

Método do Limiar de Variabilidade da Frequência Cardíaca Aplicado em Pré-adolescentes Obesos e Não Obesos

Method of Heart Rate Variability Threshold Applied in Obese and Non-obese Pre-adolescents

Mário Augusto Paschoal e Caio Cesar Fontana

Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Campinas, SP - Brasil

Resumo

Fundamento: A detecção do limiar anaeróbico (LA) pela análise da variabilidade da frequência cardíaca (LiVFC) pode significar uma nova maneira de avaliação da capacidade funcional cardiorrespiratória (CFCR) em pré-adolescentes.

Objetivo: Testar o método de LiVFC para detecção do LA em pré-adolescentes não obesos (NO), obesos (O) e obesos mórbidos (OM), a fim de determinar diferenças em sua CFR.

Métodos: Foram estudados 30 pré-adolescentes, com idades entre 9 e 11 anos, divididos em três grupos de 10: a) grupo NO - índice de massa corpórea (IMC) com percentil do *National Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion* entre 5 e 85; b) grupo O - IMC de percentil entre 95 e 97 e c) grupo OM - IMC com percentil acima de 97. Todos foram submetidos a um protocolo incremental realizado em esteira rolante e registraram-se os batimentos cardíacos para detecção do LiVFC, que foi determinado pelo valor de 3,0 ms do índice do desvio-padrão 1 (SD1), extraído dos intervalos RR.

Resultados: Os valores médios no momento do LiVFC mostraram maiores valores para o grupo NO, destacando-se: a) VO_2 (ml/kg/min) NO = $27,4 \pm 9,2$; O = $13,1 \pm 7,6$ e OM = $11,0 \pm 1,7$; b) FC (bpm): NO = $156,3 \pm 18,0$; O = $141,7 \pm 11,4$ e OM = $137,7 \pm 10,4$; e c) distância percorrida (metros): NO = $1.194,9 \pm 427,7$; O = $503,2 \pm 437,5$ e OM = $399,9 \pm 185,1$.

Conclusão: O LiVFC se mostrou efetivo para avaliação da CFR e poderá vir a ser aplicado como método alternativo à ergoespirometria em determinadas situações. (Arq Bras Cardiol. 2011; [online].ahead print, PP:0-0)

Palavras-chave: Limiar anaeróbico, frequência cardíaca, criança, obesidade.

Abstract

Background: The detection of anaerobic threshold (AT) by heart rate variability analysis (HRVt) may mean a new way to assess the cardiorespiratory capacity (CRC) in pre-adolescents.

Objective: To test the method of HRVt to detect AT in non-obese (NO), obese (O) and morbidly obese (MO) pre-adolescents in order to determine differences in their CRC.

Methods: Were studied 30 pre-adolescents, aged between 9 and 11 years, divided into three groups of ten pre-adolescents each: a) NO group - body mass index (BMI) between 5 and 85 percentiles of the chart of National Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion.; b) O group - BMI between 95 and 97 of the same chart; c) MO group - BMI with percentile over 97. All were submitted to an incremental protocol conducted on a treadmill, and the heart rate was recorded for the detection of the HRVt when the beat-to-beat variability (SD1), extracted from the RR intervals, reached the value of 3 ms.

Results: The mean values obtained at HRVt were higher for the NO group, which included: a) VO_2 (ml/kg/min) NO = 27.4 ± 9.2 ; O = 13.1 ± 7.6 , and MO = 11.0 ± 1.7 b) HR (bpm): NO = 156.3 ± 18.0 , O = 141.7 ± 11.4 and 137.7 ± 10.4 MO; c) distance (m): NO = $1,194.9 \pm 427.7$, O = 503.2 ± 437.5 and MO = 399.9 ± 185.1 .

Conclusion: HRVt was effective for evaluation of CRC and could be applied as an alternative method to ergoespirometry in certain situations. (Arq Bras Cardiol. 2011; [online].ahead print, PP:0-0)

Keywords: Anaerobic threshold; heart rate; child; obesity.

Full texts in English - <http://www.arquivosonline.com.br>

Correspondência: Mário Augusto Paschoal •

Rua Ferreira Pentead, 1242/72 - Cambuí - 13010-041 - Campinas, SP - Brasil

E-mail: fisioni@puc-campinas.edu.br, mapascka@gmail.com

Artigo recebido em 26/04/10; revisado recebido em 03/11/10; aceito em 19/01/11.

Introdução

Atualmente, a avaliação da capacidade funcional cardiorrespiratória (CFCR) de crianças e adolescentes obesos ganhou maior relevância. Além dos achados de que alterações no controle autonômico cardíaco e elevados níveis de colesterol, triglicérides e glicose no sangue podem predispor à gênese de distúrbios cardiovasculares, entende-se que a diminuição da capacidade física também é um componente fundamental à redução da qualidade e, possivelmente, do tempo de vida dessas crianças e adolescentes¹⁻⁵.

O emprego da atividade física como recurso terapêutico, assim como sua prescrição e controle adequados, apresenta-se como uma possibilidade extremamente positiva de prevenir e reverter quadros de obesidade infantil⁶. Para isso, primeiramente, essas crianças devem ter sua capacidade física avaliada a fim de que seja estabelecida uma proposta inicial adequada de intensidade de trabalho físico aeróbico.

Com a intenção de classificar as pessoas saudáveis ou doentes em níveis de capacidade funcional, determinar estágios de estratificação de risco cardiovascular e dimensionar a capacidade aeróbica, desde o século XX, foram criados vários protocolos de avaliação de capacidade funcional cardiorrespiratória (CFCR). Ao mesmo tempo, a tecnologia voltada à coleta e ao registro de dados durante a realização desses protocolos sofreu grande evolução⁷.

Apesar dessa incontestável evolução, desde a década de 80 do século passado, o interesse com relação aos dados obtidos durante as avaliações de CFRCR manteve-se restrito aos valores obtidos em determinados momentos do teste incremental, tais como limiar anaeróbico (LA), ponto de compensação respiratória e pico do esforço^{8,9}.

Com relação ao LA, há que se destacar que ele permite a definição do momento do esforço no qual o metabolismo anaeróbico começa a suplementar o metabolismo aeróbico como fonte de energia para os músculos em trabalho⁸⁻¹⁰.

Desta forma, podem-se distinguir dois estados fisiológicos durante o exercício: um abaixo do LA, no qual as respostas cardiorrespiratórias são estáveis e a oferta e o consumo de oxigênio (VO_2) estão equilibrados, e outro, acima do LA, no qual as reações orgânicas não são equilibradas, há intensa produção de dióxido de carbono e modificações do pH sanguíneo, causando instabilidade no comportamento das variáveis cardiorrespiratórias^{8,11}.

Atualmente, uma das formas empregadas para a determinação do LA é a do limiar de variabilidade da frequência cardíaca (LiVFC). Segundo alguns autores^{12,13}, utilizando o índice SD1 (desvio-padrão dos intervalos R-R instantâneos) da plotagem de Poincaré, há possibilidade de identificação do LiVFC, que corresponderia ao LA ventilatório (limiar 1) ou ao limiar de lactato.

Apesar de algumas divergências, dados obtidos durante a realização de testes incrementais de esforço, comparando o LiVFC com o LA ventilatório e com o limiar de lactato, mostraram bons índices de correlação e reforçaram a hipótese de que o LiVFC poderia ser uma das formas confiáveis para a determinação do LA^{13,14}. Sendo assim, o LiVFC poderia ser considerado um indicador da capacidade aeróbica e ser utilizado como parâmetro fisiológico para controle e prescrição

de exercício, treinamento físico e estratificação de risco^{13,15}. No entanto, por ser o LiVFC uma metodologia ainda recente, não se encontra na literatura sua aplicação em pré-adolescentes.

Com base nessas afirmações, o presente estudo objetivou testar essa metodologia como forma de detecção do LA e, principalmente, determinação da CFRCR em pré-adolescentes não obesos, obesos e obesos mórbidos.

Método

Sujeitos

De um universo de 64 estudantes pré-adolescentes do ensino público da região noroeste de Campinas-SP, com idades entre 9 e 11 anos, foram selecionados, por meio de cálculo de amostragem aleatória simples sobre variáveis categóricas, 30 pré-adolescentes sedentários, divididos em três grupos: o grupo A, constituído por 10 não obesos (NO), com IMC com percentil entre 5 e 85, do gráfico do *National Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion*¹⁶; o grupo B, composto por 10 obesos (O), com índice de massa corporal (IMC) com percentil entre 95 e 97; e grupo C, com 10 obesos mórbidos (OM) com percentil maior do que 97.

Os responsáveis pelos pré-adolescentes foram orientados sobre a relevância do estudo e sobre os procedimentos experimentais antes de darem seu aval por meio da assinatura do termo de consentimento pós-informado, conforme estabelecido pela resolução 196/96 da Convenção de Helsinque e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (processo nº 138/06).

Os critérios de inclusão foram aplicados a partir da triagem dos voluntários pelos valores de seus IMC. Na primeira abordagem, feita nas próprias escolas, foi empregada uma balança portátil e fita métrica. Os pré-selecionados, que também atendiam aos demais critérios de inclusão de não utilizar qualquer medicação que pudesse interferir nos dados estudados e de não praticar atividade físico-desportiva há pelo menos 06 meses, foram orientados a ir ao ambulatório da Universidade a fim de darem seguimento ao processo de seleção, que constou de avaliação antropométrica mais detalhada e avaliação clínica.

Desde o dia anterior ao agendado e no próprio dia de seu comparecimento ao ambulatório, os voluntários foram instruídos a não consumir bebidas à base de cafeína, além de refrigerantes, chás, chocolate e qualquer medicação. Também foram orientados para que dormissem pelo menos 08 horas de sono tranquilo e mantivessem suas atividades rotineiras.

Avaliação antropométrica

Estando os voluntários apenas de *short* (meninos) e *short* e *top* (meninas), foram posicionados sobre uma balança Filizola®, com escala de peso de 100 em 100 g, e de altura de 1 em 1 cm, para que fossem efetuados os cálculos dos valores de IMC.

Avaliação clínica

Envolveu uma anamnese e a avaliação dos dados vitais, tais como: FC e pressão arterial (PA). Ressalta-se que houve

preocupação em selecionar esfigmomanômetro adequado ao tamanho do perímetro do braço do voluntário avaliado. Igualmente, todos tiveram auscultados seus batimentos cardíacos e respiração por meio de técnica amplamente divulgada na literatura^{17,18}.

Para a avaliação e registro da FC de repouso, empregou-se um cardiofrequencímetro Polar S810[®]. Após permanecerem por 5 min em posição supina numa sala climatizada com temperatura mantida entre 23° C e 25° C e umidade relativa do ar mantida entre 60,0% e 70,0%, os voluntários tiveram seus batimentos cardíacos registrados por 10 min. A partir da análise do registro e emissão de um relatório feito pelo software Polar Precision Performance[®], obteve-se o valor médio de FC relativo ao período dos 10 min do registro dos batimentos cardíacos. Ressalta-se que todos os procedimentos do estudo foram realizados entre as 15:00 h e as 17:00 h.

Método da aplicação do protocolo de esforço (avaliação cardiorrespiratória de esforço)

Todos os voluntários foram submetidos a um protocolo de esforço contínuo crescente, sintoma limitado. O protocolo foi conduzido em esteira rolante (Inbrasport[®] Super ATL) com velocidade inicial de 2,0 km/h, mantida por dois minutos, seguidos de acréscimos de 0,5 km/h a cada minuto subsequente. Durante todo o teste, não houve inclinação da esteira, evitando-se, assim, sobrecarga aos voluntários e possíveis consequências indesejáveis de ordem ortopédica, principalmente prevenindo complicações aos pré-adolescentes OM.

Finalizado o teste, a velocidade da esteira foi reduzida progressivamente até atingir a velocidade de 2,0 km/h, assim permanecendo durante dois minutos. Após isso, os voluntários foram sentados e receberam reposição hídrica.

Método para detecção do limiar de variabilidade da frequência cardíaca (LiVFC)

Durante a realização do protocolo de esforço, os intervalos R-R (iRR) foram registrados por meio do cardiofrequencímetro Polar S810i[®] com frequência de amostragem de 1.000 Hz. Os artefatos foram eliminados com emprego de filtro muito forte selecionado nas opções permitidas pelo software, sendo confirmadas estas exclusões por meio de inspeção visual feita na tela do computador.

Para a realização da análise, objetivando a detecção do LiVFC, o registro dos batimentos cardíacos extraído do teste incremental foi dividido em intervalos de um minuto, sendo disposto na tela do computador simultaneamente com a respectiva anotação do valor de SD1 apresentado pelo software (Figura 1).

De acordo com o avançar do teste e incremento da velocidade da esteira, o valor de SD1 ia diminuindo até que, num dado momento, era atingido o valor de 3 m/s, sendo este referido momento considerado como o do LiVFC. Portanto, a primeira intensidade de exercício na qual a VFC (SD1) tivesse alcançado um valor igual a 3 m/s foi considerada a intensidade responsável pelo surgimento do LiVFC.

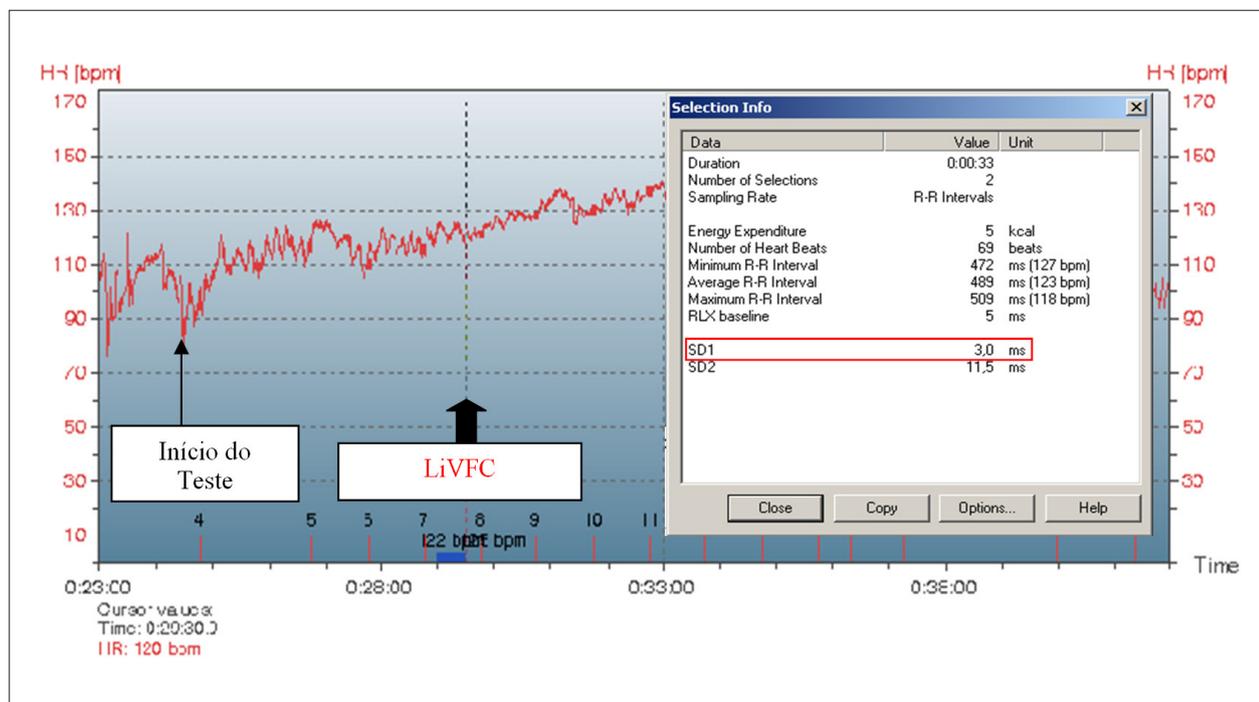


Fig. 1 - Ilustração da tela do computador com a representação do momento do limiar anaeróbico (limiar 1) obtido por meio da análise da variabilidade da frequência cardíaca (LiVFC) em um voluntário obeso mórbido (OM) durante protocolo de esforço. Na figura está representada a resposta de FC durante o teste, da forma como ela se apresenta na tela do computador, sendo destacado o momento que ocorre o LiVFC. Deve ser ressaltado que para a detecção do LiVFC o registro foi observado e analisado minuto a minuto. HR (heart rate) - frequência cardíaca; SD (standard deviation) - desvio-padrão.

Os valores das variáveis de interesse foram registrados no momento do LiVFC e posteriormente foram usados para a comparação da CFR entre os grupos.

Cálculo do consumo de oxigênio (VO₂) no momento do LiVFC

Para o cálculo do VO₂, feito de maneira indireta, foram utilizados os valores de equivalente metabólico (MET) apresentados no *display* da esteira obtidos no momento em que ocorreu o LiVFC. Os valores de MET foram multiplicados por 3,5; valor esse que equivale a 1 MET. Ou seja, 1 MET = 3,5 ml/O₂/kg/min.

Análise estatística

Devido à distribuição não normal dos dados relativos aos valores de idade, antropométricos e clínicos, aplicou-se o teste U de Mann Whitney. Os dados obtidos no momento do LiVFC foram comparados pelo teste de Kruskal-Wallis, seguido do teste de comparação múltipla de Dunn. O software empregado foi o *Graph-Pad Prism4.0®* e, em todos os procedimentos, adotou-se o valor 0,05 como nível de significância.

Resultados

Características antropométricas

Na Tabela 1, encontram-se os valores antropométricos obtidos junto aos três grupos estudados. Conforme se pode constatar, a estatura não foi o fator que promoveu a diferença entre os grupos, sendo o próprio peso corporal o fator preponderante para que o valor do IMC fosse estatisticamente diferente entre os mesmos.

Na Figura 2, são mostrados os valores de VO₂ relativo. Respectivamente, para os grupos NO, O e OM, os valores de medianas foram: 30,1; 12,0 e 10,8 ml/O₂/Kg/min; e diferenciaram-se conforme apresentado na figura.

Na Figura 3, são mostrados os valores da distância percorrida pelos voluntários desde o início do protocolo de esforço até o momento do LiVFC. Respectivamente, para

Tabela 1 - Valores médios de idade, antropométricos e clínicos dos pré-adolescentes

| | Grupo não obeso (n = 10) | Grupo obeso (n = 10) | Grupo obeso mórbido (n = 10) |
|--------------------------|--------------------------|----------------------|------------------------------|
| Idades (anos) | 9,4 ± 0,5 | 10 ± 0,6 | 9,9 ± 0,7 |
| Peso corporal (kg) | 33,5 ± 5,4 | 46,6 ± 5,9* | 61,3 ± 15,2** |
| Estatura (cm) | 140,0 ± 0,8 | 141,0 ± 0,0 | 145,0 ± 0,0 |
| IMC (kg/m ²) | 16,8 ± 0,9 | 23,4 ± 1,1* | 29,2 ± 4,7** |
| FC (bpm) | 90,4 ± 8,0 | 101,8 ± 16,9* | 100,1 ± 10,2# |
| PAS (mmHg) | 109,8 ± 7,9 | 114,0 ± 8,7 | 119,3 ± 14,3 |
| PAD (mmHg) | 70,0 ± 7,8 | 72,6 ± 5,9 | 77,6 ± 9,0# |

*p < 0,01 grupo não obeso vs obeso; **p < 0,01 grupo não obeso vs obeso mórbido; # p < 0,05 grupo não obeso vs obeso mórbido.

os grupos NO, O e OM, os valores de medianas foram de 1.117,0; 487,5 e 358,3 metros, diferenciando-se conforme mostrado na figura.

Os valores médios de velocidade (km/h) no momento do LiVFC foram: NO = 8,1 ± 1,5; O = 4,9 ± 2,1, e OM = 4,6 ± 1,0 com p < 0,05 para os NO com relação aos demais grupos. Os tempos médios de exposição ao protocolo (min) desde o repouso até o LiVFC foram, respectivamente para NO, O e OM, de 14,3 ± 3,1; 7,9 ± 4,3 e 7,5 ± 2,1; com p < 0,05 entre os NO e OM. Os valores médios dos equivalentes metabólicos (MET) no momento do LiVFC foram de 7,8 ± 2,7 para os NO, de 3,7 ± 2,3 para os O e de 3,1 ± 0,5 para os OM com p < 0,05 entre NO e OM.

A Figura 4 mostra os valores de FC no repouso e no momento do LiVFC. Constatou-se diferença significativa (p < 0,05) entre

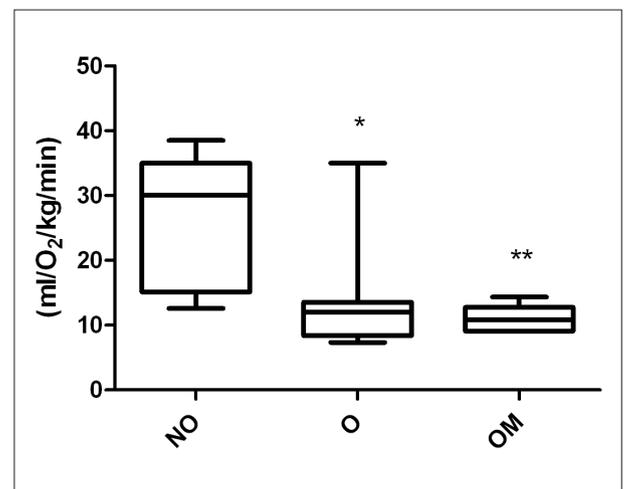


Fig. 2 - Valores das medianas do consumo de oxigênio (VO₂) calculado no momento do limiar de variabilidade da frequência cardíaca (LiVFC), comparados entre os grupos não obeso (NO; n = 10), obeso (O; n = 10) e obeso mórbido (OM; n = 10). *p < 0,05 = NO vs O; **p < 0,05 = NO vs OM.

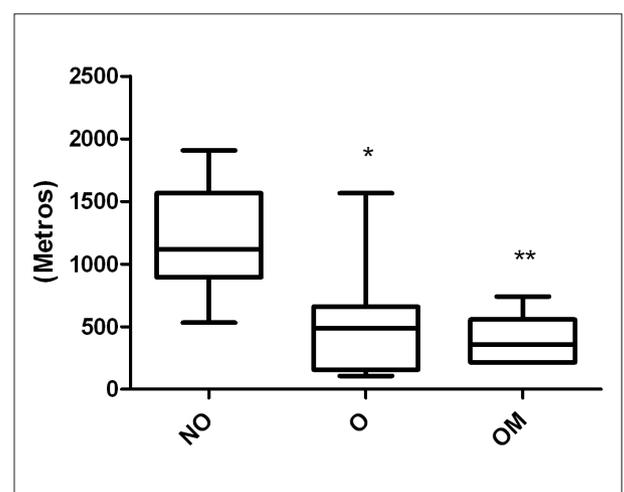


Fig. 3 - Valores das medianas das distâncias percorridas desde o início do protocolo de esforço até o momento do limiar de variabilidade da frequência cardíaca (LiVFC) dos grupos não obesos (NO; n = 10), obesos (O; n = 10) e obesos mórbidos (OM; n = 10). *p < 0,05 = NO vs O; **p < 0,05 = NO vs OM.

os valores de medianas de FC para os grupos NO e OM em ambas as situações comparadas.

Discussão

Um dos parâmetros mais utilizados para determinação de capacidade física e intensidade adequada de treinamento aeróbico em pré-adolescentes saudáveis e doentes em processo de reabilitação é o LA^{8,10,19,20}. Para sua determinação, nova metodologia não invasiva tem sido estudada devido a indícios de boa correlação, tanto com o limiar de lactato¹³ como para o chamado momento-produto com relação aos valores do VO_2 em testes incrementais¹⁴. Trata-se da aplicação do LiVFC, que permite detectar o momento da ocorrência do LA (limiar 1) durante a realização de protocolos de esforço contínuos crescentes e, para sustentar esta nova proposta, tem sido demonstrado que métodos não lineares direcionados à análise da VFC em esforço físico também podem fornecer resultados consistentes quanto à modulação autonômica cardíaca^{13,15,21-23}.

Lima e Kiss¹³ relataram que, durante exercícios incrementais, o decréscimo progressivo do SD1 (desvio-padrão da variabilidade instantânea, batimento a batimento) da plotagem de Poincaré cessa quando o mesmo atinge valores iguais e/ou menores do que 3 m/s, propondo que este ponto seja identificador do LiVFC.

No entanto, Brunetto e cols.¹⁴ consideraram precipitada a aplicação desse método como forma alternativa à detecção do LA pelo método ventilatório (limiar 1), alegando não ter mostrado correlação estatística significativa em valores proporcionais do $VO_{2\text{pico}}$ durante testes de esforço.

Como contra-argumentação, deve ser ressaltado que, no estudo de Brunetto e cols.¹⁴, há duas importantes diferenças com relação a presente investigação. A primeira é que o protocolo empregado pelos referidos autores foi o de Bruce

modificado, com estágios com duração de três minutos e inclinações da esteira, enquanto que o nosso foi feito com acréscimos de 0,5 km/h a cada minuto e sem inclinação. A segunda diferença é que os voluntários do estudo de Brunetto e cols.¹⁴ eram adolescentes com idades entre 14 e 18 anos, diferentes dos nossos voluntários, que tinham entre 9 e 11 anos.

À parte essas argumentações, ressalta-se que o objetivo principal do presente estudo não foi comparar o método de detecção do LiVFC com qualquer outro, mas sim o de usá-lo como parâmetro para avaliação da CFRC de três grupos de pré-adolescentes.

Com relação aos dados antropométricos e clínicos da presente amostra, cabe destacar que o valor de estatura dos voluntários não foi diferente entre os grupos. Esse aspecto é relevante em estudos que usam a esteira como instrumento de avaliação, pois as pessoas menores tendem a correr precocemente em testes incrementais, o que pode interferir na avaliação dos resultados.

Com relação aos dados obtidos no momento do LiVFC, há fortes indícios de que o fator responsável pelo menor desempenho apresentado por parte dos grupos O e OM foi a dificuldade de locomoção devido ao maior peso corpóreo destes voluntários^{24,25}.

Segundo Birrer e Levine²⁶, há evidências de que a habilidade motora possa ser prejudicada por fatores, como adiposidade, reduzindo o desempenho de crianças obesas submetidas a testes incrementais. Outros estudos, como os realizados por Rowland²⁷, Zanconato e cols.²⁸, Huttunen e Paavilainen²⁹, também revelaram maiores valores de $VO_{2\text{max}}$ em crianças eutróficas comparadas às obesas. Também para Goran e cols.²⁵, quando há mais massa gorda nas crianças obesas em proporção à quantidade de massa gorda existente em crianças eutróficas, é razoável pensar que este fator tenha mesmo limitado a capacidade funcional das crianças obesas, pois tal aspecto em nada contribuiu para

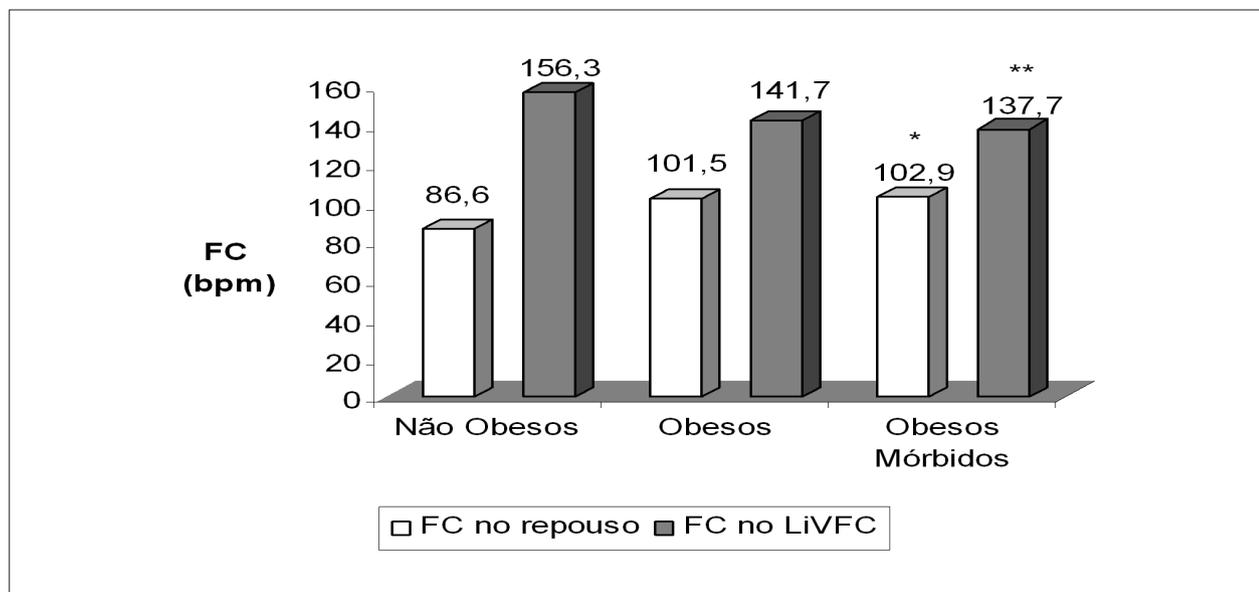


Fig. 4 - Valores das medianas de FC inicial e no momento do LiVFC. FC - frequência cardíaca; LiVFC - limiar de variabilidade da frequência cardíaca; *p < 0,05 não obesos vs obesos mórvidos; **p < 0,05 não obesos vs obesos mórvidos.

o trabalho que está sendo realizado, o que aumentaria a limitação da criança obesa.

Em contrapartida, segundo alguns autores^{25,30}, quando há normalização para as diferenças de tamanho corporal, os indivíduos obesos mostram ter valores de VO_{2max} similares aos de indivíduos com peso normal. No entanto, quando se refere a medidas obtidas em esforços submáximos, como aqueles referentes à zona do LiVFC, há maior consenso sobre a existência de maiores diferenças entre obesos e não obesos porque os primeiros apresentam, nestas condições de esforço, valores maiores de FC, de quociente respiratório e da porcentagem de seu VO_{2max} ²⁵. Por exemplo, em um estudo³¹ no qual crianças obesas foram submetidas a caminhadas junto com crianças não obesas, elas usaram 57,0% do VO_{2max} , enquanto que as crianças eutróficas somente 36,0% do VO_{2max} . Mais recentemente, documentou-se que as crianças obesas usaram 44,0% do VO_{2max} contra 37,0% do VO_{2max} utilizado pelas crianças não obesas ao realizarem atividade considerada leve a moderada²⁵.

No presente estudo, tomando-se por base os valores de VO_2 no momento do LiVFC, constatou-se que as pré-adolescentes O e OM apresentaram 47,8% e 40,1%, respectivamente, do valor apresentado pelas crianças do grupo NO.

O desgaste provocado pela obesidade também fez com que os voluntários O e OM atingissem, desde o repouso até o momento do LiVFC, uma distância de apenas 42,1% e 33,4%, respectivamente, da distância atingida pelas NO. Ao mesmo tempo, a velocidade atingida pelas crianças NO foi 39,6% superior à atingida pelas crianças O, no momento do LiVFC, e 43,3% maior do que a das crianças OM na mesma condição.

Um último aspecto mostrou a melhor CFCR dos pré-adolescentes NO. Na Figura 4, estão demonstrados os valores medianos de FC inicial e no momento do LiVFC. Em geral, baixo valor de FC em repouso, como o apresentado pelos NO, reflete uma boa condição funcional associada a um melhor nível de aptidão física^{32,33}, enquanto que altos valores, como os apresentados pelos O e OM, relacionam-se a distúrbios fisiológicos variados e predisposição para a ocorrência de determinados tipos de doenças cardiovasculares^{33,34}.

Os estudos sobre as possíveis alterações na função autonômica cardíaca e, por conseguinte, sobre o valor de FC de repouso na presença de obesidade em crianças e adolescentes, apresentam discordância. Eles revelam: redução da atividade parassimpática; elevação da atividade simpática associada à diminuição da parassimpática; e redução tanto da

atividade simpática como da parassimpática cardíaca^{1,14,35-37}. Independentemente do mecanismo responsável pelas alterações na FC de repouso, sabe-se que o menor valor desta variável se relaciona à maior capacidade de reserva cronotrópica, o que significa que há maior quantidade de batimentos cardíacos para, possivelmente, ser utilizada durante o esforço físico, influenciando, portanto, no valor do débito cardíaco e no desempenho³⁸.

Constatou-se que a variação (delta) da FC dos voluntários NO, desde o repouso até o momento do LiVFC, atingiu 69,7 bpm e, respectivamente, 40,2 bpm e 34,8 bpm para os O e OM. Essa maior variação da FC dos NO é mais um dado que refletiu a superior CFCR por parte dessas crianças no LiVFC.

Uma limitação do trabalho foi a ausência de um estudo paralelo feito com os mesmos voluntários sendo submetidos ao mesmo protocolo, porém com o LA sendo avaliado por meio de ergoespirometria, pois, dessa forma, poder-se-ia garantir maior confiabilidade à aplicação do método de LiVFC para avaliação da CFCR de crianças e pré-adolescentes.

Conclusão

Pode-se concluir que o estudo atingiu seus objetivos ao mostrar a aplicação de uma nova ferramenta de detecção do LA para avaliação da CFCR em crianças, o que permitiu a constatação da maior CFCR presente do grupo NO. Igualmente, foi ressaltado que o método do LiVFC ainda necessita de maiores comparações com os modelos tradicionalmente utilizados para detecção do LA a fim de que amplie seu grau de eficiência e credibilidade, pois sua contribuição poderá ser muito expressiva em vários procedimentos de avaliação e controle de evolução de tratamento devido ao seu menor custo e fácil acesso.

Potencial Conflito de Interesses

Declaro não haver conflito de interesses pertinentes.

Fontes de Financiamento

O presente estudo não teve fontes de financiamento externas.

Vinculação Acadêmica

Não há vinculação deste estudo a programas de pós-graduação.

Referências

1. Paschoal MA, Trevizan PF, Scodeler NF. Heart rate variability, blood lipids and physical capacity of obese and non-obese children. *Arq Bras Cardiol.* 2009;93(3):239-46.
2. Giuliano ICB, Caramelli B, Duncan BB, Pellanda LC. Children with adult hearts. *Arq Bras Cardiol.* 2009;93(3):211-2.
3. Sekine M, Izumi I, Yamagami T, Kagamimori S. Obesity and cardiac autonomic nerve activity in healthy children: results of the Toyama Birth Cohort Study. *Environm Health Prev Med.* 2001;6(3):149-53.
4. Gutin B, Barbeau P, Litaker MS, Ferguson M, Owens S. Heart rate variability in obese children: relations to total body and visceral adiposity, and changes with physical training and detraining. *Obes Res.* 2000;8(1):12-9.
5. Williams DP, Going SB, Lohman TG, Harsha DW, Srinivasan SR, Webber LS, et al. Body fatness and risk for elevated blood pressure, total cholesterol, and serum lipoprotein ratios in children and adolescents. *Am J Public Health.* 1992;82(3):358-63.

6. Goran MI, Reynolds KD, Lindquist CH. Role of physical activity in the prevention of obesity in children. *Int J Obes Relat Metab Disord*. 1999;23(Suppl 3):S18-33.
7. Paschoal MA. Capacidade funcional. In: Pulz C, Guizilini S, Peres PAT. *Fisioterapia em cardiologia: aspectos práticos*. São Paulo: Atheneu; 2006. p.23-38.
8. Wasserman K, Beaver WL, Whipp BJ. Gas exchange theory and the lactic acidosis (anaerobic) threshold. *Circulation*. 1990;81(1 Suppl):II14-30.
9. Wasserman K, Hansen JE, Sue DY, Lasaburi R, Whipp BP. *Principles of exercise testing & interpretation: including pathophysiology and clinical applications*. 3rd ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 1999.
10. Davis JA. Anaerobic threshold: review of the concept and directions for future research. *Med Sci Sports Exerc*. 1985;17(1):6-21.
11. Brooks GA. Current concepts in lactate exchange. *Med Sci Sports Exerc*. 1991;23(8):859-906.
12. Fronchetti L, Nakamura FY, Aguiar CA, Oliveira FR. Regulação autonômica em repouso e durante exercício progressivo: aplicação do limiar de variabilidade da frequência cardíaca. *Rev Port Cien Desp*. 2006;6(1):21-8.
13. Lima JRP, Kiss MAP. Limiar de variabilidade da frequência cardíaca. *Rev Bras Ativ Fis Saúde*. 1999;4(1):29-38.
14. Brunetto AF, Silva BM, Roseguini BT, Hirai DM, Guedes DP. Limiar ventilatório e variabilidade da frequência cardíaca em adolescentes. *Rev Bras Med Esporte*. 2005;11(1):22-7.
15. Nakamura Y, Yamamoto Y, Muraoka I. Autonomic control of heart rate during physical exercise and fractal dimension of heart rate variability. *J Appl Physiol*. 1993;74(2):875-81.
16. National Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion and National Center for Health Statistics, 2000. [Cited in 2010 Dec 10]. Available from <http://www.cdc.gov/growthcharts>.
17. Koch VH. Casual blood pressure and ambulatory blood pressure measurement in children. *São Paulo Med J*. 2003;121(2):85-9.
18. National High Blood Pressure Education Program Working Group on High Blood Pressure in Children and Adolescents. The fourth report on the diagnosis, evaluation, and treatment of high blood pressure in children and adolescents. *Pediatrics*. 2004;114(2 Suppl 4th Report):555-76.
19. Wasserman K, McLroy MB. Detecting the threshold of anaerobic metabolism in cardiac patients during exercise. *Am J Cardiol*. 1964;14:844-52.
20. Wasserman K, Whipp BJ, Koyal SN, Beaver WL. Anaerobic threshold and respiratory gas exchange during exercise. *J Appl Physiol*. 1973;35(2):236-43.
21. Anosov O, Patzak A, Kononovich Y, Persson PB. High-frequency oscillations of the heart rate during ramp load reflect the human anaerobic threshold. *Eur J Appl Physiol*. 2000;83(4-5):388-94.
22. Hautala AJ, Mäkikallio TH, Seppänen T, Huikuri HV, Tulppo MP. Short-term correlation properties of R-R interval dynamics at different exercise intensity levels. *Clin Physiol Funct Imaging*. 2003;23(4):215-23.
23. Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. *Circulation*. 1996;93(5):1043-65.
24. Wearing SC, Hennig EM, Byrne NM, Steele JR, Hills AP. The biomechanics of restricted movement in adult obesity. *Obes Rev*. 2006;7(1):13-24.
25. Goran MI, Fields DA, Hunter GR, Herd SL, Weinsier RL. Total body fat does not influence maximal aerobic capacity. *Int J Obes*. 2000;24(7):841-8.
26. Birrer RB, Levine R. Performance parameters in children and adolescent athletes. *Sports Med*. 1987;4(3):211-27.
27. Rowland TW. Effects of obesity on aerobic fitness in adolescent females. *Am J Dis Child*. 1991;145(7):764-8.
28. Zanconato S, Baraldi E, Santuz P, Rigon F, Vido L, Da Dalt L, et al. Gas exchange during exercise in obese children. *Eur J Pediatr*. 1989;148(7):614-7.
29. Huttunen NP, Paavilainen T. Physical activity and fitness in obese children. *Int J Obes*. 1986;10(6):519-25.
30. Maffei C, Schutz Y, Schena F, Zaffanello M, Pinelli L. Energy expenditure during walking and running in obese and nonobese prepubertal children. *J Pediatr*. 1993;123(2):193-9.
31. Mattson E, Larsson UE, Rossner S. Is walking for exercise too exhausting for obese women? *Int J Obes*. 1997;21(5):380-6.
32. Almeida MB, Araújo CGS. Effects of aerobic training on heart rate. *Rev Bras Med Esporte*. 2003;9(2):104-12.
33. Dixon EM, Kamath MV, McCartney N, Fallen EL. Neural regulation of heart rate variability in endurance athletes and sedentary controls. *Cardiovasc Res*. 1992;26(7):713-9.
34. Jeukendrup A, Van Diemen A. Heart rate monitoring during training and competition in cyclists. *J Sports Sci*. 1998;16(Suppl 1):S91-9.
35. Kenney WL. Parasympathetic control of resting heart rate: relationship to aerobic power. *Med Sci Sports Exerc*. 1985;17(4):451-5.
36. Rabbia F, Silke B, Conterno A, Grosso T, De Vito B, Rabbone I, et al. Assessment of cardiac autonomic modulation during adolescent obesity. *Obes Res*. 2003;11(4):541-8.
37. Yakinci C, Mungen B, Karabiber H, Tayfun M, Evereklioglu C. Autonomic nervous system functions in obese children. *Brain Dev*. 2000;22(3):151-3.
38. Karvonen MJ, Kentala E, Mustala O. The effects of training on heart rate: a longitudinal study. *Ann Med Exp Biol Fenn*. 1957;35(3):307-15.