

Artigo original

ANÁLISE SIMBÓLICA DO CONTROLE NEURAL DO CORAÇÃO DE CRIANÇAS OBESAS

Symbolic Analysis of the neural control of the heart of obese children

Mariana Cristina Da Silva^{1,2}, Juliana Lobo Froio², Ana Laura
Do Prado Schiavone², Glauco Cesar Da Conceição Canella²,
Fernanda Regina De Moraes^{2,3}, Robison José Quitério^{1,2}

¹Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Humano e Tecnologias, Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Rio Claro, São Paulo, Brasil;

²Laboratório de Biocomunicação, Exercício Físico e Modulação Autonômica Cardíaca (LIBEM), Departamento de Fisioterapia e Terapia Ocupacional (DEFITO), Universidade Estadual Paulista (UNESP), Marília, São Paulo, Brasil;

³Universidade de Uberaba (UNIUB), Uberaba, São Paulo, Brasil;

Autor Correspondente:

Name: Robison José Quitério

E-mail: robison.quiterio@unesp.br

► RESUMO

Contextualização: Mecanismos neurais têm sido implicados na patogênese da obesidade, particularmente no desequilíbrio simpátovagal, e a relativa prevalência da atividade simpática tem sido sugerida como um papel fundamental nessa complexa relação. A utilização de apenas um método para análise de séries temporais de processos fisiológicos limita a caracterização completa e não informa com precisão se a série apresenta comportamento caótico; portanto, indica-se a utilização de métodos que considerem a interação dos mecanismos envolvidos na regulação e permitam a separação de estruturas de comportamento não linear na série temporal de batimentos cardíacos. **Objetivo:** investigar a relação entre a complexidade da modulação autonômica cardíaca e a obesidade infantil global e abdominal. **Materiais e métodos:** Foram estudadas 46 crianças, sendo 23 obesas (percentil do IMC igual ou maior que 97) e 23 eutróficas (percentil entre três e 85). Foram feitas as medidas da circunferência da cintura e do quadril e calculada a relação cintura/quadril, para quantificar a obesidade abdominal. A FC e os intervalos R-R (iR-R) instantâneos foram registrados em repouso com respiração espontânea, em decúbito dorsal por

15 minutos e analisados os índices temporais, espectrais e simbólicos. **Resultados:** Na condição de repouso, as crianças obesas apresentam menor complexidade na modulação da FC e essa alteração está relacionada tanto à obesidade global, quanto abdominal. **Conclusão:** as crianças obesas apresentam menor complexidade na modulação autonômica da frequência cardíaca e essa alteração está associada tanto a obesidade global, quanto a abdominal.

Palavras chaves: Frequência Cardíaca, Obesidade Infantil, Sistema Nervoso Autônomo, Sistema Nervoso Simpático, Sistema Nervoso Parassimpático.

► ABSTRACT

Contextualization: *Neural mechanisms have been implicated in the pathogenesis of obesity, particularly sympathovagal imbalance, and the relative prevalence of sympathetic activity has been suggested as key role in this complex relationship. The use of only one method for analyzing time series from physiological processes limits the complete characterization and does not accurately state whether the series presents chaotic behavior; therefore, are indicated to be used methods that consider the interaction of the mechanisms involved in the regulation and allow the separation of structures of non-linear behavior in the temporal series of heartbeats.* **Objective:** *to investigate the relationship between the complexity (symbolic analysis) of autonomic cardiac modulation and pediatric obesity, global and abdominal.* **Materials and methods:** *46 childrens were studied, 23 obeses (BMI percentile equal or higher than 97) and 23 eutrophic (BMI percentile equal or lower than 85). The waist circumference and the hip one were measured, also the waist/hip relationship was calculated, to quantify the abdominal obesity. The HR and the instantaneous R-R (iR-R) gaps were registered in rest with spontaneous breathing, in dorsal decubitus, for 15 minutes and the temporal, spectral and symbolic indices were analyzed.* **Results:** *In rest condition, the obese children presented lower complexity of HR modulation and this alteration is relationed with both abdominal and global obesity.* **Conclusion:** *the obese children present a lower complexity in the autonomic modulation of heart rate and this alteration is associated with global and abdominal obesity.*

Keywords: *Heart Rate, Pediatric Obesity, Autonomic Nervous System, Sympathetic Nervous System, Parasympathetic Nervous System.*

► INTRODUÇÃO

Mecanismos neurais têm sido envolvidos na patogênese da obesidade, particularmente no desequilíbrio simpátovagal, e a relativa prevalência da atividade simpática tem sido sugerida como um papel fundamental nessa complexa relação.¹

Ao se tratar das investigações sobre as adaptações do controle neural e obesidade infantil, os resultados ainda são controversos. Tem sido relatada diminuição na modulação simpática e parassimpática²; diminuição na modulação parassimpática e aumento da modulação simpática^{3,4}, e apenas hipoatividade vagal.⁵

Estudos que utilizaram métodos lineares de análise da Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC) referem que o Sistema Nervoso Autônomo (SNA) de crianças e adolescentes tem um padrão definido de desenvolvimento, sendo que os adolescentes apresentam maiores índices de VFC.⁶ Por outro lado, há relatos de diminuição da modulação parassimpática à medida que a idade de crianças e adolescentes aumenta.^{6,7}

O uso de apenas um método para análise de séries temporais provenientes de processos fisiológicos limita a caracterização completa da série e não afirma com fidelidade se apresenta comportamento caótico; por isso, indica-se o uso de métodos que considerem a interação dos mecanismos envolvidos na regulação e permitem a separação de estruturas de comportamento não linear nas séries temporais de batimentos cardíacos.⁸

Pesquisas que envolvem análise simbólica da VFC de crianças obesas ainda são muito escassas. Em uma pesquisa⁹ que abordava diferentes métodos de análise da VFC, tanto linearmente quanto não linearmente, a análise simbólica foi uma das formas escolhidas. Diferenças estatísticas foram encontradas em todos os parâmetros, com a exceção do índice linear RMSSD (raiz quadrada média da diferença do intervalo de sucessivas ondas sinusais, ou seja, *root-mean-square of the successive normal sinus RR interval difference*), de forma que perceberam as crianças obesas

apresentavam alterações de modulação da FC preocupantes em relação às eutróficas. O próprio estudo indicou que mecanismos complexos e interligados envolvendo regulação cardiovascular e parâmetros não lineares relacionados à Teoria do Caos (como a análise simbólica) podem trazer evidências adicionais quando comparados aos métodos lineares.

Cysars et al. (2013)¹⁰ avaliaram se os padrões simbólicos da frequência cardíaca (FC) refletiam mudanças autonômicas cardíacas durante a infância e adolescência e concluíram que tal análise pode refletir a maturação do controle autonômico nessas fases da vida.

Portanto, o presente estudo se propõe a contribuir com evidências científicas relativas à modulação autonômica da frequência cardíaca de crianças obesas, de forma a explorar o método não linear da análise simbólica, que investiga esses ramos em caráter independente, pensando na importância de se identificar alterações subclínicas para medidas de prevenção primária e secundária nessa população.

► OBJETIVO

Investigar a relação entre os índices de complexidade da modulação autonômica cardíaca com as medidas de obesidade global e central em crianças.

► MATERIAL E MÉTODOS

Tipo de estudo: original, básico, observacional, quantitativo, exploratório, explicativo e transversal.

Aspectos éticos: O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo seres humanos, da Faculdade de Filosofia e Ciências, UNESP de Marília, de acordo com a Resolução 466/12 e suas Complementares do Conselho Nacional de Saúde, sob o protocolo de número 1114/2014. Todos os voluntários foram informados sobre os

procedimentos experimentais, bem como sobre o fato destes não afetarem sua saúde. Foram esclarecidos também quanto ao sigilo das informações coletadas e das suas identidades. Após terem lido e concordado, os pais ou responsáveis legais, assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido.

Triagem e perda amostral: foram triadas 162 crianças do município de Marília/SP, para verificação antropométrica e direcionamento destas para os procedimentos metodológicos. Destas, foram selecionadas randomicamente 54 crianças obesas e eutróficas e, por fim, após filtragem dos dados já avaliados, 46 crianças foram distribuídas igualmente nos grupos obeso (GO=23 crianças) e eutrófico (GE=23 crianças) para discussão dos resultados obtidos.

População estudada e determinação do tamanho da amostra: Foram avaliadas crianças com idade entre 7 e 12 anos, de ambos os sexos, divididos nos grupos: eutróficas (percentil entre 3 e 85) e obesas (percentil igual ou maior que 97), classificadas como obesas a partir do Índice de Massa Corpórea, de acordo com a classificação proposta por Cole e colaboradores (2000)¹¹, validada e específica para crianças e adolescentes e que inclui dados demográficos brasileiros. Foram considerados critérios de inclusão: apresentar faixa etária estipulada para amostra; não possuir doenças pulmonares e neurológicas; e não fazer uso de medicamentos regularmente. Para os cálculos do tamanho da amostra, tomaram-se como referência os valores de RMSSD do estudo de Riva e colaboradores (2001)³, onde foi observada uma diferença máxima entre as médias de 12 (ms) e desvio padrão médio de 14 (ms). Ao determinar um nível de significância de 5% e poder do teste de 80%, a amostra deveria ser constituída de 23 elementos amostrais por grupo, totalizando 46 elementos.

Procedimentos gerais: Os experimentos foram realizados sempre no período da tarde, entre 14h e 18h, para padronizar as influências circadianas sobre o organismo. Os voluntários usaram roupas confortáveis e, na véspera e no dia dos testes, não ingeriram bebidas estimulantes (chá, café, outros), não realizaram atividades físicas extenuantes e fizeram uma refeição leve pelo menos duas horas antes dos testes. No dia da testagem, as condições relacionadas ao estado de saúde do voluntário foram observadas para

verificar a ocorrência de uma noite de sono regular. Para reduzir a ansiedade e expectativa por parte dos voluntários, foram feitos procedimentos de familiarização dos mesmos com o protocolo de teste, com o grupo técnico de pesquisadores e com os equipamentos. Os experimentos foram realizados em uma sala climatizada, sendo a temperatura e a umidade relativa do ar mantidas a 22-24°C e 40-60%, respectivamente.

Medidas antropométricas e da composição corporal: A massa corporal foi medida utilizando-se uma balança antropométrica (Welmy®, São Paulo, Brasil) com os participantes descalços, vestindo apenas roupas leves (camisetas e bermudas). Para a verificação da estatura foi utilizado um estadiômetro e os participantes ficaram descalços em posição ortostática. A partir desses dados foi calculado o Índice de Massa Corpórea (IMC) mediante a fórmula: massa corporal (kg)/altura² (m). A classificação dos valores de IMC obtidos foi realizada de acordo com Cole e colaboradores (2000)¹¹, validada e específica para crianças e adolescentes e que inclui dados demográficos brasileiros. A medida da circunferência da cintura (CC) foi realizada com o indivíduo em pé com abdômen relaxado e os braços também relaxados ao lado do corpo. Foi utilizada uma fita métrica com precisão milimétrica, colocada horizontalmente sobre a pele, posicionada na metade da distância entre as últimas costelas e a crista ilíaca¹². A circunferência do quadril (CQ) foi medida na altura do trocânter maior do fêmur (OMS, 2000). A partir desses dados, foi calculada a relação cintura/quadril. A Relação Cintura Quadril (RCQ) foi obtida pelo quociente entre circunferência da cintura e do quadril. Foram adotados como valores de referência 0,86 a 0,93 para os meninos e 0,79 a 0,91 para as meninas, de acordo com o *Centers for Disease Control and Prevention* (2012)¹³. Acima desses valores foi considerado como obesidade abdominal.

Registro e análise dos intervalos R-R: A FC e os iR-R instantâneos foram gravados durante o protocolo do repouso, por um transmissor posicionado na altura do processo xifóide e um monitor/receptor (*Polar RS800CX, Polar Electro Oy® , Kempele, Finland*). O sistema detecta a despolarização ventricular, correspondente às ondas R do eletrocardiograma,

com frequência amostral de 500 hertz (Hz) e resolução temporal de 1 milissegundo. Após a estabilização da FC na postura deitada em decúbito dorsal, foram feitos os registros da FC e dos iR-R durante 15 minutos.

Os dados foram transmitidos para um computador utilizando-se o software Polar Pro Trainer® e convertidos em arquivos de texto, sendo analisadas somente as séries com 95% ou mais batimentos sinusais estáveis (Software Kubios HRV, versão 2.0, University of Kuopio, Finland). Foram utilizados, por conseguinte, os 256 pontos consecutivos mais estáveis e tal trecho foi considerado para todas as análises.

Na análise do domínio do tempo, foram feitos os seguintes cálculos estatísticos: média e desvio padrão dos valores instantâneos de frequência cardíaca, em batimentos por minuto (bpm), e dos iR-R e SDNN (desvio-padrão dos intervalos NN) em milissegundos (ms); raiz quadrada da média dos quadrados das diferenças entre os intervalos normais sucessivos (RMSSD), expresso em ms; e a porcentagem dos intervalos R-R adjacentes com diferença de duração maior que 50ms (pNN50). Os dois últimos índices são representativos da modulação parassimpática^{14,15,16}.

Para a análise no domínio da frequência, foi aplicado o método de interpolação splines cúbicas com frequência de 4Hz e calculada a densidade de potência espectral do trecho mais estável mediante a Transformada Rápida de Fourier (FFT), que decompunha o sinal nas seguintes bandas: alta frequência (HF – 0,15 a 0,4Hz), que corresponde a modulação respiratória e do nervo vago sobre o coração; baixa frequência (LF – 0,04 a 0,15Hz), que representa modulação simpática e parassimpática, porém com o predomínio da simpática. Os dados de ambas as bandas foram apresentados em valores absolutos (ms^2) e normalizados (u.n); e a razão LF/HF, que representa o balanço simpátovagal.^{14,15,16}

A Análise Simbólica foi realizada por meio do programa desenvolvido para essa finalidade.¹⁶ Uma abordagem de simplificação, baseada no processo de quantificação uniforme, foi usada para transformar a série R-R em uma sequência de símbolos. A partir do mesmo trecho de 256 pontos mais estáveis dos iR-R das demais análises, calculou-se a diferença entre

o maior e o menor iR-R desta série; o valor desta diferença foi dividido por 6, que representa o número de níveis ou símbolos da análise simbólica (0 a 5), encontrando-se a magnitude de cada nível para distribuição da sequência de intervalos. Os símbolos identificados nas séries temporais foram agrupados de 3 em 3 e foram avaliadas as taxas de ocorrência dessas famílias, formando então os padrões simbólicos descritos por 0V (padrões sem variação = modulação simpática), 1V (padrões com uma variação = modulação simpática e parassimpática), 2LV (padrões com duas variações similares = modulação parassimpática) e 2UV (padrões com duas variações diferentes = modulação parassimpática). Foram apresentados os valores de porcentagens dos 4 padrões citados e foi descrita a análise de variância e de complexidade da Entropia de Shannon.¹⁸

Análise estatística: As variáveis quantitativas foram descritas pela média e desvio-padrão ou intervalo de confiança de 95% (IC95%), com seus respectivos limites inferior e superior. A distribuição de normalidade foi verificada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov. Para comparar os grupos, foi realizado o teste t para amostras independentes ou o teste de Mann-Whitney quando os dados não apresentaram distribuição normal. Para analisar a relação entre variáveis quantitativas, foi realizado o teste de correlação de Spearman. Para as análises de correlações foram considerados os seguintes valores de coeficientes: 0 a 0,3 = muito fraca ou desprezível; 0,3 a 0,5 = fraca; 0,5 a 0,7 = moderada; 0,7 a 0,9 = forte; $\geq 0,9$ = muito forte. O nível de significância adotado foi de 5%. Os dados foram analisados no software SPSS®, versão 19.0 para Windows®.

► RESULTADOS

Os dados referentes a idade e às variáveis antropométricas dos grupos eutrófico e obeso são apresentados na tabela 1.

Tabela 1: Idade e variáveis antropométricas dos grupos eutrófico e obeso.

	Eutrófico (n=23)		Obeso (n=23)		P
	Média	DP	Média	DP	
- Idade (meses)	122,13	15,41	120,78	13,62	0,800
- Massa corporal (kg)	34,04	7,14	57,06	12,28	0,0001
- Estatura (m)	1,42	0,11	1,47	0,11	0,097
- IMC (kg/m ²)	16,70	1,55	26,09	3,23	0,0001
- CC (cm)	62,02	4,33	83,39	12,41	0,0001
- CQ (cm)	74,96	7,69	95,33	10,50	0,0001
- RCQ	0,83	0,06	0,88	0,13	0,001

Nota: kg = quilogramas; m = metros; IMC = Índice de Massa Corpórea; CC = circunferência de cintura; CQ = circunferência de quadril; cm = centímetros; RCQ = relação cintura-quadril.

A comparação dos grupos eutrófico e obeso quanto aos intervalos R-R, frequência cardíaca e índices temporais, espectrais e simbólicos de variabilidade da frequência cardíaca na posição supina, está representada na tabela 2.

Tabela 2: Intervalos R-R, Frequência cardíaca e índices temporais, espectrais e simbólicos de variabilidade da frequência cardíaca na posição supina dos grupos eutrófico e obeso.

	Eutrófico (n=23)		Obeso (n=23)		P
	Média	DP	Média	DP	
Média IR-R (ms)	728,60	96,68	732,75	104,55	0,89
SDNN (ms)	48,38	17,42	49,94	22,37	0,79
Média FC (bpm)	83,90	10,00	84,02	12,26	0,97
RMSSD (ms)	49,09	25,22	48,89	27,96	0,84
pNN50 (%)	26,35	20,36	28,57	22,69	0,86
LF (ms ²)	700,09	517,38	1030,04	878,05	0,07

LF (u.n.)	40,60	14,73	44,16	16,59	0,44
HF (ms ²)	1074,09	1002,14	1412,56	1046,57	0,35
HF (u.n.)	59,12	14,79	55,59	16,60	0,44
LF/HF	0,84	0,51	0,91	0,68	0,15
Entropia de <i>Shannon</i>	3,99	0,41	3,39	0,83	0,0001
SV	4,37	2,91	3,01	1,69	0,19
%0V	22,00	9,87	27,90	10,89	0,06
%1V	62,30	89,63	47,44	3,27	0,009
%2LV	17,09	4,87	12,27	6,87	0,11
%2UV	17,24	14,42	12,19	4,85	0,46

Nota: ms = milissegundos; iR-R = intervalos R-R; SDNN = desvio-padrão dos intervalos NN; FC = frequência cardíaca; bpm = batimentos por minuto; RMSSD = raiz quadrada da média dos quadrados das diferenças entre os intervalos normais sucessivos; pnn50 = porcentagem dos intervalos R-R adjacentes com diferença de duração maior que 50ms; LF = baixa frequência; HF = alta frequência; LF/HF = balanço simpátovagal; SV = *Symbolic variance* (variação da análise).

A análise da correlação das variáveis antropométricas com os índices de variabilidade da frequência cardíaca em repouso na posição supino é apresentada na tabela 3.

Tabela 3: Análise da correlação das variáveis antropométricas com índices de variabilidade da frequência cardíaca em repouso na posição supino de ambos os grupos em conjunto.

	IMC (kg/m ²)		CC (cm)		RCQ	
	r	p	R	p	R	P
Média IR-R (ms)	0,06	0,68	0,13	0,37	-0,006	0,97
SDNN (ms)	0,06	0,69	0,13	0,36	0,10	0,47
Média FC (bpm)	-0,04	0,77	-0,11	0,43	0,01	0,93
RMSSD (ms)	-0,01	0,91	0,03	0,82	-0,004	0,97
pNN50 (%)	-0,02	0,87	0,03	0,81	0,003	0,98
LF (ms ²)	0,27	0,07	0,16	0,26	-0,07	0,61
LF (u.n.)	0,21	0,15	-0,8	0,59	0,14	0,33
HF (ms ²)	0,12	0,41	0,22	0,13	0,04	0,76
HF (u.n.)	-0,21	0,14	0,06	0,67	-0,14	0,34

LF/HF	0,17	0,24	-0,05	0,71	-0,09	0,52
Entropia de <i>Shannon</i>	-0,62	0,0001*	-0,51	0,000*	-0,30	0,04
SV	0,13	0,36	0,10	0,49	0,02	0,84
%0V	0,39	0,009*	0,25	0,09	0,04	0,79
%1V	0,05	0,72	0,09	0,54	0,07	0,60
%2LV	-0,38	0,009*	-0,31	0,03*	-0,28	0,05
%2UV	-0,25	0,08	-0,17	0,23	0,03	0,81

Nota: kg = quilogramas; m = metros; IMC = Índice de Massa Corpórea; CC = circunferência de cintura; cm = centímetros; RCQ = relação cintura-quadril; ms = milissegundos; iR-R = intervalos R-R; SDNN = desvio-padrão dos intervalos NN; FC = frequência cardíaca; bpm = batimentos por minuto; RMSSD = raiz quadrada da média dos quadrados das diferenças entre os intervalos normais sucessivos; pnn50 = porcentagem dos intervalos R-R adjacentes com diferença de duração maior que 50ms; LF = baixa frequência; HF = alta frequência; Hz = hertz; LF/HF = balanço simpátovagal; SV = Symbolic variance (variação da análise); $p \leq 0,05$ correlação significativa; r = coeficiente de correlação de Spearman.

► DISCUSSÃO

Os principais achados desse estudo referem-se ao fato de o grupo obeso apresentar menor Entropia de Shannon e 1V% (modulação simpática e parassimpática) e as medidas de obesidade global e abdominal estarem relacionadas negativamente com os índices simbólicos de VFC.

A Análise Simbólica tem sido usada em função de algumas características dos mecanismos de regulação cardiovascular apresentarem comportamento não linear e que, portanto, não são identificados mediante os métodos lineares¹⁹. Permite também deduções análogas, por meio dos resultados obtidos, para a aplicabilidade prática da VFC, de modo que é um método de avaliação consideravelmente sensível na detecção dos ajustes dos disparos dos ramos autonômicos, ao superar algumas limitações em comparação aos métodos de análise lineares. Isso contribui, inclusive, para o desenvolvimento de abordagens terapêuticas adaptadas para prevenir algumas cardiopatias.¹⁸

A Entropia de Shannon, quando associada à análise simbólica, fornece a complexidade da distribuição dos padrões simbólicos de forma

quantitativa, informando ricamente sobre tal distribuição.^{17,18} Quanto maior a Entropia de Shannon, os padrões são identicamente distribuídos e a série transporta o máximo de informações; a Entropia baixa, por sua vez, evidencia quando alguns padrões são mais frequentes, enquanto outros estão ausentes ou raros.¹⁷ Com isso, quanto mais altos os valores da entropia, mais complexidade está presente e, do ponto de vista clínico, mais fisiológicas são as condições e, provavelmente, mais saudável é o paciente.²⁰

Alterações na modulação simpática podem estar associadas ao início e desenvolvimento da obesidade, uma vez que a ativação simpática influencia a produção de hormônios e de tecido adiposo. Estudos farmacológicos já demonstraram que, quando há o bloqueio ou hipoativação do ramo simpático, aumento dos níveis de leptina; concomitantemente ao bloqueio deste ramo e estimulação parassimpática, ocorre liberação de importantes citocinas e hormônios associados à regulação do gasto energético, apetite e saciedade. Por sua vez, quando ocorre uma hiperativação do ramo simpático, os hormônios que impedem o desenvolvimento da obesidade não são produzidos. Por conseguinte, estudar o comportamento dos ramos do SNA trata-se de uma forma de justificar o surgimento fisiopatológico da obesidade que, também, pode causar modificações na variabilidade da frequência cardíaca (VFC).⁴

Como a sistema nervoso simpático está envolvido em quase todos os processos homeostáticos, a diminuição do funcionamento autonômico pode causar efeitos adversos de longo alcance, incluindo distúrbios metabólicos e disfunções cardiovasculares e, conseqüentemente, prejudicar a saúde das crianças. Além disso, o risco de obesidade na idade adulta é aumentado para crianças obesas. Assim, este estudo implica ainda que a prevenção e o tratamento da obesidade com início nos anos da infância é uma urgente e crucial questão de saúde.²

A Entropia de Shannon fornece quantitativamente a complexidade da distribuição dos padrões simbólicos, ou seja, uma baixa Entropia indica que alguns padrões são mais comuns, enquanto outros estão ausentes ou são poucos frequentes, há menor complexidade. Em contrapartida, uma

maior Entropia significa que os padrões são identicamente distribuídos, a complexidade é maior e a série transporta o máximo de informações.^{10,17} As alterações na Entropia de Shannon estão associadas tanto à obesidade global, quanto à abdominal, e também aos índices nos domínios e tempo e frequência.

Quando a modulação autonômica simpática e parassimpática da FC foi analisada em conjunto (isto é, o padrão 1V), utilizando método simbólico, observa-se que é menor no grupo obeso, o que não foi verificado nos métodos lineares. Entretanto, os índices que correspondem somente à modulação simpática (padrão 0V) ou parassimpática (padrões RMSSD, HF, 2LV, 2UV), analisados separadamente, foram similares. Os modelos não lineares vigentes auxiliam no monitoramento de certos comportamentos de sistemas dos quais os modelos lineares não encontram explicações detalhadas e, desse modo, têm possibilitado melhor entendimento da natureza de sistemas dinâmicos complexos que ocorrem no corpo humano, tanto na saúde como na doença.⁸ Tal constatação evidencia que uma análise em conjunto da modulação da FC com as variáveis lineares e simbólicas foi sensível ao detectar diferenças importantes nas crianças avaliadas.

Verificou-se também que as diferenças na VFC estiveram associadas a fatores antropométricos. O índice simbólico simpático 0V está associado com obesidade global (IMC) e que o índice %2LV, parassimpático, associou-se tanto com a obesidade global, quanto com a abdominal (CC). Pode-se dizer que a obesidade central ou abdominal tem maior papel na discriminação de disfunção autonômica cardíaca em adolescentes obesos normotensos em comparação com a obesidade global.²¹

Recentemente, evidências têm mostrado um possível elo entre a obesidade e o aumento da atividade simpática, agindo no apetite e metabolismo, assim como no hipotálamo para aumentar a atividade simpática.²² Nota-se também que o elevado BMI-SDS (Índice de massa corporal - pontuação padronizada, ou seja, *Body Mass Index - standardised score*) durante a infância e adolescência pode estar associado ao déficit da atividade parassimpática, sendo que a padronização dessa anormalidade sugere uma disfunção comprimento-dependente do sistema nervoso autônomo periférico.²³

É crescente a prevalência de crianças com sobrepeso e obesidade, o que pressupõe a necessidade de compreender melhor o funcionamento dos sistemas como um todo, não só para o profissional da saúde, mas também no contexto familiar e social.

► CONCLUSÃO

Conclui-se, portanto, que na condição de repouso, as crianças obesas apresentam menor complexidade na modulação da frequência e essa alteração está relacionada tanto a obesidade global, quanto a abdominal.

Assim, este estudo implica ainda que a prevenção e o tratamento da obesidade com início nos anos da infância é uma urgente e crucial questão de saúde.

► REFERÊNCIAS

- 1 Frontoni, Simona; Bracaglia, Daniela; GIGLI, Fabrizio. Relationship between autonomic dysfunction, insulin resistance and hypertension, in diabetes. **Nutr. Metab. Cardiovasc. Dis**, [S.L.], v. 15 (n. 6): p. 441-449, dez. 2005. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.numecd.2005.06.010>.
- 2 Nagai, N.; Matsumoto, T.; KIIta, H.; Moritani, T. Autonomic nervous system activity and the state and development of obesity in Japanese school children. **Obes. Res**, v. 11 (n. 1): p. 25-32, 2003
- 3 Riva, P. et al. Obesity and autonomic function in adolescence. **Clin. Exp. Hypertens.**, v. 23 (n. 1-2): p. 57-67, 2001
- 4 Cambri, L.T.; Fronchetei, L.; De-Oliveira, F.R.; Gevaerd, M. S. Variabilidade da frequência cardíaca e controle metabólico. **Arq. Sanny Pesq. Saúde**, v. 1 (n. 1): p. 72-82, 2008.
- 5 Yakinci, Cengiz et al. Autonomic nervous system functions in obese children. **Brain Dev.**, v. 22 (n. 3): p. 151-153, 2000
- 6 Dursun, H.; Kilicaslan, B; AYDIN, M. The assessment of cardiac

autonomic functions in adolescents with a family history of premature atherosclerosis. **Clin.**, São Paulo, v. 69 (n. 12): p. 823-827, 2014

7 Dimitropoulos, G.; Tahrani, A.A.; Stevens, M.J. Cardiac autonomic neuropathy in patients with diabetes mellitus. **World J. diabetes**, v. 5 (n. 1): p. 17, 2014.

8 Godoy, MF; Takakura, IT; Correa, PR. Relevância da análise do comportamento dinâmico não-linear (Teoria do Caos) como elemento prognóstico de morbidade e mortalidade em pacientes submetidos à cirurgia de revascularização miocárdica. **Arq Ciênc Saúde**, vol. 12 (n. 4): p. 167-71, 2005.

9 Moraes, F.R. OBESIDADE INFANTIL: Fatores de Risco Perinatais, Obesidade Central, Maturação Sexual e Análises Linear e Não Linear da Modulação Autonômica da Frequência Cardíaca. Fernanda Regina de Moraes, Rio Claro, 2016. 150 fls. Tese (doutorado). Programa de Pós Graduação em Desenvolvimento Humano e Tecnologias. Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Rio Claro, SP, Brasil.

10 Cysars, D. et al. Symbolic patterns of heart rate dynamics reflect cardiac autonomic changes during childhood and adolescence. **Auton. Neurosci.** 178, 37–43, 2013.

11 Cole, T. J.; Bellizzi, M. C.; Flegal, K. M.; Dietz, W. H. Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide: international survey. **Br. Med. J**, Reino Unido, v. 320, p. 1240–1243, 2000.

12 Taylor, R. W. et al. Evaluation of waist circumference, waist-to-hip ratio, and the conicity index as screening tools for high trunk fat mass, as measured by dual-energy X-ray absorptiometry, in children aged 3–19 y1–3. **Am. J. Clin. Nutr.**, v. 72 (n. 2): p. 490-495, 2000.

13 Centers for Disease Control and Prevention. CDC Global Health Strategy, 2012. <https://www.cdc.gov/globalhealth/strategy/pdf/cdc-globalhealthstrategy.pdf>

14 Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart rate variability: standards of measurements, physiological interpretation and clinical use. **Circulation**, V. 93, p 1043-1065,1996.

- 15 Rajendra, A. U. et al. Heart rate variability: a review. **Med. Biol. Eng. Comput**, v. 44 (n. 12): p. 1031-51, 2006. .
- 16 Vanderlei, L.CM. et al. Noções básicas de variabilidade da frequência cardíaca e sua aplicabilidade clínica. **Rev Bras Cir Cardiovasc**, v. 24 (n. 2): p. 205-17, 2009.
- 17 Porta, A. et al. Entropy, entropy rate, and pattern classification as tools to typify complexity in short heart period variability series. **Biom. Eng., IEEE Transactions on**, v. 48 (n. 11): p. 1282-1291, 2001.
- 18 Guzzetti, S. et al. Symbolic dynamics of heart rate variability a probe to investigate cardiac autonomic modulation. **Circ.**, v. 112 (n. 4): p. 465-470, 2005.
- 19 Porta, A. et al. Addressing the complexity of cardiovascular regulation. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London A: Math. Phys. Eng. Sci.*, v. 367 (n. 1892): p. 1215-1218, 2009.
- 20 De Godoy, MF et al. Nonlinear Analysis of Heart Rate Variability: A Comprehensive Review. **J. Card. Ther.**; V. 3(n 3): p. 528-533, 2016
- 21 Farah BQ, Prado WL, Tenório TR, Ritti - Dias, RM. Heart rate variability and its relationship with central and general obesity in obese normotensive adolescents. **Einst.** (São Paulo). 2013 Jul-Sep; V. 11(n 3), 2013
- 22 Cavalheira. Hiperatividade Simpática na Obesidade. **Arq Bras Endocrinol Metab**; V.52 (n. 1),2008.
- 23 Baum P, Petroff D, Classen J, Kiess W, Blüher S. Dysfunction of Autonomic Nervous System in Childhood Obesity: A Cross-Sectional Study. **P. One** V 8(n 1), 2013