOHNSTONE, ALEXANDRA M.; MURISON, SANDRA D.; DUNCAN, JACKIE S.; RANCE, KELLIE A. *et al.*, 2005; NIELSEN, S.; HENSRUD, D. D.; ROMANSKI, S.; LEVINE, JAMES A. *et al.*, 2000; TOTH, MICHAEL J., 2001), as comparações entre os resultados dos estudos citados devem ser vistas com cautela.

Além dos aspectos metodológicos, como citados anteriormente, outros fatores relacionados aos programas de intervenção como, por exemplo, a ausência da aplicação do princípio FITT-VP nas prescrições de exercícios, também podem ser extremamente influentes nas divergências de estudos que avaliam o efeito do exercício na TMR, despertando assim questionamentos sobre, de fato, qual o potencial do exercício na modificação dos valores de TMR antes e após as intervenções. Logo, aspectos como a frequência, intensidade, tipo,



tempo, volume e progressão dos exercícios também precisam ser respeitados e avaliados com atenção.

Com resultados semelhantes, Alberga et al. (2017) analisaram 304 adolescentes pós-púberes com obesidade (14-18 anos; IMC médio  $34,6 \pm 4,5 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ ) por 6 meses e também não encontraram diferenças significativas na TMR pré e pós entre os indivíduos que participaram de ExA, ExR, ExC ou grupo controle ( $1972 \pm 38$  vs.  $1990 \pm 41$ ;  $2024 \pm 37$  vs.  $1992 \pm 41$ ;  $2023 \pm 38$  vs.  $1995 \pm 38$ ;  $2075 \pm 38$  vs.  $2073 \pm 39$  kcal/dia, respectivamente), mostrando pequena diminuição em todos os grupos, menos no grupo de ExA. Após a intervenção, todos os grupos aumentaram MCM total (ExA:  $\Delta 0,7$ ,  $P < 0,05$ ; ExR:  $\Delta 1,4$ ,  $P < 0,001$ ; ExC:  $\Delta 0,8$ ,  $P < 0,05$ ; Controle:  $\Delta 1,1$ ) e diminuíram o peso corporal total (ExA:  $\Delta -0,2$ ; ExR:  $\Delta -0,4$ ; ExC:  $\Delta -0,5$ ; Controle:  $\Delta 0,6$ ), exceto o grupo controle, assim como na presente dissertação.

Os resultados de Van Der Heijden et al. (2010) foram semelhantes aos de Alberga et al. (2017), corroborando aos resultados da dissertação atual. Os autores avaliaram a TMR de 28 adolescentes magros ( $15,3 \pm 0,3$  anos; IMC médio  $20,2 \pm 0,7 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ ) e obesos ( $15,6 \pm 0,3$  anos; IMC médio  $33,1 \pm 0,9 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ ) antes e após 12 semanas de intervenção. Os adolescentes foram submetidos a ExA 4 vezes por semana, durante 30 min cada sessão com  $\text{FC} > 140$  batimentos/min. Os resultados pós-exercícios mostraram pequenos aumentos na TMR no grupo de adolescentes magros e pequena diminuição no grupo de obesos, mas ambos não mostraram diferenças significativas (magros:  $1,01 \pm 0,03$  vs.  $1,03 \pm 0,04$ ; obesos:  $1,23 \pm 0,063$  vs.  $1,22 \pm 0,063$  kcal/min). A MCM aumentou significativamente em ambos os grupos (magros:  $44 \pm 2,3$  vs.  $45,2 \pm 2,5$ ; obesos:  $53,6 \pm 2,8$  vs.  $54,6 \pm 2,9$  kg) e o IMC diminuiu apenas no grupo de obesos em comparação com os grupos de magros, mas não significativamente (magros:  $20,2 \pm 0,7$  vs.  $20,3 \pm 0,7$ ; obesos:  $33,1 \pm 0,9$  vs.  $32,9 \pm 0,9 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ ).

Os resultados muito próximos entre o estudo de Van Der Heijden et al. (2010) e a presente dissertação podem ser explicadas pelas suas similaridades metodológicas. Por mais que tenham sido implementados modelos diferentes de intervenção (ExA tradicional vs. futebol recreativo), a duração do programa, o tipo de exercício, o volume e a intensidade semanal foram extremamente semelhantes entre os dois estudos, podendo justificar o aumento na MCM, a diminuição no IMC e a ausência de diferenças significativas na TMR entre eles. Isso porque, apesar do futebol ser considerado um esporte intermitente, na qual exige momentos de alta intensidade alternados com momentos de baixa intensidade, o mesmo é caracterizado como uma atividade predominantemente aeróbia, assim como a intervenção de

Van Der Heijden et al. (2010) que submeteram os adolescentes a sessões de ExA tradicionais durante 12 semanas.

Tang et al. (2014) recrutaram 20 crianças e adolescentes obesos de 7 a 17 anos para participarem de um programa de acampamento de verão durante 4 semanas. Os adolescentes tiveram a dieta controlada e participaram de sessões de exercícios principalmente aeróbias, 4 vezes ao dia, durante 45 min, sendo eles: ginástica, natação, basquete, complementados com atividades lúdicas como caminhada nórdica e corridas de barcos de dragão, com a intensidade progressivamente aumentada de 40-50% a 60-70% da  $FC_{max}$ . As avaliações da TMR foram realizadas após um jejum de 12h e um período mínimo de aclimatação de 30 min. Embora esses autores afirmem que as avaliações foram registradas em intervalos de 1 min por um mínimo de 15-30 min, não está claro como a TMR foi calculada em termos de critérios e o tempo necessário para a detecção de estabilidade, que é um problema semelhante encontrado nos métodos dos demais estudos citados.

Neste sentido, apesar do estudo ter mostrado pequena diminuição da TMR após a intervenção, assim como os achados da presente dissertação, os valores de TMR foram mais elevados que os nossos, antes e depois do acampamento de verão (ou seja,  $1936 \pm 789$  e  $1902 \pm 575$  kcal/dia, respectivamente), entretanto com uma diminuição significativa da MCM ( $44,5 \pm 9,2$  vs.  $42,8 \pm 9,3$  kg,  $P < 0,001$ ). Possivelmente, essa diferença entre a TMR pode ter acontecido pela ausência de detalhes sobre o tempo para alcançar a estabilidade da medida, ou então pelo grande volume de exercícios realizados pelos adolescentes, por mais que realizados durante um período menor que o nosso (4 semanas vs. 12 semanas, respectivamente). No entanto, a amostra do estudo de Tang et al. (2014) foi submetida a restrição dietética, podendo ter contribuído para a diminuição da MCM, e assim, refletindo na diminuição da TMR.

Estudos que encontraram aumentos na TMR após um programa de exercícios explicam que seus resultados foram principalmente relacionados ao aumento da MCM, mas sugeriram que mudanças induzidas pelo exercício em outros fatores conhecidos por afetar a TMR, por exemplo, atividade do SNS (WELLE; SCHWARTZ; STATT, 1991) e hormônios tireoidianos (KIM, 2008), também podem ter desempenhado esse papel, devido a sua participação direta na regulação do metabolismo humano. O pequeno aumento da MCM (abaixo de 5%) em nossos sujeitos, como nos estudos já citados, pode ter sido insuficiente para afetar a TMR. Adicionalmente, como não avaliamos a atividade do SNS e dos hormônios tireoidianos, não foi possível verificar se esses fatores tiveram alguma influência na ausência

de alteração da TMR. A intensidade e a duração de um programa de exercícios necessários para modular a atividade hormonal e do SNS em adolescentes são desconhecidas.

Lazzer et al. (2004) obtiveram resultados próximos aos nossos, porém significativos, na qual avaliaram a TMR, por calorimetria indireta de circuito aberto, em 26 adolescentes com obesidade (12-16 anos) e mostraram reduções da medida (masculino: 6,0 vs. 5,56; feminino: 5,47 vs. 4,96 kJ/min;  $P=0,001$ ) após um programa de redução de peso de 9 meses, incluindo restrição de energia (15-20% menos do que o gasto energético diário estimado), 2h de educação física por semana e um programa de treinamento com ExA e ExR progressivo (2 vezes por semana, durante 40 min por sessão, começando com 55-60% da  $FC_{max}$ , medida por um teste de exercício máximo incremental) com um adicional de 2h de treinamento aeróbio por semana.

É importante mostrar que ambos os grupos tiveram grandes reduções no peso corporal (masculino:  $\Delta -18,4$ ; feminino:  $\Delta -15,6$  kg), embora apenas as meninas apresentassem reduções na MCM ( $\Delta -3,3$  kg), diferente do presente estudo que encontrou menor redução após a intervenção ( $\Delta -2,4$ ;  $P=0,017$ ), sem uso de restrição calórica com os adolescentes. Os resultados discrepantes podem ser parcialmente explicados pela presença de supervisão dietética e pela restrição dietética mais rigorosa no estudo de Lazzer et al. (2004).

O estado de restrição dietética mais significativo pode influenciar os valores da TMR, justificado por modificações fisiológicas. A literatura demonstra forte associação entre a TMR e o peso dos órgãos, por conta de suas altas taxas metabólicas (ELIA, 1992). Estudos diversos realizados com porcos em crescimento, cordeiros ou ovelhas adultas indicam que a restrição alimentar, ou seja, a diminuição da ingestão de ração por esses animais contribuiu para a diminuição da massa e do gasto energético dos seus órgãos (estômago, intestinos, pâncreas, fígado e rins), além da diminuição da produção de calor em jejum pelos animais (KOONG; NIENABER; PEKAS; YEN, 1982; ORTIGUES; DURAND, 1995) e também para a diminuição significativa da taxa metabólica do epitélio intestinal e do fígado (MILLIGAN; MCBRIDE, 1985), podendo interferir nos valores da TMR.

Além disso, outro fator relacionado é a ressíntese proteica, que diminui em condições de restrição alimentar para se ajustar às exigências nutricionais e, por ser um processo de alto custo energético, é possível que essa restrição alimentar a longo prazo contribua significativamente para a diminuição da TMR (YOUNG; MARCHINI, 1990). Outro motivo que também pode explicar a redução da TMR no estudo de Lazzer et al. (2004), pode ter sido o aumento da capacidade oxidativa do músculo, com maior utilização de lipídio como

substrato energético, em razão, tanto da perda de peso como do treinamento. Conforme a diminuição dos resultados do quociente respiratório, que quantifica a utilização dos substratos energéticos para a produção de ATP, essa diminuição da troca de gases ( $VO_2$  e  $VCO_2$ ) pelos pulmões pode, conseqüentemente, explicar também a diminuição da TMR.

Portanto, dada a forte relação entre TMR e peso corporal total, bem como com a MCM (SCHWARTZ; DOUCET, 2010), a diminuição significativa na TMR relatada no estudo de Lazzer et al. (2004) também poderia em parte ser explicada pelas maiores perdas de peso corporal e MCM e/ou pelas diferenças no programa de treinamento. Uma revisão sistemática de 71 estudos, incluindo 1.450 adultos com sobrepeso ou obesos, mostrou que uma perda de peso de  $9,4 \pm 5,5$  kg foi associada a uma redução da TMR de  $126,4 \pm 78,1$  kcal/dia (SCHWARTZ, A.; KUK, J. L.; LAMOTHE, G.; DOUCET, É., 2012). Se aplicássemos esses achados à população de adolescentes em nosso estudo, sem restrição energética diária prescrita e com menor duração de nossa intervenção (3 meses), aliada a pequenas diminuições no peso corporal e falta de mudanças significativas dentro e entre os grupos na MCM, isso poderia explicar porque a TMR permaneceu inalterada.

Apesar dos aumentos na MCM em ambos os grupos de nosso estudo (incluindo o grupo de controle, provavelmente devido ao crescimento normal e anabolismo), não mostramos aumentos concomitantes na TMR. Isso talvez sugira que maiores aumentos na MCM podem ser necessários para induzir mudanças significativas na TMR. Embora não tenhamos observado aumentos na TMR no grupo de exercícios, a intervenção empregada em nosso estudo pode ter compensado diminuições significativas da mesma, que são tipicamente observadas em programas de perda de peso sem um componente de exercício (SCHWARTZ; DOUCET, 2010). Essa hipótese foi confirmada pelo estudo de Garcia et al. (2012) que analisaram 20 mulheres ( $27 \pm 5,13$  anos; IMC médio  $30,69 \pm 3,62$   $kg \cdot m^{-2}$ ) saudáveis divididas em dois grupos, um que praticava ExA associado a dieta (DE) e outro apenas de dieta (DO). Os resultados mostraram uma diminuição de 18% ( $P < 0,001$ ) na TMR dos indivíduos do grupo DO, com diminuição da MCM, e de 3% ( $P < 0,001$ ) no grupo DE, com aumento da MCM. Ou seja, a inclusão do exercício junto a restrição dietética, foi responsável por evitar uma maior queda da TMR no grupo DO, diferente ao ocasionado no grupo que apenas realizou a dieta, principalmente devido a preservação da MCM.

A restrição dietética promove uma redução na TMR, principalmente, pela diminuição dos tecidos ativos, por exemplo, a MCM. Além de estar associada a alterações fisiológicas, como a diminuição da atividade do SNS, da secreção de insulina e alterações nos hormônios

tireoidianos, que também podem provocar a diminuição da TMR. Por isso, programas de emagrecimento que utilizam o exercício junto a dieta, comparado a programas que utilizam a dieta isolada, acabam evitando essa redução acentuada, pelo papel do exercício em potencializar a MCM, o SNS, hormônios tireoidianos e a secreção de insulina. Assim, ao se considerar o programa de futebol recreativo realizado por nossos adolescentes obesos, deve-se estar ciente que a intervenção com exercícios melhorou a composição corporal e a aptidão cardiorrespiratória desses sujeitos.

Portanto, é possível que o gasto energético com a participação em atividades físicas estruturadas e não estruturadas possa melhorar a composição corporal e criar um balanço energético negativo sem necessariamente alterar a TMR. Como também, especulamos que um maior efeito sobre a MCM causadas pelo programa de exercícios seria necessário para atingir um aumento significativo na TMR. Então, é possível que para atingir modificações na TMR também seja necessário que as intervenções tenham maior duração, para obter maiores efeitos sobre os componentes que a influenciam e, assim, demonstrar mudanças significativas em seu valor.

Todavia, em contraste com nossos achados, o estudo de Meucci et al. (2013) demonstrou aumentos significativos na TMR em adolescentes com sobrepeso após intervenção, comparados ao controle (IMC médio Controle:  $19,5 \pm 3,4$ ; 4 semanas:  $22,5 \pm 3,4$ ; 8 semanas:  $22,2 \pm 4,4 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ ; TMR Controle:  $1072 \pm 127$  vs.  $1067 \pm 14$ ; 4 semanas:  $1187 \pm 150$  vs.  $1220 \pm 169$ ; 8 semanas:  $1154 \pm 140$  vs.  $1202 \pm 151 \text{ kcal/dia}$ ). Os adolescentes foram divididos em três grupos: controle, atividade por 4 semanas e atividade por 8 semanas. Quem participou do grupo de exercícios, praticava 5 vezes por semana, 4h/dia com intensidade moderada, atividades de força (balançar, pendurar, escalar, carregar equipamentos), flexibilidade (com alongamento e ioga) e ExA recreativos (caminhada, corrida e esportes como como beisebol, softball, queimada e futebol).

Porém, embora o presente estudo não tenha encontrado diferenças significativas na TMR de adolescentes, assim como outros estudos na literatura, o programa de exercícios foi eficiente para melhorar outros componentes físicos como massa corporal, IMC, percentual de gordura corporal e  $\text{VO}_{2\text{max}}$  destes sujeitos. Atividades desportivas e/ou recreativas parecem ser uma boa proposta de intervenção, já que diversos estudos que utilizaram essas estratégias, encontraram diferentes benefícios para a saúde dos adolescentes obesos, bem como efeitos positivos nas suas respectivas TMRs, comparado aos estudos citados que utilizaram propostas com ExA e ExR tradicionais.

Um dos principais motivos para as atividades desportivas e recreativas serem mais benéficas e atrativas para adolescentes, principalmente obesos, é que com essas atividades os adolescentes podem alcançar intensidades moderadas a altas com menor sensação de esforço (BANGSBO; IAIA; KRUSTRUP, 2007), diferente de quando praticadas atividades tradicionais, que em intensidades moderadas a altas acabam sendo menos interessantes e mais fatigantes para esse tipo de público. Especialmente, no caso do futebol recreativo, que possibilita motivação intrínseca entre os participantes, por ser uma atividade de interação entre grupos, porém, com o número de indivíduos e tamanho de jogo menores do que o oficial, e por se tratar de uma atividade de muitas tarefas, assim, mostrando-se como uma intervenção atrativa e promissora (KRUSTRUP, PETER; AAGAARD, PER; NYBO, LARS; PETERSEN, JEFFREY *et al.*, 2010; VASCONCELLOS, FABRICIO; SEABRA, ANDRÉ; KATZMARZYK, PETER T.; KRAEMER-AGUIAR, LUIZ GUILHERME *et al.*, 2014).

O estudo desenvolvido por Tang *et al.* (2014) mostrou que crianças e adolescentes obesos submetidos a 4 semanas de treinamento com caráter aeróbio por meio de atividades desportivas e lúdicas, como: ginástica, natação, basquete, complementadas com caminhada nórdica e corridas de barco dragão, tiveram diminuição significativa do IMC, peso corporal e percentual de gordura corporal ( $28,0 \pm 4,3$  vs.  $25,1 \pm 4,0$   $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ ,  $P < 0,001$ ;  $71,8 \pm 16,4$  vs.  $64,6 \pm 15,1$  kg,  $P < 0,001$ ;  $37,5 \pm 6,1$  vs.  $33,3 \pm 6,3$  %,  $P < 0,001$ , respectivamente), assim como os achados encontrados na presente dissertação, que utilizou o futebol recreativo.

Do mesmo modo que o estudo anterior, Meucci *et al.* (2013) demonstraram resultados benéficos, similares a dissertação atual. Como descrito mais acima nesta sessão, os adolescentes foram divididos em grupo controle, grupo que se exercitaram por 4 semanas e grupo que se exercitava por 8 semanas, por meio de atividades recreativas e desportivas para aumentar a força (como balançar, pendurar, escalar, carregar equipamentos, etc.), a flexibilidade (como alongamento e ioga) e o condicionamento cardiovascular com intensidade moderada (como caminhadas, caminhadas rápidas, corridas divertidas e esportes como beisebol, softball, queimada, futebol, etc.). Assim como os nossos resultados, foram encontradas diminuições no IMC e no percentual de gordura corporal (4 semanas:  $22,5 \pm 3,3$  vs.  $22,3 \pm 3,4$   $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ ,  $27,4 \pm 8,4$  vs.  $25,4 \pm 6,7$  %; 8 semanas:  $22,2 \pm 4,0$  vs.  $22,0 \pm 3,9$   $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ ,  $28,5 \pm 12,8$  vs.  $26,6 \pm 7,0$  %, respectivamente) nos grupos que praticaram o exercício e não foram encontradas no grupo controle ( $19,5 \pm 3,4$  vs.  $19,6 \pm 3,7$   $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ ,  $23,7 \pm 8,0$  vs.  $23,6 \pm 7,1$  %). Os resultados de  $\text{VO}_{2\text{max}}$  demonstraram um aumento significativo apenas no grupo que se exercitou por 8 semanas ( $27,8 \pm 7,8$  vs.  $34,8 \pm 6,5$   $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ,  $P \leq 0,001$ ), comparados ao

grupo controle e o de 4 semanas ( $30,2 \pm 5,6$  vs.  $30,8 \pm 5,6$ ;  $31,1 \pm 4,1$  vs.  $33,8 \pm 1,0$  mL·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>, respectivamente). Além disso, é importante notar no estudo de Meucci et al. (2013), que quanto maior a duração do programa de treinamento, maiores são as chances de os adolescentes adquirirem benefícios com a intervenção.

O VO<sub>2max</sub> é considerado um dos mais importantes marcadores da saúde cardiometabólica, além disso, níveis reduzidos na infância e na juventude podem predizer doenças cardiovasculares que acometem os indivíduos com o avanço da idade. Em especial, diversos autores citam que exercícios de alta intensidade auxiliam na melhora do VO<sub>2max</sub> beneficiando efeitos centrais, como aumento do volume plasmático, do débito cardíaco e da hemoglobina total, bem como adaptações periféricas que auxiliam o corpo a extrair e utilizar mais o oxigênio disponível no sangue, por conta do elevado potencial oxidativo do músculo durante a prática de exercício (ASTORINO; ALLEN; ROBERSON; JURANCICH, 2012; BOND; HIND; WILLIAMS; BARKER, 2015).

Uma revisão sistemática com meta-análise buscou determinar os efeitos do futebol recreativo no VO<sub>2max</sub>. A partir das diferenças médias de 17 artigos analisados, Milanovic et al. (2015) demonstraram que o VO<sub>2max</sub> aumentou 3,51 mL·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup> (IC 95% 3,07-4,15) com o programa de futebol recreativo, comparado com outros modelos de treinamento, independente do sexo, idade e estado de saúde dos indivíduos. O fato dos autores terem estudado o futebol recreativo, assim como a presente dissertação, principalmente focando na aplicação do modelo de jogos reduzidos, parece ter contribuído bastante nos resultados de diferentes tipos de populações, tendo em vista, que esta é uma atividade atrativa e interessante para eles e também caracterizada como um exercício de ações intermitentes de alta intensidade (STØLEN; CHAMARI; CASTAGNA; WISLØFF, 2005).

A literatura indica que já é natural crianças e adolescentes apresentarem valores mais baixos para o VO<sub>2max</sub>. No entanto, esses valores quando elevados, parecem ter um efeito protetor independente sobre o risco de desenvolver doenças cardiovasculares, portanto, é de suma relevância os achados desta dissertação, na qual mostraram que 12 semanas de futebol recreativo regular podem aumentar significativamente os valores de VO<sub>2max</sub> em adolescentes obesos, assim diminuindo os riscos de desenvolvimento de diversas doenças (DONNELLY; BLAIR; JAKICIC; MANORE *et al.*, 2009; ZANCONATO; BARALDI; SANTUZ; RIGON *et al.*, 1989). Sendo assim, também nota-se a importância de escolhas atrativas de exercícios para essa população, tendo em vista que quanto maior a aderência, maior o sucesso e os

ganhos dos programas de intervenção (ALBERGA; SIGAL; SWEET; DOUCETTE *et al.*, 2019).

Ao que se sabe, este foi provavelmente um dos primeiros trabalhos a investigar os efeitos de um programa de futebol recreativo sobre a TMR em adolescentes obesos, por isso acaba sendo difícil contrastar os seus resultados com outras pesquisas. Sobretudo, a presente dissertação apresenta algumas limitações, como a ausência do controle da dieta e a aplicação de restrição dietética nos participantes, além de não ter sido possível avaliar outros fatores biológicos que interferem na TMR, como hormônios tireoidianos, ressíntese proteica, leptina circulante, estimulação adrenérgica e atividade do SNS. Além disso, o número reduzido de participantes em cada grupo também pode ter causado alguma interferência na análise dos dados do estudo.

Como recomendação para estudos futuros, sugere-se que tenha um controle mais rigoroso da dieta dos participantes, como também da aderência dos mesmos ao programa de exercício. Além disso, sugere-se que seja avaliado diferentes períodos de intervenção, com o intuito de identificar qual seria a duração necessária para alcançar aumentos significativos na TMR. Possivelmente, a duração da intervenção no presente estudo possa ter atrapalhado o alcance de maiores benefícios pelo exercício pois, não sabemos se aplicado um maior período de tempo de intervenção com o futebol recreativo, provavelmente teríamos encontrado resultados significativos entre os dados do início e após as 12 semanas, principalmente no que tange a TMR.



## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente dissertação expõe uma relevante lacuna metodológica no que tange a avaliação da TMR em crianças e adolescentes. Apesar de existirem recomendações que buscam a padronização da calorimetria indireta para atingir valores mais precisos da TMR, um ponto importante que ficou em aberto foi o período de tempo de coleta que os indivíduos precisam para alcançar a estabilização desta medida. Portanto, esse foi um dos objetivos da dissertação, já que falhas metodológicas são indicadas como uma das principais justificativas que podem prejudicar os resultados de estudos que buscam verificar o efeito do exercício físico sobre a TMR em diversos públicos.

Sendo assim, os resultados do atual estudo buscaram elucidar essa questão e demonstraram que durante os 30 min de avaliação, ocorreu uma considerável mudança no  $VO_2$ , no  $VCO_2$  e na TMR. No entanto, houve diferenças significativas entre as médias consecutivas da avaliação até o minuto 20 para o grupo de não obesos e até o minuto 25 para o grupo de obesos. Assim, é importante detectar a existência de uma duração ideal da avaliação dos dados de  $VO_2$  e  $VCO_2$  para atingir esta estabilização recomendada, com intuito de aumentar a precisão da TMR em adolescentes obesos e não obesos e auxiliar profissionais de educação física e nutricionistas nas prescrições de exercícios e dietas, respectivamente, a esse público.

Quanto a reprodutibilidade, os resultados mostraram alta confiabilidade teste-reteste nos dois grupos para cada média de tempo de 5 min da TMR, mesmo apresentando diferenças entre as medidas 1 e 2 durante os primeiros 5 a 10 min. Desse modo, recomenda-se para uma avaliação precisa da TMR em adolescentes: a) iniciar a avaliação da TMR com 10 min de aclimatação para diminuir a inquietação em adolescentes; b) definir a TMR por um mínimo de 20 min em não obesos e 25 min em adolescentes obesos; e c) estabelecer a TMR por mais 5 min, com a média desses últimos 5 min de dados sendo considerada como a TMR.

Apesar da pluralidade dos delineamentos de pesquisa, aspectos metodológicos, proporções amostrais e programas de intervenção, foram detectadas tendências importantes na presente dissertação sobre os efeitos de um programa de futebol recreativo em adolescentes obesos, com a finalidade de prevenir e tratar o sobrepeso e/ou a obesidade ainda em idade precoce. Os resultados mostraram que não houve diferenças significativas na TMR em ambos os grupos após 12 semanas de intervenção, tendo apenas uma discreta diminuição nos seus

valores. Porém, foram encontrados resultados significativos consideráveis para a saúde dos adolescentes obesos, como a diminuição da massa corporal no grupo que participou do exercício, ao contrário do grupo controle que mostrou aumento da massa corporal após as semanas sem a prática regular de futebol. Além disso, outros resultados significativos foram encontrados no grupo experimental como a diminuição do IMC e do percentual de gordura corporal, como também o aumento do  $VO_{2max}$ . Portanto, conforme identificado em diferentes estudos citados nesta dissertação, é possível analisar que o tempo de intervenção e o controle dietético tenham influenciado os resultados, no qual possivelmente uma maior duração do programa junto a um maior rigor com a dieta poderiam ter afetado de maneira mais significativa a MCM, assim como a TMR.

Em termos práticos, estes resultados fornecem evidências e reforçam a importância de manter os adolescentes ativos por meio de jogos e da prática de esportes, mostrando ser uma excelente estratégia para alcançar adaptações favoráveis na aptidão cardiorrespiratória e na composição corporal de adolescentes obesos, por mais que ainda não tenham sido encontradas as condições ideais de intervenções para potencializar a TMR. Os responsáveis pela prescrição de exercícios devem, portanto, considerar a modalidade de exercício recreativo do futebol como estratégia para otimizar a aptidão física relacionada à saúde da população pediátrica.

Além disso, ao ajustar a TMR para mudanças na massa gorda e MCM, o grupo controle exibiu uma tendência de queda de 27,6% após 12 semanas de intervenção, enquanto a queda no grupo experimental foi de apenas 7,0%. Então, profissionais da saúde podem considerar o futebol recreativo como uma estratégia para compensar as tendências de queda na TMR ajustada, frequentemente observada em programas de perda de peso sem um componente de exercício. Logo, os achados sobre a avaliação da TMR e sobre o modelo de intervenção com futebol recreativo para adolescentes obesos podem ser empregados por diversos profissionais da saúde, para prescrever exercícios físicos e necessidades nutricionais, que ajudarão ainda mais a combater a crescente epidemia de obesidade infantil.

## REFERÊNCIAS

- ABARCA-GÓMEZ, L.; ABDEEN, Z. A.; HAMID, Z. A.; ABU-RMEILEH, N. M. *et al.* Worldwide trends in body-mass index, underweight, overweight, and obesity from 1975 to 2016: a pooled analysis of 2416 population-based measurement studies in 128· 9 million children, adolescents, and adults. **The Lancet**, v. 390, n. 10113, p. 2627-2642, 2017.
- AFSHIN, A.; FOROUZANFAR, M. H.; REITSMA, M. B.; SUR, P. *et al.* Health effects of overweight and obesity in 195 countries over 25 years. **New England Journal of Medicine**, v. 377, n. 1, p. 13-27, Jul 6 2017.
- ALBERGA, A. S.; GOLDFIELD, G. S.; KENNY, G. P.; HADJIYANNAKIS, S. *et al.* Healthy Eating, Aerobic and Resistance Training in Youth (HEARTY): study rationale, design and methods. **Contemporary clinical trials**, v. 33, n. 4, p. 839-847, 2012.
- ALBERGA, A. S.; PRUD'HOMME, D.; SIGAL, R. J.; GOLDFIELD, G. S. *et al.* Does exercise training affect resting metabolic rate in adolescents with obesity? **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, v. 42, n. 1, p. 15-22, 2017.
- ALBERGA, A. S.; SIGAL, R. J.; SWEET, S. N.; DOUCETTE, S. *et al.* Understanding low adherence to an exercise program for adolescents with obesity: the HEARTY trial. **Obesity science & practice**, v. 5, n. 5, p. 437-448, 2019.
- ALCANTARA, J. M. A.; SANCHEZ-DELGADO, G.; MARTINEZ-TELLEZ, B.; MERCHAN-RAMIREZ, E. *et al.* Congruent validity and inter-day reliability of two breath by breath metabolic carts to measure resting metabolic rate in young adults. **Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases**, v. 28, n. 9, p. 929-936, 2018.
- ARISTIZABAL, J. C.; FREIDENREICH, D. J.; VOLK, B. M.; KUPCHAK, B. R. *et al.* Effect of resistance training on resting metabolic rate and its estimation by a dual-energy X-ray absorptiometry metabolic map. **European journal of clinical nutrition**, v. 69, n. 7, p. 831-836, 2015.
- ASTORINO, T. A.; ALLEN, R. P.; ROBERSON, D. W.; JURANCICH, M. Effect of high-intensity interval training on cardiovascular function, VO<sub>2</sub>max, and muscular force. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 26, n. 1, p. 138-145, 2012.
- ASTRUP, A.; BUEMANN, B.; TOUBRO, S.; RANNERIES, C. *et al.* Low resting metabolic rate in subjects predisposed to obesity: a role for thyroid status. **The American journal of clinical nutrition**, v. 63, n. 6, p. 879-883, 1996.

ASTRUP, A.; GØTZSCHE, P. C.; VAN DE WERKEN, K.; RANNERIES, C. *et al.* Meta-analysis of resting metabolic rate in formerly obese subjects. **American journal of clinical nutrition**, v. 69, n. 6, p. 1117-1122, Jun 1999.

BACHA, F.; GIDDING, S. S. Cardiac abnormalities in youth with obesity and type 2 diabetes. **Currents Diabetes Reports**, v. 16, n. 7, p. 62, Jul 2016.

BADER, N.; BOSY-WESTPHAL, A.; DILBA, B.; MÜLLER, M. J. Intra-and interindividual variability of resting energy expenditure in healthy male subjects—biological and methodological variability of resting energy expenditure. **British journal of nutrition**, v. 94, n. 5, p. 843-849, 2005.

BAHR, R.; INGNES, I.; VAAGE, O.; SEJERSTED, O. M. *et al.* Effect of duration of exercise on excess postexercise O<sub>2</sub> consumption. **Journal of Applied Physiology**, v. 62, n. 2, p. 485-490, 1987.

BALZANO, O. N.; DE PAULA RODRIGUES, A. L.; DA SILVA, G. F.; MUNSBURG, J. A. S. O futebol como ferramenta de inclusão social e escolar. **Pensar a Prática**, 22, 2019.

BANGSBO, J.; IAIA, F. M.; KRUSTRUP, P. Metabolic response and fatigue in soccer. **International journal of sports physiology and performance**, v. 2, n. 2, p. 111-127, 2007.

BINZEN, C. A.; SWAN, P. D.; MANORE, M. M. Postexercise oxygen consumption and substrate use after resistance exercise in women. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 33, n. 6, p. 932-938, 2001.

BLOCH, K. V.; KLEIN, C. H.; SZKLO, M.; KUSCHNIR, M. C. C. *et al.* ERICA: prevalências de hipertensão arterial e obesidade em adolescentes brasileiros. **Revista de Saúde Pública**, v. 50, p. 9s, 2016.

BLOMAIN, E. S.; DIRHAN, D. A.; VALENTINO, M. A.; KIM, G. W. *et al.* Mechanisms of weight regain following weight loss. **ISRN Obesity**, 2013, p. 210524, 2013/04/16 2013.

BOND, B.; HIND, S.; WILLIAMS, C. A.; BARKER, A. R. The acute effect of exercise intensity on vascular function in adolescents. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 47, n. 12, p. 2628-35, 2015.

BORGES, J. H.; GUERRA-JÚNIOR, G.; GONÇALVES, E. M. Methods for data analysis of resting energy expenditure measured using indirect calorimetry. **Nutrition**, 59, p. 44-49, 2019.

BRANDOU, F.; SAVY-PACAU, A. M.; MARIE, J.; BRUN, J. F. *et al.* Comparison of the type of substrate oxidation during exercise between pre and post pubertal markedly obese boys. **International journal of sports medicine**, v. 27, n. 5, p. 407-414, 2006.

BRASIL, V. Hábitos dos brasileiros impactam no crescimento da obesidade e aumenta prevalência de diabetes e hipertensão. **Brasília: Conselho Federal de Nutricionistas**, 2016.

BROADNEY, M. M.; SHAREEF, F.; MARWITZ, S. E.; BRADY, S. M. *et al.* Evaluating the contribution of differences in lean mass compartments for resting energy expenditure in African American and Caucasian American children. **Pediatric obesity**, v. 13, n. 7, p. 413-420, 2018.

BYRNE, N. M.; HILLS, A. P.; HUNTER, G. R.; WEINSIER, R. L. *et al.* Metabolic equivalent: one size does not fit all. **Journal of Applied physiology**, 2005.

BÖHME, M. T. S. Resistência aeróbia de jovens atletas mulheres com relação à maturação sexual, idade e crescimento. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano. ISSN**, 1415, p. 8426, 2004.

CANALI, E. S.; KRUEL, L. F. M. Respostas hormonais ao exercício. **Revista paulista de educação física**, v. 15, n. 2, p. 141-153, 2001.

CARVALHO, F. G. D.; MONTEIRO, B. D. A.; GOULART-DE-ANDRADE, D. E.; BRONZI, É. D. S. *et al.* Métodos de avaliação de necessidades nutricionais e consumo de energia em humanos. **Simbio-Logias**, p. 99-120, 2012.

CASPERSEN, C. J.; POWELL, K. E.; CHRISTENSON, G. M. Physical activity, exercise, and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research. **Public health reports**, v. 100, n. 2, p. 126, 1985.

CAZAL, M. D. M.; MARINS, J. C. B.; NATALI, A. J.; VALLEJO SOTO, D. F. *et al.* Efecto del ejercicio físico en la tasa metabólica en reposo: aplicación el control de la obesidad. **Revista andaluza de medicina del deporte**, p. 272-277, 2019.

CHENG, H. L.; AMATOURY, M.; STEINBECK, K. Energy expenditure and intake during puberty in healthy nonobese adolescents: a systematic review. **The American journal of clinical nutrition**, v. 104, n. 4, p. 1061-1074, 2016.

COHEN, J. **Statistical power analysis for the behavioral sciences**. Hillsdale, N.J.: L. Erlbaum Associates, 1988. 9780805802832 0805802835.

COLE, T. J.; BELLIZZI, M. C.; FLEGAL, K. M.; DIETZ, W. H. Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide: international survey. **British Medical Journal**, v. 320, n. 7244, p. 1240, 2000.

COMPHER, C.; FRANKENFIELD, D.; KEIM, N.; ROTH-YOUSEY, L. *et al.* Best practice methods to apply to measurement of resting metabolic rate in adults: a systematic review. **Journal of the American Dietetic Association**, v. 106, n. 6, p. 881-903, 2006.

COOPER, J. A.; WATRAS, A. C.; O'BRIEN, M. J.; LUKE, A. *et al.* Assessing validity and reliability of resting metabolic rate in six gas analysis systems. **Journal of the American Dietetic Association**, v. 109, n. 1, p. 128-132, 2009.

COTE, A. T.; HARRIS, K. C.; PANAGIOTOPOULOS, C.; SANDOR, G. G. *et al.* Childhood obesity and cardiovascular dysfunction. **Journal of American College of Cardiology**, v. 62, n. 15, p. 1309-1319, Oct 8 2013.

CRISP, A. H.; VERLENGIA, R.; OLIVEIRA, M. R. M. Limitações da utilização do equivalente metabólico (MET) para estimativa do gasto energético em atividades físicas. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, v. 22, n. 3, p. 148-153, 2014.

CUNHA, F. A.; MIDGLEY, A. W.; MONTEIRO, W.; FREIRE, R. *et al.* How long does it take to achieve steady state for an accurate assessment of resting VO<sub>2</sub> in healthy men? **European journal of applied physiology**, v. 113, n. 6, p. 1441-1447, Jun 2013.

DA ROCHA, E. E. M.; ALVES, V. G. F.; DA FONSECA, R. B. V. Indirect calorimetry: methodology, instruments and clinical application. **Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care**, v. 9, n. 3, p. 247-256, 2006.

DA ROCHA, E. E. M.; ALVES, V. G. F.; SILVA, M. H. N.; CHIESA, C. A. *et al.* Can measured resting energy expenditure be estimated by formulae in daily clinical nutrition practice? **Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care**, v. 8, n. 3, p. 319-328, 2005.

DE OLIVEIRA, B. A. P.; GARDIM, C. B.; FERREIRA, C. N.; CAYRES, S. U. *et al.* Composição corporal e taxa metabólica de repouso de adolescentes com obesidade. **Medicina (Ribeirão Preto)**, v. 48, n. 4, p. 359-366, 2015.

DIENER, J. R. C. Calorimetria indireta. **Revista da Associação Médica Brasileira**, v. 43, n. 3, p. 245-253, 1997.

DOLEZAL, B. A.; POTTEIGER, J. A. Concurrent resistance and endurance training influence basal metabolic rate in nondieting individuals. **Journal of applied physiology**, 1998.

DONNELLY, J. E.; BLAIR, S. N.; JAKICIC, J. M.; MANORE, M. M. *et al.* Appropriate physical activity intervention strategies for weight loss and prevention of weight regain for adults. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 41, n. 2, p. 459-471, 2009.

DUTRA, G. F.; KAUFMANN, C. C.; PRETTO, A. D. B.; ALBERNAZ, E. P. Television viewing habits and their influence on physical activity and childhood overweight. **Jornal de pediatria**, v. 91, n. 4, p. 346-351, 2015.

ELIA, M. Organ and tissue contribution to metabolic rate. **Energy Metabolism, Tissue Determinants and Cellular Corollaries**, p. 61-80, 1992.

EMERENZIANI, S.; PIER LUCA GUARINO, M.; TRILLO ASENSIO, L. M.; ALTOMARE, A. *et al.* Role of overweight and obesity in gastrointestinal disease. **Nutrients**, v. 12, n. 1, p. 111, 2020.

FAUDE, O.; KERPER, O.; MULTHAUPT, M.; WINTER, C. *et al.* Football to tackle overweight in children. **Scandinavian journal of medicine & science in sports**, v. 20, p. 103-110, 2010.

FEDAWA, M. V.; HATHAWAY, E. D.; WARD-RITACCO, C. L.; WILLIAMS, T. D. *et al.* The effect of chronic exercise training on leptin: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. **Sports medicine**, v. 48, n. 6, p. 1437-1450, 2018.

FERREIRA, C. M.; REIS, N. D. D.; CASTRO, A. O.; HÖFELMANN, D. A. *et al.* Prevalence of childhood obesity in Brazil: systematic review and meta-analysis. **Jornal de pediatria**, Feb 9 2021.

FONSECA, P. H. S. D. *Validação de equações de predição da taxa metabólica de repouso em adolescentes*. 2007. 126 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Desportos, Programa de Pós-Graduação em Educação Física, 2007.

FONSECA, P. H. S. D.; DUARTE, M. D. F. D. S.; BARBETTA, P. A. Validação das equações que estimam a taxa metabólica de repouso em adolescentes meninas. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia**, v. 54, n. 1, p. 30-36, 2010.

GARBER, C. E.; BLISSMER, B.; DESCHENES, M. R.; FRANKLIN, B. A. *et al.* Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 43, n. 7, p. 1334-59, 2011.

GUO, S. S.; CHUMLEA, W. C. Tracking of body mass index in children in relation to overweight in adulthood. **The American journal of clinical nutrition**, v. 70, n. 1, p. 145S-148S, 1999.

HALOUANI, J.; CHTOUROU, H.; GABBETT, T.; CHAOUACHI, A. *et al.* Small-sided games in team sports training: a brief review. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 28, n. 12, p. 3594-3618, 2014.

HAMMAMI, A.; RANDERS, M. B.; KASMI, S.; RAZGALLAH, M. *et al.* Effects of soccer training on health-related physical fitness measures in male adolescents. **Journal of Sport and Health Science**, v. 7, n. 2, p. 169-175, 2018.

HAUGEN, H. A.; CHAN, L. N.; LI, F. Indirect calorimetry: a practical guide for clinicians. **Nutrition in Clinical Practice**, v. 22, n. 4, p. 377-388, Aug 2007.

HENES, S. T.; JOHNSON, A.; TONER, M.; MAMARIL, K. *et al.* Assessing resting metabolic rate in overweight and obese adolescents with a portable indirect calorimeter: a pilot study for validation and reliability. **Nutrition in Clinical Practice**, v. 31, n. 3, p. 355-361, 2016.

HERRMANN, S. D.; MCMURRAY, R. G.; KIM, Y.; WILLIS, E. A. *et al.* The influence of physical characteristics on the resting energy expenditure of youth: A meta- analysis. **American Journal of Human Biology**, v. 29, n. 3, p. e22944, 2017.

HOHENADEL, M. G.; HOLLSTEIN, T.; THEARLE, M.; REINHARDT, M. *et al.* A low resting metabolic rate in late childhood is associated with weight gain in adolescence. **Metabolism**, v. 93, p. 68-74, 2019.

HORNER, N. K.; LAMPE, J. W.; PATTERSON, R. E.; NEUHOUSER, M. L. *et al.* Indirect calorimetry protocol development for measuring resting metabolic rate as a component of total energy expenditure in free-living postmenopausal women. **The Journal of Nutrition**, v. 131, n. 8, p. 2215-2218, 2001.

HOWLEY, E. T.; BASSETT, D. R., JR.; WELCH, H. G. Criteria for maximal oxygen uptake: review and commentary. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 27, n. 9, p. 1292-1301, Sep 1995.

HWANG, H.; JUNG, W.-S.; KIM, J.; PARK, H.-Y. *et al.* Comparison of association between physical activity and resting metabolic rate in young and middle-aged Korean adults. **Journal of exercise nutrition & biochemistry**, v. 23, n. 2, p. 16, 2019.

INOUE, D. S.; DE MELLO, M. T.; FOSCHINI, D.; LIRA, F. S. *et al.* Linear and undulating periodized strength plus aerobic training promote similar benefits and lead to improvement of



insulin resistance on obese adolescents. **Journal of Diabetes and its Complications**, v. 29, n. 2, p. 258-264, 2015.

IRVING, C. J.; EGGETT, D. L.; FULLMER, S. Comparing steady state to time interval and non-steady state measurements of resting metabolic rate. **Nutrition in Clinical Practice**, v. 32, n. 1, p. 77-83, 2017.

JEON, J. Y.; STEADWARD, R. D.; WHEELER, G. D.; BELL, G. *et al.* Intact sympathetic nervous system is required for leptin effects on resting metabolic rate in people with spinal cord injury. **The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism**, v. 88, n. 1, p. 402-407, 2003.

JOHNSTONE, A. M.; MURISON, S. D.; DUNCAN, J. S.; RANCE, K. A. *et al.* Factors influencing variation in basal metabolic rate include fat-free mass, fat mass, age, and circulating thyroxine but not sex, circulating leptin, or triiodothyronine. **The American journal of clinical nutrition**, v. 82, n. 5, p. 941-948, 2005.

JUNG, W.-S.; HWANG, H.; KIM, J.; PARK, H.-Y. *et al.* Effect of interval exercise versus continuous exercise on excess post-exercise oxygen consumption during energy-homogenized exercise on a cycle ergometer. **Journal of exercise nutrition & biochemistry**, v. 23, n. 2, p. 45, 2019.

KAMINSKY, L. A.; PADJEN, S.; LAHAM-SAEGER, J. Effect of split exercise sessions on excess post-exercise oxygen consumption. **British Journal of Sports Medicine**, v. 24, n. 2, p. 95-98, 1990.

KANSRA, A. R.; LAKKUNARAJAH, S.; JAY, M. S. Childhood and adolescent obesity: A review. **Frontiers in Pediatrics**, v. 8, n. 866, 2021-January-12 2021. Review.

KATZMARZYK, P. T.; PÉRUSSE, L.; TREMBLAY, A.; BOUCHARD, C. No association between resting metabolic rate or respiratory exchange ratio and subsequent changes in body mass and fatness: 5½ year follow-up of the Québec Family Study. **European Journal of Clinical Nutrition**, v. 54, n. 8, p. 610-614, 2000/08/01 2000.

KELLEY, G. A.; KELLEY, K. S.; PATE, R. R. Exercise and adiposity in overweight and obese children and adolescents: a systematic review with network meta-analysis of randomised trials. **British Medical Journal open**, v. 9, n. 11, p. e031220-e031220, 2019.

KENNEDY, S.; RYAN, L.; FRASER, A.; CLEGG, M. E. Comparison of the GEM and the ECAL indirect calorimeters against the Deltatrac for measures of RMR and diet-induced thermogenesis. **Journal of nutritional science**, 3, 2014.

KENNEY, E. L.; GORTMAKER, S. L. United States adolescents' television, computer, videogame, smartphone, and tablet use: associations with sugary drinks, sleep, physical activity, and obesity. **The Journal of pediatrics**, 182, p. 144-149, 2017.

KENNY, G. P.; NOTLEY, S. R.; GAGNON, D. Direct calorimetry: a brief historical review of its use in the study of human metabolism and thermoregulation. **European journal of applied physiology**, v. 117, n. 9, p. 1765-1785, 2017.

KIM, B. Thyroid hormone as a determinant of energy expenditure and the basal metabolic rate. **Thyroid**, v. 18, n. 2, p. 141-144, 2008.

KIM, D. K. Accuracy of predicted resting metabolic rate and relationship between resting metabolic rate and cardiorespiratory fitness in obese men. **Journal of exercise nutrition & biochemistry**, v. 18, n. 1, p. 25, 2014.

KIM, M.-H.; KIM, J.-H.; KIM, E.-K. Accuracy of predictive equations for resting energy expenditure (REE) in non-obese and obese Korean children and adolescents. **Nutrition research and practice**, v. 6, n. 1, p. 51, 2012.

KIMM, S. Y.; GLYNN, N. W.; OBARZANEK, E.; KRISKA, A. M. *et al.* Relation between the changes in physical activity and body-mass index during adolescence: a multicentre longitudinal study. **Lancet**, v. 366, n. 9482, p. 301-307, Jul 23-29 2005.

KOONG, L.-J.; NIENABER, J. A.; PEKAS, J. C.; YEN, J.-T. Effects of plane of nutrition on organ size and fasting heat production in pigs. **The Journal of nutrition**, v. 112, n. 8, p. 1638-1642, 1982.

KRUSTRUP, P.; AAGAARD, P.; NYBO, L.; PETERSEN, J. *et al.* Recreational football as a health promoting activity: a topical review. **Scandinavian journal of medicine & science in sports**, 20, p. 1-13, 2010.

KRUSTRUP, P.; HELGE, E. W.; HANSEN, P. R.; AAGAARD, P. *et al.* Effects of recreational football on women's fitness and health: adaptations and mechanisms. **European journal of applied physiology**, v. 118, n. 1, p. 11-32, 2018.

KUCZMARSKI, R. J.; OGDEN, C. L.; GUO, S. S.; GRUMMER-STRAWN, L. M. *et al.* 2000 CDC Growth Charts for the United States: methods and development. **Vital Health Stat** 11, n. 246, p. 1-190, May 2002. Comparative Study.

LAZZER, S.; BOIRIE, Y.; MONTAURIER, C.; VERNET, J. *et al.* A weight reduction program preserves fat- free mass but not metabolic rate in obese adolescents. **Obesity research**, v. 12, n. 2, p. 233-240, 2004.

LAZZER, S.; LAFORTUNA, C.; BUSTI, C.; GALLI, R. *et al.* Effects of low-and high-intensity exercise training on body composition and substrate metabolism in obese adolescents. **Journal of endocrinological investigation**, v. 34, n. 1, p. 45-52, 2011.

LAZZER, S.; TRINGALI, G.; CACCAVALE, M.; DE MICHELI, R. *et al.* Effects of high-intensity interval training on physical capacities and substrate oxidation rate in obese adolescents. **Journal of endocrinological investigation**, v. 40, n. 2, p. 217-226, 2017.

LEE, H. S.; LEE, S. H.; KIM, J. W.; LEE, Y. S. *et al.* Development of novel continuous and interval exercise programs by applying the FITT-VP principle in dogs. **The Scientific World Journal**, 2020.

LEE, M.-G.; SEDLOCK, D. A.; FLYNN, M. G.; KAMIMORI, G. H. Resting metabolic rate after endurance exercise training. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 41, n. 7, p. 1444-1451, 2009.

LEMURA, L. M.; MAZIEKAS, M. T. Factors that alter body fat, body mass, and fat-free mass in pediatric obesity. *In: Database of Abstracts of Reviews of Effects (DARE): Quality-assessed Reviews [Internet]*: Centre for Reviews and Dissemination (UK), 2002.

LIMA, D. F.; LIMA, L. A.; DAS GRAÇAS ANGUERA, M.; SAMPAIO, A. A. *et al.* A prática de futebol recreativo no Brasil por adultos diabéticos e hipertensos. **Semina: Ciências Biológicas e da Saúde**, v. 41, n. 1, p. 55-66, 2020.

LINDBERG, L.; DANIELSSON, P.; PERSSON, M.; MARCUS, C. *et al.* Association of childhood obesity with risk of early all-cause and cause-specific mortality: A Swedish prospective cohort study. **PLoS Med**, v. 17, n. 3, p. e1003078, Mar 2020.

LLOYD, L. J.; LANGLEY-EVANS, S. C.; MCMULLEN, S. Childhood obesity and risk of the adult metabolic syndrome: a systematic review. **International Journal of Obesity (Lond)**, v. 36, n. 1, p. 1-11, Jan 2012.

LOBSTEIN, T.; BAUR, L.; UAUY, R. Obesity in children and young people: a crisis in public health. **Obesity Reviews**, v. 5, n. s1, p. 4-85, 2004.

MACKENZIE-SHALDERS, K.; KELLY, J. T.; SO, D.; COFFEY, V. G. *et al.* The effect of exercise interventions on resting metabolic rate: A systematic review and meta-analysis. **Journal of sports sciences**, v. 38, n. 14, p. 1635-1649, 2020.

MACLEAN, P. S.; BERGOUIGNAN, A.; CORNIER, M.-A.; JACKMAN, M. R. Biology's response to dieting: the impetus for weight regain. **American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology**, v. 301, n. 3, p. R581-R600, 2011.

MARRA, M.; MONTAGNESE, C.; SAMMARCO, R.; AMATO, V. *et al.* Accuracy of predictive equations for estimating resting energy expenditure in obese adolescents. **The Journal of pediatrics**, v. 166, n. 6, p. 1390-1396, 2015.

MARTINZ, A. C. *Fatores orexígenos e anorexígenos, composição corporal e taxa metabólica de repouso em adolescentes obesos: efeitos do tratamento multidisciplinar de longo-prazo*. 2009. 91 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de São Paulo, Programa de Pós-Graduação em Nutrição, 2009.

MCCORMACK, S. E.; MCCARTHY, M. A.; HARRINGTON, S. G.; FARILLA, L. *et al.* Effects of exercise and lifestyle modification on fitness, insulin resistance, skeletal muscle oxidative phosphorylation and intramyocellular lipid content in obese children and adolescents. **Pediatric obesity**, v. 9, n. 4, p. 281-291, 2014.

MELLECKER, R. R.; MCMANUS, A. M. Measurement of resting energy expenditure in healthy children. **Journal of Parenteral and Enteral Nutrition**, v. 33, n. 6, p. 640-645, Nov-Dec 2009.

MEUCCI, M.; COOK, C.; CURRY, C. D.; GUIDETTI, L. *et al.* Effects of supervised exercise program on metabolic function in overweight adolescents. **World Journal of Pediatrics**, v. 9, n. 4, p. 307-311, 2013.

MIDGLEY, A. W.; MCNAUGHTON, L. R.; CARROLL, S. Effect of the VO<sub>2</sub> time-averaging interval on the reproducibility of VO<sub>2max</sub> in healthy athletic subjects. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, v. 27, n. 2, p. 122-125, Mar 2007.

MILANOVIĆ, Z.; PANTELIĆ, S.; ČOVIĆ, N.; SPORIŠ, G. *et al.* Is Recreational Soccer Effective for Improving VO<sub>2max</sub>? A Systematic Review and Meta-Analysis. **Sports Medicine**, v. 45, n. 9, p. 1339-1353, 2015.

MILLER, W. M.; SPRING, T. J.; ZALESIN, K. C.; KAEDING, K. R. *et al.* Lower than predicted resting metabolic rate is associated with severely impaired cardiorespiratory fitness in obese individuals. **Obesity**, v. 20, n. 3, p. 505-511, 2012.

MILLIGAN, L. P.; MCBRIDE, B. W. Energy costs of ion pumping by animal tissues. **The Journal of nutrition**, v. 115, n. 10, p. 1374-1382, 1985.

MOLNAR, D.; SCHUTZ, Y. The effect of obesity, age, puberty and gender on resting metabolic rate in children and adolescents. **European journal of pediatrics**, v. 156, n. 5, p. 376-381, 1997.

MONTOYE, H. J. Measuring physical activity and energy expenditure. **Human Kinetics**, p. 3-118, 1996.

NIELSEN, S.; HENSRUD, D. D.; ROMANSKI, S.; LEVINE, J. A. *et al.* Body composition and resting energy expenditure in humans: role of fat, fat-free mass and extracellular fluid. **International journal of obesity**, v. 24, n. 9, p. 1153-1157, 2000.

NSATIMBA, P. A. A.; PATHAK, K.; SOARES, M. J. Ethnic differences in resting metabolic rate, respiratory quotient and body temperature: a comparison of Africans and European Australians. **European journal of nutrition**, v. 55, n. 5, p. 1831-1838, 2016.

OHLSSON, C.; BYGDELL, M.; SONDÉN, A.; ROSENGREN, A. *et al.* Association between excessive BMI increase during puberty and risk of cardiovascular mortality in adult men: a population-based cohort study. **Lancet Diabetes Endocrinol**, v. 4, n. 12, p. 1017-1024, Dec 2016.

OLIVEIRA, B. A. P. D.; ROSSI, F. E.; BUONANI, C.; DINIZ, T. A. *et al.* Comparison between two models of training with regard to resting energy expenditure and body composition in obese adolescents. **Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano**, v. 18, n. 3, p. 268-276, 2016.

OLIVEIRA, M. P. M. T. D.; CINTRA, L. A. D.; BEDOIAN, G.; NASCIMENTO, R. D. *et al.* Uso de internet e de jogos eletrônicos entre adolescentes em situação de vulnerabilidade social. **Trends in Psychology**, v. 25, p. 1167-1183, 2017.

ORTIGUES, I.; DURAND, D. Adaptation of energy metabolism to undernutrition in ewes. Contribution of portal-drained viscera, liver and hindquarters. **British Journal of Nutrition**, v. 73, n. 2, p. 209-226, 1995.

PEDRETTI, A.; PEDRETTI, A.; VASCONCELLOS, F.; SEABRA, A. O futebol recreativo como uma nova abordagem terapêutica para a obesidade em crianças e adolescentes: uma revisão. **Revista Brasileira de Atividade Física & Saúde**, v. 21, n. 2, p. 123-132, 2016.

PHYSICAL ACTIVITY GUIDELINES ADVISORY, C. Physical activity guidelines advisory committee report, 2008. **Washington, DC: US Department of Health and Human Services**, 2008, p. A1-H14, 2008.

POEHLMAN, E. T. A review: exercise and its influence on resting energy metabolism in man. **Medicine & Science and Sports & Exercise**, v. 21, n. 5, p. 515-525, 1989.

POEHLMAN, E. T.; BERKE, E. M.; JOSEPH, J. R.; GARDNER, A. W. *et al.* Influence of aerobic capacity, body composition, and thyroid hormones on the age-related decline in resting metabolic rate. **Metabolism**, v. 41, n. 8, p. 915-921, 1992.

POLLOCK, M.; WILMORE, J. Exercício na Saúde e na Doença. 2a edição. **Rio de Janeiro. Editora Medsi**, p. 718, 1993.

POTTEIGER, J. A.; KIRK, E. P.; JACOBSEN, D. J.; DONNELLY, J. E. Changes in resting metabolic rate and substrate oxidation after 16 months of exercise training in overweight adults. **International journal of sport nutrition and exercise metabolism**, v. 18, n. 1, p. 79-95, 2008.

RANDERS, M. B.; PETERSEN, J.; ANDERSEN, L. J.; KRUSTRUP, B. R. *et al.* Short-term street soccer improves fitness and cardiovascular health status of homeless men. **European journal of applied physiology**, v. 112, n. 6, p. 2097-2106, 2012.

RAVUSSIN, E.; BOGARDUS, C. Relationship of genetics, age, and physical fitness to daily energy expenditure and fuel utilization. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 49, n. 5, p. 968-975, May 1989.

RECKMAN, G. A. R.; NAVIS, G. J.; KRIJNEN, W. P.; VONK, R. J. *et al.* Aerobic exercise increases post-exercise exogenous protein oxidation in healthy young males. **Plos one**, v. 14, n. 11, p. e0225803, 2019.

REGINA, P. S. *Composição corporal, taxa metabólica basal e pico de consumo de oxigênio após um treinamento físico misto em meninos adolescentes com sobrepeso ou obesidade*. 2005. 121 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano, 2005.

RODRIGUEZ, G.; MORENO, L. A.; SARRIA, A.; PINEDA, I. *et al.* Determinants of resting energy expenditure in obese and non-obese children and adolescents. **Journal of physiology and biochemistry**, v. 58, n. 1, p. 9-15, 2002.

SCHNEIDER, P.; MEYER, F. O papel do exercício físico na composição corporal e na taxa metabólica basal de meninos adolescentes obesos. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, v. 15, n. 1, p. 101-108, 2008.

SCHUENKE, M. D.; MIKAT, R. P.; MCBRIDE, J. M. Effect of an acute period of resistance exercise on excess post-exercise oxygen consumption: implications for body mass management. **European journal of applied physiology**, v. 86, n. 5, p. 411-417, 2002.

SCHWARTZ, A.; DOUCET, E. Relative changes in resting energy expenditure during weight loss: a systematic review. **obesity reviews**, v. 11, n. 7, p. 531-547, 2010.

SCHWARTZ, A.; KUK, J. L.; LAMOTHE, G.; DOUCET, E. Greater than predicted decrease in resting energy expenditure and weight loss: results from a systematic review. **Obesity (Silver Spring)**, v. 20, n. 11, p. 2307-2310, Nov 2012.

SEABRA, A.; LARSEN, M. N.; RIIS, P.; ELBE, L. O. *et al.* Football as broad-spectrum prevention for children and youth—in club and school settings. *In: Football as medicine- Prescribing football for global health promotion*: Routledge, 2019. p. 66-78.

SHOOK, R. P.; HAND, G. A.; PALUCH, A. E.; WANG, X. *et al.* Moderate cardiorespiratory fitness is positively associated with resting metabolic rate in young adults. **Mayo Clinic Proceedings**, v. 89, n. 6, p. 763-771, Jun 2014.

SHROUT, P. E.; FLEISS, J. L. Intraclass correlations: uses in assessing rater reliability. **Psychological Bulletin**, v. 86, n. 2, p. 420-428, Mar 1979.

SILVA, A. M.; NUNES, C. L.; MATIAS, C. N.; JESUS, F. *et al.* Champ4life Study Protocol: A One-Year Randomized Controlled Trial of a Lifestyle Intervention for Inactive Former Elite Athletes with Overweight/Obesity. **Nutrients**, v. 12, n. 2, p. 286, 2020.

SIMÕES, C. F.; LOPES, W. A.; REMOR, J. M.; LOCATELI, J. C. *et al.* Prevalence of weight excess in Brazilian children and adolescents: a systematic review. **Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano**, v. 20, n. 4, p. 517-531, 2018.

SPRAUL, M.; RAVUSSIN, E.; FONTVIEILLE, A. M.; RISING, R. *et al.* Reduced sympathetic nervous activity. A potential mechanism predisposing to body weight gain. **The Journal of clinical investigation**, v. 92, n. 4, p. 1730-1735, 1993.

STØLEN, T.; CHAMARI, K.; CASTAGNA, C.; WISLØFF, U. Physiology of soccer. **Sports medicine**, v. 35, n. 6, p. 501-536, 2005.

TANG, Q.; RUAN, H.; TAO, Y.; ZHENG, X. *et al.* Effects of a summer program for weight management in obese children and adolescents in Shanghai. **Asia Pacific journal of clinical nutrition**, v. 23, n. 3, p. 459-464, 2014.

THOMAS, D. M.; SCIOLETTI, M.; HEYMSFIELD, S. B. Predictive mathematical models of weight loss. **Current diabetes reports**, v. 19, n. 10, p. 1-7, 2019.

TOTH, M. J. Comparing energy expenditure data among individuals differing in body size and composition: statistical and physiological considerations. **Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care**, v. 4, n. 5, p. 391-397, 2001.

TOUNIAN, P.; DUMAS, C.; VEINBERG, F.; GIRARDET, J. P. Resting energy expenditure and substrate utilisation rate in children with constitutional leanness or obesity. **Clinical Nutrition**, v. 22, n. 4, p. 353-357, 2003.

TREMBLAY, A.; COVENEY, S.; DESPRÉS, J.-P.; NADEAU, A. *et al.* Increased resting metabolic rate and lipid oxidation in exercise-trained individuals: evidence for a role of  $\beta$ -adrenergic stimulation. **Canadian journal of physiology and pharmacology**, v. 70, n. 10, p. 1342-1347, 1992.

TREMBLAY, A.; POEHLMAN, E. T.; DESPRÉS, J. P.; THERIAULT, G. *et al.* Endurance training with constant energy intake in identical twins: changes over time in energy expenditure and related hormones. **Metabolism**, v. 46, n. 5, p. 499-503, 1997.

UEMURA, A.; MEXITALIA, M.; SUSANTO, J. C.; YAMAUCHI, T. Validating predictive factors for resting energy expenditure of adolescents in Indonesia. **International journal of food sciences and nutrition**, v. 63, n. 2, p. 145-152, 2012.

VAN DER HEIJDEN, G.-J.; SAUER, P. J. J.; SUNEHAG, A. L. Twelve weeks of moderate aerobic exercise without dietary intervention or weight loss does not affect 24-h energy expenditure in lean and obese adolescents. **The American journal of clinical nutrition**, v. 91, n. 3, p. 589-596, 2010.

VASCONCELLOS, F.; CUNHA, F. A.; GONET, D. T.; FARINATTI, P. T. V. Does Recreational Soccer Change Metabolic Syndrome Status in Obese Adolescents? A Pilot Study. **Research quarterly for exercise and sport**, v. 92, n. 1, p. 91-99, 2021.

VASCONCELLOS, F.; SEABRA, A.; CUNHA, F.; MONTENEGRO, R. *et al.* Health markers in obese adolescents improved by a 12-week recreational soccer program: a randomised controlled trial. **Journal of sports sciences**, v. 34, n. 6, p. 564-575, 2016.

VASCONCELLOS, F.; SEABRA, A.; KATZMARZYK, P. T.; KRAEMER-AGUIAR, L. G. *et al.* Physical activity in overweight and obese adolescents: systematic review of the effects on physical fitness components and cardiovascular risk factors. **Sports medicine**, v. 44, n. 8, p. 1139-1152, 2014.

VASCONCELLOS, M. B.; DA MATTA POLYCARPO, I. E. A.; SANTANA, D. D.; DA VEIGA, G. V. Mudanças na obesidade, comportamento sedentário e inatividade física, entre 2010 e 2017, em adolescentes. **Journal of Physical Education**, v. 32, n. 1, 2021.

VENN, A. J.; THOMSON, R. J.; SCHMIDT, M. D.; CLELAND, V. J. *et al.* Overweight and obesity from childhood to adulthood: a follow-up of participants in the 1985 Australian Schools Health and Fitness Survey. **Medical Journal of Australia**, v. 186, n. 9, p. 458-460, May 7 2007.

VENTHAM, J. C.; REILLY, J. J. Reproducibility of resting metabolic rate measurement in children. **British journal of nutrition**, v. 81, n. 6, p. 435-437, 1999.



WAHRLICH, V.; ANJOS, L. A. D. Aspectos históricos e metodológicos da medição e estimativa da taxa metabólica basal: uma revisão da literatura. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 17, n. 4, p. 801-817, 2001.

WEFFORT, V. R. S.; DE SOUSA MARANHÃO, H.; GURMINI, J.; DE MELLO, E. D. *et al.* 6. Recomendações Calóricas e a Proporção de Macronutrientes na Composição da Lancheira. **LANCHES**, p. 38.

WEINTRAUB, D. L.; TIRUMALAI, E. C.; HAYDEL, K. F.; FUJIMOTO, M. *et al.* Team sports for overweight children: The Stanford sports to prevent obesity randomized trial (SPORT). **Archives of pediatrics & adolescent medicine**, v. 162, n. 3, p. 232-237, 2008.

WEIR, J. B. New methods for calculating metabolic rate with special reference to protein metabolism. **The Journal of Physiology**, v. 109, n. 1-2, p. 1-9, Aug 1949.

WELLE, S.; SCHWARTZ, R. G.; STATT, M. Reduced metabolic rate during  $\beta$ -adrenergic blockade in humans. **Metabolism**, v. 40, n. 6, p. 619-622, 1991.

YETGIN, M. K.; AGOPYAN, A.; KUCUKLER, F. K.; GEDIKBASI, A. *et al.* The influence of physical training modalities on basal metabolic rate and leptin on obese adolescent boys. **JPMA. The Journal of the Pakistan Medical Association**, v. 68, n. 6, p. 929-931, 2018.

YOUNG, V. R.; MARCHINI, J. S. Mechanisms and nutritional significance of metabolic responses to altered intakes of protein and amino acids, with reference to nutritional adaptation in humans. **The American journal of clinical nutrition**, v. 51, n. 2, p. 270-289, 1990.

YU, W. W.; LEE, S.; ARSLANIAN, S.; TAMIM, H. *et al.* Effects of exercise on resting metabolic rate in adolescents with overweight and obesity. **Childhood Obesity**, v. 17, n. 4, p. 249-256, Jun 2021.

ZANCONATO, S.; BARALDI, E.; SANTUZ, P.; RIGON, F. *et al.* Gas exchange during exercise in obese children. **European Journal of Pediatrics**, v. 148, n. 7, p. 614-617, 1989.

ZOUHAL, H.; JACOB, C.; DELAMARCHE, P.; GRATAS-DELAMARCHE, A. Catecholamines and the effects of exercise, training and gender. **Sports medicine**, v. 38, n. 5, p. 401-423, 2008.

## ANEXO A – Comprovante de envio do projeto para o Comitê de Ética

**COMPROVANTE DE ENVIO DO PROJETO****DADOS DO PROJETO DE PESQUISA**

**Título da Pesquisa:** Efeitos de um programa de treinamento de futebol na saúde de crianças de 7 a 17 anos de idade.

**Pesquisador:** Fabrício Vieira do Amaral Vasconcelos

**Versão:** 2

**CAAE:** 91950618.8.0000.5259

**Instituição Proponente:** Instituto de Educação Física e Desportos

**DADOS DO COMPROVANTE**

**Número do Comprovante:**

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

Informamos que o projeto Efeitos de um programa de treinamento de futebol na saúde de crianças de 7 a 17 anos de idade, que tem como pesquisador responsável Fabrício Vieira do Amaral Vasconcelos, foi recebido para análise ética no CEP Hospital Universitário Pedro Ernesto/UERJ em 19/03/2021 às 12:29.

**Endereço:** Av. 28 de setembro, nº77 - CePeM - Centro de Pesquisa Clínica Multiusuário - 2º andar/sala nº 28 - prédio  
**Bairro:** Vila Isabel **CEP:** 20.551-030  
**UF:** RJ **Município:** RIO DE JANEIRO  
**Telefone:** (21)2868-8253 **E-mail:** cep@hupe.uerj.br