

Modulação autonômica cardíaca de adultos de meia idade saudáveis e de pré-adolescentes obesos, durante a realização de exercício dinâmico incremental – Protocolo Piloto*

Cardiac autonomic modulation of healthy middle-aged adults and obese preadolescents, during incremental dynamic exercise – Pilot Protocol

Giovanna Thomé Streicher Souza¹, Mariana Gonzalez Gonçalves²,
Mario Augusto Paschoal³

Souza GTS, Gonçalves MG, Paschoal MA. Modulação autonômica cardíaca de adultos de meia idade saudáveis e de pré-adolescentes obesos, durante a realização de exercício dinâmico incremental – Protocolo Piloto / *Cardiac autonomic modulation of healthy middle-aged adults and obese preadolescents, during incremental dynamic exercise – Pilot Protocol*. Rev Med (São Paulo). 2023 nov.-dez.;102(6):e-182503.

RESUMO: Contextualização: A obesidade na pré-adolescência e o processo natural de envelhecimento são fatores que podem interferir nos ajustes autonômicos cardíacos durante a realização e recuperação de exercícios físicos. **Objetivo:** Investigar qual dos dois fatores causa maior prejuízo à modulação autonômica cardíaca (MAC) nessas condições. **Métodos:** Foram estudados dez indivíduos de meia idade saudáveis (IMI) com média de idade de 45±5anos e cinco pré-adolescentes obesos (PAO) com idade média de 10,5±1,5 anos que se submeteram a um protocolo de exercício dinâmico submáximo incremental (EDSI), feito em esteira rolante. Devido à diferença de estatura, os PAO iniciaram o protocolo a uma velocidade de 4,0km/h e os IMI a 4,5km/h. As velocidades tiveram incrementos de 0,5km/h a cada estágio de 3min até que o voluntário atingisse a sua FC submáxima ($FC_{submax} = 195 - idade$) ou o nível 13 do índice de percepção de esforço de Borg. Ao final do esforço, o voluntário andava 1 minuto na velocidade inicial do protocolo e se deitava por 5min. Os batimentos cardíacos registrados foram interpretados por um *software* que permitiu a análise da MAC por meio da interpretação da variabilidade da frequência cardíaca (VFC). A análise dos dados se restringiu à estatística descritiva, devido ao baixo número de voluntários estudados. **Resultados:** ambos os grupos apresentaram efetivo aumento do tônus simpático durante o esforço, apesar de os PAO terem atingido maiores valores de FC nas velocidades relativas. Durante a fase de recuperação pós-esforço o índice pNN50, que expressa a modulação parassimpática cardíaca, foi maior para os PAO (média de 2,24 – IMI e 8,34 - PAO), sendo o fator responsável pela maior redução da FC pós-esforço. **Conclusão:** o processo natural de envelhecimento parece ser um fator mais impactante para os ajustes autonômicos cardíacos, principalmente durante a recuperação pós-esforço, do que a obesidade na pré-adolescência.

PALAVRAS-CHAVE: Sistema nervoso autônomo; Variabilidade da frequência cardíaca; Envelhecimento; Obesidade.

ABSTRACT: Background: Obesity in pre-adolescence and the natural process of aging are factors that can interfere in the mechanisms of cardiac autonomic adjustments during physical exercise and the practice and recovery. **Objective:** To investigate which of the two factors causes the greatest damage to cardiac autonomic modulation (CAM) during and recovery after exercise. **Methods:** Ten healthy middle aged (HMA) individuals with a mean age of 45 ± 5 years and five obese pre-adolescents (OPA) with a mean age of 10.5 ± 1.5 years who underwent a protocol of study were studied during dynamic submaximal incremental exercise (DSIE), performed on a treadmill. Due to the difference in height, the OPA started the protocol at a speed of 4.0 km/h and the HMA at 4.5 km/h. The speeds had increments of 0.5 km/h at each 3-minute stage until the volunteer reached his submaximal HR ($HR_{submax} = 195 - age$) or level 13 of the Borg effort perception index. At the end of the effort, the volunteer walked for 1 minute at the initial speed of the protocol and lay down for 5min. The registered heartbeat was interpreted by software that takes the analysis of CAM through the interpretation of heart rate variability (HRV). The data analysis was restricted to descriptive statistics, due to the low number of volunteers studied. **Results:** both groups activated properly the sympathetic tone during the effort, although the OPA reached higher HR values in the relative speeds. During post-exercise recovery phase the pNN50, index that represents the cardiac parasympathetic modulation, was higher for OPA (mean of 2.24 - HMA and 8.34 - OPA), being the factor responsible for the greatest reduction in HR post-effort. **Conclusion:** the natural aging process seems to be a more impacting factor for cardiac autonomic adjustments, especially during the post-effort phase, than obesity in pre-adolescence.

KEYWORDS: Autonomic nervous system; Heart rate variability; Natural aging; Obesity.

* Trabalho de Iniciação Científica realizado nos anos de 2018 a 2019. Trabalho apresentando no XVII Pré Congresso Médico Acadêmico Samuel Pessoa, data 17 de Outubro de 2019, Campinas-Brasil.

1. Médica, Faculdade de Medicina, Centro de Ciências da Vida, PUC-Campinas. Brasil. <https://orcid.org/0000-0003-3993-1235>. giovanna.streicher@gmail.com
2. Fisioterapeuta, Faculdade de Fisioterapia, Centro de Ciências da Vida, PUC-Campinas. Brasil. <https://orcid.org/0000-0001-8781-8830>. marigg0808@gmail.com
3. Ex-Professor Doutor da Faculdade de Fisioterapia, Centro de Ciências da Vida, PUC Campinas. Av Jonh Boyd Dunlop, s/n, Jardim Ipaussurama. <https://orcid.org/0000-0002-5816-0256>. mapascka@gmail.com

Endereço para correspondência: Giovanna Thomé Streicher Souza. Rua Jaguaribe, 584. Bairro: Vila Buarque – São Paulo – SP. CEP 01224-002. Email: giovanna.streicher@gmail.com

INTRODUÇÃO

O sistema cardiovascular tem uma função essencial no controle de várias funções orgânicas que resultam na preservação da homeostasia. Todas as situações que tendem a promover o desequilíbrio interno provocam, portanto, uma cascata de reações que, no sistema cardiovascular, resultam em modificações da frequência cardíaca (FC), pressão arterial (PA) e resistência vascular periférica, com reflexos sobre o débito cardíaco^{1,2}.

Essas modificações ou respostas metabólicas, documentadas ao repouso, são amplamente diferentes daquelas observadas durante a realização de exercícios físicos, situação esta, reconhecida como o maior estresse a que pode estar submetido o organismo humano e, por consequência, o sistema cardiovascular³. Entretanto, todas elas são comandadas pelo sistema nervoso autônomo (SNA) e podem ser avaliadas ou quantificadas por meio da análise da variabilidade da frequência cardíaca (VFC).

Os estudos⁴⁻⁹ têm mostrado que algumas condições, tais como a obesidade sociogênica, muito presentes na sociedade moderna e o envelhecimento¹⁰, podem ser causadoras de alterações clínicas e subclínicas na modulação autonômica do coração (MAC) podendo interferir na capacidade de realização dos finos ajustes necessários à preservação do estado homeostático (quando em repouso) e do chamado estado estável (ajustes cardiovasculares quando a pessoa se encontra fazendo exercícios físicos).

Em estudos conduzidos em crianças e pré-adolescentes, foram documentadas diminuição da atividade simpática como da parassimpática cardíaca¹¹⁻¹³, aumento do tônus simpático⁷, e diminuição da ação protetora do sistema nervoso parassimpático cardíaco^{14,15} associada ou não à ampliação da ação do tônus simpático¹⁶.

Com relação ao processo natural de envelhecimento, também são encontradas alterações da MAC, principalmente aquelas relacionadas à atividade barorreflexa¹⁷. Também se documentou nessa condição biológica, a redução da ação parassimpática e simpática do coração¹⁷⁻¹⁹, sendo essas alterações, importantes marcadores de maior ou menor longevidade. Outros estudos relacionaram alterações da MAC a todas as causas de mortalidade e eventos com morte súbita como as provocadas por síncope cardíacas²⁰.

Apesar de todos esses estudos constata-se que são escassas as análises da MAC por meio da análise da variabilidade da frequência cardíaca (VFC)²¹, durante e após a realização de exercícios físicos, impedindo que se saiba qual das duas condições, a obesidade na pré-adolescência ou o envelhecimento natural, poderia causar maiores transtornos à MAC.

Em suma, a partir das argumentações acima, a proposta do presente estudo foi a de comparar a MAC de pré-adolescentes obesos com a de indivíduos de meia idade saudáveis durante a realização de exercícios a fim de se poder concluir qual das duas condições, a obesidade na pré-adolescência ou o envelhecimento natural, teria maior impacto sobre os ajustes cardiovasculares modulados pelo

sistema nervoso autônomo desses dois grupos de indivíduos.

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisas Envolvendo Seres Humanos do Centro de Ciências da Vida da Pontifícia Universidade Católica de Campinas pelo protocolo de número 2.251.389.

1. Indivíduos estudados

Foram estudados 10 IMI supostamente saudáveis com idades entre 40 e 50 anos e 5 PAO com idades entre 9 e 12 anos, de ambos os sexos. Os indivíduos de meia idade foram selecionados aleatoriamente entre funcionários do Campus universitário e parentes de acadêmicos que atenderam aos critérios de pré-seleção e de inclusão.

Os pré-adolescentes obesos foram selecionados em dois locais:

a) uma escola pública da região noroeste de Campinas, que é mais próxima ao Campus Universitário e por já existir boa relação com essa escola proveniente de outros trabalhos realizados pelo grupo;

b) serviço de endocrinologia pediátrica da Faculdade de Medicina da PUC-Campinas. Também já foram mantidos contatos anteriores com esse serviço, em outros estudos realizados com crianças e pré-adolescentes obesos e obesos mórbidos.

2. Atividades realizadas segundo o cronograma geral

a) Seleção dos Voluntários

Ocorreu de acordo com os critérios de inclusão preestabelecidos. Portanto, seguem abaixo os critérios de inclusão e exclusão.

Critérios de Inclusão – indivíduos de meia idade (IMI)

Os adultos de meia idade deveriam ter entre 40 e 50 anos de idade e não poderiam ser obesos – IMC deveria estar entre 20 e 30.

Só poderiam participar aqueles voluntários que no exame clínico não mostrassem alterações.

Todos deveriam ser sedentários ou estar sem fazer exercícios regularmente há pelo menos seis meses.

Observação: as mulheres participantes que não estivessem no climatério, deveriam informar o período do ciclo menstrual para que esse fato não interferisse no dia da coleta de dados. Nesse caso, os dados foram coletados no mínimo três dias após a menstruação.

Critérios de Exclusão – indivíduos de meia idade (IMI)

Não poderiam participar do estudo IMI que estivessem fazendo uso de medicação que interferisse nos dados a serem coletados.

Não poderiam ser tabagistas (no caso de serem ex-tabagistas, deveriam informar a quanto tempo cessaram esse hábito, podendo participar quando o tempo fosse superior a seis meses).

Não poderiam participar indivíduos que apresentassem IMC superior a 30.

Somente poderiam participar do estudo aqueles voluntários que concordaram em assinar o termo de consentimento que lhes foi apresentado.

Crítérios de Inclusão – pré-adolescentes obesos

Deveriam ter idades entre 9 e 12 anos e o índice de massa corpórea (IMC) deveriam estar alocados entre os percentis 95 e 97 do *National Center for Health Statistics*²².

Todos deveriam ser sedentários.

Somente poderiam participar do estudo aqueles cujos pais ou responsáveis assinassem o termo de consentimento que lhes foi apresentado.

Crítérios de Exclusão - pré-adolescentes obesos (PAO)

Os PAO não poderiam apresentar doença metabólica como responsável pela obesidade encontrada, nem alterações clínicas detectadas durante a ausculta cardíaca e pulmonar.

Os PAO não poderiam estar fazendo uso de qualquer medicação que pudesse interferir nos dados que serão coletados.

b) Avaliação antropométrica

Após receber a devida orientação sobre os procedimentos que seriam realizados, o voluntário leu o termo de consentimento livre e esclarecido e o assinou, concordando com a participação da mesma.

A avaliação antropométrica foi constituída da medição de peso e estatura visando o cálculo do IMC. Os voluntários foram posicionados, sem calçados, na balança Filizola® pré-calibrada, contendo unidades de 100 gramas, para a obtenção do peso corporal. Neste mesmo aparelho, por meio de uma haste metálica com valor escalar unitário em centímetros (cm) o voluntário se posicionou em posição bípede de costas para a haste metálica e o avaliador registrou sua estatura. Também, foram registrados os índices cintura-quadril (ICQ) dos voluntários, a partir do uso de fita antropométrica flexível, estando o voluntário em posição bípede com as pernas afastadas 15 cm uma das outras e os braços relaxados ao lado do corpo.

c) Avaliação clínica

Inicialmente, antes da execução dessa etapa, confirmava-se que o voluntário havia seguido as orientações de não ter ingerido chá, refrigerante de cola, café, chocolate e guaraná no dia do registro e ter tido uma boa noite de sono.

Essa avaliação constou com uma breve anamnese, um registro da frequência cardíaca (FC) e da pressão arterial (PA) e ausculta cardíaca e pulmonar, segundo as técnicas amplamente descritas na literatura.

d) Protocolo de exercício dinâmico submáximo incremental (EDSI)

Os voluntários com os dados clínicos normais foram conduzidos à sala de ergometria para a realização do protocolo de esforço, conforme relatado abaixo. Chegando nessa sala o teste foi calmamente explicado e foram dadas informações de que, em qualquer momento que o voluntário necessitasse, o protocolo seria prontamente interrompido.

O protocolo de EDSI foi realizado em uma esteira rolante (Super ATL - Inbrasport® - Porto Alegre - Brasil) na Clínica de Fisioterapia da PUC Campinas. Os pré-adolescentes, por terem menor estatura, iniciaram a atividade a uma velocidade de 4,0km/h enquanto que os indivíduos de meia idade iniciaram o protocolo em 4,5km/h. A velocidade permaneceu a mesma durante 3min quando, então, era elevada em 0,5km/h.

Essa sistemática de elevação de 0,5km/h pelo tempo de 3min em cada estágio do protocolo continuou até que fosse atingida a FC submáxima predita ($FC_{\text{submax}} = 195 - \text{idade}$) ou o valor 13 (ligeiramente cansativo) do IPE Borg, ou seja, o que foi atingido primeiro, foi usado de parâmetro para finalização protocolo EDSI.

Ressalta-se que no minuto final de cada estágio de intensidade de esforço foi observado o valor de FC e o índice de percepção de esforço (IPE) de Borg (escala 6-20)²³.

Assim que o teste foi interrompido por um ou outro parâmetro, o voluntário andou por mais um minuto na velocidade que iniciou o protocolo. Após esse tempo, deitou-se em um colchonete e assim permaneceu por 5min (período de “repouso”).

Todos os batimentos cardíacos foram registrados a partir de um cardiofrequencímetro (Polar S810i®), nos seguintes momentos: a) início ao fim do protocolo, b) durante o último minuto na esteira na velocidade inicial e c) durante o período de recuperação, após o esforço.

e) Análise dos dados da VFC – abordagem estatística

Para análise da VFC, os índices foram obtidos por meio de métodos lineares e estudados no domínio do tempo (DT) e da frequência (DF), sendo a VFC analisada de acordo com os parâmetros estabelecidos pela *Task Force* (1996)²⁴.

Foram demonstrados os valores de FC durante o esforço e na fase de recuperação pós-esforço. Com relação à análise da MAC (MAC) por meio da VFC, deu-se destaque a dados obtidos no domínio do tempo (DT) e domínio da frequência (DF). No DT optou-se por avaliar os valores de pNN50, que significam a porcentagem de intervalos RR adjacentes com diferença de duração maior que 50ms (pNN50), um importante marcador parassimpático cardíaco³⁰.

No DF foram avaliadas: os componentes espectrais de baixa frequência (BF), que indicam, principalmente, o componente nervoso simpático cardíaco, e de alta frequência (AF), que representam o comportamento parassimpático cardíaco. Ambos os itens foram calculados em unidades normalizadas (un). Também se calculou a razão entre os componentes de baixa e alta frequência (razão BF/AF) empregando-se a metodologia

proposta pela *Task Force*²⁴, por Pagani²⁵ e por Malliani²⁶.

A razão BF/AF significa a divisão entre os dois índices e quando os valores forem superiores a 1, significa maior atividade simpática presente no referido momento.

A análise dos dados se restringiu à estatística descritiva, não inferencial, devido ao baixo número de voluntários estudados.

RESULTADOS

A Tabela 1 mostra uma comparação da média dos valores antropométricos e clínicos dos PAO e IMI, podendo ser observado que não houve diferenças significativas entres os dados.

Tabela 1 - Médias dos dados antropométricos dos indivíduos de meia idade (IMI) e dos indivíduos pré-adolescentes obesos (PAO)

	FC	PAS	PAD	ICQ	Peso	Altura	IMC
	repouso	repouso	repouso		(kg)	(m)	Peso kg/(Alt(m) ²)
	(bpm)	(mmHg)	(mmHg)				
IMI	78	116	75	0,89	67	1,63	24,6
PAO	80,8	120	70	0,89	54,5	1,37	27,6

Legenda: FC = frequência cardíaca em batimentos por minuto (bpm); PAS = pressão sistólica em mmHg; PAD = pressão diastólica em mmHg; ICQ = índice cintura/quadril; Peso em Quilogramas; Altura em metros; IMC = índice de massa corporal. Souza, GTS; Gonçalves, MG; Paschoal, MA.

O Gráfico 1 mostra a comparação entre as velocidades máximas atingidas durante a realização do EDSI dos PAO e

IMI. Foi possível observar que a maioria dos IMI atingiu a uma velocidade máxima de 6 km/h, enquanto que a maioria dos PAO chegou a uma velocidade de 5 km/h.

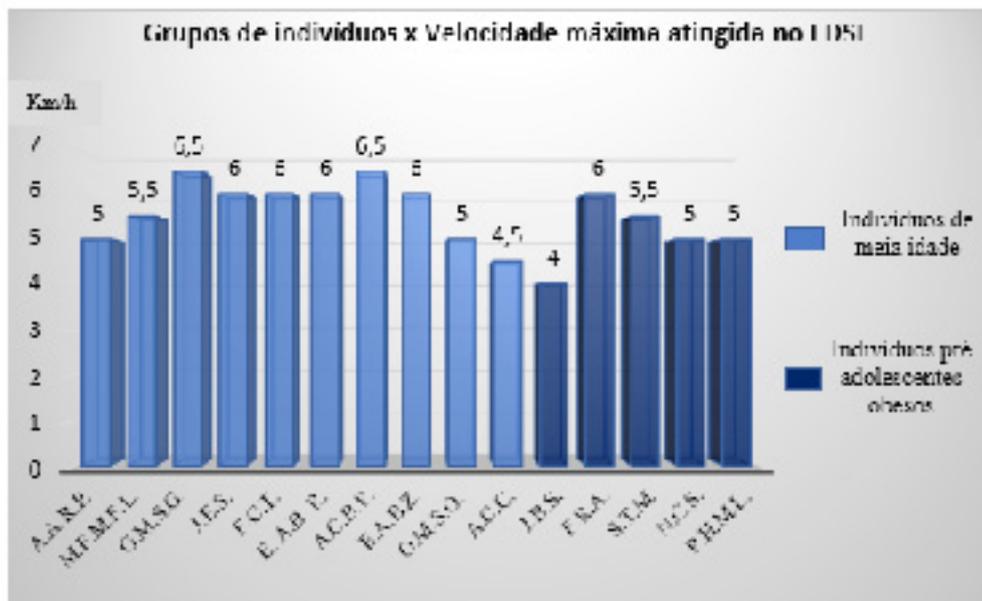


Gráfico 1 - Velocidades máximas (em km/h) atingidas no exercício dinâmico submáximo incremental (EDSI) dos indivíduos de meia idade (IMI) e dos pré-adolescentes obesos (PAO)

O Gráfico 2 mostra a FC relacionada ao nível de intensidade de exercício dos IMI e o Gráfico 3 apresenta os dados obtidos dos PAO.

Os Gráficos 4 e 5 mostram as médias dos componentes baixa e alta frequências (BF/AF) para cada grupo de indivíduos estudados durante a realização do protocolo de esforço nas

diferentes intensidades ou velocidades.

O Gráfico 6 mostra os valores de pNN50 de ambos os grupos durante os esforços feitos às velocidades de 4,5; 5,0; 5,5 e 6,0km/h. Notem que há uma tendência de diminuição da oscilação dos iRR adjacentes com valores maiores do que 50ms, de acordo com a intensidade do esforço realizado por ambos os grupos.

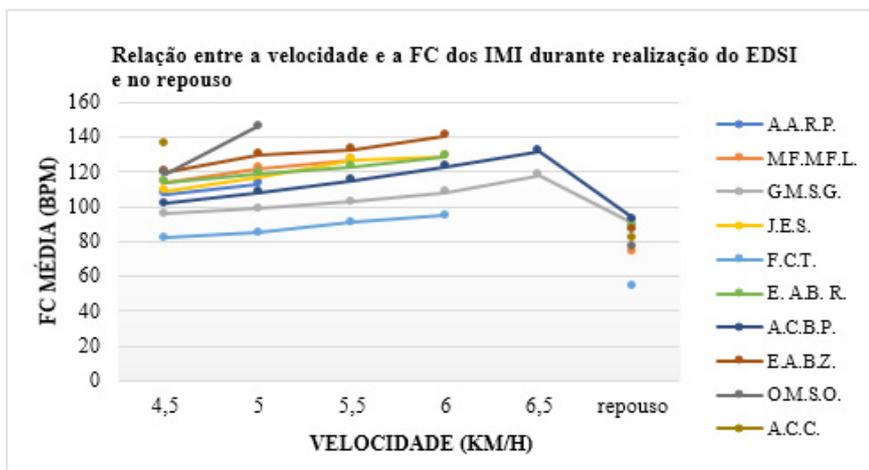


Gráfico 2 - Frequência Cardíaca (FC) relacionada ao nível de intensidade de exercício para os indivíduos de meia idade (IMI)

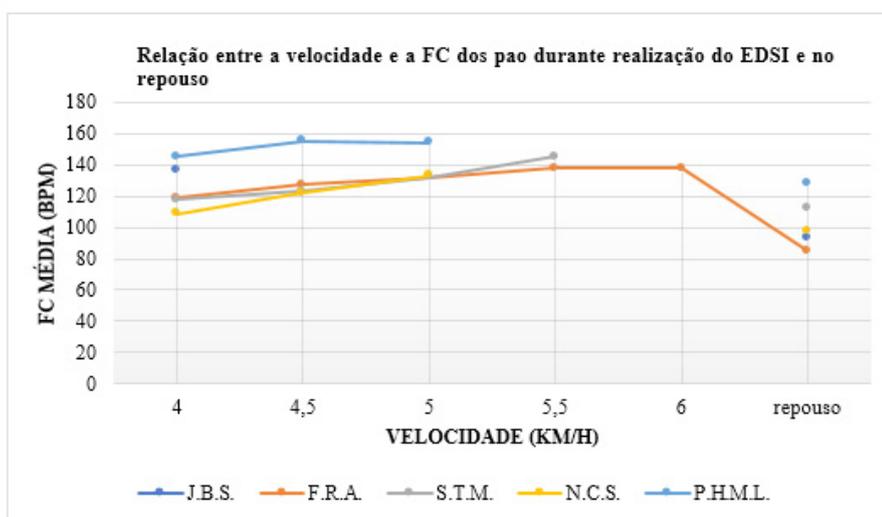


Gráfico 3 - Frequência Cardíaca (FC) relacionada ao nível de intensidade de exercício dinâmico submáximo incremental (EDSI) para os pré-adolescentes obesos (PAO)

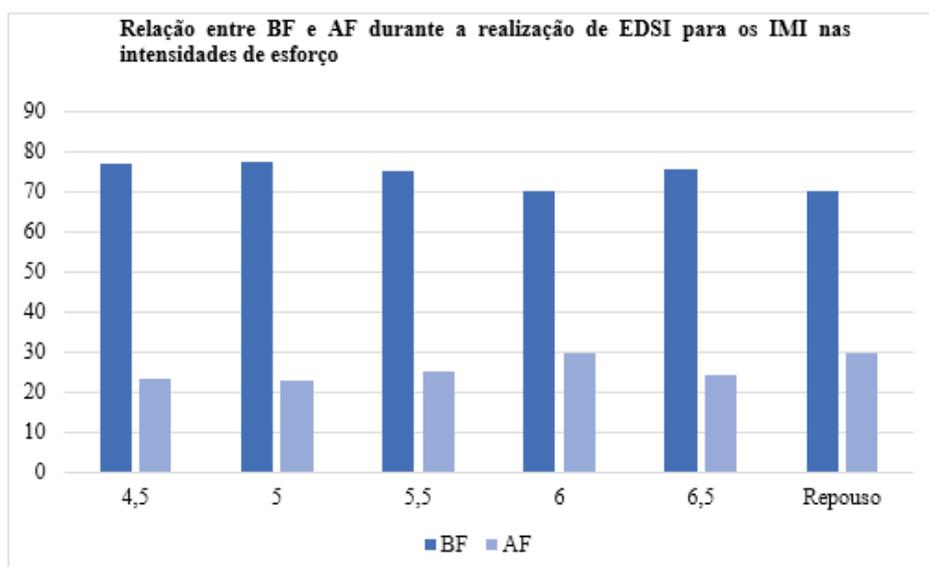


Gráfico 4 - Valores médios dos componentes de baixa (BF) e alta (AF) frequências durante a realização do exercício dinâmico submáximo incremental (EDSI) e na fase de repouso

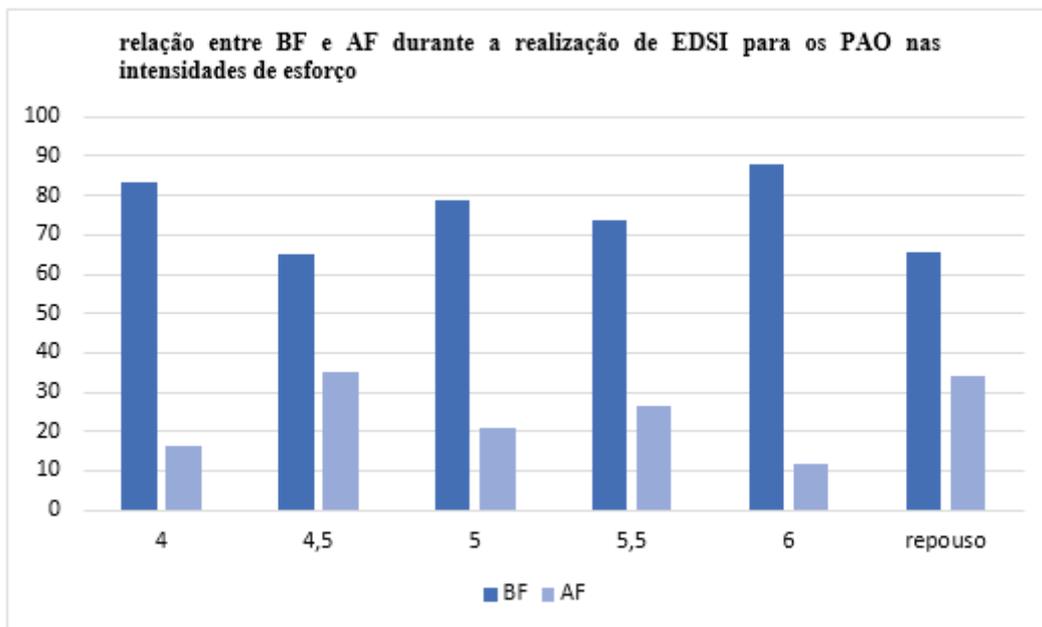


Gráfico 5 - Médias de BF/AF para os pré-adolescentes obesos (PAO) durante a realização do exercício dinâmico submáximo incremental (EDSI) e na condição de repouso

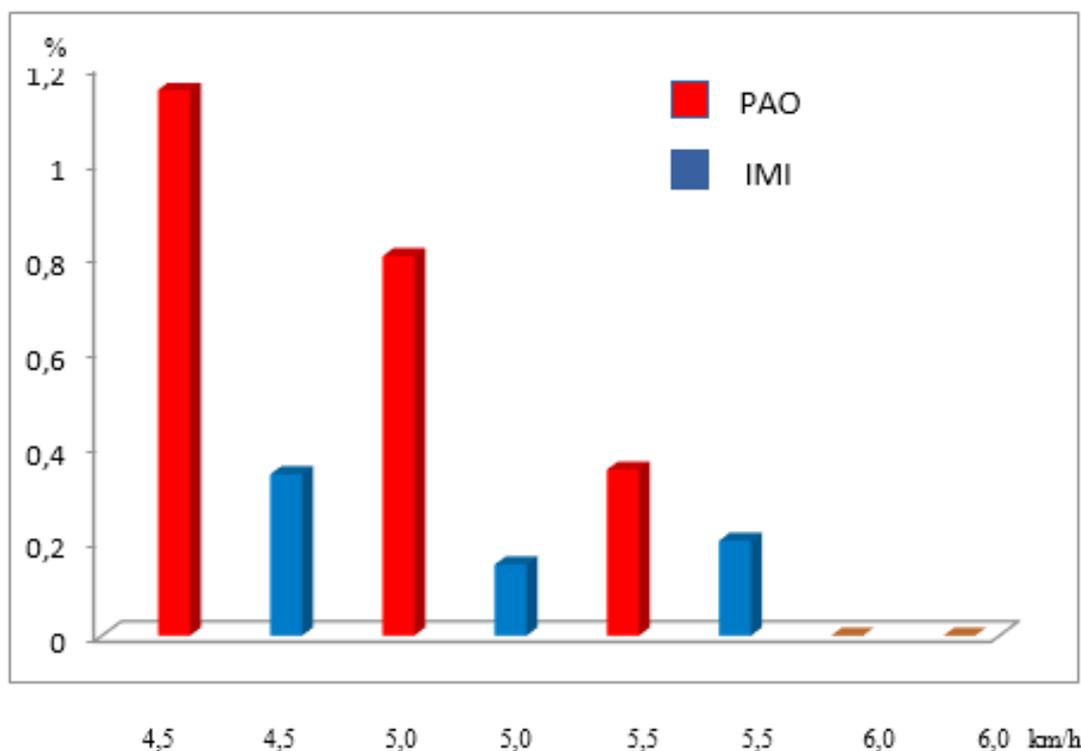
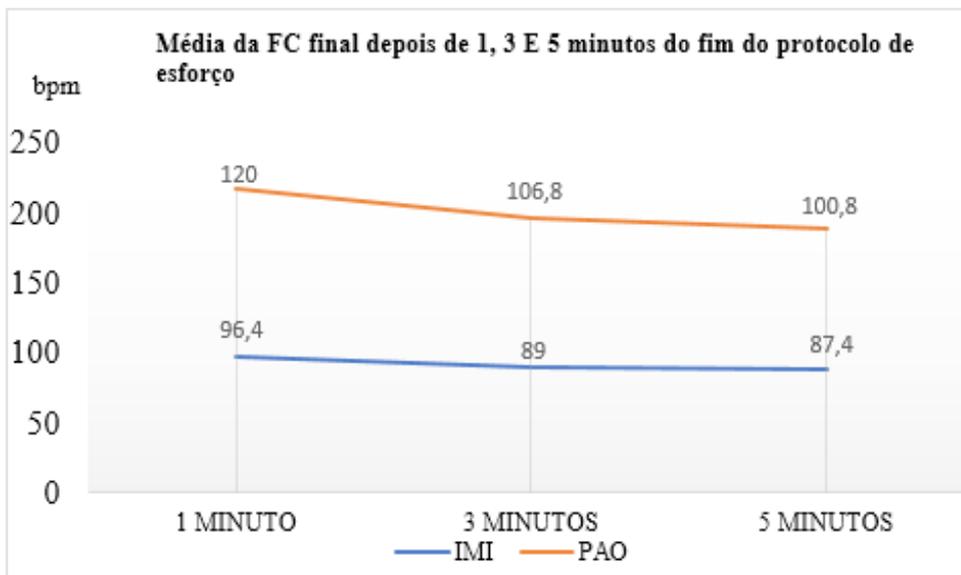


Gráfico 6 - Média dos valores de pNN50 para os pré-adolescentes obesos (PAO) e indivíduos de meia idade (IMI) durante a realização do exercício dinâmico submáximo incremental (EDSI)

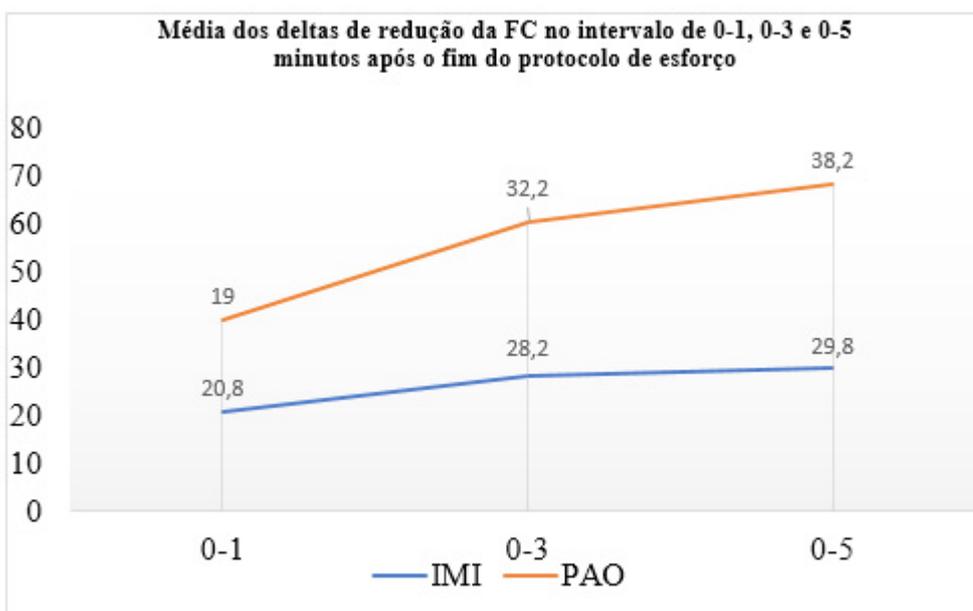
O Gráfico 7 mostra os valores de média da FC final, após 1, 3 e 5 minutos do fim do protocolo de esforço, para os 2 grupos estudados. Ademais, o gráfico 8 corrobora com os

dados do Gráfico 7, uma vez que demonstra a variação da FC nos intervalos de tempo citados, indicando maior variação da FC para os PAO do que para os IMI.



IMI = indivíduos de meia idade; PAO = pré-adolescentes obesos

Gráfico 7 - Valores médios da FC final 1, 3 e 5 minutos após o EDSI



IMI = indivíduos de meia idade; PAO = pré-adolescentes obesos

Gráfico 8 - Valores dos deltas de redução da FC nos tempos 0-1min, 0-3min e 0-5min, após o exercício dinâmico submáximo incremental (EDSI)

DISCUSSÃO

Os principais achados do presente estudo são, primeiramente, que as respostas cardiovasculares moduladas pelo sistema nervoso autônomo (SNA) durante o exercício foram adequadas por parte de ambos os grupos e em segundo

lugar, constatou-se maior efetividade autonômica por parte dos PAO durante o período de recuperação pós-esforço.

Essa maior efetividade por parte do grupo PAO foi expressa pelos maiores valores do índice pNN50 da VFC, o qual está relacionado com a modulação parassimpática cardíaca, tão importante para a redução dos batimentos cardíacos após

o término do esforço físico²⁷. Esse índice foi 73,2% menor no grupo IMI, comparado ao grupo PAO, revelando um dos aspectos importantes da redução da efetividade dos ajustes cardiovasculares mais presente no processo de envelhecimento.

Os resultados do presente estudo são concordantes com os obtidos em investigações que mostram as interferências do processo do envelhecimento fisiológico sobre a efetividade do controle autonômico sobre as funções cardiovasculares, destacando-se a menor ação vagal sobre o nódulo sinusal do coração, o que leva a uma morbimortalidade aumentada e a maior chance de ocorrência de eventos cardiovasculares^{17, 27-28}. Além desse aspecto, ressalta-se que estudo conduzido por Paschoal et al.¹⁷, também mostrou diminuição da atividade barorreflexa relacionada ao processo de envelhecimento, detectada no teste de mudança postural ativa.

Com relação à interferência da obesidade na infância e na pré-adolescência, os estudos existentes que avaliaram a MAC em diferentes situações ou testes funcionais autonômicos padronizados, mostram certa divergência, pois alguns mostram redução da atividade simpática e parassimpática sobre o coração enquanto que outros mostram aumento da atividade simpática e redução da parassimpática, quando as crianças obesas são comparadas com não obesas^{7-9,17}.

Uma revisão sistemática e metanálise, elaborada por pesquisadores da Universidade Federal do Sul da Bahia, a respeito da MAC em crianças obesas e eutróficas²⁹ concluiu que, dentre os 15 artigos estudados pelo estudo, 13 apresentaram informações que corroboraram a hipótese de que crianças obesas, de fato, mostram alterações na MAC.

Segundo a literatura, em alguns testes funcionais autonômicos, os dois grupos estudados nessa investigação tendem a apresentar, por motivos distintos, respostas autonômicas cardíacas não similares à de grupos de pessoas saudáveis (não obesos) e grupos constituídos por jovens.

Entretanto, por não ter sido incluído um grupo controle nesse estudo, as comparações obtidas durante a aplicação do EDSI e durante a fase de recuperação pós-esforço, se restringiram aos grupos PAO e IMI.

Nesse sentido, ao compararmos o desempenho atingido no EDSI, era mesmo de se esperar que os IMI conseguissem atingir maior velocidade, devido ao fato de terem estatura superior. Pode-se inferir que, para cada passo dado por um IMI, os PAO têm que dar quase dois passos nas mesmas velocidades relativas, causando maior desgaste físico e limitação para atingir maiores velocidades na esteira.

Essa afirmação pode ser corroborada pelos valores de FC que, por exemplo, na velocidade de 5km/h, provocou resposta média de FC por parte dos PAO de 140bpm enquanto que os IMI apresentaram média de 104,5bpm, conforme se pode observar nas Figuras 2 e 3.

Entretanto, em que pese essa diferença na magnitude de resposta de FC encontrada, vale ressaltar, que o valor de 140bpm apresentado pelos PAO, na referida velocidade, equivale a 66,6% do valor de FC máximo previsto para pessoas dessa faixa etária, enquanto que os 104,5bpm apresentados pelos IMI equivalem a 59,7% do valor de FC máximo que as pessoas dessa faixa etária podem atingir². Portanto, pode-se dizer que são valores de

magnitudes similares quando se ajusta os valores pelas idades dos voluntários.

Outro aspecto extremamente interessante é que ao se tomar por base os dados apresentados nas Figuras 4 e 5, constata-se que o componente de baixa frequência (BF – relativo ao simpático) da MAC nessa mesma velocidade de 5km/h, foi extremamente similar, com os IMI apresentando 77,4% do balanço autonômico favorável à contribuição simpática cardíaca, enquanto que os PAO tinham 78,9%. Ou seja, por esse prisma não se pode afirmar que um dos grupos tivesse MAC mais prejudicada do que a do outro grupo, pois ambos tiveram aumento do tônus simpático cardíaco de forma equivalente e adequado às necessidades teciduais do momento do esforço.

Os valores de pNN50 (figura 6) confirmam as afirmações acima pois sofreram redução praticamente proporcional à intensidade do esforço em ambos os grupos. Por ser um marcador da ação vagal sobre o coração^{2,3,7,24-26}, sua redução é sinal de boa resposta autonômica ao exercício.

A análise da fase de recuperação pós-esforço mostrou sensível diferença entre as respostas de FC dos dois grupos quando se compara os valores absolutos e os respectivos deltas de redução da FC. Estudos indicam que quanto maior e mais rápida for a redução da FC após um exercício físico, melhor é a MAC do indivíduo, pois demonstra uma boa sensibilidade autonômica cardíaca^{2,7,11,16}, porém, obviamente, os deltas de redução estão relacionados à intensidade relativa do esforço físico realizado. Nesse sentido, foi possível observar que os IMI mostraram uma redução da FC entre o 1º e o 3º minutos após o término do exercício 3,4% menor do que os pré-adolescentes; e 3,9% menor entre o 3º e o 5º minutos.

Em relação à variação da FC, foi observado que os pré-adolescentes apresentaram uma variação de 64,9% entre o instante 0 e o 3º minuto (min) de repouso, e de 18,6% entre o 3º e o 5º min, o que foi quase o dobro do valor apresentado pelos adultos, cujos valores de redução foram 35,5% e 5,6%, respectivamente.

Entretanto, deve ser ressaltado que os valores apresentados pelos PAO ao término do esforço eram mais elevados do que os apresentados pelos IMI, o que interferiu na magnitude da redução de FC. Em contrapartida, esse fato também contribuiu para que se concluísse que o grupo dos PAO tenha apresentado maior eficiência autonômica cardiovascular em diminuir o número dos batimentos cardíacos após o esforço.

Igualmente, após os 5min do esforço nenhum dos dois grupos havia retornado os seus valores de FC aos mesmos valores obtidos na fase pré-esforço, o que, possivelmente, pela intensidade não tão elevada do esforço realizado, seja um indicador de ligeira disautonomia cardíaca presente.

Diversos estudos^{30,31} abordam a questão da importância da prática de exercício físico para crianças obesas, pois esta possibilidade provou ter grande potencial para ajudar na normalização dos padrões de ação do SNA sob o coração, em especial quando complementado com suplementação alimentar, por exemplo, de vitamina C e dieta.

Igualmente para adultos, os estudos^{2,7,27} também mostram que, apesar dos efeitos deletérios da idade sobre a MAC, a prática de exercício físico regular, principalmente os aeróbios,

proporciona resultados muito positivos, pois implica em adaptações do sistema cardiovascular, de modo a melhorar a função do SNA, o que pode ser verificado a partir do aumento da VFC.

As maiores limitações do presente estudo foram os grupos, tanto de PAO como de IMI com número pequeno de participantes e a ausência de grupos controles constituídos por pré-adolescentes eutróficos e adultos jovens saudáveis.

CONCLUSÃO

Durante a realização do EDSI ambos os grupos mostraram respostas autonômicas cardíacas consideradas adequadas às intensidades relativas de trabalho realizadas. A principal diferença encontrada entre os grupos ocorreu na

análise da fase pós-esforço, pois se detectou maior magnitude de redução da FC e maior tônus vagal pós-esforço, expresso pelos maiores valores do índice pNN50 da VFC, por parte do grupo PAO sugerindo que o processo natural de envelhecimento tenha maior repercussão negativa sobre a efetividade dos controles autonômicos cardíacos do que a presença da obesidade em pré-adolescentes.

Para dirimir eventuais dúvidas e permitir que conclusões mais efetivas a respeito dos resultados obtidos no presente estudo sejam atingidas, estudos futuros precisam ser realizados com a inserção de grupos constituídos por um número maior de participantes e que também sejam incluídos grupos controles constituídos por pré-adolescentes eutróficos e adultos jovens saudáveis.

Autores e participação: **Giovanna Thomé Streicher Souza:** atualmente médica (a data de realização do trabalho, acadêmica de medicina) principal responsável pela coleta de voluntários para participação no estudo, aplicação dos termos de consentimentos, realização dos testes descritos no estudo, análise dos dados estatísticos, apresentação no evento descrito acima e elaboração do manuscrito. **Mariana Gonzalez Gonçalves:** atualmente fisioterapeuta (a data de realização do trabalho, acadêmica de fisioterapia) coparticipante e auxiliar na: coleta de voluntários a participação no estudo, aplicação dos termos de consentimentos, realização dos testes descritos no estudo e elaboração do manuscrito. **Mario Augusto Paschoal:** Ex-Professor Doutor da Faculdade de Fisioterapia, orientador do trabalho realizado.

REFERÊNCIAS

- Rowell LB, O'Leary DS. Reflex control of circulation during exercise: chemoreflexes and mechanoreflexes. *J Appl Physiol.* 1990;69:407-18. Doi: 10.1152/jappl.1990.69.2.407.
- Paschoal MA. Fisioterapia cardiovascular. Avaliação e conduta na reabilitação cardíaca. Barueri, SP: Manole; 2010.
- White DW, Raven PB. Autonomic control of heart rate during dynamic exercise: revisited. *J Physiol.* 2014;592(12):2491-500. Doi: 10.1113/jphysiol.2014.271858.
- Kaufman CL, Kaiser DR, Kelly AS, Dengel DR. Relationships of cardiac autonomic function with metabolic abnormalities in childhood obesity. *Obesity.* 2007;15(5):1164-71. Doi: 10.1038/oby.2007.619.
- Faulkner MS, Hathaway D, Tolley B. Cardiovascular autonomic function in healthy adolescents. *Heart Lung.* 2003;32(1):10-22. doi: 10.1067/mhl.2003.6.
- Yakinci C, Mungen B, Karabiber H, Tayfun M, Evereklioglu C. Autonomic nervous system functions in obese children. *Brain Develop.* 2000; 22:151-3. Doi: 10.1016/s0387-7604(00)00094-2.
- Paschoal MA, Trevizan PF, Scodeler NF. Variabilidade da frequência cardíaca, lípidos e capacidade física de crianças obesas e não obesas. *Arq Bras Cardiol.* 2009;93(3):239-46. Doi: 10.1590/S0066-782X2009000900007
- Paschoal MA, Pereira MC. MAC nas posições supina e bípede em crianças não obesas, obesas e obesas mórbidas. *Rev Ciênc Méd.* 2010;19(1-6):33-41. Doi:10.24220/2318-0897v19n1/6a827
- Paschoal MA. Avaliação e modulação autonômica em crianças não obesas e obesas mórbidas. *Salud Ciência.* 2012;18(8):717-21.
- Zulfiqar U, Jurivich DO, Gao W, Singer DH. Relation of high heart rate variability and healthy longevity. *Am J Cardiol.* 2010;105:1181-5. Doi: 10.1016/j.amjcard.2009.12.022
- Nagai N, Moritani T. Effect of physical activity on autonomic nervous system function in lean and obese children. *Int J Obes Relate Metab Disord.* 2004;28(1):27-33. Doi: 10.1038/sj.ijo.0802470.
- Vanderlei LC, Pastre CM, Freitas Júnior IF, Godoy MF. Geometric indexes of heart rate variability in obese and eutrophic children. *Arq Bras Cardiol.* 2010;95(1):35-40. Doi: 10.1590/S0066-782X2010005000082
- Baum P, Petroff D, Classen J, Kiess W, Blüher S. Dysfunction of autonomic nervous system in childhood obesity: a cross-sectional study. *Plos One.* 2013;8(1) e54546. Doi: 10.1371/journal.pone.0054546.
- Martini G, Riva P, Rabbia F, Molini V, Ferrero GB, Cerutti F, et al. Heart rate variability in childhood obesity. *Clin Auton Res.* 2001;11(2):87-91. Doi: 10.1007/BF02322051.
- Dangardt F, Volkmann R, Chen Y, Osika W, Marild S, Friberg P. Reduced cardiac vagal activity in obese children and adolescents. *Clin Physiol Imaging.* 2011;31:108-13. Doi: 10.1111/j.1475-097X.2010.00985.x.
- Riva P, Martini G, Rabbia F, Milan A, Paglieri C, Chiandussi L, et al. Obesity and autonomic function in adolescence. *Clin Exp Hypertens.* 2001;23 (1-2):57- 67. Doi: 10.1081/ceh-100001197.
- Paschoal MA, Volanti VM, Pires CS, Fernandes FC. Heart rate variability in different age groups. *Rev Bras Fisioter.* 2006;10(4):383-8. Doi: 10.1590/S1413-3552006000400009
- Ferrari AU. Modifications of the cardiovascular system with aging. *Am J Geriatric Cardiol.* 2002;11:30-33. Doi: 10.1111/1467-

8446.00044-i1.

19. Nunan D, Sandercock GR, Brodie DA. A quantitative systematic review of normal values for short-term heart rate variability in healthy adults. *Pacing Clin Electrophysiol.* 2010;33:1407-17. Doi: 10.1111/j.1540-8159.2010.02841.x.
20. Dekker JM, Crow RS, Folsom AR, Hannan PJ, Liao D, Swenne CA, et al. Low heart rate variability in a 2-minute rhythm strip predicts risk of coronary heart disease and mortality from several causes: the ARIC Study. *Atherosclerosis Risk In Communities. Circulation.* 2000;102(11):1239-44. Doi: 10.1161/01.cir.102.11.1239.
21. Pinna GD, Maestri R, Torunski A, Danilowicz-Szymanowicz L, Szwoch M, La Rovere MT, et al. Heart rate variability measures: a fresh look at reliability. *Clin Sci.* 2007;113(3):131-40. doi: 10.1042/CS20070055.
22. World Health Organization (WHO). Obesity: preventing and managing the global epidemic. Report of a WHO Consultation. Geneva: WHO; 2000 (WHO Technical Report Series, No. 894). World Health Organ Tech Rep Ser. 2000;894:i-xii, 1-253. PMID: 11234459.
23. Borg G. Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc.* 1982;14(5):377-81. PMID: 7154893.
24. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. *Circulation.* 1996;93:1043-65. PMID: 8598068.
25. Pagani M, Lombardi F, Guzzetti S, Rimoldi O, Furlan R, Pizzinelli P, et al. Power spectral analysis of heart rate and arterial pressure variabilities as a marker of sympatho-vagal interaction in man and conscious dog. *Circulation Res.* 1986;59(2):178-93. Doi: 10.1161/01.res.59.2.178.
26. Malliani A, Pagani M, Lombardi F, Cerutti S. Cardiovascular neural regulation explored in the frequency domain. *Circulation.* 1991;84(2):482-92. Doi: 10.1161/01.cir.84.2.482.
27. Paschoal MA. Frequência cardíaca e longevidade: como a ciência explica essa relação? Belo Horizonte, MG: Ed. Dialética; 2020.
28. Lopes FL, Pereira FM, Reboredo MM, Castro TM, Vianna JM, Novo JM, et al. Redução da variabilidade da frequência cardíaca em indivíduos de meia-idade e o efeito do treinamento de força. *Rev Bras Fisioter.* 2007;11(2):113-9. Doi: 10.1590/S1413-35552007000200005
29. Santos PO, Borges GF. Cardiac autonomic modulation in obese and eutrophic children: systematic review and metaanalysis. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum.* 2018;20(3):352-62. Doi:10.5007/1980-0037.2018v20n3p352
30. Mondoni GHO, Vanderlei LCM, Saraiva B, Vanderlei FM. Effects of exercise on cardiac autonomic modulation in children: literature update. *Fisioter Mov.* 2015;28(3):627-36. Doi: 10.1590/0103-5150.028.003.AR03
31. Valle-Leal J, García-Moreno R, Espinoza-Salazar M, Muñoz-Robles CO, Dennis-Yepiz B, Orduño-Felician DB. Frecuencia cardíaca y actividad física en niños con obesidad del Sur de Sonora. *Enferm Univ.* 2018;15(4):394-401. Doi: 10.22201/eneo.23958421e.2018.4.546

Recebido: 25.02.2021

Aceito: 07.12.2023