

HENRIQUE FLORE CAVENAGO

**O EXERCÍCIO FÍSICO AFETA A MODULAÇÃO
AUTONÔMICA CARDÍACA EM REPOUSO DE
CRIANÇAS E ADOLESCENTES COM EXCESSO DE
PESO: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA COM META
ANÁLISE**



HENRIQUE FLORE CAVENAGO

**O EXERCÍCIO FÍSICO AFETA A MODULAÇÃO
AUTONÔMICA CARDÍACA EM REPOUSO DE CRIANÇAS E
ADOLESCENTES COM EXCESSO DE PESO: UMA REVISÃO
SISTEMÁTICA COM META ANÁLISE**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano – PPGCMH/UENP, do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Estadual do Norte do Paraná, para Defesa de Mestrado.

Orientadora: Profa. Dra. Carla Cristiane da Silva

Jacarezinho

2023

Ficha catalográfica elaborada por Lidia Orlandini Feriato Andrade, 9/1556, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UENP

Cavenago, Henrique Flore

C379e O exercício físico afeta a modulação autonômica cardíaca em repouso de crianças e adolescentes com excesso de peso: uma revisão sistemática com meta análise / Henrique Flore Cavenago; orientadora Carla Cristiane da Silva - Jacarezinho, 2023.

89 p. :il.

Dissertação (Mestrado Profissional em CMH) - Universidade Estadual do Norte do Paraná, Centro de Ciências da Saúde, Programa de Pós-graduação em Ciências do Movimento Humano, 2023.

HENRIQUE FLORE CAVENAGO

**O EXERCÍCIO FÍSICO AFETA A MODULAÇÃO
AUTONÔMICA CARDÍACA EM REPOUSO DE CRIANÇAS E
ADOLESCENTES COM EXCESSO DE PESO: UMA REVISÃO
SISTEMÁTICA COM META ANÁLISE**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano – PPGCMH/UENP, do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Estadual do Norte do Paraná, para Defesa de Mestrado.

BANCA EXAMINADORA:

Profa. Dra. Carla Cristiane da Silva (Orientadora)
Universidade Estadual de Londrina (UEL)

Prof. Dr. Raphael Gonçalves de Oliveira (Membro interno)
Universidade Estadual do Norte do Paraná (UENP)

Prof. Dr. Lúcio Flávio Soares-Caldeira (Membro externo)
Universidade Norte do Paraná (UNOPAR)
Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Educação
Física da UTFPR

Jacarezinho, 24 de abril de 2023.

RESUMO

Estudos prévios demonstraram efeito positivo do treinamento físico sobre a variabilidade da frequência cardíaca (VFC) em adultos saudáveis (SANDERCOCK *et al.*, 2005). No entanto, a literatura carece de estudos com grupos pediátricos e poucos tratam de indivíduos com excesso e peso. O objetivo deste estudo foi analisar o impacto de intervenções com exercícios físicos sobre a modulação autonômica cardíaca de crianças e/ou adolescentes com excesso de peso. Esta é uma revisão sistemática cadastrada na PROSPERO (CRD42022308097). Recorreu-se as normativas PRISMA (MOHER *et al.*, 2015) e da *Cochrane Handbook* (LASSERSON *et al.*, 2022). Foram realizadas buscas nas bases do MEDLINE, Central, SciELO, Scopus, CINAHL, SportDiscus, LILACS, EMBASE e Web of Science. A extração dos dados foi realizada por dois pesquisadores independentes e cegos; e para a remoção das duplicatas utilizou-se o *software EndNote*. Os critérios de inclusão exigiram amostras compostas por crianças e/ou adolescentes com excesso de peso corporal, dados quantitativos da VFC, preferencialmente com grupo intervenção *versus* controle. Para o risco de viés utilizou-se a ferramenta *Cochrane Risk of Bias 2*. Foram identificadas 1866 investigações e com a remoção de 350 duplicatas restaram 1516 estudos. Na triagem pelos títulos e resumos, houve remoção de 1393 estudos não elegíveis, restando assim 122 investigações. Após a leitura completa destes, 91 artigos apresentaram critérios de exclusão, assim, restaram 31 estudos, sendo 15 destes ensaios clínicos aleatórios. O risco de viés indicou: 2 estudos com baixo risco, 2 com alto risco e 11 não descrevem detalhadamente seus métodos e, portanto, risco com preocupações. Os resultados das meta-análises indicaram efeito positivo na modulação autonômica cardíaca a favor do grupo experimental. O HF% indicou diferença da média padronizada (DMP) de 221 e intervalo de confiança (IC) de 1,47/2,95 ($P<0,01$). O braço simpático estudado pelo %LF indicou uma redução significativa após a intervenção, com DMP de -1,66 com um IC de -2,19/-1,12 ($P<0,01$). O balanço simpato-vagal seguiu o mesmo comportamento de redução do %LF e em ambos heterogeneidade insignificante ($I^2=0\%$) e distribuição equilibrada do peso dos estudos. Adicionalmente recorreu-se a análise dos 8 estudos transversais elegíveis. Estes foram avaliados pelo instrumento *Newcastle Ottawa Scale* para avaliar o risco de viés. Os resultados demonstraram um índice de concordância razoável com um kappa no valor de 0,689 entre a concordância dos 2 avaliadores independentes. No entanto, os resultados da análise do viés indicaram pontuações variando entre 2 a 5 estrelas o que não possibilitou a inclusão em estudo

meta-analítico pelo risco de viés. Assim, os estudos transversais foram pontuados qualitativamente. Em conclusão, estudo meta-analítico dos ensaios clínicos aleatórios indicou que intervenções com exercícios físicos tem efeito positivo na modulação autonômica vagal para índices no domínio da frequência em crianças e adolescentes com excesso de peso.

Palavras-chave: Obesidade pediátrica; Sistema nervoso autônomo; Educação Física e Treinamento Físico.

ABSTRACT

Previous studies demonstrate positive effects of physical training over heart rate variability (HRV) in healthy adults (SANDERCOCK *et al.*, 2005). However, scientific literature lacks studies with pediatric groups and few treat overweight individuals. The objective of this study was to analyze the impact of interventions with physical exercises on cardiac autonomic modulation of overweight children and/or adolescents. This is a systematic review registered at PROSPERO (CRD42022308097). PRISMA normatives (MOHER *et al.*, 2015) and *Cochrane Handbook* (LASSERSON *et al.*, 2022) were used. Searches were underwent on *MEDLINE*, *Central*, *SciELO*, *Scopus*, *CINAHL*, *SportDiscus*, *LILACS*, *EMBASE* e *Web of Science* databases. The data extraction was conducted by two blinded and independent investigators; and the EndNote software was assessed to remove duplicates. The inclusion criteria demanded sample with overweight children and/or adolescents, quantitative HRV data, preferably containing intervention versus control groups. To evaluate risk of bias, the Cochrane Risk of Bias 2 tool was used. 1866 records were identified and after removing 350 duplicates, 1516 studies remain. There were 1393 non-eligible papers removed during title/abstract trial, resulting in 122 left. 91 records showed exclusion criteria after full reading, thus 31 studies left, and 15 were clinic trials. The risk of bias asserted: 2 studies with low risk, 2 with high risk and 11 did not exhibited detailed methods, and, therefore had some concerns. The meta-analysis results showed positive effect on cardiac autonomic modulation favorable to experimental group. The HF% resulted in standardized mean difference (SMD) of 221 and confidence interval (CI) of 1,47/2,95 ($P=0,01$). The sympathetic branch represented by LF% was significantly reduced after the intervention, with SMD of -1,66 and CI of -2,19/1,12 ($P=0,01$). The sympathovagal balance followed the same reduction behavior of LF%, and in both cases, the heterogeneity was insignificant ($I^2=0\%$) and the studies weight distribution was balanced. Furthermore, the 8 eligible cross-sectional studies were evaluated. The risk of bias was assessed by the Newcastle Ottawa Scale. The result demonstrated reasonable inter-rater reliability index kappa of 0,689. However the studies rating were between 2 to 5 points, not worth of inclusion in the meta-analysis due to the low score of risk of bias. Thus, cross-sectional studies were assessed qualitatively. In conclusion, meta-analysis study with randomized clinical trials showed that interventions with physical exercise had positive effect on frequency domain variables of cardiac autonomic modulation in overweight children and adolescents.

Key words: Pediatric obesity; Autonomic nervous system; Physical education and training

LISTA DE ABREVIATURAS

bpm: Batimentos Por Minuto

DMP: Diferença da Média Padronizada

DP: Desvio Padrão

ECG: Eletrocardiograma

e.g.: *Exempli gratia* e/ou por exemplo

FC: Frequência Cardíaca

FCMax: Frequência Cardíaca Máxima

FMO: Federação Mundial da Obesidade

HF: *High frequency*

Hz: Hertz

IC: Intervalo de Confiança

i.e.: *Id est* e/ou isto é

IMC: Índice de Massa Corporal

kg/m²: Kilograma por Metro Quadrado

LF: *Low frequency*

ln: Logarítmo Natural

OMS: Organização Mundial da Saúde

PNN50: *Percentage difference between adjacent NN intervals >50ms*

PRISMA: *Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses*

RR: Intervalo RR

RM: Repetição Máxima

RMSSD: *Square Root of the Mean of Sum of Differences in NN intervals*

SDANN: *Standard deviation of the averages on NN intervals*

SDNN: *Standard deviations of NN interval*

SNA: Sistema Nervoso Autônomo

SNP: Sistema Nervoso Parassimpático

SNS: Sistema Nervoso Simpático

VFC: Variabilidade da Frequência Cardíaca

VO₂: Volume de Oxigênio

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	11
1.1	Apresentação do problema e justificativa.....	11
2.	OBJETIVOS.....	14
2.1	Objetivo geral.....	14
3.	HIPÓTESE.....	14
4.	REVISÃO DA LITERATURA.....	15
4.1	Modulação autonômica e sua relação com a saúde humana especialmente na infância e adolescência e o impacto do exercício físico.....	15
4.1.1	<i>Modulação autonômica cardíaca e as formas de avaliação da variabilidade da frequência cardíaca.....</i>	15
4.1.2	<i>Excesso de peso na infância e adolescência e o papel da modulação autonômica cardíaca na saúde.....</i>	19
4.2	Impacto do treinamento físico sobre a modulação autonômica cardíaca em grupos pediátricos.....	23
5.	MATERIAIS E MÉTODOS.....	30
5.1	Caracterização do estudo.....	30
5.2	Instrumentos e técnicas de coleta de dados.....	30
5.2.1	<i>Bases de dados e busca.....</i>	30
5.2.2	<i>Critérios de inclusão e exclusão.....</i>	30
5.2.3	<i>Extração dos dados.....</i>	31
5.2.4	<i>Avaliação do risco de viés.....</i>	31
5.3	Análise quantitativa dos resultados.....	32
5.4	Análise qualitativa dos resultados.....	32
6.	RESULTADOS.....	33
6.1	Seleção dos artigos e construção do fluxograma.....	33
6.2	Análise qualitativa e quantitativa dos estudos de coorte ou caso controle selecionados pelos critérios de elegibilidade.....	47
7.	DISCUSSÃO.....	52
8.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	59

8.1	Implicações para futuras pesquisas.....	59
9.	REFERÊNCIAS.....	60
10.	APÊNDICES.....	70
11.	ANEXOS.....	84

1. INTRODUÇÃO

1.1 Apresentação do problema e justificativa

A modulação autonômica cardíaca, comumente avaliada pela variabilidade da frequência cardíaca (VFC) representa um marcador importante de saúde cardiovascular em indivíduos fisicamente ativos e saudáveis (SANDERCOCK *et al.*, 2005; CYGANKIEWICZ *et al.*, 2013). A VFC é a medida dos intervalos entre batimentos cardíacos normais e anormais, a qual incide sobre a predominância e alternância da atividade do sistema nervoso simpático (SNS) e sistema nervoso parassimpático (SNP) (CYGANKIEWICZ *et al.*, 2013; JOHNSON, 2018). Notoriamente, indivíduos adultos fisicamente ativos apresentam valores elevados de VFC (SANDERCOCK *et al.*, 2005), que por sua vez, estão associados a melhor adaptabilidade, saúde cardiovascular e metabólica (AADLAND *et al.*, 2020). Em contrapartida, o baixo nível de atividade física habitual e índices elevados de adiposidade corporal impactam em valores de VFC reduzidos que se associam a fatores de risco cardiovascular (VAN BILJON *et al.*, 2018; FARAH *et al.*, 2014; CURTIS *et al.*, 2020).

Neste sentido, um estudo meta-analítico verificou a relação do treinamento com exercícios aeróbicos sobre a frequência cardíaca (FC) e a VFC de adultos saudáveis (SANDERCOCK *et al.*, 2005). O estudo incluiu indivíduos acima de 18 anos que realizaram exercícios aeróbicos no mínimo por 4 semanas. Foram incluídos 13 estudos para o desfecho de FC, totalizando 322 casos e 12 estudos, com 298 casos para a VFC. Os resultados da meta-análise evidenciaram que o treinamento aeróbio induziu redução da frequência cardíaca de repouso acompanhada por aumento na modulação vagal de indivíduos saudáveis (SANDERCOCK *et al.*, 2005).

Relacionado com grupos infantis, Speer e colaboradores (2019) conduziram uma revisão de literatura para indicar a “dose-resposta”, a modalidade e duração adequada de diversos tipos de exercícios sobre o sistema nervoso autonômico (SNA) em população pediátrica. Foram selecionados 13 estudos incluindo crianças e adolescentes menores de 18 anos. Os autores sinalizaram que o mínimo de 3 sessões semanais com duração entre 20 a 120 minutos são necessários para impactar positivamente na VFC de crianças e adolescentes (SPEER *et al.*, 2019). A intensidade também foi uma variável importante para modificações na modulação autonômica, sendo indicadas intensidades na ordem de 40 a 85% da frequência

cardíaca de reserva, sendo considerada moderada a vigorosa, apesar de evidências limitadas de estudos com exercícios submáximos e supramáximos em crianças. Adicionalmente, os resultados reportaram que exercícios do tipo aeróbico como caminhada e dança remodelaram positivamente o sistema cardiorrespiratório, devido à alta demanda metabólica e condicionamento do barorreflexo. Assim, exercícios estruturados durante a infância podem auxiliar na melhora da VFC, desde que a prática seja incorporada no estilo de vida até a idade adulta (SPEER *et al.*, 2019). Neste sentido, Sharma e colaboradores (2017) realizaram um ensaio clínico aleatorizado sobre os efeitos de exercícios estruturados e não estruturados sobre a capacidade aeróbica máxima e VFC de adolescentes de 12 a 17 anos de idade. Foram recrutados 439 adolescentes subdivididos em quatro grupos, sendo atletas e não atletas, participantes de Educação Física estruturada e não estruturada. As atividades estruturadas seguiram as recomendações da Organização Mundial da Saúde, de um mínimo de 30 minutos de atividades vigorosas diárias. Já os grupos sem estruturação escolheram qualquer atividade física recreativa. Ambas intervenções foram conduzidas 2 horas por dia, 6 vezes por semana durante 6 meses. Os resultados evidenciaram que a intervenção estruturada potencializou aptidão cardiorrespiratória, pressão arterial sistólica e diastólica e melhora da VFC nos índices SDNN, RMSSD, NN50, pNN50, LF, HF, poder total, nHF, além de apresentar redução da gordura corporal, nLF e razão LF/HF, independentemente do sexo e da atividade esportiva quando comparado com atividades sem estruturação (SHARMA *et al.*, 2017).

Existem múltiplas estratégias de intervenções com diferentes tipos de exercício, assim como intensidade e duração. Gamelin e colaboradores (2009) verificaram o efeito do treinamento intervalado de alta intensidade sobre a VFC de 38 crianças com idade média de 9 anos eutróficas. A intervenção consistiu de 3 sessões por semana de 30 minutos compostas por corridas em velocidade máxima e de exercícios de corrida em intensidades de 100% a 190% da velocidade aeróbica máxima. Os resultados evidenciam a melhora no $\text{VO}_{2\text{pico}}$ e na velocidade aeróbica máxima, contudo, sem alterações significativas na VFC (GAMELIN *et al.*, 2009). Em contrapartida, Mandigout e colaboradores (2002) submeteram 19 crianças pré-púberes saudáveis a um protocolo conjugado de corrida intervalada e contínua durante 13 semanas. Os resultados indicaram melhora significativa no consumo máximo de oxigênio, bem como nos parâmetros da VFC, exceto a razão HF/LF após o programa de treinamento (MANDIGOUT *et al.*, 2002).

Outro aspecto que merece atenção é o estado nutricional de eutrofia ou excesso de peso sobre a VFC. Estudo prévio de Yakinci e colaboradores (2000) avaliou a função autonômica cardíaca de 63 crianças, divididas em grupo obesidade e grupo eutrófico. Os resultados apontaram diferença significativa entre os grupos para os testes da manobra de valsalva, razão 30/15 e resposta da FC em respiração profunda ($P < 0,025$), demonstrando que crianças com excesso de peso apresentam disfunção do SNP comparadas com crianças eutróficas, afetando a VFC de indivíduos com obesidade (YAKINCI *et al.*, 2000). Posteriormente, a investigação de Rabbia e colaboradores (2003) comparou 50 adolescentes obesos com 12 eutróficos. Os indivíduos foram divididos em 3 grupos de acordo com o período em que foram classificados como obesos, sendo recentemente obesos (<4 anos), obesidade intermediária (4 a 7 anos) e obesidade duradoura (>7 anos). Os resultados da comparação do grupo obesidade com eutróficos apontaram que os parâmetros que refletem o tônus parassimpático (HF, RMSSD e SDNN) foram significativamente e persistentemente inferiores no grupo obesidade, bem como os parâmetros do SNP (nLF, razão LF/HF e aceleração da FC) foram significativamente maiores no grupo de recentemente obesos. Neste caso, as alterações no SNA apresentaram relação com o período em que o indivíduo estava classificado como obeso, demonstrando que com a melhora no quadro de sobrepeso, consequentemente pode haver melhora na modulação autonômica cardíaca desta população (RABBIA *et al.*, 2003). De forma similar, Gutin e colaboradores (2000) verificaram impacto positivo de 4 meses de treinamento aeróbico em 79 crianças obesas comparadas aos seus pares não treinados sobre o parâmetro RMSSD da VFC. Estes autores acompanharam o grupo posteriormente e observaram o efeito do destreinamento, destacando que o exercício físico precisa ser sustentado para impactar sobre a saúde cardiovascular (GUTIN *et al.*, 2000). Em contrapartida, Silva e colaboradores (2014) a partir de revisão sistemática e estudo meta-analítico com crianças pré-púberes saudáveis não observaram efeitos significativos do treinamento com exercícios sobre a VFC das crianças (SILVA *et al.*, 2014). Ressalta-se estes achados se aplicam a grupo pediátrico pré-púbere eutrófico, deixando uma lacuna na literatura científica em relação a efeitos do treinamento físico sobre a modulação autonômica cardíaca em crianças e adolescentes com excesso de peso.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Baseado nos pressupostos apresentados, o objetivo deste estudo é analisar o impacto de diferentes intervenções com exercícios físicos sobre parâmetros da VFC responsáveis à modulação autonômica cardíaca de crianças e/ou adolescentes com excesso de peso.

3. HIPÓTESE

Espera-se que grupos pediátricos, mesmo com excesso de peso quando submetidos a exercícios físicos estruturados demonstrem efeito positivo sobre os parâmetros do domínio temporal e da frequência da VFC, melhorando a modulação autonômica cardíaca, tal como já previamente demonstrado em adultos.

4. REVISÃO DA LITERATURA

4.1 Modulação autonômica cardíaca e sua relação com a saúde humana especialmente na infância e adolescência e o impacto do exercício físico.

4.1.1 Modulação autonômica cardíaca e as formas de avaliação da variabilidade da frequência cardíaca.

A modulação autonômica cardíaca é o controle do ritmo cardíaco, regulado pelo sistema nervoso autônomo (SNA), que por sua vez responde a informações obtidas pelos barorreceptores, quimiorreceptores, receptores atriais e ventriculares, alterações na respiração, sistema vasomotor, eixo renina-angiotensina-aldosterona e termorregulação (VANDERLEI *et al.*, 2010). A modulação cronotrópica (temporal), e a inotrópica (força de contração), são determinantes na função de bombeamento coronário, adaptando-se ao controle neural do SNA (JOHNSON *et al.*, 2018). O coração não se comporta como metrônomo, o ritmo irregular da frequência cardíaca (FC) pode ser mensurado pela VFC, a qual avalia o intervalo entre os batimentos rítmicos do nodo sinusal, especificamente entre as ondas R do complexo QRS de um tacograma. Oscilações que alteram os intervalos dos batimentos refletem atividade intrínseca do SNA e sua expressão direta na FC. Tais alterações podem ocorrer como resposta a estímulos físicos, químicos, farmacológicos, psicológicos, como por exemplo o estresse, respiração, sono, ortostatismo, quadros patológicos, alterações hemodinâmicas e metabólicas (CYGANKIEWICZ *et al.*, 2013; VANDERLEI *et al.*, 2010).

Em um coração humano saudável, existe uma relação complexa e dinâmica entre o sistema nervoso simpático (SNS) e o sistema nervoso parassimpático (SNP) resultando em uma média de 75 batimentos por minuto (bpm). A influência do SNP no coração é mediada via liberação de acetilcolina no nervo vago, excitando os receptores muscarínicos, aumentando a condutividade de K^+ na membrana celular, surtindo efeito em menos de 1 segundo. A ação parassimpática predomina no repouso na forma de tônus vagal (SHAFFER & GINSBERG, 2017; TASK FORCE, 1996). Já o controle simpático além de suprimir o SNP, pode aumentar o tempo de reatividade parassimpática. A influência do SNS no coração é mediada pela liberação de adrenalina e noradrenalina, captados pelos receptores β -adrenérgicos com efeito em aproximadamente 5 segundos na inibição vagal, conseqüentemente aumentando a FC (TASK FORCE, 1996; VANDERLEI *et al.*, 2010).

Com relação aos tipos de mensuração da VFC, as formas mais comuns de avaliação da VFC são condições laboratoriais ou clínica controladas, com ou sem a administração de fármacos, ventilação e umidade previamente controladas. Nestes casos, podem ser realizadas medidas em diferentes posturas corporais, como o indivíduo em repouso deitado em posição supina ou sentado. Além disso, indivíduos podem ser avaliados durante suas atividades cotidianas, em exercício ou até em diferentes condições de campo (KLEIGER *et al.*, 2005; VANDERLEI *et al.*, 2010).

Os dados são coletados por aparelhos de eletrocardiograma (ECG), fotopletismografia ou cardiofrequencímetros. Posteriormente os dados são armazenados e tratados com o auxílio de *softwares* para detecção de batimentos ectróticos ou artefatos que podem interferir na análise da VFC, possibilitando assim a correção de intervalos anormais (VANDERLEI *et al.*, 2010).

As medidas do domínio temporal quantificam a variabilidade de tempo de ocorrência dos intervalos sucessivos dos batimentos normais, conhecidos como Normal-a-Normal (NN). A análise mais simples da VFC é o Desvio Padrão (DP) dos intervalos NN, representado pela sigla SDNN (*Standard Deviation of NN interval*), calculado com registro de longo período de 24 horas ou curto período, comumente até 5 minutos (SHAFFER & GINSBERG, 2017). Além de análises de longo período apresentarem maior precisão do índice de SDNN, comparações de dados obtidos por janelas de tempo diferentes são inapropriadas, pois acarretam em grande parte disparidade nas medidas. A Força Tarefa da Sociedade Européia de Cardiologia e a Sociedade Norte-Americana de Ritmo e Eletrofisiologia (TASK FORCE, 1996) preconizou a padronização do tempo de mensuração e sugere as medidas de 24h e 5 minutos. A fonte de variação do SDNN de curto período é a arritmia sinusal respiratória modulada pelo SNP, enquanto a medida de longo período expressa a ação predominantemente simpática (SHAFFER & GINSBERG, 2017).

Outras medidas de verificação do domínio temporal são o desvio padrão das médias avaliadas por 5 minutos de duração, a SDANN (*Standard deviation of the averages on NN intervals*), o índice RMSSD é a raiz quadrada da média dos quadrados das diferenças dos intervalos RR adjacentes, todos expressos na unidade de milésimo de segundo (ms), e a porcentagem da diferença entre intervalos NN adjacentes com duração maior que 50 milissegundos, com a sigla PNN50 (*Percentage difference between adjacent NN intervals >50ms*). Das medidas do domínio de tempo, a RMSSD (*Root Mean Square of Succesive RR interval Differences*) é a mais comum e preferível por apresentar propriedades estatísticas

superiores aos parâmetros PNN50 e NN50 (TASK FORCE, 1996). Variáveis de curto período estimam oscilações de alta frequência e são fortemente correlacionadas, bem como as variáveis de longo período apresentam boa estabilidade e reprodutibilidade (SHAFFER & GINSBERG, 2017; TASK FORCE, 1996). Métodos geométricos como índice triangular e plotagem de *Poincaré* são outras formas válidas de derivar medidas de VFC. Índice triangular é visualizado em um histograma de densidade, expressando o comprimento dos intervalos RR normais no eixo x e sua frequência no eixo y, formando um triângulo e a largura da base representa a VFC. O *plot* de *Poincaré* situa cada intervalo RR em um plano cartesiano, correlacionando-os em suas dispersões de curto prazo (SD1) e longo prazo (SD2), como também é denominada sua razão SD1/SD2 (VANDERLEI *et al.*, 2010). Esta medida não é muito utilizada para estratificação de risco, mas também facilita a visualização dos padrões dos intervalos RR (KLEIGER *et al.*, 2005).

Outras formas de análise linear da VFC compreendem o domínio da frequência, sendo estimado pela distribuição do poder absoluto ou relativo em quatro bandas espectrais, avaliadas em repouso. O poder total da variabilidade dos intervalos RR é a variância total, que corresponde à soma das quatro bandas espectrais para dados obtidos em períodos de 24 horas. As bandas espectrais são: Frequência baixa (*Low Frequency*), representando a ação conjunta dos componentes vagal e, predominantemente o simpático, variando de 0,04 a 0,15 Hertz (Hz); Alta frequência (*High Frequency*) que corresponde a atuação do nervo vago sobre o coração, modulado pela respiração, com variação de 0,15 a 0,4Hz; Frequência muito baixa (*Very Low Frequency*) e frequência ultrabaixa (*Ultra Low Frequency*), possivelmente relacionadas ao eixo renina-angiotensina-aldosterona, mas sem consenso de sua utilidade. A medida de razão da LF/HF pode estimar o balanço simpatovagal, ou seja, a proporção de atuação do SNS sobre o SNP e vice-versa. Supõe-se que uma razão baixa de LF/HF reflita a dominância parassimpática, enquanto um valor elevado indica dominância simpática (SHAFFER & GINSBERG, 2017; VANDERLEI *et al.*, 2010). O poder das bandas de frequência podem ser expressas como logaritmo natural (Ln), em valores absolutos na unidade de ms^2 , o poder relativo estimado como porcentagem da VFC total ou em unidades normalizadas (n.u.), neste caso enfatizando o comportamento balanceado de ambos sistemas autonômicos, minimizando os efeitos nos valores de LF e HF. O tacograma dos índices espectrais é gerado graficamente expressando a variação dos intervalos RR sobre o tempo (SHAFFER & GINSBERG, 2017; VANDERLEI *et al.*, 2010). Antes de realizar a análise espectral da VFC, a taxa de amostragem ideal deve ser

acima de 250Hz, posteriormente digitalizando os dados, identificando os artefatos e editando os dados RR, rejeitando os anormais, sequenciando os dados RR, e finalmente aplicando modelo auto-regressivo ou emprego de algoritmo de *Fast Fourier Transformation* (FFT) para aperfeiçoar a confiabilidade estatística. FFT é mais comum por exigir pouca demanda computacional e ser mais simples. Já o método auto-regressivo é isento de interpolação e necessita de menor comprimento dos dados para análise, apesar de ser mais complexo (LI *et al.*, 2009; SHAFFER & GINSBERG, 2017; VANDERLEI *et al.*, 2010).

Análises não-lineares são outras formas de avaliações promissoras da VFC, operando entre a imprevisibilidade dos valores oscilatórios. As mais comuns são parâmetros de expoente alfa α_1 , α_2 e entropia aproximada da VFC, utilizados para estender as investigações para estratificação de risco de infarto ou pós-infarto (KLEIGER *et al.*, 2005; TASK FORCE, 1996). Análise de flutuações depuradas de tendências extrai as correlações entre os intervalos sucessivos RR em diferentes escalas de tempo, resultando no expoente α_1 descrevendo flutuações breves e α_2 são as flutuações mais duradouras. Enquanto α_1 quantifica o reflexo dos barorreceptores, α_2 expressa a correlação dos mecanismos regulatórios da cronotropia (SHAFFER & GINSBERG, 2017). Entropia aproximada mensura e prevê a complexidade dos intervalos RR, em resumo, valores altos deste índice indicam baixa previsibilidade, enquanto valores baixos indicam sinais previsíveis e regulares (SHAFFER & GINSBERG, 2017; TASK FORCE, 1996).

A interpretação destes valores provê oportunidades de avaliar alterações no SNA que podem detectar previamente condições de saúde cardiovascular e neurológicas (CYGANKIEWICZ *et al.*, 2013; KLEIGER *et al.*, 2005). Um desequilíbrio da atuação do SNA no coração está relacionado a disfunções autonômicas, e são caracterizadas por hiperatividade do sistema simpático e hipoatividade do sistema parassimpático, associadas com várias condições patológicas, risco de doenças cardiovasculares e até mortalidade (TASK FORCE, 1996; THAYER *et al.*, 2010).

McNarry e Lewis (2012) avaliaram a reprodutibilidade dos índices da VFC de 80 adultos saudáveis com idade média de 33 anos, sendo 49 homens e 31 mulheres durante exercício físico. Dados do eletrocardiograma foram coletados durante 3 períodos de 6 minutos no exercício em cicloergômetro, com dois períodos em intensidade moderada e 1 em intensidade vigorosa. Os resultados evidenciam de boa a excelente reprodutibilidade para todos

os parâmetros da VFC durante o exercício, com a intensidade vigorosa apresentando menor confiabilidade quando comparada a intensidade moderada (MCNARRY & LEWIS, 2012).

Bjelakovic e colaboradores (2017) investigaram a reprodutibilidade de dados coletados por dois tipos de *Holters* de eletrocardiograma, com 2 medidas de 24 horas da VFC em 39 crianças de ambos os sexos com idade média de 9,5 anos. Os resultados demonstraram que as medidas de SDNN corrigidas pela FC apresentaram o maior índice de correlação intraclasse (95% CI=0,987) e baixo coeficiente de variação (CV=5,5%), sugerindo excelente reprodutibilidade. Análises de *Bland-Altman* indicaram bons níveis de concordância entre os dados dos dois dias para o SDNN. Já os valores de SDANN corrigidos pela frequência cardíaca demonstraram índice de reprodutibilidade ligeiramente menor (95% CI=0,977) ainda com baixo coeficiente de variação (CV=10,1%). Os dados de RMSSD corrigidos pela FC obtiveram o maior índice de correlação intraclasse (95% CI=0,977) e coeficiente de variação reduzido (CV=9,9%), contudo, *Bland-Altman* indicou 5% de medida fora do limite de concordância. Ainda assim, a reprodutibilidade dos valores no domínio de tempo da VFC são consistentes (BJELAKOVIC *et al.*, 2017).

4.1.2 Excesso de peso na infância e adolescência e o papel da modulação autonômica cardíaca na saúde.

A Organização Mundial da Saúde (OMS, 2000) define a obesidade como uma condição de acúmulo anormal ou excessivo de gordura no tecido adiposo, ao ponto de causar danos à saúde do indivíduo. Ainda, classificar a obesidade durante a infância e adolescência é uma tarefa mais complexa, devido às mudanças contínuas na composição corporal e em função do crescimento físico intenso exclusivo deste período da vida. Outro fator são as diferenças internacionais da idade em relação ao período de puberdade e o acúmulo de gordura entre os indivíduos em sua diversidade étnica. Dentre as formas de classificação, o índice de massa corporal (IMC) providencia as medidas brutas do excesso de peso (sobrepeso e obesidade) a nível populacional mais úteis. O IMC pode ser usado para estimar a prevalência da obesidade e seus riscos associados em uma população, mas não leva em consideração a variação ampla dos indivíduos acometidos. Assim, outras medidas de adiposidade como dobras cutâneas providenciam informações adicionais (OMS, 2000).

Para classificar sobrepeso e a obesidade na infância e adolescência são recomendadas as seguintes referências: 1) gráficos de crescimento físico, produzidos por diversos países

baseado nas comparações de peso por idade e estatura por idade. 2) população de referência internacional na infância se baseiam em dados amostrais de diferentes partes do mundo fornecido por entidades que utilizam recomendações e protocolos internacionais de saúde; 3) curva de referência de IMC para idade e sexo que levam em consideração as alterações substanciais no IMC de crianças e adolescentes, sendo abruptamente maior na infância, reduzindo durante os anos pré-escolares e novamente aumentando durante a adolescência e início da adultícia (OMS, 2000).

Um estudo buscou a comparação de três classificações de obesidade infantil baseados no IMC, as referências da OMS, a Força Tarefa Internacional da Obesidade e o padrão francês (KÊKÊ *et al.*, 2015). Os autores avaliaram 1382 crianças de ambos os sexos, com idade médias de $8,4 \pm 1,7$ anos e com IMC médio de $17,4 \pm 3,2$ kg/m². Os resultados apontaram que, em geral, as referências da OMS (ONIS *et al.*, 2007) superestimavam o sobrepeso e/ou obesidade, comparado com a francesa (DE SANTÉ *et al.*, 2011) e a Força Tarefa Internacional da Obesidade (COLE *et al.*, 2000). A magnitude do coeficiente de concordância entre as três referências dependeu do sexo e idade, e a classificação francesa se aproximou mais da Força Tarefa, especialmente na faixa etária de 7 a 12 anos para definir o sobrepeso (KÊKÊ *et al.*, 2015).

A Organização Mundial da Saúde (2016) classificou a obesidade como uma epidemia global de crescimento acelerado, e a prevalência de crianças e adolescentes obesos entre 5 e 19 anos entre 1975 e 2016 quadruplicou (HAUA-NAVARRO *et al.*, 2016). De acordo com o Atlas da Obesidade Infantil, publicado no domínio da Federação Mundial da Obesidade em 2019, a previsão menciona que haverá 250.000 crianças obesas até o ano de 2030 (FMO, 2019). Neste aspecto, o estudo de Corvalán e colaboradores (2017) estimou que mais de 20% dos indivíduos de 0 a 19 anos de idade apresentam sobrepeso ou obesidade na América Latina. Especificamente no Brasil, dados de 2007 a 2009 apontam prevalência de 7,3% de obesidade em crianças abaixo de 5 anos de idade e 20,5% acima de 5 anos. Além do hábito alimentar inadequado, o comportamento sedentário predominante no cotidiano dos jovens corrobora para o desenvolvimento epidêmico do excesso de peso em crianças e adolescentes brasileiros (CORVALÁN *et al.*, 2017). Adicionalmente, Aiello e colaboradores (2015) conduziram uma revisão sistemática de estudos transversais para estimar a prevalência de obesidade em brasileiros de 2 a 19 anos de idade, com dados epidemiológicos de 21 artigos entre janeiro de 2008 até julho de 2014, totalizando uma amostra de 18.463 crianças e adolescentes. A

prevalência de obesidade foi de 14,12% (95%IC: 10,60% – 18,05%), com os meninos (n=5.072) apresentando maior prevalência de 16,12% (95%IC: 10,43% – 22,76%) comparado com as meninas (n=5.519), indicando prevalência de 14,95% (95%IC: 8,71% – 22,52%) de obesidade. No entanto, não foi observada associação entre obesidade e sexo, além de não especificar diferenças entre as regiões do país (AIELLO *et al.*, 2015).

A Organização Mundial da Saúde (OMS, 2022) infere que 340 milhões de adolescentes e 39 milhões de crianças são obesas, e estima que em 2025, aproximadamente 167 milhões de pessoas serão menos saudáveis devido ao sobrepeso e obesidade. A Organização Mundial da Saúde salienta que a obesidade é uma doença que afeta o coração, fígado, rins, articulações e sistema reprodutor, aumentando a incidência de diversas doenças não comunicáveis como diabetes tipo 2, doenças cardiovasculares, hipertensão e acidente vascular cerebral (OMS, 2022). Além disso, mortalidade aumenta progressivamente à medida que o limiar de peso é ultrapassado. Um fator determinante no aumento da incidência de obesidade é a disponibilidade de alimentos processados mais ricos em calorias e pobre em nutrientes, mais acessíveis, palatáveis e mais práticos de preparação do que alimentos saudáveis (OMS, 2020). Assim se reconhece que aspectos dietéticos são fundamentais na manutenção do peso. Prado e colaboradores (2010) verificaram os efeitos de 4 meses de exercícios físicos combinados com dieta hipocalórica na FC de recuperação e atividade do SNA em 33 crianças obesas com idade média de $10 \pm 0,2$ anos. As crianças foram divididas em grupo somente dieta (n=15) e grupo dieta com exercício (n=18), e ambos os grupos seguiram dieta mantendo 1800kcal/dia, composta de 65% carboidratos, 15% proteína e 20% lipídios, com acompanhamento nutricional. Já o treinamento disponibilizado somente para o grupo com dieta e exercícios consistiu em 30 minutos de exercícios aeróbicos, caminhada e trote, seguido de 30 minutos de atividades recreativas (PRADO *et al.*, 2010). Após a intervenção, todas as crianças apresentaram redução de peso corporal ($P < 0,05$). O grupo somente dieta não apresentou melhora cardiorrespiratória, nem na FC de recuperação ou no balanço simpátovagal, avaliado pela razão LF/HF ($P > 0,05$). Em contrapartida, o grupo dieta com exercícios obteve melhora significativa no VO_2 pico ($P = 0,01$), na FC de recuperação ($P = 0,01$) e na razão LF/HF ($P = 0,001$). Adicionalmente, foi encontrada relação significativa entre todos os parâmetros avaliados no grupo dieta com exercícios, sugerindo uma influência positiva de níveis elevados de aptidão cardiorrespiratória na atividade autonômica cardíaca (PRADO *et al.*, 2010).

Ainda no tocante da dieta combinada com exercícios, o estudo de Ricci-Vitor e colaboradores (2016) avaliaram o efeito de um programa multidisciplinar na modulação autonômica cardíaca de 15 crianças e adolescentes com sobrepeso e obesidade com idade média de 11 anos. As atividades foram conduzidas em um período de 3 meses, 3 vezes por semana, com duração de 60 minutos por sessão. A atividade física consistiu em 5 minutos de alongamento, 50 minutos de atividades predominantemente aeróbicas, de cunho dinâmico e recreativo, em forma de circuito para estimular o desenvolvimento de força e resistência de grupos musculares como braços, pernas, peitoral, ombros, dorsais e quadril. Já o acompanhamento nutricional e psicológico ocorreu 2 vezes por semana em encontros grupais, os quais os participantes foram instruídos sobre hábitos de alimentação saudáveis, e os responsáveis pelas crianças foram alertados sobre aspectos psicológicos e conselhos que visavam estimular mudanças positivas para o estilo de vida. Os resultados demonstraram aumento na modulação autonômica nos parâmetros SDNN ($P=0,019$), RMSSD ($P=0,018$), nLF ($P=0,014$), nHF ($P=0,014$), SD1 ($P=0,018$) e SD2 ($P=0,031$). Adicionalmente observou-se redução na FC de repouso ($P=0,023$) e alguns indivíduos obesos foram reclassificados com sobrepeso, apesar de não apresentar significância estatística do IMC (RICCI-VITOR *et al.*, 2016).

É reconhecido que a intensidade dos exercícios é um aspecto fundamental para ser avaliado quando se procuram efeitos positivos na modulação autonômica cardíaca. Neste sentido, Gerardo e colaboradores (2019) examinaram os padrões de modulação vagal e percepção de esforço em função do IMC durante recuperação de exercício em cicloergômetro. Foram avaliados 51 estudantes com idade média de 22 anos, subdivididos em 3 grupos estratificados pelo IMC baixo, com valores abaixo de 20kg/m^2 , os classificados como IMC moderado entre 20 a 25kg/m^2 , e o grupo com IMC elevado, com valores acima de 25kg/m^2 . O protocolo de exercício teve duração de 6 minutos com carga progressiva a cada 2 minutos, seguido de 5 minutos de recuperação. Os resultados apontaram que indivíduos com IMC elevado apresentaram maior redução da VFC vagal da linha de base até o final do protocolo de exercício, assim como redução significativa da VFC vagal quando comparada com indivíduos de IMC moderado. Adicionalmente, a diferença dos grupos de IMC se tornaram maiores com o decorrer do tempo durante o exercício, com maior discrepância na terceira e última fase do protocolo. Além disso houve uma associação positiva entre IMC e esforço percebido durante o período de recuperação, bem como associação negativa entre VFC vagal e as etapas do

protocolo, evidenciando que indivíduos com IMC elevado, isto é, acima de 25kg/m², possuem menor ativação parassimpática em repouso (GERARDO *et al.*, 2019).

Corroborando com o tema, Aadland e colaboradores (2020) conduziram uma revisão que compilou dados de 11 estudos com um total de 11.853 crianças e adolescentes entre 5 e 18 anos, buscando investigar as associações entre a intensidade de atividade física multivariada com a saúde metabólica por meio de acelerometria. Os resultados indicaram que a intensidade vigorosa foi relacionada a melhor saúde metabólica comparado com baixa intensidade e comportamento sedentário em crianças e adolescentes (AADLAND *et al.*, 2020).

4.2 Impacto do treinamento físico sobre a modulação autonômica cardíaca em grupos de pediátricos.

Exercício físico é toda atividade física planejada sistematicamente e repetitiva que objetiva a melhora e/ou manutenção de um ou mais componentes da aptidão física (CASPERSEN *et al.*, 2013). De acordo com as diretrizes da Sociedade Brasileira de Medicina do Esporte, pautadas nas normativas do Colégio Americano de Medicina do Esporte, um programa de exercícios físicos deve ser composto de características aeróbicas, com sobrecarga muscular e flexibilidade, alternando a ênfase de acordo com as necessidades, particularidades e objetivos do indivíduo (CARVALHO *et al.*, 2001). Adicionalmente, as variáveis de tempo de duração, intensidade do esforço e frequência do exercício devem ser adequadas para a elaboração do programa (CARVALHO *et al.*, 2001). Como ressaltado por Field e colaboradores (2012), a prática regular de exercícios durante a infância e adolescência está associada a diversos benefícios relacionados à saúde. Destacam-se os benefícios diretos na aptidão cardiorrespiratória, desenvolvimento e competência motora, controle do peso corporal, no aumento da densidade mineral óssea, condições autoimunes, tais como diabetes, asma e artrite, e até mesmo sobre fatores psicológicos como redução de quadros depressivos e ansiedade estado (FIELD *et al.*, 2012). Além disso, os mesmos autores declararam o aumento da atividade vagal e redução dos hormônios de estresse com a prática de *Tai Chi* e *Yoga* em adultos (FIELD *et al.*, 2012). No entanto, pesquisas com crianças referente a estes desfechos ainda apresentam inconsistências em seus resultados (FIELD *et al.*, 2012).

Com ênfase na população infantil com sobrepeso, Watts e colaboradores (2005) verificaram que exercícios aeróbicos são predominantemente utilizados para intervenções com

crianças obesas. Além disso, dietas hipocalóricas reduzem a perda de peso inicial dos indivíduos, porém está associada à perda de massa magra, podendo resultar em redução de até 45% da taxa metabólica em repouso, que consequentemente prejudica o gasto de massa gorda diária (WATTS *et al.*, 2005). A prática de exercícios físicos pode reduzir risco cardiovascular associado à obesidade devido ao estímulo cardiovascular, apesar da dieta ser um fator chave (WATTS *et al.*, 2005). Complementando estes achados, Huang e colaboradores (2019) realizaram um programa de exercícios combinado com dieta restritiva em 21 adolescentes obesos de 10 a 16 anos de idade. O protocolo de exercícios foi composto de exercícios aeróbicos como ciclismo, caminhada, corrida, dança e jogos de bola, com frequência semanal de 6 dias, sendo 5 horas por dia e duração de 6 semanas, com intensidades que variaram de moderada 70 – 85% da frequência cardíaca máxima (FCMax) e a intensidade vigorosa com 90% da FCMax. Treinamento de força também foi implementado de 2 a 3 vezes por semana, de 40 a 50% da força máxima, 2 a 3 séries de 12 a 15 repetições máximas com 2 a 3 minutos de repouso entre séries (HUANG *et al.*, 2019). A dieta foi planejada individualmente, respeitando a taxa metabólica basal de cada participante, e consistiu de 60% carboidratos, 20% proteínas e 20% lipídios, e o consumo energético foi dividido em 30% das calorias totais no café da manhã, 40% no almoço e 30% no jantar. Os resultados apresentaram melhora nas medidas antropométricas, no metabolismo lipídico, na função arterial e na modulação autonômica cardíaca das crianças e dos adolescentes (HUANG *et al.*, 2019). Além dos aspectos dietéticos, a intensidade dos exercícios físicos podem impactar nos índices de VFC de forma significativa. Farah e colaboradores (2014) compararam os efeitos do treinamento aeróbico de baixa intensidade e os exercícios de alta intensidade nos parâmetros da pressão arterial, FC e VFC em 43 adolescentes obesos entre 13 a 18 anos. O protocolo de 6 meses de treinamento aeróbico supervisionado foi conduzido em esteira ergométrica, 3 vezes por semana, sendo um grupo de alta intensidade correspondendo ao limiar ventilatório 1, e grupo de baixa intensidade com intensidade de 20% abaixo do limiar ventilatório 1. Os resultados demonstram que ambas intensidades produziram mudanças favoráveis com redução no IMC, no percentual de gordura e na pressão arterial, entretanto apenas o grupo de alta intensidade apresentou melhora nos valores de circunferência da cintura, FC e VFC (FARAH *et al.*, 2014). Os benefícios adicionais elicitados pelo treinamento em grupos pediátricos sugerem que a magnitude de mudança na modulação autonômica cardíaca são dependentes da intensidade do exercício realizado (FARAH *et al.*, 2014). Corroborando com estes achados, Van Biljon e colaboradores (2018) aplicaram 15

sessões de exercícios isocalóricos, ou seja, protocolos diferenciados com gasto energético similar para verificar efeitos sobre a modulação autonômica cardíaca em 109 crianças eutróficas de ambos os sexos com idade média de 11 anos (VAN BILJON *et al.*, 2018). Quatro grupos foram formados, o primeiro realizou um treinamento contínuo de intensidade moderada, entre 65 a 70% da FCMax, o segundo recebeu um treinamento intervalado superior a 80% da FCMax, o terceiro grupo participou de ambos os treinamentos combinados em semanas alternadas, e o grupo controle sem nenhuma intervenção. Os principais achados indicaram que todos os grupos de intervenção resultaram em alterações no sistema autonômico cardíaco em comparação ao grupo controle. A melhora nos parâmetros da VFC foram dependentes da intensidade do exercício, com o treinamento intervalado de alta intensidade apresentando maior atividade vagal que as outras intervenções (VAN BILJON *et al.*, 2018). Já o treinamento contínuo de intensidade moderada intensificou o balanço simpátovagal comparado com os outros grupos. O terceiro grupo com os treinamentos combinados não obteve benefícios adicionais na VFC comparado com todos os grupos isolados, tornando evidente a diferença das respostas autonômicas em relação às diferentes intensidades (VAN BILJON *et al.*, 2018).

No que refere a exercícios aeróbicos submáximos, Santana e colaboradores (2019) investigaram as respostas autonômicas cardíacas em 40 adolescentes com sobrepeso e obesidade, com idades entre 10 a 17 anos. Os grupos foram divididos em sobrepeso, com IMC com escore Z de +1 e +2 DP, e grupo obesidade acima de +2 DP. Um teste aeróbico em esteira foi realizado em ambiente controlado com intensidade de 70% da FCMax durante 20 minutos. Os resultados demonstram que não houve diferenças significativas no controle parassimpático em repouso entre os grupos (SANTANA *et al.*, 2019). Além disso, os índices da VFC de ambos os grupos se alteraram significativamente durante o exercício, comparado com seus valores basais em repouso, evidenciando que indivíduos com sobrepeso têm respostas autonômicas cardíacas similares a seus pares com obesidade (SANTANA *et al.*, 2019).

No que se refere a importância da prática regular de exercícios, Nagai e Moritani (2004) conduziram um estudo com crianças obesas e eutróficas, ativas e inativas, para verificar a influência da prática de atividade física sobre a modulação autonômica cardíaca. Foram selecionadas aleatoriamente 24 crianças obesas ativas, 24 inativas, 24 eutróficas ativas e 24 inativas com idade entre 6 e 12 anos. As crianças ativas praticavam *ballet*, judô ou karatê no contraturno escolar. Os resultados apontaram que crianças eutróficas ativas demonstravam menor FC de repouso, assim como maior poder total, LF e HF comparadas com os demais

grupos na VFC (NAGAI & MORITANI, 2004). Já as crianças obesas inativas demonstraram redução na atividade autonômica geral, especialmente no poder total, LF e HF comparado com os demais grupos. Além disso, o poder total da VFC das crianças inativas apresentou associação inversa significativa com a gordura relativa ($r = 0,53$, $P < 0,001$), enquanto das crianças ativas a correlação foi moderada ($r = 0,33$, $P = 0,02$). Ainda assim, crianças de 6 a 12 anos de idade podem se beneficiar da melhora da atividade do SNA com prática regular de atividades esportivas, independentemente do estado nutricional de acordo com os autores do estudo (NAGAI & MORITANI, 2004).

Especificamente com adolescentes, Chen e colaboradores (2016) avaliaram os efeitos de um programa de atividade física sobre as funções executivas e VFC de adolescentes obesos. Foram recrutados 50 adolescentes, entre 12 e 15 anos, divididos em grupo intervenção, com 25 participantes e grupo controle de similares características (CHEN *et al.*, 2016). O protocolo foi realizado por 3 meses e foi composto por diversos exercícios de intensidade moderada a vigorosa, realizados 4 vezes por semana, com duração de 40 minutos por sessão. Os participantes podiam escolher livremente a atividade entre caminhada rápida, subir escadas, pular corda ou dança aeróbica, e o grupo controle não participou das atividades aguardando na lista de espera. Os resultados expressaram melhora da aptidão física e redução da gordura corporal dos participantes a favor do grupo intervenção em comparação com o grupo controle após o teste ($P = 0,001$). Finalmente, a melhora da VFC nos índices nLF e nHF indicou relação entre atividade física moderada a vigorosa e função executiva (CHEN *et al.*, 2016). Dessa forma, a melhora da função executiva somente no grupo intervenção demonstrou efeitos benéficos da prática de exercício físico nos aspectos de alternância de tarefas cognitivas. Ainda com adolescentes, Farah e colaboradores (2018) analisaram a associação entre atividade física e VFC de 1.152 meninos de aproximadamente 17 anos com e sem obesidade abdominal. Os resultados demonstram que adolescentes com obesidade abdominal apresentaram menores valores de RMSSD e PNN50 que os pares de peso normal, enquanto o índice LF/HF foi maior nos adolescentes com obesidade abdominal (FARAH *et al.*, 2018). Em adolescentes de peso normal, todos os domínios da atividade física foram associados a melhores parâmetros da VFC, enquanto que os adolescentes com obesidade abdominal, somente tempo de lazer em atividade física foram associados com melhores valores de PNN50 (FARAH *et al.*, 2018).

Existem diversas possibilidades de exercícios físicos que podem ser aplicados no âmbito escolar ou cotidiano. Assim, Mannocci e colaboradores (2020) citaram que no contexto pré-

escolar crianças que participam de intervenções estruturadas com a participação dos pais apresentam maiores níveis de atividade física (MANNOCCI *et al.*, 2020). Uma modalidade presente no cotidiano de crianças e adolescentes é o futebol. Explorando esta modalidade, Fernandes e colaboradores (2015) investigaram o impacto da prática recreativa extracurricular de futebol na função autonômica cardíaca de 47 meninos portugueses, com idade entre 9 e 12 anos. Os participantes foram divididos em dois grupos, o grupo futebol com 22 alunos e grupo controle com 25 alunos. O grupo futebol recebeu treinamento com duração de 9 meses, 2 vezes por semana, 60 minutos por sessão e amistosos esporádicos nos finais de semana, enquanto o grupo controle manteve sua rotina escolar (FERNANDES *et al.*, 2015). Os resultados apontaram aumento da atividade parassimpática em repouso, além de aptidão física superior do grupo de futebol em comparação com o grupo controle, demonstrando possibilidade de melhora na modulação autonômica cardíaca de crianças que praticam futebol regularmente (FERNANDES *et al.*, 2015). De forma similar, Vasconcellos e colaboradores (2016) conduziram um ensaio clínico aleatorizado para verificar os efeitos de um programa de futebol na composição corporal, VFC, aptidão cardiorrespiratória, marcadores bioquímicos e função endotelial em 30 adolescentes obesos entre 12 e 17 anos de idade. Foram compostos 3 grupos, o primeiro com obesos participantes do protocolo de treinamento, o segundo grupo de controle com obesos, e um terceiro grupo controle de indivíduos eutróficos para prover valores de linha de base referentes aos desfechos analisados. A intervenção foi realizada 3 vezes por semana durante 12 semanas, sendo composta a parte principal de 40 minutos de jogos recreativos de futebol. Os resultados indicaram uma redução significativa de peso corporal, IMC, na circunferência de cintura e na gordura relativa no grupo intervenção, enquanto não houve diferenças significativas no grupo controle de obesos (VASCONCELLOS *et al.*, 2016). Com relação à VFC, após a intervenção o grupo de obesos apresentou melhora significativa na atividade parassimpática no índice HF, e redução da FC de repouso e atividade simpática, representado pelo parâmetro LF, enquanto os mesmos marcadores não se alteraram no grupo controle de obesos. Ademais, após o protocolo, não foram detectadas diferenças entre a linha de base do grupo controle de eutróficos para o grupo de intervenção. Os demais marcadores de saúde como pressão arterial sistólica, colesterol total, triglicerídeos, proteína C-reativa e resistência à insulina também apresentaram melhora para o grupo intervenção, demonstrando a importância da prática esportiva regular para adolescentes em situação de excesso de peso corporal (VASCONCELLOS *et al.*, 2016).

Outra modalidade de exercício é o treinamento intervalado de alta intensidade, utilizado por Gamelin e colaboradores (2009) para observar o efeito do exercício sobre a VFC em 38 crianças de idade média de $9,6 \pm 1,2$ anos. Os grupos foram divididos entre treinamento intervalado, com 22 crianças e grupo controle com 16 crianças. O protocolo de treinamento de 7 semanas foi supervisionado, contendo 3 sessões semanais de 30 minutos com intensidade que variou de 100 até 190% da velocidade aeróbica máxima (GAMELIN *et al.*, 2009). Os resultados demonstram aumento significativo no VO_2 pico e na velocidade aeróbica máxima do grupo intermitente comparado com grupo controle, este que não apresentou alterações significativas em seus valores da linha de base (GAMELIN *et al.*, 2009), entretanto diferenças significantes nos parâmetros da VFC (GAMELIN *et al.*, 2009).

Com relação à modalidade de natação, Vinet e colaboradores (2005) compararam parâmetros da VFC em crianças atletas e grupo infantil destreinados. Para tanto, recrutaram 20 pré-púberes entre 11 e 12 anos de idade, subdivididos em grupo natação e grupo ativo não praticante da modalidade. As sessões de treinamento ocorreram por 4 anos, com duração de 90 minutos, ocorrendo de 4 a 5 sessões por semana, enquanto o grupo ativo não praticava nenhum esporte com duração superior a 2 horas por semana (VINET *et al.*, 2005). Os resultados não indicaram diferenças significativas entre as variáveis de VFC entre os grupos (VINET *et al.*, 2005). Ainda referente a modalidades esportivas, Brasil e colaboradores (2020), conduziram um ensaio clínico aleatório para investigar os efeitos do treinamento de judô sobre a composição e distribuição da gordura corporal, aptidão cardiorrespiratória e VFC em 35 crianças de 8 a 13 anos de idade com sobrepeso. Os grupos foram divididos de acordo com a classificação do IMC incluindo 15 indivíduos no grupo eutrófico e 20 no grupo sobrepeso. Todos realizaram treinamento de judô iniciante durante 12 semanas, ocorrendo 2 vezes por semana por 60 minutos por sessão. As sessões foram subdivididas em 10 minutos de aquecimento, 40 de atividades de técnica do esporte com intensidade de 65 a 75% da FC_{Max} e por fim 10 minutos de resfriamento (BRASIL *et al.*, 2020). Os resultados na composição corporal demonstraram que apesar do IMC não se alterar após o treinamento, observou-se redução significativa na gordura da região do tronco, melhorando a razão tronco/membros e redução significativa no percentual de gordura total (BRASIL *et al.*, 2020). No que se refere à aptidão cardiorrespiratória houve melhora do VO_2 pico no grupo intervenção com sobrepeso que se aproximou dos valores do grupo controle com eutróficos, tornando insignificante as diferenças entre os grupos após o protocolo. Os resultados nos parâmetros da VFC também indicaram que as diferenças entre os

grupos foram atenuadas após a intervenção, e especificamente a FC de repouso e os valores da razão LF/HF sugerem que os parâmetros se assemelharam com os de crianças com peso normal (BRASIL *et al.*, 2020).

Em relação à prática de treinamento resistido, Farinatti e colaboradores (2016) investigaram os efeitos deste tipo de treinamento sobre a função autonômica cardíaca em 48 adolescentes obesos entre 13 e 17 anos de idade e entre estágios 3 a 5 Tanner. Os adolescentes foram subdivididos em 2 grupos, sendo um dos grupos de obesos e outro grupo controle com eutróficos de similar idade e maturação. O treinamento resistido extracurricular foi realizado durante 12 semanas em uma sala de musculação, 3 vezes por semana em dias alternados com sessões de 30 a 40 minutos (FARINATTI *et al.*, 2016). Foi aplicada a progressão de carga externa de treinamento com intensidade de 50 a 70% de 10 repetições máximas (RM) nas primeiras 2 semanas; aumentando para 60 a 80% de 10 RM entre a terceira e sexta semana; e entre a 7ª e a 12ª semana com cargas de 70 a 85% de 10 RM. Os resultados demonstraram que o grupo treinado de adolescentes obesos apresentou uma redução significativa na circunferência da cintura, na pressão sistólica e diastólica, sem alteração no perfil lipídico sanguíneo e na glicose em jejum (FARINATTI *et al.*, 2016). Todos os parâmetros da modulação autonômica cardíaca aumentaram no grupo obesidade após o treinamento, exceto a razão LF/HF que apresentou redução, ou seja, maior ativação do sistema parassimpático sobre o simpático. Por fim, as diferenças do momento pré-intervenção entre os grupos relacionadas aos domínios de tempo e frequência das variáveis cardíacas não foram detectadas após o treinamento, ou seja, que a modulação autonômica cardíaca do grupo intervenção se aproximou do grupo eutrófico, considerado saudável (FARINATTI *et al.*, 2016).

5. MATERIAIS E MÉTODOS

5.1 Caracterização do estudo

Trata-se de um estudo de revisão sistemática com protocolo cadastrado na PROSPERO (CRD42022308097) (APÊNDICE 1). Todos os procedimentos metodológicos foram pautados pelas recomendações do PRISMA: *Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses* (MOHER *et al.*, 2015) e pelos capítulos pertinentes do guia *Cochrane handbook* (LASSERSON *et al.*, 2022).

5.2 Instrumentos e técnicas de coleta de dados

5.2.1 Bases de dados e busca

Foram realizadas buscas nas bases de dados (*Medline, Central, SciELO, Scopus, CINAHL, SportDiscus, LILACS, EMBASE e Web of Science*), utilizando termos dos Descritores das Ciências da Saúde (DeCS) exatos e sinônimos relacionados, juntamente com os operadores booleanos a seguir: (*Child*) OR (*Adolescent*) OR (*Youth*) AND (*Overweight* OR (*Obesity*)) AND (*Heart rate variability* OR (*Cardiac autonomic modulation*)) AND (*Physical training* OR (*Sports*) OR (*Exercise*)). As buscas foram diferentes para cada base de dados, mas mantendo os principais DeCS, conforme listadas nos documentos no apêndice (APÊNDICE 2). Os termos referentes ao estado nutricional foram inseridos fora do contexto de faixa etária justamente por se enquadrarem tanto no campo de “população” quanto no de “desfecho” na busca, seguindo a lógica da estratégia PICO. Não foi especificado *time point* e idioma para não excluir possíveis estudos de intervenção com as variáveis almejadas, além de expandir a busca para demais estudos de coorte ou caso controle que possam conter informações relevantes (LEFEBVRE *et al.*, 2022).

5.2.2 Critérios de inclusão e exclusão

Os critérios de inclusão dos estudos foram: 1) crianças e adolescentes saudáveis de ambos os sexos entre 2 e 20 anos incompletos; 2) dados amostrais contendo indivíduos classificados com sobrepeso e/ou obesidade de acordo com parâmetro de cada estudo; 3) comparações entre dados quantitativos para parâmetros da VFC, preferencialmente entre grupo

intervenção *versus* controle; 4) ser um estudo original de desenho longitudinal, preferencialmente ensaio clínico aleatorizado. Para os critérios de exclusão assumiu-se: 1) dados numéricos ou qualitativos insuficientes para extração e comparações; 2) estudos de revisão sistemática, narrativa ou meta-análises; 3) estudos que apresentassem apenas dados qualitativos.

5.2.3 Extração dos dados

Dois pesquisadores independentes realizaram as buscas preliminares, e um terceiro investigador foi acionado em caso de discordância no momento de inclusão ou exclusão dos primeiros resultados. Primeiramente, as duplicatas foram excluídas utilizando o *software* de gerenciamento de referências *EndNote* versão: 20.2.1.15749. Em seguida, a primeira seleção dos artigos foi por meio de triagem contabilizando todos os artigos encontrados pela busca nas bases de dados, bem como estudos identificados e inseridos através de outras fontes. Em seguida a análise preliminar dos estudos por meio da leitura do título e resumo, contabilizando os estudos pertinentes a serem lidos mais profundamente, assim como a exclusão dos artigos que não se enquadravam nos critérios predeterminados de inclusão. As informações foram extraídas conforme disponíveis nos estudos na seguinte ordem: 1) nome do primeiro autor, país onde o estudo foi conduzido e ano de publicação; 2) número amostral de indivíduos em cada grupo 3) duração, frequência semanal, intensidade, tipo de exercício e tempo da intervenção, além dos detalhes do grupo controle; 4) instrumentos de avaliação das variáveis da VFC; 5) resultados estatísticos reportados das comparações dos grupos intervenção e controle para cada variável da VFC; 6) conclusão dos autores a partir dos resultados relacionados ao desfecho da VFC.

5.2.4 Avaliação do risco de viés

Os ensaios clínicos aleatorizados foram avaliados e classificados de acordo com a ferramenta *Cochrane Risk of Bias 2* (ANEXO 1) e seu possível risco de viés metodológico foi avaliado a partir dos seguintes domínios: 1) viés no processo de randomização; 2) viés por desvios da intervenção pretendida; 3) viés por dados de desfecho indisponíveis; 4) viés na

medida do desfecho; 5) viés na seleção dos resultados reportados e; 6) risco de viés geral do estudo (HIGGINS *et al.*, 2022).

As análises para o risco de viés foram realizadas por 2 pesquisadores (HFC) e (RM) de forma independente e cega. Após a análise os resultados foram encaminhados para um terceiro pesquisador (CCS) que organizava e calculava o índice de concordância (Kappa).

5.3 Análise quantitativa dos resultados

Os resultados a partir da estratégia de busca são apresentados na forma de diagrama de fluxo (Figura 1), contendo todas as etapas dos procedimentos da revisão sistemática de acordo com a normativa PRISMA (MOHER *et al.*, 2015).

Resultados numéricos dos ensaios clínicos aleatorizados estão apresentados de forma aglutinada no *forest plot* comparando desfechos da VFC entre o grupo experimental e controle com excesso de peso nos momentos pós-intervenção. Adicionalmente, realizou-se uma análise pré e pós-testes comparando parâmetros da VFC de um único grupo com excesso de peso. Para compor as meta-análises, os dados quantitativos dos ensaios clínicos foram processados no *software Review Manager* versão 5.4 (RevMan), efetuando análise das variáveis contínuas, com método estatístico de variância inversa, com modelo de análise de efeito randômico com medida de efeito de diferença de média padronizada (DMP) e intervalo de confiança (IC) de 95% (MCKENZIE *et al.*, 2022).

A heterogeneidade dos estudos incluídos na meta-análise foi determinada com base na estatística I^2 . Adicionalmente é importante ressaltar que a interpretação da estatística do I^2 guiou-se pela *Cochrane Collaboration Handbook*, sendo os limiares para a interpretação do I^2 : 0% até 40%: pode não ser relevante; 30% até 60%: pode representar heterogeneidade moderada; 50% até 90%: pode representar heterogeneidade substancial; 75% até 100%: heterogeneidade considerável (HIGGINS *et al.*, 2022).

5.4 Análise qualitativa dos resultados

Para incrementar a meta-análise, foi utilizada a ferramenta GRADE para avaliar a qualidade de evidência dos estudos selecionados, avaliando os domínios de risco de viés, inconsistência dos resultados, evidência indireta, imprecisão e outros fatores (viés de

publicação, gradiente de dose-resposta, magnitude de efeito e fatores confundidores), atribuindo aos desfechos sua importância e a confiança dos resultados apresentados pelos estudos (SCHÜNNEMANN *et al.*, 2013).

Também foi avaliada a magnitude de efeito pelo cálculo do d de Cohen, sendo classificado como: $d=0,2$: baixo efeito; $d=0,5$: efeito moderado; $d=0,8$: alto efeito (COHEN, 2013).

6. RESULTADOS

6.1 Seleção dos artigos e construção do fluxograma

Foram identificados um total de 1.866 investigações resultantes das seguintes bases de dados: CINAHL (n=61); CENTRAL (n=234); Embase (n=99); Lilacs: (n= 68); MEDLINE (n=649); SciElo (n=320); Scopus (n=112); *SportDiscus* (n=29); *Web of Science* (n=294). Em seguida, os resultados das bases foram importados em arquivos no formato RIS, possibilitando a leitura pelos programas gerenciadores de referências. Foi utilizado o *EndNote* versão 20.2.1.15749 para a remoção das duplicatas. A remoção das duplicatas totalizou a exclusão de 350 artigos repetidos.

Na figura 1 estão descritas as etapas desde a identificação dos estudos nas bases, a triagem e a inclusão dos estudos. Após a exclusão das 350 duplicatas restaram 1.516 estudos. Na sequência, a primeira etapa da triagem foi realizada com o auxílio de um segundo investigador (RM). Houve então a exclusão de 1.393 estudos pelo título e/ou resumo que não apresentaram um ou mais itens dos critérios de exclusão, resultando em 123 manuscritos elegíveis. Destes, 1 estudo sem o texto completo foi solicitado via *e-mail* para o autor principal, que não providenciou o texto até a data da extração dos dados. Assim, 122 artigos restaram para verificar a elegibilidade a partir da leitura completa.

Após a leitura, 91 artigos foram desconsiderados por se enquadrarem nos critérios de exclusão, sendo 3 manuscritos de revisão sistemática, 11 estudos com amostra de eutróficos, outros 10 com amostragem de indivíduos adultos, 5 estudos com indivíduos com necessidades especiais, outras 44 investigações não efetuaram intervenção com exercícios físicos e em outros 18 estudos os autores não reportaram dados de VFC. Assim, restaram 31 estudos incluídos e a partir destes, 3 artigos adicionais foram localizados buscando as referências. Entretanto,

nenhum destes 3 foi incluído, uma vez que apresentavam ao menos um critério de exclusão. Dos 31 estudos elegíveis, 15 foram metodologicamente enquadrados em ensaios clínicos e outros 16 apresentaram desenho de coorte ou caso controle.

Com base no resultado da seleção dos ensaios clínicos, as características qualitativas dos 15 estudos incluídos estão apresentadas na tabela 1. Destes estudos, 8 descreveram aleatorização da amostra (CHEN *et al.*, 2016; FARAH *et al.*, 2014; GUTIN *et al.*, 1997; GUTIN *et al.*, 2000; HAMILA *et al.*, 2018; LI *et al.*, 2014; PRADO *et al.*, 2010; VASCONCELLOS *et al.*, 2016) e 7 não foram aleatorizados (BRASIL *et al.*, 2020; FARINATTI *et al.*, 2016; FAULKNER *et al.*, 2013; HUANG *et al.*, 2019; PASCHOAL *et al.*, 2018; RICCI-VITOR *et al.*, 2016; VASCONCELLOS *et al.*, 2015). Os estudos avaliaram um total de 514 indivíduos, de ambos os sexos, com predominância de estudos com adolescentes (n=299) e em relação a investigações com crianças que totalizaram 215. No geral a maioria das investigações incluíram grupos pediátricos classificados com obesidade (n=413).

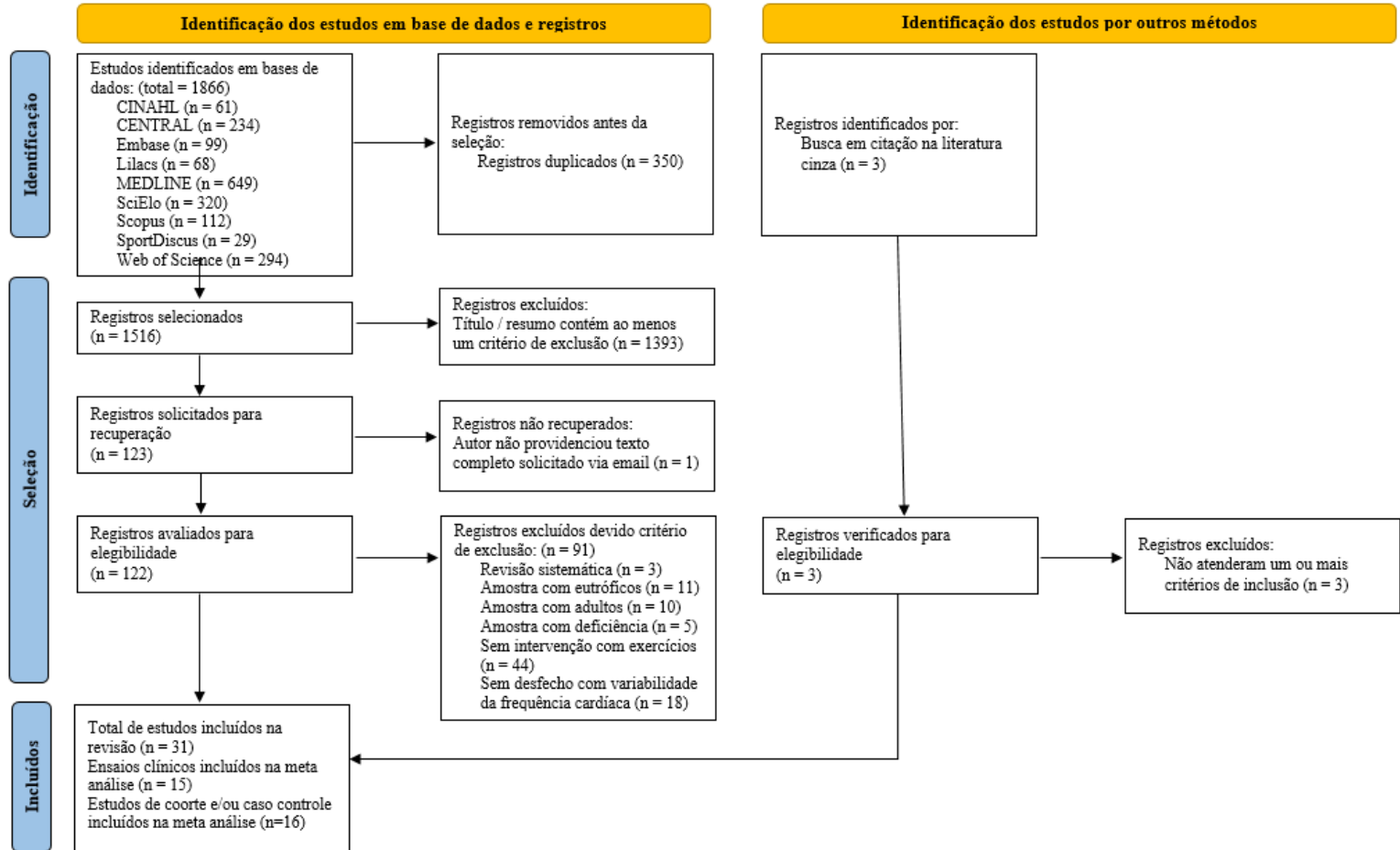
Figura 1: Diagrama de fluxo das etapas de seleção dos estudos elegíveis

Tabela 1. Características dos ensaios clínicos incluídos

Autor/País	Amostra	Intervenção	Desfecho	Resultados	Conclusões
Brasil et al. (2020) País: Portugal e Brasil	n= 35 (não aleatorizada). Grupo intervenção de excesso de peso (n=20) Grupo controle com eutróficos (n=15). Faixa etária (anos): Grupo intervenção: (11,1 ± 1,1) Grupo Controle: (10,7 ± 1,6)	Treinamento Judô para iniciantes durante 12 semanas. Sessões de 60 minutos, 2 vezes por semana. Intensidade: 65-75% FCMax Grupo controle não participou da intervenção e os dados de linha de base foram utilizados para comparação.	VFC avaliada por cardiofrequencímetro (Polar RS800cx) com registros de 5 minutos na postura sentada em repouso.	Comparações dos resultados pós-intervenção com linha de base do Grupo controle eutróficos. <i>Domínio de tempo:</i> RR ↑ Intra-grupos ($P=0,04$); SDNN ↓ e RMSSD ↓ (NS) PNN50 ↑ (NS) <i>Domínio de frequência:</i> LF ↓ (NS); HF ↑ Intra-grupos ($P=0,003$); LF/HF ↓ Intra-grupos ($P=0,004$); Entre-grupos ($P=0,05$)	Um programa de Judô iniciante de 12 semanas melhorou a atividade autonômica cardíaca nos parâmetros RR, HF e LF/HF em crianças obesas comparadas com o momento inicial em eutróficos.
Chen et al. (2016) País: Taiwan	n=50 (aleatorizada) Grupo Intervenção de obesos (n=36). Grupo controle de obesos (n=25). Faixa etária (anos): Grupo intervenção= (12,64 ± 0,7) Grupo controle= (12,84 ± 0,75)	Treinamento aeróbico durante 12 semanas. Sessões de 40 minutos, 4 vezes por semana. Intensidade: 60-70% FCMax Grupo controle somente participou de curso educativo de saúde.	VFC avaliada por ECG portátil (CheckMyHeart 3.0 DailyCare) com registro de 5 minutos de repouso.	Comparação dos resultados pós-intervenção com Grupo controle pós <i>Domínio de frequência</i> LF ↑ Entre-grupos ($P<0,05$) HF ↑ Intra-grupos e Entre-grupos ($P<0,05$)	12 semanas de Intervenção mostrou impacto positivo no índice HF.
Farah et al. (2014) País: Brasil	n=19 (aleatorizada). Grupo intervenção de obesos atividade de alta intensidade (n=9). Grupo de baixa intensidade (n=10). Faixa etária (anos): Grupo alta intensidade= 15,4±0,4 Grupo baixa intensidade= 14,8±0,04	Exercício em esteira ergométrica (12 semanas – 3X). Tempo variável individualmente, sendo: alta intensidade na velocidade no limiar ventilatório 1 e baixa 20% abaixo do limiar ventilatório 1 Aconselhamento psicológico e nutricional	VFC avaliada por cardiofrequencímetro (Polar RS800cx) com registro de 7 minutos na postura supina em repouso.	Comparação da alta intensidade com a baixa intensidade dos resultados pós-intervenção. <i>Domínio de tempo:</i> RR ↑ Intra-grupos e Entre-grupos ($P<0,05$); SDNN ↑; RMSSD ↑ (NS); PNN50 ↑ Intra e Entre-grupos ($P<0,05$) <i>Domínio de frequência:</i> LF ↓ (NS); HF ↑ Intra-grupos ($P<0,05$)	Exercício aeróbico de alta intensidade comparado com baixa intensidade demonstrou efeitos adicionais nos parâmetros RR, PNN50 e HF, melhorando a modulação parassimpática e autonômica em adolescentes obesos.
Farinatti et al. (2016) País: Brasil	n=44 (não aleatorizado). Grupo intervenção de obesos (n=7 meninos e n=17 meninas). Grupo controle de eutróficos (n=13 meninos e n=7 meninas). Faixa etária (anos): Ambos grupos adolescentes entre 13 a 17 anos, estágios entre 3 e 5 maturação Tanner.	Treinamento resistido (circuito 3 séries multiarticular) durante 12 semanas (3X semanais) Intensidade: 2 primeiras semanas: 1 série de 10-15 reps (0-70% de 10RM); 3ª a 6ª Semana: 2 séries de 8-12 reps (60-80% 10RM); 7ª a 12ª semana: 3 séries de 10 reps (70-85% 10RM).	VFC avaliada por ECG (Finometer, Finapres Medical Systems) com registro de 15 minutos na postura supina em repouso.	Comparação dos resultados pós-intervenção com Grupo controle eutrófico <i>Domínio de tempo:</i> RR ↑ Intra-grupos; SDNN ↑ IG Intra-grupos; RMSSD ↑ IG Intra ($P<0,05$) e Entre-grupos ($P<0,01$). PNN50 ↑ Intra ($P<0,05$) e entre-grupos ($P<0,01$). <i>Domínio de frequência:</i> HF ↑ Intra ($P<0,05$) e Entre-grupos ($P<0,01$) LF/HF ↓ Entre-grupos ($P<0,01$)	Treinamento resistido foi significativo nos parâmetros RR, SDNN, RMSSD, PNN50, HF, razão LF/HF e poder total da VFC, atenuou disfunção autonômica cardíaca em adolescentes obesos aumentando a atividade parassimpática e reduzindo o balanço simpátovagal.

		Ambos grupos mantiveram atividades cotidianas regulares.		Poder total ↑ Intra-grupos ($P<0,05$)	
Faulkner et al. (2013) País: Estados Unidos	n=39 (não aleatorizado). Grupo Intervenção de obesos (n=10); Grupo Diabetes I com não obesos (n=20); Grupo Diabetes II com obesos (n=9). Faixa etária (anos): Idade média= 14,4 ± 1,6	Exercícios individuais (Calistenia, <i>kick boxing</i> , dança, ciclismo, caminhada e jogo eletrônico de dança) por 16 semanas (5-7 dias 10 – 60 min). Intensidade: 60–75% FCpico preditiva	VFC avaliada por ECG (Vision 5L Digital Holter) com registro de 24h após 30 minutos em repouso.	Comparação dos resultados pós-intervenção entre grupos no momento pós. <i>Domínio de tempo</i> : SDNN ↓; PNN50 ↓; RMSSD ↓ (NS); SDANN ↑ (NS) <i>Domínio de frequência</i> : Frequência total ↓; HF ↓; LF ↓ (NS)	Intervenção não apresentou alterações significativas nos parâmetros analisados da VFC.
Gutin et al. (1997) País: Estados Unidos	n=35 (aleatorizado). Grupo intervenção com obesos (n=17). Grupo controle com obesos (n=18). Faixa etária (anos): Grupo intervenção= 9,6±0,2 Grupo controle= 9,5±0,3	Exercício aeróbico durante 16 semanas. Sessões de 40 minutos, com frequência semanal maior de 4 dias. Intensidade: >150bpm ou média final de +150bpm por sessão	VFC avaliada por aparelho ECG (Schiller ECG System) com registro de 256 intervalos RR em repouso na postura supina.	Comparação pós-intervenção entre os grupos. <i>Domínio de tempo</i> : RMSSD ↑ Entre-grupos ($P<0,05$). <i>Domínio de frequência</i> : LF ↓; HF ↓; HF% ↓ (NS); LF% ↓ Entre-grupos ($P<0,03$) LF/HF ↓ Entre-grupos ($P<0,01$)	Em crianças com excesso de peso o treinamento físico alterou favoravelmente os parâmetros RMSSD, LF% e razão LF/HF da função autonômica cardíaca reduzindo a razão da atividade simpática à parassimpática.
Gutin et al. (2000) País: Estados Unidos	n=79 (aleatorizado). Grupo intervenção e Grupo controle com obesos (n=76) sem detalhes de alocação. Faixa etária (anos): Idade média= 9.5±1	Exercícios aeróbicos em ergômetros + jogos por 16 semanas (5X por 40 min). Intensidade: >150bpm ou média final + de 150bpm por sessão	VFC avaliada por aparelho ECG (Schiller ECG System) com registro de 256 intervalos RR na postura supina em repouso.	Comparação dos resultados pós-intervenção e <i>follow-up</i> (n=66) com Grupo controle pré e pós-intervenção. <i>Domínio de tempo</i> RMSSD ↑ Intra-grupos ($P=0,026$)	Crianças obesas que praticaram exercícios regulares melhoraram o parâmetro RMSSD da VFC
Hamila et al. (2018) País: Tunísia	n=31 (aleatorizado): Grupo intervenção com obesos (n=7) exercícios a 70% velocidade aeróbica máxima (VAM). Grupo intervenção com obesos (n=8) exercícios a 50% VAM. Grupo intensidade autosselecionada (n=8) e Grupo controle com obesos (n=10). Faixa etária (anos): 14 a 16 anos	Exercícios aeróbicos por 8 semanas meses (caminhada 2 séries de 20 minutos intercalada com 10 tiros de 6 segundos no cicloergômetro. Recuperação de 4 segundos com carga de 0,75g/kg). Sessões de 60 minutos, 3 vezes por semana. Intensidades: 70% VAM; 50% VAM; Ritmo autosselecionado (<40% VAM) 2 reuniões de auxílio com profissional de nutrição para todos os grupos.	VFC avaliada por cardiofrequencímetro (Polar S-810) com registro de 5 minutos em repouso.	Comparação dos resultados dos grupos intervenção com controle no momento pós. <i>Domínio de tempo</i> : RR ↑; RMSSD ↑ (NS) <i>Domínio de frequência</i> : nHF ↑ Intra e Entre-grupos ($P<0,05$); lnHF ↑ (NS); lnLF ↓ (NS) nLF ↓ Intra e entre-grupos ($P<0,05$) LF/HF ↓ Intra-grupos ($P<0,05$) <i>Medidas não-lineares</i> SD1 ↑ Intra-grupos ($P<0,05$); SD2 ↑ (NS)	Programas de exercícios focados em intensidades de 50% e 70% da VAM foram mais eficientes para causar efeitos positivos nos parâmetros lnRMSSD, nHF, nLF e razão LF/HF da VFC em adolescentes com excesso de peso.
Huang et al. (2019) País:	n=21 (não aleatorizado). Grupo intervenção com obesos (n=21) Ausência de Grupo controle.	Exercícios aeróbicos por 6 semanas (6X semana com combinação de 2 a 3 sessões de força por semana. Sessões de até 5 horas por dia.	VFC avaliada por aparelho ECG (SphygmoCor system,	Comparação dos resultados pré e pós-intervenção. <i>Domínio de tempo</i> SDNN ↑ Intra-grupos ($P=0,013$)	Adolescentes obesos aumentaram a função autonômica cardíaca nos parâmetros SDNN, RMSSD, PNN50, e razão LF/HF.

China	Faixa etária entre 10 a 16 anos.	Intensidade: Exercício aeróbico: Moderado (70-85% FCMax). Vigoroso (~90% FCMax). Treino de força: 2-3 séries de 12-15 RM (intervalo 2-3 min). Acompanhamento nutricional	AtCor Medical), com registro de 10 minutos.	RMSSD ↑ Intra-grupos ($P=0,008$) PNN50 ↑ Intra-grupos ($P=0,008$) <i>Domínio de frequência</i> Poder total ↑; LF ↑; HF ↑ (NS) LF/HF ↓ Intra-grupos ($P=0,047$)	
Li et al. (2014)	n=40 (aleatorizado). Grupo Intervenção com obesos (n=20). Grupo controle com obesos (n=20)	Exercício aeróbico com corrida por 8 semanas (5X e sessões 50-60 min)	VFC avaliada por aparelho ECG (RM-6000, Chengdu Instrument Factory), com registro de 5 minutos na postura supina em repouso.	Comparação dos resultados pós-intervenção com Grupo controle pós <i>Domínio de frequência</i> Poder total ↑ Intra e Entre-grupos ($P<0,05$) nLF ↓ Intra e Entre-grupos ($P<0,05$) nHF ↑ Intra e Entre-grupos ($P<0,05$) nLF/nHF ↓ Intra e Entre-grupos ($P<0,05$)	Exercício aeróbico melhorou os parâmetros de poder total, nLF, nHF e razão nLF/nHF da VFC, reduzindo a atividade simpática e aumentando o tônus vagal em adolescentes obesos.
País: China	Faixa etária (anos): Grupo Intervenção= 15,4 ± 2,6 Grupo controle= 14,6 ± 3,5	Intensidade: 60-70% FCMax. Grupo controle com obesos manteve atividades diárias.			
Paschoal et al. (2018)	n=18 (não aleatorizado). Grupo Intervenção com obesos (n=18) Ausência de Grupo controle. Faixa etária entre 9 e 12 anos	12 sessões de treinamento aeróbio por 40 min em esteira ergométrica. Intensidade: 65% FCMax.	VFC avaliada por cariofrequencímetro (Polar S810), com registro 5 minutos na postura supina em repouso.	Comparação dos resultados pré e pós-intervenção (grupo único) <i>Domínio de tempo</i> PNN50 ↑ (NS)	Treinamento aeróbio de 12 sessões não foi suficiente para promover alterações significativas na modulação autonômica cardíaca de crianças obesas.
País: Brasil					
Prado et al. (2010)	n=33 (aleatorizado). Grupo intervenção com obesos (n=18). Grupo Controle com obesos (n=15) Faixa etária (anos): Grupo intervenção= 10,3 ± 0,2 Grupo controle=10,2 ± 0,3	Exercícios aeróbicos por 16 semanas em pista seguidos de atividades recreativas (3X semanais por 60 min.) Intensidade = Limiar ventilatório anaeróbio. Ambos os grupos seguiram dieta com 1800 kcal/dia durante 4 meses. Grupo controle manteve atividades diárias.	VFC avaliada por aparelho ECG (Marquette Medical Systems, CardioSoft), com registro de 3 minutos na postura supina em repouso	Comparação no momento pós entre os grupos. <i>Domínio de frequência</i> LF ↓ Intra e Entre-grupos ($P<0,05$) HF ↑ Intra e Entre-grupos ($P<0,05$) nLF ↓ Intra e Entre-grupos ($P<0,05$) nHF ↑ Intra e Entre-grupos ($P<0,05$) LF/HF ↓ Intra e Entre-grupos ($P<0,05$)	Exercício aeróbicos combinados com dieta hipocalórica melhorou atividade do sistema nervoso autonômico cardíaco em crianças obesas nos parâmetros LF, HF, nLF, nHF e razão LF/HF.
País: Brasil					
Ricci-Vitor et al. (2016)	n=15 (não aleatorizado). Sem grupo controle. Grupo intervenção com excesso de peso: sobrepeso e obesidade (n=7 meninos e n=8 meninas). Faixa etária (anos): Pré= 10,93 ± 2,28 Pós= 11,33 ± 2,19	Atividades dinâmicas aeróbicas e de força e resistência durante 3 meses. Sessões 3 vezes por semana com duração de 60 minutos. Sem informações sobre intensidade. Auxílio nutricional e psicológico	VFC avaliada por cariofrequencímetro (Polar Electro S810i), com registro de 20 minutos na postura supina em repouso.	Comparação dos resultados pré e pós-intervenção Domínio de tempo: RR ↑; SDNN ↑; RMSSD ↑; TINN ↑ Intra-grupos ($P<0,05$). Domínio de frequência: LF ↑ (NS); HF ↑; nHF ↑ Intra-grupos ($P<0,05$); nLF ↓ LF/HF ↓ Intra-grupos ($P<0,05$) <i>Medidas não-lineares</i> : RRtri ↑ e SD1/SD2 ↑ (NS); SD1 ↑; SD2 ↑ Intra-grupos ($P<0,05$)	Programa de exercícios associado com aconselhamento nutricional e psicológico foi capaz melhorar a função na modulação autonômica cardíaca nos parâmetros RR, SDNN, RMSSD, TINN, HF, nLF, nHF, razão LF/HF, SD1 e SD2 em crianças e adolescentes com excesso de peso.

Vasconcellos et al. (2015) País: Brasil	n=35 (não aleatorizado). Grupo intervenção com obesos (n=35). Grupo controle com eutróficos (n=10). Faixa etária média =14,5 ± 1,5 anos	Programa de futebol recreativo por 12 semanas (2X2, 3X3, 4X4). Sessões 3 vezes semanais por 60 minutos. Intensidade: 80% FCMax monitorada por cardiofrequencímetro.	VFC avaliada por cariofrequencímetro (Polar RS800cx), com registro de 5 minutos em repouso.	Comparação dos resultados pré-intervenção com os valores pré do Grupo controle <i>Domínio de tempo</i> : RR ↓; RMSSD ↓; PNN50 ↓ (NS) <i>Domínio de frequência</i> : nLF ↑; LF/HF ↑ (NS) e nHF ↓ (NS); Poder total ↓ Entre-grupos ($P=0,001$)	Limiar de VFC aparenta ser uma alternativa confiável para prescrever intensidade de exercícios aeróbicos em adolescentes obesos
Vasconcellos et al. (2016) País Brasil	n=20 (aleatorizado). Grupo intervenção com obesos (n=10). Grupo controle com obesos (n=10) Faixa etária 12 a 17 anos	Programa de futebol recreativo por 12 semanas (2X2, 3X3, 4X4). Sessões 3 vezes semanais por 60 minutos. Intensidade: Média FCMax= 84,5 ± 4,1% Grupo controle sem alteração da rotina	VFC avaliada por cariofrequencímetro (Polar RS800cx) com registro de 5 minutos em repouso	Comparação dos resultados pós-entre os grupos. <i>Domínio de frequência</i> nHF ↑ Intra-grupos ($P=0,047$) nLF ↓ Intra-grupos ($P=0,047$) LF/HF ↓ (NS)	Uma intervenção com 12 semanas de futebol recreativo foi efetiva em melhorar a saúde cardiovascular nos parâmetros da VFC de nHF e nLF em adolescentes obesos.

Legenda: ↑: Aumento ou valor maior após intervenção; ↓: Redução ou valor menor após intervenção; NS: nenhuma significância estatística. DNR: *Dados não reportados*; vs= *Versus*;

IG=Intra-grupos; EG= Entre-grupos.

Com relação à divisão dos grupos para comparação, 7 estudos (CHEN *et al.*, 2016; GUTIN *et al.*, 1997; 2000; LI *et al.*, 2014; HAMILA *et al.*, 2018; PRADO *et al.*, 2010; VASCONCELLOS *et al.*, 2016) apresentaram grupo controle com indivíduos obesos, com exceção de FAULKNER *et al.* (2013), que incluíram indivíduos também acometidos com Diabetes tipo II. Em contrapartida, 3 autores (BRASIL *et al.*, 2020; FARINATTI *et al.*, 2016; VASCONCELLOS *et al.*, 2015) utilizaram eutróficos para compor o grupo controle, enquanto FARAH *et al.* (2014) compararam dois grupos de obesos com intervenções distintas. Houve ausência de grupo controle em 3 estudos (HUANG *et al.*, 2019; PASCHOAL *et al.*, 2010; RICCI-VITOR *et al.*, 2016) comparando os resultados do mesmo grupo no momento inicial e após intervenção. Além disso, os autores FARAH *et al.* (2014), HUANG *et al.* (2019) e RICCI-VITOR *et al.* (2016) incluíram seus grupos controle em acompanhamento nutricional e psicológico. Já os participantes do estudo de PRADO *et al.* (2010) seguiram uma dieta restritiva de 1800 calorias por dia durante 4 meses.

No que se referente à intervenção, 4 estudos (FARAH *et al.*, 2014; GUTIN *et al.*, 2000; HAMILA *et al.*, 2018; PASCHOAL *et al.*, 2018) realizaram intervenções com exercícios aeróbicos em aparelhos ergométricos como esteira e bicicleta, enquanto outras 6 investigações (CHEN *et al.*, 2016; FAULKNER *et al.*, 2013; GUTIN *et al.*, 1997; LI *et al.*, 2014; PRADO *et al.*, 2010); RICCI-VITOR *et al.*, 2016) conduziram atividades aeróbicas dinâmicas como corrida, dança, caminhada e jogos recreativos. Intervenções com esportes foram utilizadas no estudo de BRASIL *et al.* (2020), que submeteram as crianças ao treinamento de judô iniciante, enquanto VASCONCELLOS *et al.* (2015 e 2016) utilizaram programas de futebol recreativo. Apenas HUANG *et al.* (2019) combinaram exercícios aeróbicos com treinamento resistido e FARINATTI *et al.* (2016) reportaram treinamento resistido isolado. O tempo de duração das intervenções variou de 6 a 18 semanas, majoritariamente foram realizadas intervenções com 12 semanas. O tempo das sessões teve ampla variação entre 10 a 60 minutos, com apenas dois estudos reportando duração diferenciada, sendo HUANG *et al.* (2019) com um máximo de 5 horas e FARAH *et al.* (2014) onde a sessão teve duração individual calculada pelo gasto calórico de cada adolescente. A frequência semanal foi de 2 a 7 dias, com a maioria dos estudos ocorrendo 3 vezes por semana.

A intensidade dos exercícios físicos de 7 estudos (BRASIL *et al.*, 2020; CHEN *et al.*, 2016; HUANG *et al.*, 2019; LI *et al.*, 2014; PASCHOAL *et al.*, 2018; VASCONCELLOS *et al.*, 2015; 2016) foi estipulada principalmente pela FCMax, variando entre 60% a 90% da

FCMax. HAMILA *et al.* (2018) utilizaram 70% e 50% da velocidade aeróbica máxima em grupos distintos, além de um grupo com intensidade autosselecionada, ou seja, os participantes escolheram seu próprio nível de esforço. O estudo de FAULKNER *et al.* (2013) controlaram a carga interna na ordem de 60 a 75% da FC pico. FARAH *et al.* (2014) e PRADO *et al.* (2010) estipularam o limiar ventilatório 1, enquanto GUTIN *et al.* (1997 e 2000) exigiram média de batimentos por minuto igual ou acima de 150bpm. Para a carga do treinamento resistido, FARINATTI *et al.* (2016) utilizaram progressão de uma série de até 70% de 10 repetições máximas (RM) na primeira semana, duas séries entre 60% a 80% de 10RM da 3^a à 6^a semana e três séries com 70% a 85% de 10RM da 7^a à 12^a semana, enquanto HUANG *et al.* (2019) aplicaram 2 a 3 séries com 40% a 50% da força máxima. Apenas o estudo de RICCI-VITOR *et al.* (2016) não descreveu informações sobre a intensidade. Quanto aos parâmetros da VFC, 8 estudos utilizaram aparelhos de ECG (CHEN *et al.*, 2016; FARINATTI *et al.*, 2016; FAULKNER *et al.*, 2013; GUTIN *et al.*, 1997; 2000; HUANG *et al.*, 2019; LI *et al.*, 2014; PRADO *et al.*, 2010), enquanto os 6 estudos restantes utilizaram cardiofrequencímetros (BRASIL *et al.*, 2020; FARAH *et al.*, 2014; HAMILA *et al.*, 2018; PASCHOAL *et al.*, 2018; RICCI-VITOR *et al.*, 2016; VASCONCELLOS *et al.*, 2015; 2016).

Posterior à análise qualitativa dos ensaios clínicos, recorreu-se à análise do risco de viés para avaliar a qualidade das investigações. O índice *Kappa* de concordância dos julgamentos entre os dois pesquisadores independentes demonstrou bom índice de concordância com valor de 0,828. As análises do risco de viés dos estudos estão apresentadas na figura 2 com a classificação dos domínios pela *Cochrane Risk of Bias 2*. Dois estudos foram classificados com baixo risco de viés (CHEN *et al.*, 2016; VASCONCELLOS *et al.*, 2016). Outros dois estudos com alto risco de viés (FARINATTI *et al.*, 2016; LI *et al.*, 2014) sendo necessária atenção à interpretação dos resultados e conclusões. Os onze estudos restantes não descrevem detalhadamente seus procedimentos metodológicos e, portanto, apresentaram na classificação do *Cochrane Risk of Bias 2* com algumas preocupações (BRASIL *et al.*, 2020; FARAH *et al.*, 2014; FAULKNER *et al.*, 2013; GUTIN *et al.*, 1997; GUTIN *et al.*, 2000; HAMILA *et al.*, 2018; HUANG *et al.*, 2019; PASCHOAL *et al.*, 2018; PRADO *et al.*, 2010; RICCI-VITOR *et al.*, 2016; VASCONCELLOS *et al.*, 2015).

Figura 2: Resultado geral da análise de risco de viés.

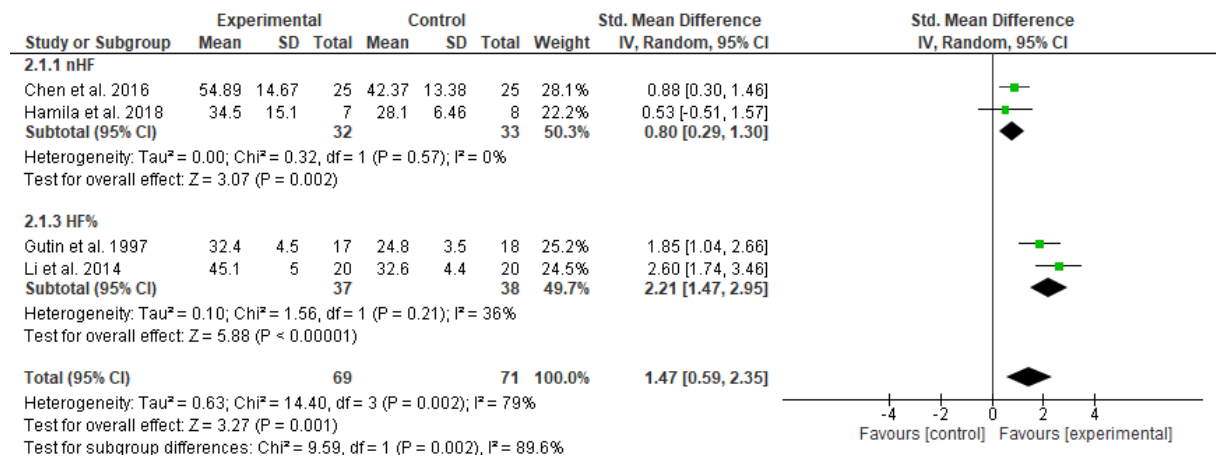
	Allocation concealment (selection bias)	Random sequence generation (selection bias)	Blinding of participants and personnel (performance bias)	Blinding of outcome assessment (detection bias)	Incomplete outcome data (attrition bias)	Selective reporting (reporting bias)	Overall Risk of Bias
Brasil et al. 2020	?	+	+	+	+	+	?
Chen et al. 2016	+	+	+	+	+	+	+
Farah et al. 2014	?	+	?	+	+	+	?
Farinatti et al. 2016	?	+	?	-	?	?	-
Faulkner et al. 2013	?	+	?	+	-	+	?
Gutin et al. 1997	?	+	?	?	?	+	?
Gutin et al. 2000	+	+	?	?	?	+	?
Hamila et al. 2018	?	+	+	+	?	+	?
Huang et al. 2019	?	+	+	+	-	+	?
Li et al. 2014	?	+	-	+	-	?	-
Paschoal et al. 2018	?	+	?	+	?	?	?
Prado et al. 2010	?	+	?	+	+	?	?
Ricci-Vitor et al. 2016	-	?	?	+	+	?	?
Vasconcellos et al. 2015	?	+	?	+	-	?	?
Vasconcellos et al. 2016	+	+	+	+	?	+	+

Legenda: Verde: *Low risk*; Amarelo: *Some concerns*; Vermelho: *High risk*.

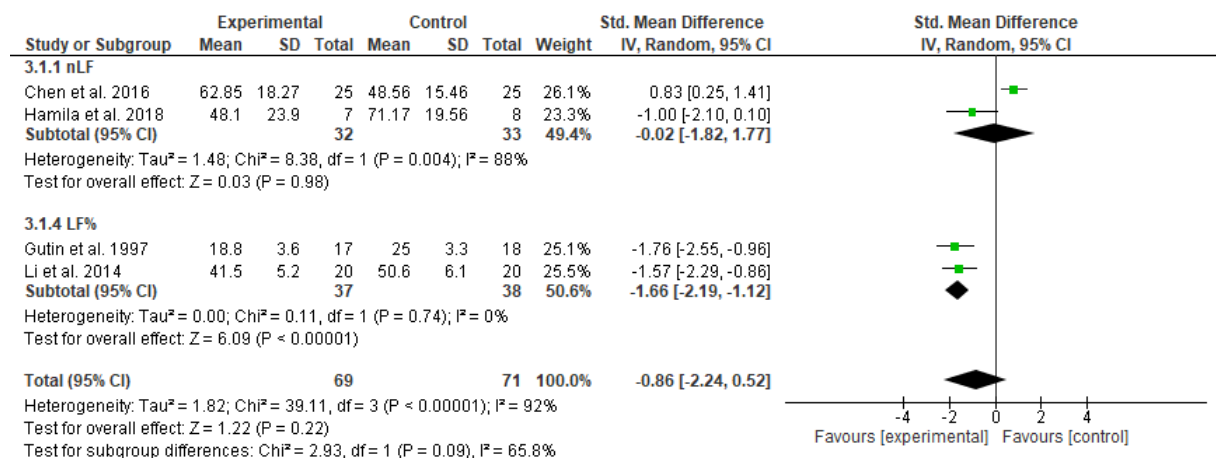
Posteriormente, os resultados de cada parâmetro da VFC foram agrupados para a meta-análise na forma de diferença da média padronizada (DMP) e seu respectivo intervalo de confiança (IC), comparando dados dos grupos pós-intervenção com excesso de peso *versus* grupo controle com excesso de peso.

Figura 3: Comparação da alta frequência da VFC (nHF e HF%) (A), baixa frequência da VFC (nLF, LF%) (B) e da razão LF/HF (C) entre o grupo experimental *versus* grupo controle, ambos com excesso de peso no momento pós-intervenção.

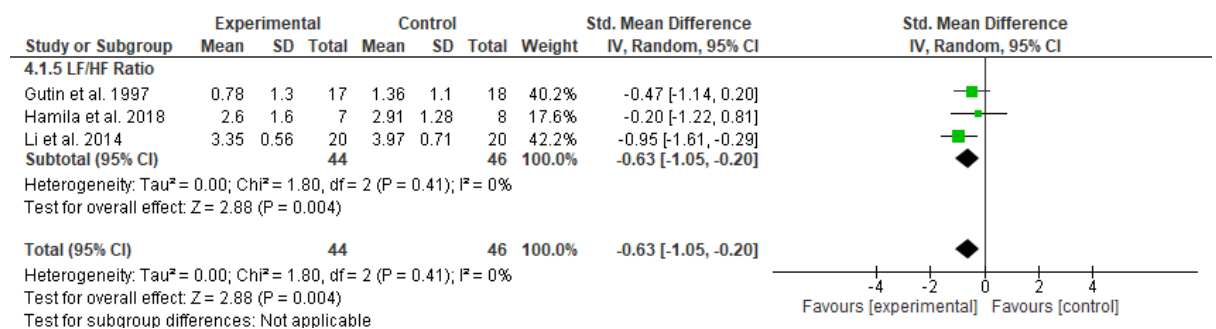
(A)



(B)



(C)



A figura 3 apresenta os efeitos após o treinamento sobre as variáveis do domínio da frequência e do balanço simpato-vagal entre o grupo intervenção *versus* grupo controle, ambos

com excesso de peso. Na figura **(A)** tanto o parâmetro nHF como o HF%, exibindo baixa qualidade de evidência, demonstraram efeito significativo a favor do grupo experimental ($P < 0,01$). Em ambas análises se observou uma distribuição equilibrada no peso dos estudos incluídos e moderada heterogeneidade ($I^2 = 36\%$) para o HF%. Além disso, na análise de magnitude de efeito do HF%, o estudo de GUTIN e colaboradores (1997) apresenta magnitude alta ($d = 1,88$), comparado com LI e colaboradores (2014) com efeito alta ($d = 2,65$). Na análise global dos dois parâmetros associados observou-se que o efeito manteve-se a favor do grupo experimental com valores de: DMP = 1,47 com intervalo de confiança de 0,59 a 2,35 e $P = 0,002$. Na análise do impacto dos estudos observou-se maior o ensaio clínico de CHEN e colaboradores (2016), e a distribuição do peso das análises separadas de cada parâmetro foi equilibrada (50,3% e 49,7%), sendo o parâmetro nHF com maior peso e magnitude de efeito alta ($d = 0,89$), diferente de HAMILA e colaboradores (2018) que apresentou magnitude de efeito baixa ($d = 0,13$). No entanto, a heterogeneidade do total amostral foi considerável ($I^2 = 79\%$).

Na segunda meta-análise **(B)** o índice LF, com muito baixa qualidade de evidência, representa o braço simpático do sistema nervoso autônomo e neste sentido observa-se que houve uma redução do mesmo a partir da intervenção com exercícios no %LF. Observou-se a diferença da média padronizada de -1,66 com um intervalo de confiança de -2,19 a -1,12 ($P < 0,01$). Verifica-se uma distribuição equilibrada do peso dos estudos (26,1% e 23,3%), um I^2 de 0% indicando heterogeneidade insignificante e os estudos de GUTIN e colaboradores (1997) e LI e colaboradores (2014) respectivamente apresentaram alto efeito ($d = -1,79$ e $d = -1,60$). No entanto é importante destacar que no índice LF naturalizado a heterogeneidade foi alta com I^2 de 88% sem efeito significativo ($P = 0,98$). O total da amostra obteve heterogeneidade considerável ($I^2 = 92\%$) e equitativa distribuição do peso dos estudos (50,6% e 49,4%), sendo o parâmetro LF% com maior peso, não resultando em efeito significativo global dos dois índices analisados juntos (DMP = -0,86; 95%IC -2,24; 0,52; $P = 0,22$).

Na parte **(C)** da figura 3 observam-se os resultados do balanço simpato-vagal (LF/HF), com qualidade de evidência moderada. Este parâmetro apresentou uma DMP de -0,63 com IC de -1,05 a -0,20 com efeito significativo ($P < 0,01$) a favor do grupo experimental. Destaca-se heterogeneidade insignificante ($I^2 = 0\%$), distribuição do peso dos estudos com pontuais diferenças (42,2%, 40,2% e 17,6%) e tamanho de efeitos variados, sendo o maior no estudo de

LI e colaboradores (2014), seguido respectivamente de GUTIN e colaboradores (1997) e HAMILA e colaboradores (2018) com baixo efeito ($d = -0,96$; $d = -0,48$; $d = 0,21$).

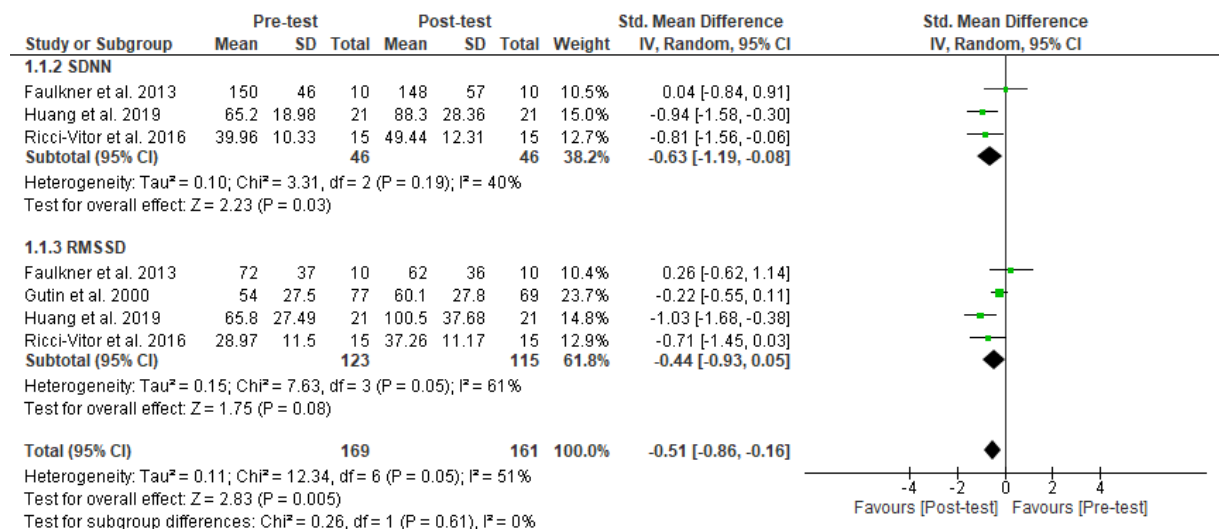
Apesar dos estudos de PRADO e colaboradores (2010) e VASCONCELLOS e colaboradores (2016) conterem ambos grupo experimental e controle com indivíduos com excesso de peso, os artigos não disponibilizaram dados quantitativos para extração e isto impossibilitou a entrada no estudo meta-analítico. Adicionalmente, os autores BRASIL e colaboradores (2020), FARINATTI e colaboradores (2016) e VASCONCELLOS e colaboradores (2015) disponibilizaram dados quantitativos para extração, porém os parâmetros da VFC estavam em diferentes unidades de medida para cada estudo, além de conterem informações insuficientes, impossibilitando serem compilados no estudo da meta-análise. Por fim, os artigos de FARAH e colaboradores (2014), FAULKNER e colaboradores (2013), PASCHOAL e colaboradores (2018) e RICCI-VITOR e colaboradores (2016) apresentaram somente grupos submetidos a intervenção sem grupo controle comparativo.

Neste cenário complexo de aglutinação dos resultados quantitativos, muitos estudos apresentaram seus resultados em mudanças percentuais, em delta de variação entre momentos de acompanhamento da intervenção (BRASIL *et al.*, 2020; VASCONCELLOS *et al.*, 2015), enquanto outros estudos apresentaram os dados quantitativos na forma de gráficos, impossibilitando a verificação das medidas de médias e dispersões (FARAH *et al.*, 2014; FARINATTI *et al.*, 2016; PASCHOAL *et al.*, 2018; PRADO *et al.*, 2010; VASCONCELLOS *et al.*, 2016). Todos os autores nestas condições foram contactados via e-mail para ofertarem os valores dos grupos de seus estudos, porém não houve resposta.

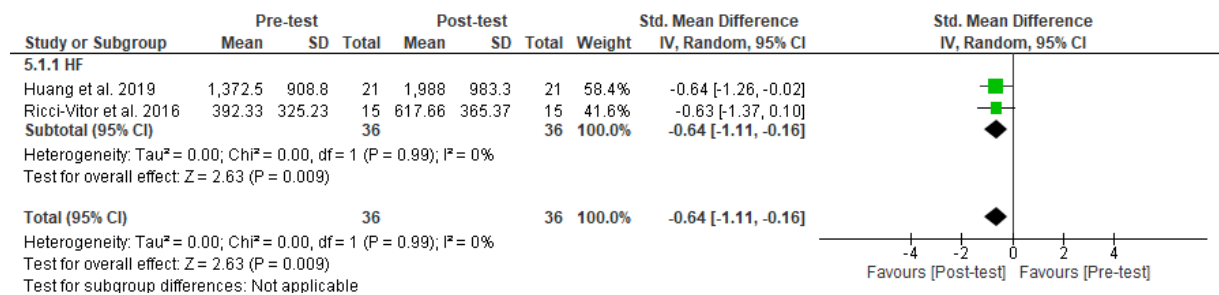
Assim, as próximas meta-análises são de dados respectivos aos momentos pré e pós-intervenção de alguns estudos onde os valores numéricos foram apresentados (FAULKNER *et al.*, 2013; GUTIN *et al.*, 2000; HUANG *et al.*, 2019; RICCI-VITOR *et al.*, 2016;). Na figura 4 apresentam-se meta-análises nos momentos pré e pós-intervenção com grupos pediátricos com excesso de peso tanto nos parâmetros do domínio do tempo **(A)** como no domínio da frequência **(B)**.

Figura 4: Comparação dos parâmetros do domínio do tempo da VFC (SDNN e RMSSD) (A), HF (B) e LF (C) de um único grupo com excesso de peso, nos momentos pré *versus* pós-intervenção.

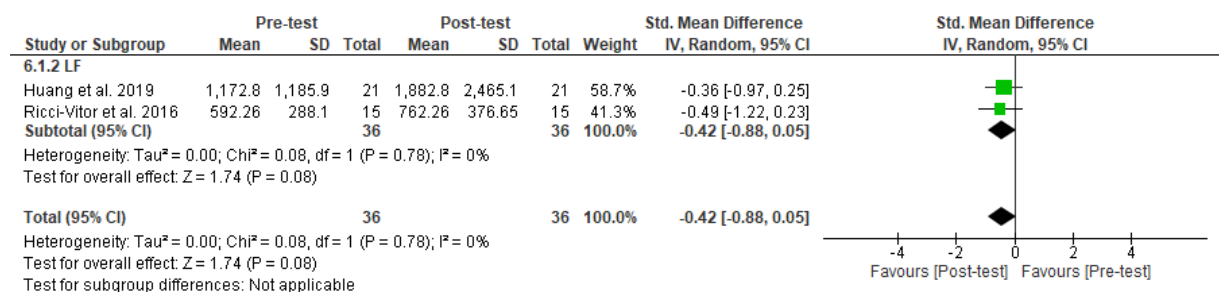
(A)



(B)



(C)



A figura 4 **(A)** observam-se os parâmetros no domínio do tempo na comparação dos momentos pré e pós-intervenção com um único grupo com excesso de peso. Os resultados das meta-análises indicaram apenas o índice global do SDNN, com qualidade de evidência muito baixa, exibiu heterogeneidade moderada ($I^2 = 40\%$) e distribuição nivelada do peso dos estudos (10,5%, 15,0% e 12,7%), expressando efeito significativo favorável ao momento pós-intervenção. No entanto, o RMSSD, com qualidade de evidência muito baixa, demonstrou heterogeneidade substancial ($I^2 = 61\%$) com uma distribuição equilibrada do peso dos estudos (10,4%, 23,7%, 14,8% e 12,9%), porém sem significância estatística.

Com relação aos parâmetros no domínio da frequência, o índice HF, apresentando baixa qualidade de evidência **(B)** demonstrou uma diferença da média ponderada (DMP) = -0,64, com intervalo de confiança variando entre (-1,11) e (-0,16) com valor de P significativo a favor do momento pós ($P = 0,009$). A heterogeneidade foi insignificante ($I^2 = 0\%$) com distribuição equitativa no peso dos estudos (58,4% e 41,6%) e com tamanho de efeito idêntico ($d = -0,65$) e moderado. Por outro lado, o LF, com baixa qualidade de evidência, **(C)** apesar de indicar baixa heterogeneidade e boa distribuição nos pesos dos estudos inseridos, não demonstrou diferença significativa ($P = 0,08$).

6.2 Análise qualitativa dos estudos de coorte ou caso controle selecionados pelos critérios de elegibilidade

Foram incluídos nesta análise as 16 investigações de coorte ou caso controle elegíveis (Diagrama 1). Entretanto, duas investigações foram removidas da análise qualitativa, sendo uma delas por somente apresentar o resumo publicado (EULA *et al.*, 2019) e outra por não apresentar indivíduos com excesso de peso, somente atletas de futebol (RODRIGUES JUNIOR *et al.*, 2021).

Dos 14 estudos incluídos na leitura minuciosa qualitativa, 6 deles foram removidos uma vez que cinco destes estudos não apresentaram grupo controle para comparação (ARAÚJO *et al.*, 2016; MACHADO *et al.*, 2021; PLAZA-FLORIDO *et al.*, 2019; REZVAN *et al.*, 2015; SANTANA *et al.*, 2019), e um outro estudo por insuficiência de dados para extração (BRUNETTO *et al.*, 2008). Assim, a tabela 2 apresenta oito investigações entre desenhos de coorte ou caso controle qualitativamente analisados.

Tabela 2. Características dos estudos de coorte ou caso controle incluídos

Autor/País	Amostra	Intervenção	Desfecho	Resultados	Conclusões
Ahmadian et al. (2020) País: Irã	n= 42 meninos (seleção por conveniência) Obesos asmáticos (n=10) Obesos não asmáticos (n=15) Eutróficos asmáticos (n=10) Eutróficos não asmáticos (n=7) Faixa etária (anos): 10 a 14 anos	Exercício progressivo em cicloergômetro em ambiente com alta umidade (aprox. 65%) Intensidade: 2 minutos a 50 rpm (0 watts) com ↑60 watts por 2 minutos. ↑10 watts cada 2 minutos até exaustão voluntária ou manter abaixo de 50 rpm por 15 segundos. Recuperação de 5 minutos sem carga.	VFC avaliada por ECG (Padsy Medset Holter) com registros de 5 minutos após estabilização da FC em repouso e também durante o exercício.	Comparações: obesos não asmático vs eutrófico não asmático (Pré-exercício Durante exercício (Ex) e Pós-exercício). <i>Domínio de tempo</i> SDNN: IG Pré>Pós>Ex ($P=0,001$) RMSSD: IG Pré>Pós, Ex ($P=0,001$) SD1: IG Pré>Pós, Ex ($P=0,001$) SD2: IG Pré>Pós>Ex ($P=0,001$) $\alpha 1$: EG ($P=0,05$); IG Pré>Pós>Ex ($P=0,001$) $\alpha 2$: IG Pré, Ex<pós ($P=0,001$)	Em ambiente com alta umidade, Parâmetros da VFC reduziram significativamente durante e após exercício comparado com a linha de base nos grupos obeso e eutrófico não asmáticos.
Costa et al. (2017) País: Brasil	n=18 meninos pré-púberes (Recrutados em projeto institucional “Jovens com a Bola Toda”) Eutróficos (n=9) Obesos (n=9) Faixa etária (anos): Eutróficos: (8,89±2,71) Obesos: (8,70±1,16)	Exergame Kinect Adventure. Durante o jogo, os sujeitos realizaram agachamentos, saltos, deslocamentos laterais, adução, abdução e flexão e extensão dos membros superiores e inferiores. Intensidade: 25 minutos de adaptação com o jogo seguido de 15 minutos de jogo com registro da VFC.	VFC avaliada por ECG (Micromed Biotechnology Ltda.) com registro de 15 minutos em repouso na postura supina e também durante o exercício. Intervalo de 60 minutos após a sessão para registro de 10 minutos do momento pós-exercício.	Grupo obesos (OB) vs eutróficos (EU) nos momentos em repouso pré e pós exercício. <i>Domínio de tempo</i> : SDNN and RMSSD: OB ↑ Pré vs Pós ($P<0,05$); RMSSD: OB vs EU Pré ↓ ($P<0,05$); pNN50: OB ↑ Pré vs Pós ($P<0,05$); OB vs EU Pré ↓ ($P<0,05$) <i>Domínio de frequência</i> : LF: (NS); HF: OB ↑ Pré vs Pós ($P<0,05$); OB vs EU Pré e Pós ↓ ($P<0,05$); nLF: OB ↓ Pré vs Pós ($P<0,05$); OB vs EU Pré ↓ ($P<0,05$); nHF: OB ↑ Pré vs Pós ($P<0,05$); OB vs EU Pré ↑ ($P<0,05$); LF/HF: OB ↓ Pré vs Pós ($P<0,05$); Variação Total: OB ↑ Pré vs Pós ($P<0,05$)	Houve aumento dos parâmetros SDNN, RMSSD, NN50, pNN50, HF, nHF, nLF e Variação total da atividade do SNA após uma sessão de Exergame.
González-Velásquez et al. (2020) País: Espanha	n=52 adolescentes (n=19 meninos e n=33 meninas). Eutrófico (n=25). Sobrepeso (n=27). Faixa etária entre 13 e 18 anos.	Teste de peso sustentado isométrico, similar ao teste de prensão manual. Intensidade: Peso de 500 gramas, sem informação do membro utilizado ou posição.	VFC avaliada por ECG (Biopac Systems Inc.) com registro de 2 minutos na postura sentada em repouso nos momentos pré e durante o teste.	Comparação entre grupos sobrepeso vs eutróficos no momento durante teste. <i>Domínio de tempo</i> SDNN, pNN50, TINN and RMSSD: ↑ (NS); SDNNi: ↓ (NS) <i>Domínio de frequência</i> : LF: ↑ (NS) HF: ↑ ($P<0,05$); Frequência total: ↑ ($P<0,05$); Pico LF, HF: ↓ (NS); nLF: ↓ (NS); nHF: ↑ (NS); LF/HF: ↓ (NS)	Aumento na média dos parâmetros HF e frequência total durante o teste de peso sustentado isométrico.

Hursh et al. (2016) País: Canadá	n=30 adolescentes. Grupo obesos (n=15); Grupo não obesos (n=15) Faixa etária (anos): 12 a 18 anos	Avaliações de Estresse físico por dinamômetro (30% FM isometria) Estresse mental traçar uma estrela enquanto observa sua forma espelhada (5 min).	VFC avaliada por ECG (Biopac MP150, Biopac Systems Inc).	Comparação entre grupo obeso vs não obeso <i>Domínio de frequência:</i> LF; HF; nHF; LF/HF and Total Power: (NS)	Não houve diferença na VFC entre os grupos em repouso ou durante estresse.
Leite et al. (2019) País: Brasil	Total (n=24), sendo: obesos (n=8); Diabetes I não obesos (n=8) e Eutróficos (n=8) Faixa etária (anos): 7 a 13 anos	Teste <i>Shuttle Run</i> (20 metros) e teste de caminhada de 6 minutos na velocidade máxima. Intensidade: Progressiva de acordo com os estágios do teste	VFC avaliada por cardiófrequencímetro (V800 Polar) com registro de 6 minutos durante exercício aeróbico submáximo.	Comparação dos grupos Obeso e DM1 vs Eutróficos pós-teste de caminhada de 6 minutos. <i>Domínio de tempo:</i> Intervalo cardíaco em ms: ↓ ($P<0,05$); SD: ↓ ($P<0,05$). Variância em ms ² : ↓ ($P<0,05$); RMSSD: ↓ ($P<0,05$) <i>Domínio de frequência:</i> LF e HF: ↓ ($P<0,05$)	Obesos e DM1 apresentaram ↓ na VFC em comparação com grupo de eutróficos.
Lucini et al. (2013) País: Itália	(n=103) jogadores de futebol Grupo Eutróficos (n=94) Grupo Sobrepeso (n=11) Faixa etária (anos): Grupo Eutróficos= 11,2±1,1 Grupo Sobrepeso= 10,7±0,3	Exercícios de resistência/ <i>endurance</i> com duração de 90 minutos por 3x semana. + 1 sessão semanal de futebol por 60 minutos. Intensidade: Moderada a vigorosa	VFC avaliada por aparelho ECG (CM5) com registro de 10 minutos em repouso na postura supina.	Comparação do grupo Sobrepeso vs Eutróficos. <i>Domínio de tempo:</i> RR ↑ (NS) <i>Domínio de frequência</i> LF and nLF ↑ (NS); HF and nHF ↓ (NS) LF/HF ↑ (NS)	Não houve diferença na VFC. Porém, houve redução do ganho de barorreflexo espontâneo.
Miranda et al. (2014) País: Brasil	(n=16) meninos adolescentes (seleção não probabilística). Grupo Sobrepeso (n=7) Grupo Eutróficos (n=9). Faixa etária (anos): Grupo Sobrepeso=16,4±0,6 Grupo Eutróficos=16,2±0,4	Exercícios: supino, <i>leg press</i> , puxador no <i>pulley</i> , extensora e rosca direta (3X15 repetições.com 45 segundos de intervalo) Intensidade: 60% de 1RM	VFC avaliada por cardiófrequencímetro (Polar S810).	Pós-teste Sobrepeso: repouso (Rep) vs recuperação de 5 minutos (R5) e repouso vs recuperação de 30 minutos (R30). <i>Domínio de tempo:</i> RR ↓ Rep vs R5 ($P<0,05$); ↓ Rep vs R30 ($P<0,05$); SDNN ↓ Rep vs R5 ($P<0,05$); RMSSD ↓ Rep vs R5 ($P<0,05$); ↓ Rep vs R30 ($P<0,05$) <i>Domínio de frequência:</i> nHF; nLF and LF/HF (NS)	Redução da VFC (domínio do tempo) no período de recuperação em 5 e 30 minutos com relação ao valor basal.
Oliveira et al. (2019) País: Brasil	Total: (n=50) (não aleatorizado) n=26 Obesos (meninas n=13) n=24 Eutróficos (meninas n=5) Faixa etária (anos): Obesos= 14,5±1,5 Eutróficos= 14,9±1,5	Teste de 4 segundos de exercício (T4S) em cicloergômetro, que consiste em pedalar em velocidade máxima sem carga durante apnéia de até 12 segundos. Intensidade: Velocidade máxima até 12 segundos.	VFC avaliada por cardiófrequencímetro (Polar RS800cx), com registro de 5 minutos na posição supina em repouso.	Comparação dos grupos Obesos vs Eutróficos pós-teste T4S <i>Domínio de tempo:</i> RR and LnPNN50↓ (NS); LnSDNN ↓ ($P=0,04$); LnRMSSD ↓ ($P=0,03$) <i>Domínio de frequência:</i> Ln Poder total ↓ ($P=0,02$); LnHF ↓ ($P=0,02$); LnLF ↓ (NS); LF/HF ↑ (NS)	Adolescentes obesos apresentaram ↓ na atividade parassimpática em comparação com eutróficos no teste T4S.

Legenda: ↑: Aumento ou valor maior após intervenção; ↓: Redução ou valor menor após intervenção; ↔: Valor inalterado ou não disponível;

NS: nenhuma significância estatística; DNR: Dados não reportados; vs= Versus; IG=Intra-grupos; EG= Entre-grupos.

Foram analisados um total de oito estudos contendo 335 indivíduos, de ambos os sexos, com predominância de meninos (n=230), com 1 estudo (HURSH *et al.*, 2016) especificando amostra com ambos os sexos, mas não discriminando a quantidade de cada sexo, e uma outra investigação que não apresentou informações sobre sexo (LEITE *et al.*, 2019). Também, houve predominância de crianças (n=187) em detrimento a grupos de adolescentes (n=148). Quanto aos grupos, todos os estudos apresentam ao menos um grupo controle composto de indivíduos eutróficos (n= 194). Adicionalmente, as investigações conduzidas por AHMADIAN *et al.* (2020) e LEITE *et al.* (2019) apresentaram grupos com indivíduos com outras condições de saúde, como asmáticos e com diabetes do tipo 1.

Em relação aos testes conduzidos para avaliar o efeito do exercício sobre os parâmetros da VFC, dois estudos (AMHADIAN *et al.*, 2020; OLIVEIRA *et al.*, 2019) utilizaram cicloergômetro em seus protocolos. Outras duas investigações (GONZALEZ-VELÁSQUEZ *et al.*, 2020; HURSH *et al.*, 2016) aplicaram testes de peso sustentado em isometria e dinamometria de preensão manual. Costa e colaboradores (2017) aplicaram um jogo com exercícios de *videogame*, e LEITE e colaboradores (2019) aplicaram teste de *Shuttle Run* para avaliar velocidade aeróbica máxima e teste de caminhada de 6 minutos. Adicionalmente, apenas 1 estudo (MIRANDA *et al.*, 2014) avaliaram uma sessão de exercícios resistidos. Por fim, Lucini e colaboradores (2013) avaliaram uma rotina de treinamento de futebol.

A avaliação dos parâmetros da VFC foi predominantemente mensurada por aparelhos de ECG (AMHADIAN *et al.*, 2020; COSTA *et al.*, 2017; GONZALEZ-VELÁSQUEZ *et al.*, 2020; HURSH *et al.*, 2016; LUCINI *et al.*, 2013), com somente 3 autores (LEITE *et al.*, 2019; MIRANDA *et al.*, 2014; OLIVEIRA *et al.*, 2019) que recorreram a avaliação da VFC através de cardiofrequencímetros portáteis.

Após à análise qualitativa dos estudos de coorte e caso controle, recorreu-se à análise do risco de viés para avaliar a qualidade das investigações. Utilizou-se a ferramenta específica para estes desenhos de investigações, conhecida como *Newcastle Ottawa Scale*. O índice *Kappa* de concordância dos julgamentos entre os dois pesquisadores demonstrou razoável concordância com valor de 0,689. Os escores alcançados por cada estudo estão apresentadas na tabela 3.

Tabela 3. Avaliação do Risco de Viés dos estudos de coorte ou caso controle

Estudos Caso Controle		Seleção	Comparabilidade	Exposição	Total (0-9)
1	Costa et al., 2017	***	*	*	5
2	González-Velázquez et al., 2020	**	**	*	5
3	Leite et al., 2019	***	*	*	5
Estudos de Coorte		Seleção	Comparabilidade	Resultado	Total (0-9)
1	Ahmadian et al., 2020	**	**	-	4
2	Hursh et al., 2016	**	**	-	4
3	Lucini et al., 2013	***	*	*	5
4	Miranda et al., 2014	*	*	-	2
5	Oliveira et al., 2019	**	*	-	3

(Newcastle Ottawa Scale– WELLS *et al.*, 2000)

Entre os estudos de caso controle, todos obtiveram 5 pontos de um total máximo de 9 pontos (COSTA *et al.*, 2017; GONZALEZ-VELÁSQUEZ *et al.*, 2020; LEITE *et al.*, 2019). Em relação aos estudos de coorte, somente LUCINI *et al.*, (2013) pontuou 5 estrelas, sendo os outros 2 estudos (AMHADIAN *et al.*, 2020; HURSH *et al.*, 2016) avaliados com 4 pontos, seguido por OLIVEIRA *et al.*, (2019) com 3 pontos e apenas um estudo (MIRANDA *et al.*, 2014) pontuou somente 2 estrelas. Neste cenário, apesar da importância e relevância dos seus achados para a comunidade científica, optou-se pela não aplicação do estudo meta-analítico, particularmente pela apresentação de escores de baixa qualidade (2 a 5) na análise do risco de viés (Tabela 3).

7. DISCUSSÃO

Em geral, os ensaios clínicos aleatórios selecionados a partir desta revisão sistemática quando analisados individualmente demonstraram efeito favorável do exercício físico sobre a modulação autonômica cardíaca em crianças e adolescentes com excesso de peso, tanto no domínio do tempo como no domínio da frequência (BRASIL *et al.*, 2020; CHEN *et al.*, 2016; FARAH *et al.*, 2014; FARINATTI *et al.*, 2016; GUTIN *et al.*, 1997; GUTIN *et al.*, 2000; HAMILA *et al.*, 2018; HUANG *et al.*, 2019; LI *et al.*, 2014; PRADO *et al.*, 2010; RICCI-VITOR *et al.*, 2016; VASCONCELLOS *et al.*, 2016). No entanto, a partir da análise agrupada no estudo meta-analítico observaram-se diferenças significantes apenas no domínio da frequência com impacto positivo na modulação autonômica cardíaca a favor do grupo que realizou exercícios físicos em detrimento ao grupo controle com excesso de peso que não praticou exercícios físicos. Nos índices relacionados ao braço parassimpático da VFC, representados pelo %HF e nHF, houve aumento significativo do tônus vagal. O braço simpático representado pelo %LF indicou uma redução significativa após a intervenção, assim como o balanço simpato-vagal seguiu o mesmo comportamento, e em ambos heterogeneidade dos estudos incluídos foi insignificante ($I^2 = 0\%$) com uma distribuição equilibrada do peso dos estudos. Corroborando com nossos achados, o estudo de Prado e colaboradores (2010) combinou exercícios aeróbicos associado a dieta hipocalórica comprando com um grupo que só aderiu a dieta. Os resultados indicaram aumento dos parâmetros HF ($P < 0,05$) e nHF ($P < 0,05$) após 16 semanas de intervenção com exercícios. Os autores destacam que a redução do peso

corporal de forma isolada pode não ser suficiente para elicitar melhora do tônus vagal de crianças obesas (PRADO *et al.*, 2010).

No presente estudo, a análise do domínio da frequência, especificamente a baixa frequência (LF) apresentou resultados significativos com a redução no LF (%) favorável ao grupo intervenção (-1,66; IC95%: -2,19, -1,12; $P<0,01$) (Figura 3B). Estes achados vão de encontro ao estudo de Vasconcellos e colaboradores (2016) que verificaram redução do nLF ($P=0,047$) após uma intervenção de 12 semanas com futebol recreativo para 20 adolescentes obesos de 12 a 17 anos de idade (VASCONCELLOS *et al.*, 2016). No balanço simpato-vagal (LF/HF) o presente estudo reportou (Figura 3C) redução significativa ($P<0,01$) demonstrando aumento da atividade parassimpática sobre a simpática. De forma similar, Brasil e colaboradores (2020) investigaram um programa iniciante de judô de 12 semanas incluindo 20 crianças com obesidade e outras 15 eutróficas no grupo controle. Os resultados apontaram uma redução da razão LF/HF tanto entre os grupos ($P<0,05$), quanto intra-grupo no momento pós-intervenção ($P=0,004$), indicando que mesmo sem alterações no IMC, as crianças obesas melhoraram a VFC de forma a se aproximarem dos valores basais dos eutróficos (BRASIL *et al.*, 2020). Adicionalmente em 2021, Speer e colaboradores avaliaram a relação entre VFC e do IMC em 146 pré-escolares com idade média de 4 anos e meio. A análise revelou que o lnRMSSD demonstrou relação inversa com IMC ($\beta = -0,66$; IC95% = -0,12, -0,01; $P = 0,032$), inferindo que o aumento de uma unidade de IMC resultou em redução do lnRMSSD em 0,06. Esta investigação também demonstrou que a relação inversa da VFC com IMC foi independente de idade, sexo e níveis de atividade física, indicando que a saúde cardiometabólica das crianças pré-escolares é influenciada parcialmente pela relação entre a mediação vagal e o IMC (SPEER *et al.*, 2021). Em outro recente estudo, Campos e colaboradores (2022) investigaram a função autonômica cardíaca em 110 escolares com sobrepeso e obesidade entre 7 e 10 anos, divididos em grupo eutrófico ($n=54$), grupo sobrepeso ($n=24$) e grupo obesidade ($n=32$). Os resultados evidenciaram que as crianças obesas apresentaram maior pressão arterial sistólica ($P<0,01$) e diastólica ($P<0,01$), menor PNN50 ($P=0,02$) e nHF ($P<0,01$), associado com maior nLF ($P<0,01$) quando comparados com o grupo eutrófico. Além disso, houve correlação negativa moderada entre nHF com IMC ($r = -0,37$; $P<0,01$) e nHF com circunferência da cintura ($r = 0,38$; $P<0,01$), correlação positiva moderada entre IMC e nLF ($r=0,32$; $P<0,01$), IMC com razão LF/HF ($r=0,31$; $P<0,01$), circunferência da cintura com nLF ($r=0,34$; $P<0,01$) e circunferência da cintura com razão LF/HF ($r=0,34$; $P<0,01$). Em estudo estatístico pela regressão linear

múltipla os autores observaram uma associação positiva entre gordura corporal e SDNN ($\beta=0,48$; IC95%: 0,2–4,2; $P=0,02$). Assim, crianças com obesidade apresentaram maior pressão arterial e disfunção autonômica cardíaca, com predominância simpática sobre a FC, indicando também a possibilidade do IMC como marcador de risco cardiovascular em crianças (CAMPOS *et al.*, 2022).

Ensaio clínico proposto por Gutin e colaboradores (1997) investigaram a aplicação de um protocolo de 16 semanas com exercícios aeróbicos durante 4 vezes por semana, com sessões de 40 minutos de duração e intensidade acima de 150 bpm por sessão. Crianças com obesidade foram divididas em grupo intervenção ($n=17$) e grupo controle ($n=18$) com idade média de 9,5 anos. Os resultados indicaram que apesar dos parâmetros LF, HF e %HF não reduzirem significativamente, houve melhora do RMSSD ($P<0,05$), da %LF ($P<0,03$) e da razão LF/HF ($P<0,01$) favorável ao grupo intervenção (GUTIN *et al.*, 1997). Alguns anos depois, Gutin e colaboradores (2000) conduziram uma intervenção por 16 semanas com 79 crianças obesas com aproximadamente 9 anos. Os exercícios prescritos eram aeróbicos em aparelhos ergométricos 5 vezes por semana, com duração de 40 minutos por sessão. O grupo intervenção realizou 4 meses de treinamento seguido de 4 meses de destreinamento, enquanto o grupo controle não participou da intervenção nos 4 primeiros meses, e realizou atividades nos últimos 4 meses durante o destreinamento do grupo intervenção. Os resultados indicaram um aumento no RMSSD significativo ($P=0,026$) a favor do grupo intervenção, e após o destreinamento de 4 meses houve um retorno do índice RMSSD abaixo dos valores iniciais (*baseline*). Adicionalmente o parâmetro RMSSD foi correlacionado com a FC de repouso, indicando que conforme aumenta a FC de repouso, o RMSSD aumenta significativamente ($r= -0,48$; $P=0,0001$), demonstrando a relevância da prática de exercícios regulares para a melhora da modulação autonômica cardíaca (GUTIN *et al.*, 2000).

De forma similar, mais recentemente Li e colaboradores (2022) examinaram em 36 meninas obesas o efeito de uma intervenção de 16 semanas de exercício aeróbico sobre os níveis de leptina sérica e VFC. Os grupos foram aleatorizados em intervenção com exercício aeróbico ($n=18$) e controle com grupo obesidade ($n=18$) com aproximadamente média de 12 anos de idade. Os resultados mostraram que comparando o momento pré *versus* pós a intervenção houve redução da razão LF/HF ($P<0,05$), bem como aumento do HF ($P<0,01$), SDNN ($P<0,01$) e RMSSD ($P<0,01$) no grupo intervenção. Já quando comparando o grupo intervenção *versus* controle, houve aumento significativo do SDNN ($P<0,05$) e HF ($P<0,05$), e redução da razão

LF/HF ($P < 0,05$) a favor do grupo intervenção com exercícios. Além disso, houve uma redução dos níveis de leptina sérica após a intervenção, expressando correlação positiva com a redução da razão LF/HF ($r = 0,478$; $P < 0,05$), i.e. a leptina sérica diminui conforme reduz o LF/HF e correlacionado negativamente com o aumento do RMSSD ($r = -0,482$; $P < 0,05$), ou seja a leptina sérica reduziu com o aumento do RMSSD. A redução da leptina sérica foram associadas com o aumento da ativação parassimpática e melhora do balanço simpátovagal. Assim, os autores declararam que uma intervenção de 16 semanas de exercício aeróbico reduziram os níveis de leptina sérica e melhoraram a função autonômica cardíaca das meninas obesas (LI *et al.*, 2022).

Com relação a uma análise pré e pós intervenção no presente estudo só foi possível a aglutinação dos ensaios clínicos do momento pré *versus* pós-intervenção nos índices do domínio do tempo, considerando único grupo com excesso de peso (Figura 4A). Os resultados demonstraram diferenças significativas no índice global e SDNN favoráveis ao momento pós-intervenção, no entanto não foram observadas diferenças nas mesmas condições para o RMSSD. Destaca-se heterogeneidade moderada ($I^2 = 40\%$) e substancial ($I^2 = 61\%$) respectivamente para os índices supracitados. Este é um dos grandes desafios da análise, uma vez que a alta heterogeneidade entre os estudos dificulta o agrupamento na meta-análise e o número reduzido de estudos possíveis de agrupamento também diminui o poder da resposta do desfecho. Apesar das variáveis da VFC do domínio do tempo serem preferidas para estudos com registro de longo prazo (CYGANKIEWICZ *et al.*, 2013), o RMSSD é considerado o parâmetro consensualmente recomendado para melhor estimar análises de curto prazo (GUTIN *et al.*, 2000). No entanto, 6 das 15 intervenções incluídas no presente estudo (CHEN *et al.*, 2016; LI *et al.*, 2014; PASCHOAL *et al.*, 2018; PRADO *et al.*, 2010; VASCONCELLOS *et al.*, 2016) não utilizaram este desfecho. Sabe-se que em crianças saudáveis a reprodutibilidade dos parâmetros de curto prazo avaliados por cardiofrequencímetro indicaram a posição supina mais reprodutível que a posição sentada e em pé. Os valores de confiabilidade são altos para os intervalos RR, SDNN, RMSSD e SD1 em ambos os sexos (SILVA *et al.*, 2014). Os autores destacaram que a adoção de protocolos de medição permitirá a comparação dos dados de VFC entre os estudos como uma pesquisa válida e uma ferramenta clínica.

Quanto aos índices do domínio da frequência, o presente estudo analisou momento pré *versus* pós-intervenção no parâmetro HF. Os resultados indicaram melhora significativa favorável ao momento pós ($P = 0,009$), com heterogeneidade insignificante ($I^2 = 0\%$). Da mesma forma, o estudo de Farinatti e colaboradores (2016) avaliaram 44 adolescentes obesos, com

idade entre 13 a 17 anos, submetidos a circuito de treinamento resistido por 12 semanas, com treinos 3 vezes por semana e intensidade incremental até 85% de 10 RM. O HF exibiu melhora significativa intra-grupos ($P=0,05$) e entre os grupos ($P=0,01$). Os autores concluíram que o treinamento resistido resultou no aumento da atividade parassimpática em adolescentes obesos (FARINATTI *et al.*, 2016). No entanto, devido ao seu caráter repetitivo, sua aplicação em grupos pediátricos pode ser desafiadora, uma vez que atividades recreativas são mais atrativas para crianças, podendo aumentar a aderência e engajamento nas atividades (COSTA *et al.*, 2017).

Com relação ao LF o presente estudo não apresentou diferença significativa ($P=0,08$), tal como observado no estudo de Faulkner e colaboradores (2013). Os autores avaliaram 39 adolescentes obesos e com diabetes por 16 semanas em um protocolo de exercícios variados de 5 a 7 vezes por semana, com intensidade de 60% a 75% da FCpico durante 60 minutos. (FAULKNER *et al.*, 2013). Os resultados não mostraram alterações significativas nos desfechos da VFC (FAULKNER *et al.*, 2013). Em contrapartida, Li e colaboradores (2014) avaliaram a influência de 8 semanas de exercício aeróbico sobre a VFC em 40 adolescentes obesos entre 13 e 17 anos. Os grupos foram aleatorizados em grupo controle ($n=20$) e grupo intervenção ($n=20$), o qual praticaram corrida com intensidade entre 60% e 70% da FCMax prevista, 5 vezes por semana, com sessões de 50 – 60 minutos, juntamente com conselhos sobre saúde para maior adesão dos participantes. Os resultados comparando o grupo experimental *versus* controle demonstraram uma redução do percentual de gordura ($P<0,01$), da FC ($P<0,05$), da pressão arterial sistólica ($P<0,05$) e da diastólica ($P<0,05$) tanto intra-grupo quanto entre os grupos. Ademais, os parâmetros da VFC de poder total ($P<0,05$), nLF ($P<0,05$), e razão LF/HF ($P<0,05$), reduziram, enquanto somente o nHF ($P<0,05$) apresentou aumento significativo. Diante disso, intervenção com exercícios aeróbicos demonstraram melhora no perfil lipídico, hemodinâmico e na VFC de adolescentes obesos (LI *et al.*, 2014).

Neste cenário todo, o presente estudo apresentou que entre as investigações elegíveis de forma isolada houve respostas positivas sobre a modulação autonômica cardíaca a partir de protocolos de exercícios físicos aplicados em grupos pediátricos com excesso de peso (BRASIL *et al.*, 2020; CHEN *et al.*, 2016; FARAH *et al.*, 2014; FARINATTI *et al.*, 2016; GUTIN *et al.*, 1997; GUTIN *et al.*, 2000; HAMILA *et al.*, 2018; HUANG *et al.*, 2019; LI *et al.*, 2014; PRADO *et al.*, 2010; RICCI-VITOR *et al.*, 2016; VASCONCELLOS *et al.*, 2016). No entanto, a presente meta-análise indicou os efeitos da treinabilidade sobre os parâmetros no domínio da

frequência (HF%, LF% e LF/HF). Estes resultados mais tímidos podem ser explicados tanto pela análise qualitativa dos estudos através do risco de viés, como pela apresentação quantitativa dos resultados dos estudos elegíveis. Referente a análise do risco de viés, foi utilizada a ferramenta *Cochrane Risk of Bias 2* (HIGGINS *et al.*, 2022) por recomendação do *checklist* PRISMA, devido sua abrangência de avaliação das etapas dos ensaios clínicos (PAGE *et al.*, 2021). O presente estudo constatou que há necessidade de instaurar procedimentos metodológicos mais robustos em futuras pesquisas, visto que somente 2 dos 15 estudos (CHEN *et al.*, 2016; VASCONCELLOS *et al.*, 2016) exibiram baixo risco de viés. Com relação aos estudos de coorte ou caso controle, foi utilizada a *Newcastle Ottawa Scale* para verificar o risco de viés (Tabela 3), a qual utiliza um sistema de pontuação com diversos critérios com o máximo escore de 9 pontos. Vale ressaltar que esta ferramenta não disponibiliza pontos de corte no escore, não possibilitando uma classificação “qualitativa” (WELLS *et al.*, 2000). No presente estudo, a análise das investigações de coorte e caso controle não atingiram escores elevados de qualidade para serem agrupadas em estudo meta-analítico. Em geral a compilação dos estudos elegíveis na revisão sistemática ficou dificultada pela falta de padronização dos índices apresentados nos estudos, parâmetros em diferentes unidades de medida e tratamentos estatísticos com a indicação gráfica do delta de variação e percentuais entre momentos e grupos pediátricos, onde não se apresentava dados brutos dos parâmetros da VFC, o que dificultou de forma significativa a aglutinação das investigações na meta-análise e assim aumentar o poder da análise. Com uma padronização aprimorada, pode ser possível destacar de forma mais robusta o impacto do treinamento físico sobre a modulação autonômica cardíaca em crianças e adolescentes com excesso de peso.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente meta-análise dos ensaios clínicos elegíveis indicou que intervenções com exercícios físicos tem efeito positivo na modulação autonômica cardíaca, especificamente nos índices no domínio da frequência em crianças e adolescentes com excesso de peso. É importante destacar que muitas investigações de forma isolada demonstraram a responsividade dos exercícios físicos sobre a modulação autonômica cardíaca em crianças e adolescentes com excesso de peso, porém houve dificuldade de agrupar as investigações para a meta-análise em função de fatores complicadores, tais como: ausência de grupos controle com amostras com excesso de peso corporal, a não apresentação de dados com média ou mediana seguido por medidas de dispersão e risco de viés elevado ou com preocupações.

8.1. Implicações para futuras pesquisas

Recomendam-se que mais pesquisas sejam realizadas, em particular, ensaios clínicos aleatórios seguindo as diretrizes do Consort (SCHULZ *et al.*, 2010). A principal característica do ensaio clínico é que os participantes do estudo, após avaliação de elegibilidade e recrutamento, são aleatoriamente alocados para receber (ou não receber) a intervenção. Esse desenho permite a eliminação de vieses, como seleção e fatores de confusão, uma vez que os grupos de tratamento e controle são alocados usando técnicas de randomização apropriadas. Além disso, é fundamental a inclusão de grupo controle com excesso de peso corporal para que haja o comparativo com o grupo experimental. Outros aspectos importantes que não foram realizados nos estudos incluídos nesta revisão sistemática foram a análise de intenção de tratar e o seguimento (*follow-up*). A partir de ensaios clínicos aleatórios com baixo risco de viés a comunidade científica poderá obter uma resposta mais efetiva sobre a capacidade de resposta da VFC em crianças e adolescentes com excesso de peso ao treinamento físico.

9. REFERÊNCIAS

AADLAND, E.; KVALHEIM, O. M.; HANSEN, B. H.; *et al.* The multivariate physical activity signature associated with metabolic health in children and youth: An International Children's Accelerometry Database (ICAD) analysis. **Preventive Medicine**, v. 141, p. 106266, 2020. Elsevier.

AHMADIAN, M.; DABIDI ROSHAN, V.; REZVAN, K.; LEICHT, A. S. Impact of exercise in high-humidity on heart rate variability and salivary oxidative stress in obese and lightweight asthmatic children. **The Journal of sports medicine and physical fitness**, v. 60, n. 5, p. 779–785, 2020.

AIELLO, M. A.; MARQUES DE MELLO, L.; SOUZA NUNES, M.; SOARES DA SILVA, A.; NUNES, A. Prevalence of obesity in children and adolescents in Brazil: a meta-analysis of cross-sectional studies. **Current pediatric reviews**, v. 11, n. 1, p. 36–42, 2015. Bentham Science Publishers.

ARAÚJO, J. A. DE; TRICOT, G. K.; ARSA, G.; *et al.* Blood pressure and cardiac autonomic modulation at rest, during exercise and recovery time in the young overweight. Motriz: **Revista de Educação Física**, v. 22, p. 27–34, 2016. SciELO Brasil.

BJELAKOVIC, B.; ILIC, D.; LUKIC, S.; *et al.* Reproducibility of 24-h heart rate variability in children. **Clinical Autonomic Research**, v. 27, n. 4, p. 273–278, 2017. Springer.

BRASIL, I.; MONTEIRO, W.; LIMA, T.; SEABRA, A.; FARINATTI, P. Effects of judo training upon body composition, autonomic function, and cardiorespiratory fitness in overweight or obese children aged 8- to 13 years. **Journal of Sports Sciences**, v. 38, n. 21, p. 2508–2516, 2020. Taylor & Francis.

BRUNETTO, A. F.; SILVA, B. M.; ROSEGUINI, B. T.; HIRAI, D. M.; GUEDES, D. P. Limiar ventilatório e variabilidade da frequência cardíaca em adolescentes. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 11, p. 22–27, 2005. SciELO Brasil.

CAMPOS, J. O.; BARROS, M. A. V; OLIVEIRA, T. L.; et al. Cardiac autonomic dysfunction in school age children with overweight and obesity. **Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases**, v. 32, n. 10, p. 2410–2417, 2022. Elsevier.

CARVALHO, T.; NÓBREGA, A. C. L.; LAZZOLI, J. K.; et al. Sociedade Brasileira de Medicina do Esporte. Atividade Física e Saúde. Projeto Diretrizes. **Associação Médica Brasileira e Conselho Federal de Medicina**, 2001.

CASPERSEN, C. J.; POWELL, K. E.; CHRISTENSON, G. M. Physical Activity, Exercise, and Physical Fitness: Definitions and Distinctions for Health-Related Research Reviewed work. **Public Health Reports**, v. 100, n. 2, p. 126–131, 2013. SAGE Publications.

CHEN, S. R.; TSENG, C. L.; KUO, S. Y.; CHANG, Y. K. Effects of a physical activity intervention on autonomic and executive functions in obese young adolescents: A randomized controlled trial. **Health Psychology**, v. 35, n. 10, p. 1120–1125, 2016. American Psychological Association.

COHEN, J. **Statistical power analysis for the behavioral sciences**. Academic press, 2013.

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

CORVALÁN, C.; GARMENDIA, M. L.; JONES-SMITH, J.; et al. Nutrition status of children in Latin America. **Obesity Reviews**, v. 18, n. S2, p. 7–18, 2017. John Wiley & Sons, Ltd.

COSTA, H. A.; SILVA-FILHO, A. C.; DIAS, C. J.; et al. Cardiovascular Response of an Acute Exergame Session in Prepubertal Obese Children. **Games for health journal**, v. 6, n. 3, p. 159–164, 2017.

CURTIS, D. S.; FULLER-ROWELL, T. E.; HINNANT, J. B.; KAEPLER, A. K.; DOAN, S. N. Resting high-frequency heart rate variability moderates the association between early-life

adversity and body adiposity. **Journal of health psychology**, v. 25, n. 7, p. 953–963, 2020. Sage

CYGANKIEWICZ, I.; ZAREBA, W. **Autonomic Nervous System: Chapter 31. Heart rate variability**. Elsevier Inc. Chapters, 2013.

DE SANTÉ, H. A. **Surpoids et obésité de l'enfant et de l'adolescent**. Synthèse des recommandations de bonne pratique. 2011.

EULA, E.; ABATE DAGA, F.; FULCHERI, C.; et al. Cardiovascular changes due to physical activity in obese and/or hypertensive children: a prospective cohort study. **Journal of hypertension**, v. 37, p. e179-, 2019.

FARAH, B. Q.; BARROS, M. V. G.; BALAGOPAL, B.; RITTI-DIAS, R. M. Heart rate variability and cardiovascular risk factors in adolescent boys. **The Journal of pediatrics**, v. 165, n. 5, p. 945–950, 2014. Elsevier.

FARAH, B. Q.; ANDRADE-LIMA, A.; GERMANO-SOARES, A. H.; et al. Physical activity and heart rate variability in adolescents with abdominal obesity. **Pediatric cardiology**, v. 39, n. 3, p. 466–472, 2018. Springer.

FARINATTI, P.; NETO, S. R. M.; DIAS, I.; et al. Short-term resistance training attenuates cardiac autonomic dysfunction in obese adolescents. **Pediatric exercise science**, v. 28, n. 3, p. 374–380, 2016. Human Kinetics, Inc.

FAULKNER, M. S.; MICHALISZYN, S. F.; HEPWORTH, J. T.; WHEELER, M. D. Personalized Exercise for Adolescents With Diabetes or Obesity. **Biological research for nursing**, v. 16, n. 1, p. 46–54, 2014.

FMO. **Atlas of Childhood Obesity**. World Obesity Federation, October, p. 95, 2019.

FERNANDES, L.; OLIVEIRA, J.; SOARES-MIRANDA, L.; REBELO, A.; BRITO, J. Regular football practice improves autonomic cardiac function in male children. **Asian journal of sports medicine**, v. 6, n. 3, 2015. Kowsar Medical Institute.

FIELD, T. Exercise research on children and adolescents. **Complementary Therapies in Clinical Practice**, v. 18, n. 1, p. 54–59, 2012. Elsevier.

GAMELIN, F.X.; BAQUET, G.; BERTHOIN, S.; *et al.* Effect of high intensity intermittent training on heart rate variability in prepubescent children. **European journal of applied physiology**, v. 105, n. 5, p. 731–738, 2009. Springer.

GERARDO, G. M.; WILLIAMS, D. P.; KESSLER, M.; *et al.* Body mass index and parasympathetic nervous system reactivity and recovery following graded exercise. **American journal of human biology**, v. 31, n. 1, p. e23208, 2019. Wiley Online Library.

GONZÁLEZ-VELÁZQUEZ, V. E.; PEDRAZA-RODRÍGUEZ, E. M.; CARRAZANA-ESCALONA, R.; *et al.* Cardiac vagal imbalance to the isometric sustained weight test in adolescents with emotional eating behavior. **Physiology and Behavior**, v. 223, 2020. M.E. Sánchez-Hechavarría, Mailing Address: Alonso de Ribera, 2850, Concepción, Chile.

GUTIN, B.; OWENS, S.; SLAVENS, G.; RIGGS, S.; TREIBER, F. Effect of physical training on heart-period variability in obese children. **Journal of pediatrics**, v. 130, n. 6 CC-HS-HANDSRCH CC-Child Health CC-Metabolic and Endocrine Disorders CC-Heart, p. 938-943, 1997.

GUTIN, B.; BARBEAU, P.; LITAKER, M. S.; FERGUSON, M.; OWENS, S. Heart rate variability in obese children: relations to total body and visceral adiposity, and changes with physical training and detraining. **Obesity Research**, v. 8, n. 1, p. 12–19, 2000. Wiley Online Library.

HAMILA, A.; YOUNES, M.; COTTIN, F.; et al. Effects of walking exercises on body composition, heart rate variability, and perceptual responses in overweight and obese adolescents. **Science & sports**, v. 33, p. e191-e202, 2018.

HAUA-NAVARRO, K. Overweight and obesity. *Gaceta Medica de Mexico*, v. 152, p. 45–49, 2016. OECD.

HIGGINS, J. P. T.; ALTMAN, D. G.; GØTZSCHE, P. C.; et al. The Cochrane Collaboration's tool for assessing risk of bias in randomised trials. **BMJ**, v. 343, 2022. British Medical Journal Publishing Group.

HUANG, J.; LAI, Q.; WANG, D.; et al. Effects of exercise training with dietary restriction on arterial stiffness, central hemodynamic parameters and cardiac autonomic function in obese adolescents. **Diabetes, metabolic syndrome and obesity: targets and therapy**, v. 12, p. 2157, 2019. Dove Press.

HURSH, B. E.; FAZELI, M. S.; WANG, S.; et al. Cardiac Autonomic Function at Baseline and under Stress and Its Relationship to Circulatory Markers of Inflammation in Obese Compared to Nonobese Children: A Pilot Study. **Hormone Research in Paediatrics**, v. 85, n. 5, p. 339–346, 2016.

JOHNSON, B. K. Physiology of the autonomic nervous system. **Basic Sciences in Anesthesia**. p.355–364, 2018. Springer.

KÊKÊ, L. M.; SAMOUDA, H.; JACOBS, J.; et al. Body mass index and childhood obesity classification systems: A comparison of the French, International Obesity Task Force (IOTF) and World Health Organization (WHO) references. **Revue d'Épidémiologie et de Santé Publique**, v. 63, n. 3, p. 173–182, 2015.

KLEIGER, R. E.; STEIN, P. K.; BIGGER JR, J. T. Heart rate variability: measurement and clinical utility. **Annals of Noninvasive Electrocardiology**, v. 10, n. 1, p. 88–101, 2005. Wiley Online Library.

LASSERSON, T. J.; THOMAS, J.; HIGGINS, J. P. T. Starting a review. **Cochrane handbook for systematic reviews of interventions**, p. 1–12, 2022. Wiley Online Library.

LEFEBVRE, C.; GLANVILLE, J.; BRISCOE, S.; *et al.* Searching for and selecting studies. **Cochrane Handbook for systematic reviews of interventions**, p. 67–107, 2022. Wiley Online Library.

LEITE, D. M. M.; REIS, J. M.; DE BARCELLOS, L. A. M.; *et al.* Physical inactivity is associated with reduced heart rate variability in exercising eutrophic, type 1 diabetic and obese children. **Journal of Physical Education and Sport**, v. 19, p. 350–357, 2019.

LI, C.; LYU, S.; ZHANG, J. Effects of Aerobic Exercise on the Serum Leptin Level and Heart Rate Variability in the Obese Girl Children. **Computational Intelligence and Neuroscience**, v. 2022, 2022. Hindawi.

LI, G.X.; WANG, Z.-Y.; LYU, W.; ZHAO, L.-J. Influence of aerobic exercise in heart rate variability in obese adolescents. **Journal of jilin university medicine edition**, v. 40, n. 5, p. 1093-1097, 2014.

LI, W.; RUKAVINA, P. A review on coping mechanisms against obesity bias in physical activity/education settings. **Obesity reviews**, v. 10, n. 1, p. 87–95, 2009. Wiley Online Library.

LUCINI, D.; DE GIACOMI, G.; TOSI, F.; *et al.* Altered cardiovascular autonomic regulation in overweight children engaged in regular physical activity. **HEART**, v. 99, n. 6, p. 376–381, 2013.

MACHADO, E. A.; FARINATTI, P.; SICURO, F. L.; *et al.* Daily physical activity, cardiorespiratory fitness, nutritional status, endothelial function, and autonomic modulation in school-age adolescents: A principal component analysis. **Obesity Research and Clinical Practice**, v. 15, n. 3, p. 205–211, 2021.

MANDIGOUT, S.; MELIN, A.; FAUCHIER, L.; *et al.* Physical training increases heart rate variability in healthy prepubertal children. **European journal of clinical investigation**, v. 32, n. 7, p. 479–487, 2002. Wiley Online Library.

MANNOCCI, A.; D’EGIDIO, V.; BACKHAUS, I.; *et al.* Are there effective interventions to increase physical activity in children and young people? An umbrella review. **International journal of environmental research and public health**, v. 17, n. 10, p. 3528, 2020. Multidisciplinary Digital Publishing Institute.

MCKENZIE, J. E.; BRENNAN, S. E.; RYAN, R. E.; THOMSON, H. J.; JOHNSTON, R. V. Summarizing study characteristics and preparing for synthesis. **Cochrane handbook for systematic reviews of interventions**, p. 229–240, 2022. Wiley Online Library.

MCNARRY, M. A.; LEWIS, M. J. Heart rate variability reproducibility during exercise. **Physiological Measurement**, v. 33, n. 7, p. 1123, 2012. IOP Publishing.

MIRANDA, J. M. Q.; DIAS, L. C.; MOSTARDA, C. T.; *et al.* Effect of strength training on cardiovascular variables in overweight adolescents. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 20, n. 2, p. 125–130, 2014.

MOHER, D.; SHAMSEER, L.; CLARKE, M.; *et al.* Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols (PRISMA-P) 2015 statement. **Systematic reviews**, v. 4, n. 1, p. 1–9, 2015. BioMed Central.

NAGAI, N.; MORITANI, T. Effect of physical activity on autonomic nervous system function in lean and obese children. **International journal of obesity**, v. 28, n. 1, p. 27–33, 2004. Nature Publishing Group.

OLIVEIRA, C. Q.; OLIVEIRA, R. B.; BRASIL, I. A.; *et al.* Four-second dynamic exercise testing (T4S) for the assessment of cardiac vagal modulation in obese adolescents. **Physiological measurement**, v. 40, n. 11, p. 115003, 2019.

OMS. **Obesity: Preventing and managing the global epidemic**. World Health Organization - Technical Report Series, n. 894, 2000. World Health Organization.

OMS. **Overweight and obesity**, OECD, 2020. World Health Organization.

OMS. **World Obesity Day 2022 – Accelerating Action to Stop Obesity**, news release, 4 de março, 2022. World Health Organization

ONIS, M. DE; ONYANGO, A. W.; BORGHI, E.; et al. Development of a WHO growth reference for school-aged children and adolescents. **Bulletin of the World Health Organization**, v. 85, n. 9, p. 660–667, 2007. SciELO Public Health.

PASCHOAL, M. A.; NEVES, F. B.; DE SOUSA DONATO, B. Frequência cardíaca e modulação autonômica do coração de pré-adolescentes obesos antes, durante e após curto Programa de Treinamento Aeróbico. **Revista de Ciências Médicas**, v. 27, n. 3, p. 125–133, 2018.

PLAZA-FLORIDO, A.; MIGUELES, J. H.; MORA-GONZALEZ, J.; et al. The Role of Heart Rate on the Associations Between Body Composition and Heart Rate Variability in Children With Overweight/Obesity: The ActiveBrains Project. **Frontiers in physiology**, v. 10, 2019.

PRADO, D. M.; SILVA, A. G.; TROMBETTA, I. C.; et al. Exercise training associated with diet improves heart rate recovery and cardiac autonomic nervous system activity in obese children. **International journal of sports medicine**, v. 31, n. 12, p. 860-865, 2010.

RABBIA, F.; SILKE, B.; CONTERNO, A.; *et al.* Assessment of cardiac autonomic modulation during adolescent obesity. **Obesity research**, v. 11, n. 4, p. 541–548, 2003. Wiley Online Library.

REZVAN, K.; DABIDI ROSHAN, V.; MAHMUDI, S. A. Short-term heart rate variability in asthmatic obese children: effect of exhaustive exercise and different humidity conditions. **The Journal of sports medicine and physical fitness**, v. 55, n. 11, p. 1390–1396, 2015.

SANDERCOCK, G. R.; BROMLEY, P. D.; BRODIE, D. A. Effects of exercise on heart rate variability: inferences from meta-analysis. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 37, n. 3, p. 433–439, 2005.

SANTANA, M. D. R.; KLISZCZEWICZ, B.; VANDERLEI, F. M.; *et al.* Autonomic responses induced by aerobic submaximal exercise in obese and overweight adolescents. **Cardiology in the Young**, v. 29, n. 2, p. 169–173, 2019. Cambridge University Press.

SCHÜNEMANN, H.; BROŽEK, J.; GUYATT, G.; OXMAN, A. **Handbook for grading the quality of evidence and the strength of recommendations using the GRADE approach**. v. 2013, p. 15, 2013.

SCHULZ, K. F.; *et al.* CONSORT 2010 statement: updated guidelines for reporting parallel group randomized trials. **BMC Medicine**, v. 8, n.18, 2010.

SHAFFER, F.; GINSBERG, J. P. An overview of heart rate variability metrics and norms. **Frontiers in public health**, p. 258, 2017. Frontiers.

SHARMA, V. K.; SUBRAMANIAN, S. K.; RADHAKRISHNAN, K.; *et al.* Comparison of structured and unstructured physical activity training on predicted VO₂max and heart rate variability in adolescents—a randomized control trial. **Journal of basic and clinical physiology and pharmacology**, v. 28, n. 3, p. 225–238, 2017. De Gruyter.

SILVA, C. C.; PEREIRA, L. M.; CARDOSO, J. R.; MOORE, J. P.; NAKAMURA, F. Y. The effect of physical training on heart rate variability in healthy children: a systematic review with meta-analysis. **Pediatric exercise science**, v. 26, n. 2, p. 147–158, 2014. Human Kinetics, Inc.

SPEER, K. E.; KOENIG, J.; TELFORD, R. M.; *et al.* Relationship between heart rate variability and body mass index: A cross-sectional study of preschool children. **Preventive Medicine Reports**, v. 24, 2021. Australia.

SPEER, K. E.; NAUMOVSKI, N.; SEMPLE, S.; MCKUNE, A. J. Lifestyle Modification for Enhancing Autonomic Cardiac Regulation in Children: The Role of Exercise. **Children**, v. 6, n. 11, p. 127, 2019. Multidisciplinary Digital Publishing Institute.

TASK FORCE. Heart rate variability, standards of measurement, physiological interpretation. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. **Eur. Heart J.**, v. 17, p. 354–381, 1996.

THAYER, J. F.; YAMAMOTO, S. S.; BROSSCHOT, J. F. The relationship of autonomic imbalance, heart rate variability and cardiovascular disease risk factors. **International journal of cardiology**, v. 141, n. 2, p. 122–131, 2010. Elsevier.

VAN BILJON, A.; MCKUNE, A. J.; DUBOSE, K. D.; KOLANISI, U.; SEMPLE, S. J. Short-term high-intensity interval training is superior to moderate-intensity continuous training in improving cardiac autonomic function in children. **Cardiology**, v. 141, n. 1, p. 1–8, 2018. Karger Publishers.

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. **Journal of sports sciences**, v. 34, n. 6, p. 564–575, 2016. Taylor & Francis.

VASCONCELLOS, F.; SEABRA, A.; MONTENEGRO, R.; *et al.* Can Heart Rate Variability be used to Estimate Gas Exchange Threshold in Obese Adolescents? **International Journal Of Sports Medicine**, v. 36, n. 8, p. 654–660, 2015.

VINET, A.; BECK, L.; NOTTIN, S.; OBERT, P. Effect of intensive training on heart rate variability in prepubertal swimmers. **European journal of clinical investigation**, v. 35, n. 10, p. 610–614, 2005. Wiley Online Library.

WATTS, K.; JONES, T. W.; DAVIS, E. A.; GREEN, D. Exercise training in obese children and adolescents. **Sports Medicine**, v. 35, n. 5, p. 375–392, 2005. Springer.

WELLS, G. A.; SHEA, B.; O'CONNELL, D.; *et al.* **The Newcastle-Ottawa Scale (NOS) for assessing the quality of nonrandomised studies in meta-analyses**, 2000. Oxford.

YAKINCI, C.; MUNGEN, B.; KARABIBER, H.; TAYFUN, M.; EVEREKLIOGLU, C. Autonomic nervous system functions in obese children. **Brain and Development**, v. 22, n. 3, p. 151–153, 2000. Elsevier.

10. APÊNDICES

APÊNDICE 1. Protocolo PROSPERO CRD42022308097

PROSPERO
International prospective register of systematic reviews

NHS
National Institute for
Health Research

UNIVERSITY of York
Centre for Reviews and Dissemination

Systematic review

Fields that have an asterisk () next to them means that they must be answered. Word limits are provided for each section. You will be unable to submit the form if the word limits are exceeded for any section. Registrant means the person filling out the form.*

This record cannot be edited because it has been marked as out of scope

2. Original language title.

For reviews in languages other than English, give the title in the original language. This will be displayed with the English language title.

O exercício físico afeta a modulação autonômica cardíaca de crianças e adolescentes com excesso de peso? Uma revisão sistemática com meta análise.

3. * Anticipated or actual start date.

Give the date the systematic review started or is expected to start.

15/03/2022

4. * Anticipated completion date.

Give the date by which the review is expected to be completed.

30/06/2022

5. * Stage of review at time of this submission.

This field uses answers to initial screening questions. It cannot be edited until after registration.

Tick the boxes to show which review tasks have been started and which have been completed.

Update this field each time any amendments are made to a published record.

The review has not yet started: No

PROSPERO
International prospective register of systematic reviews



Preliminary searches	Yes	Yes
Piloting of the study selection process	Yes	Yes
Formal screening of search results against eligibility criteria	Yes	Yes
Data extraction	Yes	Yes
Risk of bias (quality) assessment	Yes	Yes
Data analysis	Yes	Yes

Provide any other relevant information about the stage of the review here.

7. * Named contact email.

Give the electronic email address of the named contact.

9. Named contact phone number.

Give the telephone number for the named contact, including international dialling code.

11. * Review team members and their organisational affiliations.

Give the personal details and the organisational affiliations of each member of the review team. Affiliation refers to groups or organisations to which review team members belong. NOTE: email and country now MUST be entered for each person, unless you are amending a published record.

Mr Henrique Flore Cavenago. Universidade Estadual do Norte do Paraná (UENP)

Ms Gabriela de Oliveira. Universidade Estadual do Norte do Paraná (UENP)

Mr Emerson José Venâncio. Universidade Estadual de Londrina (UEL)

Miss Carla Cristiane da Silva. Universidade Estadual de Londrina (UEL)

13. * Conflicts of interest.

List actual or perceived conflicts of interest (financial or academic).

None

The authors declare no conflict of interest.

14. Collaborators.

Give the name and affiliation of any individuals or organisations who are working on the review but who are not listed as review team members. NOTE: email and country must be completed for each person, unless you are amending a published record.

Mr Ruberval Moreira Junior. Universidade Estadual do Norte do Paraná (UENP)

16. * Searches.

State the sources that will be searched (e.g. Medline). Give the search dates, and any restrictions (e.g. language or publication date). Do NOT enter the full search strategy (it may be provided as a link or attachment below.)

PROSPERO International prospective register of systematic reviews



The preliminary search began in February, without language limitations. Searches will be conducted in PubMed, Cochrane Library, SciELO, LILACS, EMBASE and Web of Science databases.

18. * Condition or domain being studied.

Give a short description of the disease, condition or healthcare domain being studied in your systematic review.

The cardiac autonomic modulation, attained from heart rate variability (HRV), representing an important indicator of autonomic nervous system adaptation and its physiological challenges. Various interventions can improve HRV parameters, but regular physical exercise practice with effects on body weight reduction, HRV and other cardiometabolic health markers gets highlighted. However, there's little information about multiple exercise modalities on HRV of children and adolescents with overweight.

20. * Intervention(s), exposure(s).

Give full and clear descriptions or definitions of the interventions or the exposures to be reviewed. The preferred format includes details of both inclusion and exclusion criteria.

Aerobic and/or anaerobic intervention (training, school-based activity or sports) with a minimum of 4 weeks, independent of weekly frequency, with detailed information on volume, intensity, and duration of program.

22. * Types of study to be included.

Give details of the study designs (e.g. RCT) that are eligible for inclusion in the review. The preferred format includes both inclusion and exclusion criteria. If there are no restrictions on the types of study, this should be stated.

Clinical trials (randomized or quasi-random), cohort or cross-sectional studies. Exclusion criteria will be review and meta-analysis studies.

24. * Main outcome(s).

Give the pre-specified main (most important) outcomes of the review, including details of how the outcome is defined and measured and when these measurement are made, if these are part of the review inclusion criteria.

Instruments that evaluate one or more valid and standardized cardiac autonomic modulation outcomes, such as heart rate variability (HRV) validated measures. Electrocardiogram machines and heart rate monitors of various brands (e.g. Polar) will be included. The main measures of HRV are divided into 3 domains. The time domain includes millisecond measures: Standard Deviation of all NN Intervals (SDNN); Square Root of the Mean of the Sum of Differences in NN intervals (RMSSD); Percentage Difference Between Adjacent NN Intervals 50ms (pNN50); and Standard deviation of the average NN intervals (SDANN). The frequency domain is presented in Hertz and/or normalized units (n.u.): Total variance; Sum of all spectral bands; Low Frequency (0.04 – 0.15Hz); High Frequency (0.15 – 0.40Hz); Very Low Frequency; Ultra Low Frequency; and Low/High Frequency Ratio. Non-linear measurements, such as Area of the ellipse which represents total HRV (S), Poincaré plot standard deviation perpendicular to the line of identity (SD1), Poincaré plot along the

PROSPERO
International prospective register of systematic reviews



line of identity (SD2) in milliseconds; Ratio of SD1-to-SD2 as a percentage. ApEn, SampEn, Detrended fluctuation analysis, and Correlation dimension will also be included. All positions for recording the individual's HRV (supine, sitting, or standing) will be included, as well as overnight recording of HRV.

Not applicable

26. * Data extraction (selection and coding).

Describe how studies will be selected for inclusion. State what data will be extracted or obtained. State how this will be done and recorded.

The PRISMA checklist will be consulted. First, all search results will be computed and assessed by two independent authors, who will select the records to be included, and in case of a tie, a third author will be invited to assist in the decision to include or exclude the paper. The duplicates will be excluded with EndNote or RevMan software. The following information will be extracted from each study by two independent researchers: (1) Name of the first author, year and journal of publication; (2) Number of sample individuals in each group; (3) Country where trial was conducted; (4) Weight status and values, if provided; (5) Mean and standard deviation of age; (6) Volume, intensity, frequency of sessions and duration of intervention; (7) Exercise types (aerobic or anaerobic) and activities provided (sports or school-based physical education); (8) Number or percentage of individuals that completed the minimum frequency of participation to be included in the statistical analysis; (9) Results reported for heart rate variability comparing between groups or same sample baseline versus post-intervention data; (10) How intensity was measured and justified; (11) and Adverse events.

28. * Strategy for data synthesis.

Describe the methods you plan to use to synthesise data. This but should be and describe how the proposed approach will be applied to your data. If meta-analysis is planned, describe the models to be used, methods to explore statistical heterogeneity, and software package to be used.

The data will be extracted following the PRISMA checklist and search results will be demonstrated with a flow diagram. Information will be tabulated and grouped into: (1) Author's name, journal and year of publication; (2) Sample characteristics; (3) Intervention type, intensity, frequency, and duration; (4) Heart rate variability assessment, variables and values in mean $\pm$ standard deviation; (5) Main results after the end of the intervention period. (6) Risk of bias assessment results.

30. * Type and method of review.

Select the type of review, review method and health area from the lists below.

Type of review

Cost effectiveness

No

Diagnostic

PROSPERO
International prospective register of systematic reviews



No

Epidemiologic

No

Individual patient data (IPD) meta-analysis

No

Intervention

No

Living systematic review

No

Meta-analysis

Yes

Methodology

No

Narrative synthesis

No

Network meta-analysis

No

Pre-clinical

No

Prevention

No

Prognostic

No

Prospective meta-analysis (PMA)

No

Review of reviews

No

Service delivery

No

Synthesis of qualitative studies

No

Systematic review

Yes

Other

No

PROSPERO
International prospective register of systematic reviews



Health area of the review

Alcohol/substance misuse/abuse

No

Blood and immune system

No

Cancer

No

Cardiovascular

Yes

Care of the elderly

No

Child health

Yes

Complementary therapies

No

COVID-19

No

Crime and justice

No

Dental

No

Digestive system

No

Ear, nose and throat

No

Education

No

Endocrine and metabolic disorders

No

Eye disorders

No

General interest

No

Genetics

No

Health inequalities/health equity

PROSPERO
International prospective register of systematic reviews



No

Infections and infestations

No

International development

No

Mental health and behavioural conditions

No

Musculoskeletal

No

Neurological

No

Nursing

No

Obstetrics and gynaecology

No

Oral health

No

Palliative care

No

Perioperative care

No

Physiotherapy

No

Pregnancy and childbirth

No

Public health (including social determinants of health)

No

Rehabilitation

No

Respiratory disorders

No

Service delivery

No

Skin disorders

No

Social care

PROSPERO
International prospective register of systematic reviews



No

Surgery

No

Tropical Medicine

No

Urological

No

Wounds, injuries and accidents

No

Violence and abuse

No

32. * Country.

Select the country in which the review is being carried out. For multi-national collaborations select all the countries involved.

34. Reference and/or URL for published protocol.

If the protocol for this review is published provide details (authors, title and journal details, preferably in Vancouver format)

Add web link to the published protocol.

Or, upload your published protocol here in pdf format. Note that the upload will be publicly accessible.

No I do not make this file publicly available until the review is complete

Please note that the information required in the PROSPERO registration form must be completed in full even if access to a protocol is given.

36. Keywords.

Give words or phrases that best describe the review. Separate keywords with a semicolon or new line. Keywords help PROSPERO users find your review (keywords do not appear in the public record but are included in searches). Be as specific and precise as possible. Avoid acronyms and abbreviations unless these are in wide use.

37. Details of any existing review of the same topic by the same authors.

If you are registering an update of an existing review give details of the earlier versions and include a full bibliographic reference, if available.

PROSPERO
International prospective register of systematic reviews



38. * Current review status.

Update review status when the review is completed and when it is published. New registrations must be ongoing so this field is not editable for initial submission.

Please provide anticipated publication date

Review_Ongoing

40. Details of final report/publication(s) or preprints if available.

Leave empty until publication details are available OR you have a link to a preprint (NOTE: this field is not editable for initial submission). List authors, title and journal details preferably in Vancouver format.

Give the link to the published review or preprint.

APÊNDICE 2. Estratégias de busca na íntegra.

CINAHL: Pesquisa ampla em inglês.

children or adolescent or adolescents or youth or child or teenager or teen or pediatric or paediatric

AND

obesity or overweight or obese

AND

exercise or physical activity or resistance training or aerobic training or anaerobic training or physical training or training or sport or sports or physical education or psychomotor performance

autonomic cardiac function or autonomic cardiac dysfunction or heart rate variability or hrv or heart rate variation or heart rate period or vagal tone or vagal activity or autonomic nervous system or cardiac autonomic modulation or sympathovagal balance or spectral analysis or rr interval or r-r interval or nn interval or n-n interval

COCHRANE: Pesquisa ampla em inglês com termos MeSH.

- 1- MeSH descriptor: [Child] explode all trees
- 2- MeSH descriptor: [Adolescent] explode all trees
- 3- (child* or adolescent* or youth* or pediatric NEXT ("obesity" or "overweight")) or child NEXT ("obesity" or "overweight"))
- 4- #1 OR #2 OR #3
- 5- MeSH descriptor: [Overweight] explode all trees
- 6- MeSH descriptor: [Obesity] explode all trees
- 7- #5 OR #6
- 8- MeSH descriptor: [Sports] explode all trees
- 9- MeSH descriptor: [Exercise] explode all trees
- 10- MeSH descriptor: [Physical Education and Training] explode all trees
- 11- (aerobic* NEXT (exercise* or training*) or anaerobic* NEXT (exercise* or training*) or physical* NEXT (training* or class* or exercise* or fitness* or education* or program*))
- 12- #8 OR #9 OR #10 OR #11
- 13- MeSH descriptor: [Heart Rate] explode all trees
- 14- MeSH descriptor: [Autonomic Nervous System] explode all trees
- 15- ("heart rate variability" or "cardiovascular" or cardiac* NEXT ("autonomic modulation" or control* or adaptation* or response* or health*) or autonomic* NEXT (dysfunction* or system* or control* or adaptation* or modulation* or "nervous system") or vagal* NEXT (balance* or control* or modulation*))
- 16- #13 OR #14 OR #15
- 17- #4 AND #7 AND #12 AND #16

EMBASE: Pesquisa ampla utilizando termos EMTREE (similar ao MeSH).

(child)/exp OR ((childhood)/exp) OR ((adolescent)/exp) OR ((adolescence)/exp) AND ((obesity)/exp) AND (('physical activity, capacity' and performance)/exp) OR (('physical education')/exp) AND (('heart rate variability')/exp)

LILACS: Pesquisa termos em português campo “palavras”.

infância OR Adolescenc\$ OR jove\$ AND (obeso OR obesos OR obesa OR obesas OR sobrepeso) esporte\$ OR exercício\$ OR treinamento\$ OR “educação física” “Variabilidade da frequência cardíaca” OR “tônus vagal” OR “sistema nervoso autônomo” OR disfunç\$ AND (cardíaca OR cardíacas OR autonômica OR autônoma OR vagal)

MEDLINE: Pesquisa avançada em inglês com termos gerais e MeSH.

((((((((Adolescent[MeSH Terms]) OR (child[MeSH Terms])) OR (Adolescen*[Title/Abstract])) OR (Teen*[Title/Abstract])) OR (Youth*[Title/Abstract])) OR (child*[Title/Abstract])) AND (((((Overweight[MeSH Terms]) OR (Overweight[Title/Abstract])) OR (Obes*[Title/Abstract]) OR (Obesity[MeSH Terms])))) AND (('physical training'[Title/Abstract] OR "muscle training"[Title/Abstract] OR "physical activit*" [Title/Abstract] OR "exercise*" [Title/Abstract] OR "sport*" [Title/Abstract] OR "HIIT"[Title/Abstract] OR "psychomotor performance"[MeSH Terms] OR "physical education and training"[MeSH Terms] OR "exercise"[MeSH Terms] OR "sports"[MeSH Terms]))) AND (((((((((Heart Rate[MeSH Terms]) OR (Autonomic Nervous System[MeSH Terms])) OR (Heart Rate[Title/Abstract])) OR (Autonomic Modulation[Title/Abstract])) OR (Vagal activit*[Title/Abstract])) OR (Autonomic Nervous System*[Title/Abstract])) OR (R-R interval*[Title/Abstract])) OR (RR interval*[Title/Abstract]))

SCIELO: Pesquisa ampla em inglês.

Overweight) OR (obesity) OR (“p\$ediatric obesity”) OR (childhood) OR (children) OR (adolescent*) OR (adolescence) OR (Youth) AND (Sport*) OR (exercise*) OR (“physical education”) OR (training) AND (“heart rate variability”) OR (“cardiac autonomic function”) OR (“cardiac autonomic modulation”) OR (“autonomic nervous system”) OR (“Heart rate period”)

SCOPUS: Pesquisa com ênfase nos campos title, abstract e keyword

Child OR Adolescenc* OR youthSport* OR exercise* OR training OR “physical education” “pediatric obesity” OR “paediatric obesity” OR obesity OR overweight Sport* OR exercise* OR "physical training" OR “physical education” “heart rate variability” OR “heart rate period” OR “vagal tone” OR “autonomic nervous system” OR “cardiac autonomic dysfunction” OR “cardiac autonomic modulation”

SPORTDISCUS: Pesquisa avançada na base EBSCO com termos gerais e MeSH.

children or adolescent or adolescents or youth or child or teenager or teen or pediatric or paediatric

AND

obesity or overweight or obese

AND

exercise or physical activity or resistance training or aerobic training or anaerobic training or physical training or training or sport or sports or physical education or psychomotor performance

AND

autonomic cardiac function or autonomic cardiac dysfunction or heart rate variability or hrv or heart rate variation or heart rate period or vagal tone or vagal activity or autonomic nervous system or cardiac autonomic modulation or sympathovagal balance or spectral analysis or rr interval or r-r interval or nn interval or n-n interval

WEB OF SCIENCE: Pesquisa ampla em All Fields

((ALL=(child* OR adolescen*OR youth OR pediatric OR paediatric)) AND ALL=(obesity OR obese OR overweight)) AND ALL=(physical exercise OR exercise* OR physical education OR training OR physical training OR sport*)) AND ALL=(heart rate variability OR heart rate period OR cardiac autonomic modulation OR cardiac autonomic function OR vagal tonus OR sympathovagal balance OR spectral analysis OR vagal activit* OR cardiac autonomic activity)

Certainty assessment							Nº de pacientes		Efeito		Certainty	Importância
Nº dos estudos	Delineamento do estudo	Risco de viés	Inconsistência	Evidência indireta	Imprecisão	Outras considerações	[Experimental]	[Control]	Relativo (95% CI)	Absoluto (95% CI)		
2	estudo observacional	graves	não grave	não grave	não grave	todos os potenciais fatores de confusão reduziram o efeito demonstrado	36	36	-	0 -0,64 (1.11 menor para 0.16 menor)	 Baixa	CRÍTICO

Low Frequency (avaliado com: ECG / cardiofrequencímetro)

2	estudo observacional	graves	não grave	não grave	não grave	todos os potenciais fatores de confusão reduziram o efeito demonstrado	36	36	-	0 -0,42 (0.88 menor para 0.05 mais alto)	 Baixa	IMPORTANTE
---	----------------------	--------	-----------	-----------	-----------	--	----	----	---	--	--	------------

CI: Confidence interval

Explanations

a. RoB2= 1 High risk, 2 some concerns, 1 low risk of bias

b. $I^2 = 79\%$

c. 3 estudos avaliam adolescentes obesos e 1 crianças obesas. Tratamento dos parâmetros da VFC difere em todos os estudos.

d. $i^2 = 92\%$

e. RoB2= 2 estudos some concerns e 1 estudo high risk of bias

f. Estudos com faixa etária e classificação etária diferem

g. RoB2= todos estudos some concerns

h. $I^2 = 61\%$

11. ANEXOS

Anexo 1. Recorte da tabela dos domínios de viés e tabela de interpretação do risco de viés da ferramenta Rob2

Bias domain	Source of bias	Support for judgment	Review authors' judgment (assess as low, unclear or high risk of bias)
Selection bias	Random sequence generation	Describe the method used to generate the allocation sequence in sufficient detail to allow an assessment of whether it should produce comparable groups	Selection bias (biased allocation to interventions) due to inadequate generation of a randomised sequence
	Allocation concealment	Describe the method used to conceal the allocation sequence in sufficient detail to determine whether intervention allocations could have been foreseen before or during enrolment	Selection bias (biased allocation to interventions) due to inadequate concealment of allocations before assignment
Performance bias	Blinding of participants and personnel*	Describe all measures used, if any, to blind trial participants and researchers from knowledge of which intervention a participant received. Provide any information relating to whether the intended blinding was effective	Performance bias due to knowledge of the allocated interventions by participants and personnel during the study
Detection bias	Blinding of outcome assessment*	Describe all measures used, if any, to blind outcome assessment from knowledge of which intervention a participant received. Provide any information relating to whether the intended blinding was effective	Detection bias due to knowledge of the allocated interventions by outcome assessment
Attrition bias	Incomplete outcome data*	Describe the completeness of outcome data for each main outcome, including attrition and exclusions from the analysis. State whether attrition and exclusions were reported, the numbers in each intervention group (compared with total randomised participants), reasons for attrition or exclusions where reported, and any reinclusions in analyses for the review	Attrition bias due to amount, nature, or handling of incomplete outcome data
Reporting bias	Selective reporting	State how selective outcome reporting was examined and what was found	Reporting bias due to selective outcome reporting
Other bias	Anything else, ideally prespecified	State any important concerns about bias not covered in the other domains in the tool	Bias due to problems not covered elsewhere

*Assessments should be made for each main outcome or class of outcomes.

Risk of bias	Interpretation	Within a trial	Across trials
Low risk of bias	Bias, if present, is unlikely to alter the results seriously	Low risk of bias for all key domains	Most information is from trials at low risk of bias
Unclear risk of bias	A risk of bias that raises some doubt about the results	Low or unclear risk of bias for all key domains	Most information is from trials at low or unclear risk of bias
High risk of bias	Bias may alter the results seriously	High risk of bias for one or more key domains	The proportion of information from trials at high risk of bias is sufficient to affect the interpretation of results

Anexo 2. Texto integral dos tópicos da ferramenta *Newcastle-Ottawa Scale* para cada tipo de estudo.

CODING MANUAL FOR CASE-CONTROL STUDIES

SELECTION

1) Is the Case Definition Adequate?

- a) Requires some independent validation (e.g. >1 person/record/time/process to extract information, or reference to primary record source such as x-rays or medical/hospital records)
- b) Record linkage (e.g. ICD codes in database) or self-report with no reference to primary record
- c) No description

2) Representativeness of the Cases

- a) All eligible cases with outcome of interest over a defined period of time, all cases in a defined catchment area, all cases in a defined hospital or clinic, group of hospitals, health maintenance organisation, or an appropriate sample of those cases (e.g. random sample)
- b) Not satisfying requirements in part (a), or not stated.

3) Selection of Controls

This item assesses whether the control series used in the study is derived from the same population as the cases and essentially would have been cases had the outcome been present.

- a) Community controls (i.e. same community as cases and would be cases if had outcome)
- b) Hospital controls, within same community as cases (i.e. not another city) but derived from a hospitalised population
- c) No description

4) Definition of Controls

- a) If cases are first occurrence of outcome, then it must explicitly state that controls have no history of this outcome. If cases have new (not necessarily first) occurrence of outcome, then controls with previous occurrences of outcome of interest should not be excluded.
- b) No mention of history of outcome

COMPARABILITY

1) Comparability of Cases and Controls on the Basis of the Design or Analysis

A maximum of 2 stars can be allotted in this category

Either cases and controls must be matched in the design and/or confounders must be adjusted for in the analysis. Statements of no differences between groups or that differences were not statistically significant are not sufficient for establishing comparability. Note: If the odds ratio for the exposure of interest is adjusted for the confounders listed, then the groups will be considered to be comparable on each variable used in the adjustment.

There may be multiple ratings for this item for different categories of exposure (e.g. ever vs. never, current vs. previous or never)

Age = *

Other controlled factors = *

EXPOSURE

1) Ascertainment of Exposure

Allocation of stars as per rating sheet

2) Non-Response Rate

Allocation of stars as per rating sheet

CODING MANUAL FOR COHORT STUDIES***SELECTION*****1) Representativeness of the Exposed Cohort**

Item is assessing the representativeness of exposed individuals in the community, not the representativeness of the sample of women from some general population. For example, subjects derived from groups likely to contain middle class, better educated, health oriented women are likely to be representative of postmenopausal estrogen users while they are not representative of all women (e.g. members of a health maintenance organisation (HMO) will be a representative sample of estrogen users.

While the HMO may have an under-representation of ethnic groups, the poor, and poorly educated, these excluded groups are not the predominant users of estrogen).

Allocation of stars as per rating sheet

2) Selection of the Non-Exposed Cohort

Allocation of stars as per rating sheet

3) Ascertainment of Exposure

Allocation of stars as per rating sheet

4) Demonstration That Outcome of Interest Was Not Present at Start of Study

In the case of mortality studies, outcome of interest is still the presence of a disease/ incident, rather than death. That is to say that a statement of no history of disease or incident earns a star.

COMPARABILITY**1) Comparability of Cohorts on the Basis of the Design or Analysis**

A maximum of 2 stars can be allotted in this category

Either exposed and non-exposed individuals must be matched in the design and/or confounders must be adjusted for in the analysis. Statements of no differences between groups or that differences were not statistically significant are not sufficient for establishing comparability. Note: If the relative risk for the exposure of interest is adjusted for the confounders listed, then the groups will be considered to be comparable on each variable used in the adjustment.

There may be multiple ratings for this item for different categories of exposure (e.g. ever vs. never, current vs. previous or never)

Age = *

Other controlled factors = *

OUTCOME**1) Assessment of Outcome**

For some outcomes (e.g. fractured hip), reference to the medical record is sufficient to satisfy the requirement for confirmation of the fracture. This would not be adequate for vertebral fracture outcomes where reference to x-rays would be required.

- a) Independent or blind assessment stated in the paper, or confirmation of the outcome by reference to secure records (x-rays, medical records, etc.)
- b) Record linkage (e.g. identified through ICD codes on database records)
- c) Self-report (i.e. no reference to original medical records or x-rays to confirm the outcome)
- d) No description.

2) Was Follow-Up Long Enough for Outcomes to Occur

An acceptable length of time should be decided before quality assessment begins (e.g. 5 yrs. for exposure to breast implants)

3) Adequacy of Follow Up of Cohorts

This item assesses the follow-up of the exposed and non-exposed cohorts to ensure that losses are not related to either the exposure or the outcome.

Allocation of stars as per rating sheet.

Anexo 4. Texto integral da ferramenta *Newcastle-Ottawa Scale*

NEWCASTLE - OTTAWA QUALITY ASSESSMENT SCALE CASE CONTROL STUDIES

Note: A study can be awarded a maximum of one star for each numbered item within the Selection and Exposure categories. A maximum of two stars can be given for Comparability.

Selection

- 1) Is the case definition adequate?
 - a) yes, with independent validation [—]
 - b) yes, eg record linkage or based on self reports
 - c) no description
- 2) Representativeness of the cases
 - a) consecutive or obviously representative series of cases [—]
 - b) potential for selection biases or not stated
- 3) Selection of Controls
 - a) community controls [—]
 - b) hospital controls
 - c) no description
- 4) Definition of Controls
 - a) no history of disease (endpoint) [—]
 - b) no description of source

Comparability

- 1) Comparability of cases and controls on the basis of the design or analysis
 - a) study controls for _____ (Select the most important factor.) [—]
 - b) study controls for any additional factor [—] (This criteria could be modified to indicate specific control for a second important factor.)

Exposure

- 1) Ascertainment of exposure
 - a) secure record (eg surgical records) [—]
 - b) structured interview where blind to case/control status [—]
 - c) interview not blinded to case/control status
 - d) written self report or medical record only
 - e) no description
- 2) Same method of ascertainment for cases and controls
 - a) yes [—]
 - b) no
- 3) Non-Response rate
 - a) same rate for both groups [—]
 - b) non respondents described
 - c) rate different and no designation

NEWCASTLE - OTTAWA QUALITY ASSESSMENT SCALE COHORT STUDIES

Note: A study can be awarded a maximum of one star for each numbered item within the Selection and Outcome categories. A maximum of two stars can be given for Comparability

Selection

- 1) Representativeness of the exposed cohort
 - a) truly representative of the average _____ (describe) in the community ⁻
 - b) somewhat representative of the average _____ in the community ⁻
 - c) selected group of users eg nurses, volunteers
 - d) no description of the derivation of the cohort
- 2) Selection of the non exposed cohort
 - a) drawn from the same community as the exposed cohort ⁻
 - b) drawn from a different source
 - c) no description of the derivation of the non exposed cohort
- 3) Ascertainment of exposure
 - a) secure record (eg surgical records) ⁻
 - b) structured interview ⁻
 - c) written self report
 - d) no description
- 4) Demonstration that outcome of interest was not present at start of study
 - a) yes ⁻
 - b) no

Comparability

- 1) Comparability of cohorts on the basis of the design or analysis
 - a) study controls for _____ (select the most important factor) ⁻
 - b) study controls for any additional factor ⁻ (This criteria could be modified to indicate specific control for a second important factor.)

Outcome

- 1) Assessment of outcome
 - a) independent blind assessment ⁻
 - b) record linkage ⁻
 - c) self report
 - d) no description
- 2) Was follow-up long enough for outcomes to occur
 - a) yes (select an adequate follow up period for outcome of interest) ⁻
 - b) no
- 3) Adequacy of follow up of cohorts
 - a) complete follow up - all subjects accounted for ⁻
 - b) subjects lost to follow up unlikely to introduce bias - small number lost - > ____ % (select an adequate %) follow up, or description provided of those lost) ⁻
 - c) follow up rate < ____ % (select an adequate %) and no description of those lost
 - d) no statement