






Análise da variabilidade da frequência cardíaca para identificar a perda auditiva no primeiro ano de vida

Analysis of heart rate variability to identify hearing loss in the first year of life

Bárbara Cristiane Sordi Silva¹ , Lilian Cássia Bórnica Jacob¹ , Vitor Engrácia Valenti² , Eliene Silva Araújo³ , Kátia de Freitas Alvarenga¹ 

RESUMO

Objetivo: investigar a existência de associação entre a Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC) e a sensibilidade auditiva em crianças saudáveis no primeiro ano de vida, por meio dos índices RMSSD (Raiz Quadrada Média das Diferenças Sucessivas) e SD1 (Desvio padrão perpendicular à linha de identidade do gráfico de Poincaré). **Métodos:** trata-se de um estudo metodológico, com a avaliação de 20 crianças, divididas em dois grupos: 10 crianças sem perda auditiva (G1) e 10 crianças com perda auditiva, independentemente do tipo e/ou do grau (G2). O estímulo clique foi apresentado nas intensidades de 30-60 dB nNA. Para a captação da VFC utilizou-se o monitor cardíaco Polar RS800CX, com taxa amostral de 1.000 Hz. Foram selecionadas séries estáveis com 60 intervalos R-R e apenas aquelas com mais de 95% de batimentos sinusais foram incluídas. A análise de variância ANOVA 2 critérios de medidas repetidas foi utilizada para avaliar os efeitos da estimulação acústica nos índices RMSSD e SD1, no silêncio e na presença do estímulo clique, nos grupos G1 e G2. A análise fatorial foi aplicada para avaliar os índices com os fatores sexo, orelha testada, estado comportamental da criança e período do teste. **Resultados:** não houve diferenças estatisticamente significantes para os índices RMSSD e SD1, no silêncio e na presença do estímulo clique, nos grupos G1 e G2, e entre ambos. Não houve interação entre os índices da VFC e todos os fatores de confusão analisados. **Conclusão:** a associação entre a VFC e a sensibilidade auditiva pode não ser aplicável para identificar crianças com perda auditiva no primeiro ano de vida, por meio dos índices RMSSD e SD1, utilizando-se o estímulo clique nas intensidades de 30-60 dB nNA.

Palavras-chave: Sistema nervoso autônomo; Estimulação acústica; Audição; Perda auditiva; Criança

ABSTRACT

Purpose: to investigate the existence of an association between Heart Rate Variability (HRV) and hearing sensitivity in healthy children in the first year of life, using the RMSSD (Root Mean Square of Successive Differences) and SD1 (Poincaré plot standard deviation perpendicular to the line of identity) indices. **Methods:** this is a methodological study with evaluation of 20 children divided into two groups: 10 children without hearing loss (G1) and 10 children with hearing loss, regardless of type and/or degree (G2). The click stimulus was presented at intensities of 30-60 dB nHL. To capture the HRV, a Polar RS800CX heart monitor was used, with a sample rate of 1.000 Hz. Stable sets with 60 R-R intervals were selected and only those with more than 95% sinus beats were included. The analysis of the 2-way repeated measures ANOVA test was used to evaluate the effects of acoustic stimulation on the RMSSD and SD1 indices, in silence and in the presence of the click stimulus, in groups G1 and G2. The factor analysis was applied to evaluate the indices with the factors sex, tested ear, behavioral state of the child and test period. **Results:** there were no significant differences for the RMSSD and SD1 indices, in silence and in the presence of the click stimulus, in groups G1 and G2, and between both groups. There was no interaction between the HRV indices, and all the analyzed confounders. **Conclusion:** there was no association between HRV and hearing sensitivity, so the HRV researched with click stimulus at intensities of 30-60 dB nHL was not effective to identify children with hearing loss in the first year of life, through the RMSSD and SD1 indices.

Keywords: Autonomic nervous system; Acoustic stimulation; Hearing; Hearing loss; Child

Trabalho realizado na Faculdade de Odontologia de Bauru – FOB, Universidade de São Paulo – USP – Bauru (SP), Brasil.

¹Departamento de Fonoaudiologia, Faculdade de Odontologia de Bauru – FOB, Universidade de São Paulo – USP – Bauru (SP), Brasil.

²Departamento de Fonoaudiologia, Faculdade de Filosofia e Ciências, Universidade Estadual Paulista – UNESP – Marília (SP), Brasil.

³Departamento de Fonoaudiologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN – Natal (RN), Brasil.

Conflito de interesses: Não.

Contribuição dos autores: BCSS, LCBJ, VEV e KFA: concepção e delineamento do estudo; BCSS, VEV e KFA: coleta, análise e interpretação dos dados; BCSS, LCBJ, VEV, ESA e KFA: elaboração do artigo e/ou revisão crítica e aprovação final da versão a ser apresentada para publicação.

Financiamento: O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Autor correspondente: Bárbara Cristiane Sordi Silva. E-mail: sordis@hotmail.com

Recebido: Outubro 30, 2023; **Aceito:** Maio 01, 2024

INTRODUÇÃO

No Brasil, a Triagem Auditiva Neonatal Universal (TANU) tornou-se obrigatória a partir da promulgação da Lei Federal nº 12.303, de 2 de agosto de 2010⁽¹⁾, atualizada pela Portaria nº 924, de 14 de setembro de 2021⁽²⁾, que incluiu e alterou os procedimentos, Emissões Otoacústicas Evocadas (EOAE) e o Potencial Evocado Auditivo de Tronco Encefálico (PEATE) na Tabela do Sistema Único de Saúde⁽²⁾. Apesar da sua evolução crescente ao longo dos anos, a abrangência atual de crianças triadas no país representa um percentual muito inferior ao recomendado, com disparidades regionais importantes^(3,4).

Uma análise crítica desta problemática evidencia que, dentre outros motivos, a falta de adesão e/ou evasão das famílias constitui uma dificuldade pertencente não apenas aos programas de identificação e intervenção da deficiência auditiva nos primeiros anos de vida⁽⁵⁾, mas da maioria dos programas de tratamento longitudinal.

Nesse sentido, ao considerar o uso de inovações tecnológicas no contexto da saúde, a necessidade de alcançar a universalidade da Triagem Auditiva Neonatal (TAN), os desafios existentes e a utilização de medidas fisiológicas para a realização da triagem auditiva, ponderou-se sobre a aplicabilidade da Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC) para a identificação das crianças de risco para a perda auditiva.

A presente proposta fundamentou-se nas evidências científicas documentadas pela literatura da área, que demonstrou a relação existente entre o controle do ritmo cardíaco e a audição, com alterações da frequência cardíaca mediante à estimulação sonora^(6,7), interação do tônus vagal com o nervo coclear⁽⁸⁾ e associação do ritmo cardíaco com as vias tálamo-corticais, córtico-corticais e córtex auditivo, envolvidos no processamento auditivo⁽⁹⁾.

Assim, hipotetizou-se sobre a viabilidade futura de um dispositivo eletrônico, de fácil manuseio, para medir as oscilações dos intervalos entre batimentos cardíacos consecutivos (VFC), como uma alternativa financeiramente viável e válida, para identificar, na atenção primária à saúde, crianças de risco para a perda auditiva no primeiro ano de vida.

Salienta-se que este trabalho não fragiliza a discussão relacionada à necessidade de implantação da TANU em nível nacional, uma vez que, pelo contrário, é um experimento que visa contribuir para o alcance da sua universalização, com enfoque em resgatar as crianças não triadas ao nascimento devido às dificuldades inerentes ao cenário vigente.

Para tanto, o objetivo deste artigo foi investigar a existência de associação entre a VFC e a sensibilidade auditiva em crianças saudáveis no primeiro ano de vida, por meio dos índices RMSSD (Raiz Quadrada Média das Diferenças Sucessivas) e SD1 (Desvio padrão perpendicular à linha de identidade do gráfico de Poincaré). Paralelamente, visou-se determinar o protocolo de estimulação e o registro dos índices RMSSD e SD1 na presença do estímulo sonoro, caracterizando-os em crianças saudáveis com audição normal e com perda auditiva, independentemente do tipo e/ou do grau, para posterior análise comparativa.

MÉTODOS

Trata-se de um estudo metodológico, focado na etapa preliminar, aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Odontologia de Bauru da Universidade de São Paulo (FOB/USP), CAAE 17996519.2.0000.5417, com aquiescência

do Hospital de Reabilitação de Anomalias Craniofaciais da USP (HRAC/USP), CAAE 17996519.2.3001.5441, e em acordo com a Declaração de Helsinque. A metodologia do trabalho foi aplicada após a anuência dos pais e/ou responsáveis pelas crianças, expressa no Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

Amostra do estudo

A amostra de conveniência foi composta por 20 crianças, divididas em dois grupos: Grupo 1 (G1): 10 crianças, seis (60%) do sexo feminino e quatro (40%) do sexo masculino, com idade média de $83,2 \pm 57,8$ dias, mediana de 45,5 dias, mínimo de 29 dias e máximo de 177 dias, sem perda auditiva e, Grupo 2 (G2): 10 crianças, sete (70%) do sexo masculino e três (30%) do sexo feminino, com idade média de 213 ± 103 dias, mediana de 213 dias, mínimo de 48 dias e máximo de 353 dias, com o diagnóstico audiológico de perda auditiva sensorineural de grau leve ($n = 3$), moderado ($n = 5$) e severo ($n = 1$) e, de perda auditiva condutiva de grau leve ($n = 1$)^(10,11) (Apêndice A), a partir dos seguintes critérios de elegibilidade:

Critérios de inclusão

Crianças saudáveis, de ambos os sexos, na faixa etária de quatro a 365 dias de idades, com o diagnóstico audiológico definido em avaliação audiológica prévia, considerando o princípio Cross-Check⁽¹²⁾. A faixa etária foi determinada com base no diagnóstico e intervenção precoces da perda auditiva.

Critérios de exclusão

Possíveis fatores de confusão que pudessem influenciar o controle do ritmo cardíaco. Desse modo, foram excluídas crianças de parto prematuro e/ou com alguma intercorrência pré, peri ou pós-natal e/ou com o diagnóstico médico de quaisquer distúrbios de saúde, bem como àquelas em uso de medicamentos. Adicionalmente, foram excluídas as crianças com malformações congênitas de orelha externa. Tais informações foram obtidas nos prontuários e todos os pais e/ou responsáveis foram questionados sobre a presença de algum comprometimento de saúde nas crianças.

Metodologia

O protocolo de estimulação, realizado em cabina acusticamente tratada, constituiu-se pela medição da VFC, no silêncio e em repouso e, na presença do estímulo sonoro clique, em diferentes intensidades, para determinar o padrão dos índices RMSSD e SD1 nos grupos G1 e G2. O tempo de coleta foi de aproximadamente 25 min, executado em um único dia. Todas as crianças foram testadas em sala com umidade relativa do ar entre 40 e 60% e temperaturas entre 25 e 30 °C. A maioria delas (80%) foi testada no período da manhã, entre 8 e 12 h e, 20% ($n = 4$) no período da tarde, entre 13 e 18 h, conforme o agendamento de avaliação e/ou acompanhamento audiológico de cada criança na Instituição (Apêndice A).

Variabilidade da frequência cardíaca

A VFC descreve as oscilações dos intervalos entre batimentos cardíacos consecutivos (intervalos R-R). Para avaliá-la, utilizou-se o sensor de captação de frequência cardíaca Polar RS800CX (Polar Electro, Finlândia®), posicionado no tórax da criança, na região do terço distal do esterno, adaptando-se o captador a eletrodos, com base na metodologia proposta por Selig et al.⁽¹³⁾.

Por meio de um campo eletromagnético, os impulsos elétricos do coração foram transmitidos e armazenados para o monitor de um pequeno dispositivo, relógio, posicionado a um metro de distância da criança. Posteriormente, os valores da VFC foram enviados por Bluetooth para análise no computador. A VFC foi verificada batimento a batimento durante todo o protocolo experimental com taxa de amostragem de 1.000 Hz, na qual foram selecionadas séries estáveis com 60 intervalos R-R. Foram realizadas filtragens digital e manual para eliminação de artefatos e somente séries com mais de 95% de batimentos sinusais foram incluídas⁽¹⁴⁾.

Análise da variabilidade da frequência cardíaca

Para a análise dos índices lineares e geométricos utilizou-se o Software Kubios HRV 2.1 analysis®⁽¹⁵⁾. A análise no domínio do tempo foi realizada por meio do índice RMSSD.

Adicionalmente, foram determinados os índices geométricos por meio da construção do plot de Poincaré, em que cada intervalo R-R foi representado em função do intervalo anterior (próximo intervalo). Realizou-se a análise quantitativa do plot de Poincaré com o cálculo do índice SD1⁽¹⁴⁾. A análise qualitativa (visual) foi executada por meio da avaliação das figuras formadas pelo atrator do plot, descritas por Tulppo et al.⁽¹⁶⁾.

Os índices RMSSD e SD1 representam o controle parassimpático do coração, pois se trata de uma resposta mais rápida, com análise de ultracurto período.

Estímulo sonoro

A VFC foi registrada no silêncio (linha de base) para, em seguida, ser captada na presença do estímulo sonoro clique. A seleção do estímulo sonoro clique baseou-se em seu espectro de frequência (1 a 4 kHz), o que permitiu a varredura de frequências na porção basal da membrana basilar do Órgão de Corti, região mais comumente comprometida nas perdas auditivas congênitas⁽¹⁷⁾.

O estímulo sonoro foi apresentado por meio do equipamento Smart Jr da Intelligent Hearing Systems® e/ou do Eclipse EP-25 ABR Systems®, com taxa de estimulação de 39,9/s, pois se acreditou que intervalos inter-estímulo reduzidos pudessem propiciar uma estimulação auditiva mais efetiva para análise dos índices da VFC. A apresentação do estímulo clique foi realizada por condução aérea, por meio do fone de inserção modelo Eartone 3A da marca Intelligent Hearing Systems®, inserido no meato acústico externo da criança com plugs de espumas descartáveis adequados.

Apenas uma orelha foi testada, sendo a escolha intercalada. Assim, 50% (n = 10) da casuística foi testada na orelha direita e 50% (n = 10) na orelha esquerda.

Intensidade

Para determinar o nível necessário de intensidade do estímulo sonoro clique, capaz de produzir uma modificação consistente na VFC, caso existente, foram apresentadas as intensidades de 30, 40, 50 e 60 dB nNA. O tempo necessário de coleta foi de 60s, para cada uma das situações, silêncio e presença do estímulo clique nas diferentes intensidades. A apresentação ocorreu de forma randomizada e com intervalos de dois minutos entre as mesmas⁽¹⁸⁾ devido à possibilidade de habituação para o estímulo sonoro⁽¹⁹⁾.

Estado comportamental da criança

Foram consideradas duas condições de teste: cinco crianças (50%) de cada um dos grupos foram testadas em sono natural e as outras cinco (50%) acordadas, porém em estado tranquilo, para permitir a realização do procedimento de forma adequada. Essa subdivisão baseou-se no estudo de White-Traut et al.⁽¹⁹⁾, que verificou uma relação entre o estado comportamental da criança e a modificação da frequência cardíaca em recém nascidos.

Análise dos dados

Primeiramente, determinou-se a normalidade dos dados utilizando-se o Teste de Shapiro-Wilk, com $p > 0,05$. Posteriormente, para verificar os efeitos da estimulação acústica na VFC, analisaram-se os valores dos índices RMSSD e SD1, separadamente, no silêncio e, na presença do estímulo sonoro clique, nas intensidades de 30, 40, 50 e 60 dB nNA, para os grupos G1 e G2, por meio da Análise de Variância (ANOVA) 2 critérios de medidas repetidas e com análise fatorial entre os grupos. A mesma análise foi realizada para o fator-período do teste (manhã ou tarde) no G2, em decorrência do ciclo circadiano (ANOVA 2 critérios de medidas repetidas). Adicionalmente, aplicou-se o teste ANOVA 4 critérios de medidas repetidas para análise dos índices RMSSD e SD1, isoladamente, com os seguintes fatores de confusão: fator-sexo (feminino e masculino), fator-orelha testada (direita ou esquerda) e fator-estado comportamental da criança (dormindo ou acordada), considerando os grupos G1 e G2. O nível de significância adotado foi $\leq 0,05$.

RESULTADOS

Análise descritiva

As Tabelas 1 e 2 apresentam a análise descritiva dos índices RMSSD e SD1, no silêncio e na presença do estímulo clique, incluindo as médias, desvios padrão e resultados da normalidade em cada intensidade, nos grupos G1 e G2.

Análise comparativa

Não foram verificadas diferenças estatisticamente significantes para os índices RMSSD e SD1, no silêncio e na presença do

Tabela 1. Análise descritiva do índice RMSSD nos grupos G1 e G2, no silêncio e na presença do estímulo clique, nas intensidades de 30, 40, 50 e 60 dB nNA

RMSSD	Grupos	Silêncio	Estímulo clique			
			30 dB nNA	40 dB nNA	50 dB nNA	60 dB nNA
Média	G1	10,9	11,7	11,1	10,3	9,79
	G2	12,2	12,6	11,1	10,8	11,8
Desvio padrão	G1	6,23	5,47	3,29	4,51	4,89
	G2	4,95	4,81	2,38	3,85	6,37
Shapiro-Wilk p	G1	0,225	0,568	0,318	0,616	0,177
	G2	0,681	0,725	0,962	0,729	0,480

Legenda: RMSSD = Raiz Quadrada Média das Diferenças Sucessivas; dB nNA = decibel nível de audição normalizado

Tabela 2. Análise descritiva do índice SD1 nos grupos G1 e G2, no silêncio e na presença do estímulo clique, nas intensidades de 30, 40, 50 e 60 dB nNA

SD1	Grupos	Silêncio	Estímulo clique			
			30 dB nNA	40 dB nNA	50 dB nNA	60 dB nNA
Média	G1	7,83	8,35	7,93	7,39	7,00
	G2	8,70	9,01	7,92	7,73	8,40
Desvio padrão	G1	4,45	3,92	2,34	3,22	3,49
	G2	3,52	3,44	1,68	2,74	4,54
Shapiro-Wilk p	G1	0,222	0,541	0,317	0,625	0,172
	G2	0,683	0,743	0,972	0,717	0,494

Legenda: SD1 = Desvio padrão perpendicular à linha de identidade do gráfico de Poincaré; dB nNA = decibel nível de audição normalizado

Tabela 3. Análise comparativa do índice RMSSD obtido no silêncio e na presença do estímulo clique, nas intensidades de 30, 40, 50 e 60 dB nNA, para os grupos G1 e G2

	Soma de quadrados	df	Quadrado médio	F	p
RMSSD	30,2	4	7,54	0,496	0,739
RMSSD * Grupos	10,7	4	2,67	0,176	0,950

ANOVA 2 critérios de medidas repetidas

Legenda: RMSSD = Raiz Quadrada Média das Diferenças Sucessivas

Tabela 4. Análise comparativa do índice SD1 obtido no silêncio e na presença do estímulo clique, nas intensidades de 30, 40, 50 e 60 dB nNA, para os grupos G1 e G2

	Soma dos quadrados	df	Quadrado médio	F	p
SD1	15,49	4	3,87	0,500	0,736
SD1 * Grupos	5,39	4	1,35	0,174	0,951

ANOVA 2 critérios de medidas repetidas

Legenda: SD1 = Desvio padrão perpendicular à linha de identidade do gráfico de Poincaré

Tabela 5. Análise comparativa da diferença entre os índices RMSSD e SD1 obtidos no silêncio e na presença do estímulo clique, nas intensidades de 30, 40, 50 e 60 dB nNA, considerando os grupos G1 e G2

Grupos	Soma dos quadrados	df	Quadrado médio	F	p
RMSSD	20,1	1	20,1	0,360	0,556
SD1	10,1	1	10,1	0,356	0,559

ANOVA 2 critérios de medidas repetidas

Legenda: RMSSD = Raiz Quadrada Média das Diferenças Sucessivas; SD1 = Desvio padrão perpendicular à linha de identidade do gráfico de Poincaré

estímulo clique, nas intensidades de 30, 40, 50 e 60 dB nNA, nos grupos G1 e G2 (Tabelas 3 e 4) e entre ambos (Tabela 5).

Análise fatorial

Não foram constatadas diferenças estatisticamente significantes para os índices RMSSD e SD1, no silêncio e na presença do estímulo clique, nas intensidades de 30, 40, 50 e 60 dB nNA, ao considerar os fatores período do teste (RMSSD e SD1 = 0,964, ANOVA 2 critérios de medidas repetidas), sexo (RMSSD, $p=0,962$ e SD1, $p=0,965$,

ANOVA 4 critérios de medidas repetidas), orelha testada (RMSSD e SD1, $p=0,173$, ANOVA 4 critérios de medidas repetidas) e estado comportamental da criança (RMSSD, $p=0,320$ e SD1, $p=0,318$, ANOVA 4 critérios de medidas repetidas).

DISCUSSÃO

No presente estudo, optou-se pela análise da VCF, considerando os índices RMSSD e SD1, como em estudos anteriores^(20,21). A determinação da análise de índices de ultracurto período

fundamentou-se no conceito de triagem, guiado pelas Diretrizes de Atenção da Triagem Auditiva Neonatal, prevendo um teste rápido e não invasivo.

Historicamente, os primeiros estudos que investigaram o controle do ritmo cardíaco na presença de estímulo sonoro foram realizados em fetos⁽²²⁾. As pesquisas posteriores foram conduzidas, em sua maioria, em crianças, nas décadas de 1970/80 e centraram-se na análise da frequência cardíaca para avaliar a audição^(7,23-25). Apesar dos resultados promissores daquela época, atualmente, verifica-se, uma lacuna de trabalhos com esta temática, sendo que, nenhum estudo que tenha avaliado a VFC na análise da sensibilidade auditiva, na população infantil, foi encontrado na literatura consultada.

Ao selecionar os índices RMSSD e o SD1, que representam o controle parassimpático do coração, com influência predominantemente vagal, previa-se a possibilidade de sua redução, na presença do estímulo sonoro, em comparação ao período sem estimulação auditiva (silêncio). No entanto, os resultados obtidos demonstraram não haver quaisquer influências do estímulo clique, nas intensidades de 30, 40, 50 e 60 dB nNA, no controle do ritmo cardíaco.

Uma hipótese de não ter havido diferenças refere-se à maturação crescente do sistema nervoso autônomo em relação ao seu componente parassimpático na população infantil⁽²⁶⁾. Crianças saudáveis com idades entre quatro a 365 dias podem ser agrupadas em um mesmo grupo, pois os componentes do sistema nervoso parassimpático, como o RMSSD, apresentam um comportamento evolutivo semelhante⁽²⁷⁾.

Posto que não foram encontrados estudos com o estímulo clique em crianças, o que impossibilitou uma discussão comparativa, questiona-se a permanência destes dados mediante o emprego de intensidades mais fortes, acima de 60 dB nNA. Contudo, é relevante ponderar a finalidade da sua utilização com o intuito de identificar a perda auditiva incapacitante em crianças.

Sob outra perspectiva, no entanto, foram encontradas pesquisas recentes em adultos com audição normal, que analisaram a associação entre os potenciais evocados auditivos, especificamente, o PEATE⁽⁸⁾ e o Potencial Evocado Auditivo Cortical (PEAC)⁽⁹⁾ e, a modulação autonômica cardíaca, com correlações significantes entre os componentes, além da avaliação da VFC em indivíduos com perda auditiva mediante tarefas para mensuração do esforço auditivo^(28,29).

É importante destacar que não foram verificadas diferenças significantes entre as crianças sem perda auditiva (G1) e com perda auditiva (G2). A aplicabilidade da VFC nas crianças com perda auditiva baseou-se nas evidências descritas por Uçar et al.⁽³⁰⁾, que demonstraram a ausência da disfunção autonômica cardíaca em crianças saudáveis com surdez sensorioneural congênita. Os resultados obtidos neste trabalho corroboram com a literatura, tornando viável a investigação da audição, por meio da sua utilização. Além disso, ao considerar a casuística do G2 e os achados apresentados, sugere-se a viabilidade da análise dos índices RMSSD e SD1, independentemente tipo e/ou grau da perda auditiva, de modo a fortalecer a metodologia proposta.

Investigou-se a influência de possíveis fatores de confusão (sexo, período de teste, orelha e estado comportamental), além de variáveis auditivas (audição normal e perda auditiva de diferentes tipos e graus), não sendo encontradas diferenças significativas entre os resultados encontrados. Esses resultados devem ser interpretados com cautela, pois a intensidade máxima do estímulo sonoro clique, 60 dB nNA, pode não ter sido suficiente para provocar alterações na VFC. Assim, discute-se a inexistência de diferenças, ou a ausência de diferenças com

o protocolo utilizado, questionando a sua validade e eficácia. Esta análise deve ser considerada no desenho de estudos futuros devido a possíveis fatores de confusão descritos na literatura.

Ressalta-se que os resultados encontrados não descartam a possibilidade do uso da VFC na análise da sensibilidade auditiva, uma vez que os demais índices existentes não foram analisados, além do RMSSD e do SD1. Assim sendo, enfatiza-se a necessidade e a importância de pesquisas futuras, a fim de explorar a possibilidade da identificação da perda auditiva na população infantil, ou ainda em outra faixa etária, por meio da VFC.

Este estudo apresenta duas limitações: i) a impossibilidade da generalização dos resultados obtidos em amostras com outras faixas etárias, dada a especificidade da idade na análise do sistema nervoso autônomo, ou a aplicabilidade do protocolo com outros estímulos sonoros e/ou intensidades, o que poderia influenciar os resultados encontrados. Assim, mais evidências são recomendadas. ii) uma amostragem não probabilística, por conveniência, com inclusão de 20 crianças, justificada por dois fatores, as condições epidemiológicas do vírus SARS-CoV-2 no país (2020-2021); e a evasão das famílias nas diferentes etapas dos programas de saúde auditiva infantil⁽³¹⁾, o que reforça a relevância de medidas alternativas para o rastreio auditivo na atenção primária, ao considerar a importância do diagnóstico e intervenção precoces na perda auditiva. É importante destacar que estudos com medidas repetidas necessitam de um número menor de unidades amostrais.

Destaca-se a importância de publicar estudos com resultados negativos (amostra pequena e sem poder, e sem diferença entre grupos) para pesquisas futuras, além de revisões sistemáticas sobre o tema (viés de publicação)⁽³²⁾. Este estudo é de fundamental importância para o desenvolvimento de pesquisas futuras, contribuindo para o desenho de novos protocolos, com outros índices de VFC e com diferentes estímulos. Novos estudos são necessários para considerar o uso da VFC como uma alternativa para o rastreio auditivo.

CONCLUSÃO

Neste estudo, o estímulo sonoro clique, apresentado com fone de inserção 3A, nas intensidades de 30, 40, 50 e 60 dB nNA, não apresentou quaisquer influências sobre o controle do ritmo cardíaco. Adicionalmente, não houve diferenças estatisticamente significantes no padrão dos índices RMSSD e SD1 obtidos em crianças saudáveis com audição normal e com perda auditiva, independentemente do tipo e/ou do grau. Consequentemente, o estabelecimento de um protocolo de estimulação acústica e registro dos índices RMSSD e SD1, para a identificação da perda auditiva no primeiro ano de vida, mostrou-se inatingível.

Assim, sugere-se que a associação entre a VFC e a sensibilidade auditiva pode não ser aplicável para identificar crianças com perda auditiva no primeiro ano de vida, por meio dos índices RMSSD e SD1. Enfatiza-se a necessidade de pesquisas futuras na área.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

1. Brasil. Lei nº 12.303, de 2 de agosto de 2010. Dispõe sobre a obrigatoriedade de realização do exame denominado Emissões Otoacústicas Evocadas. Diário Oficial da União; Brasília; 2010.
2. Brasil. Portaria nº 924, de 14 de setembro de 2021. Inclui e altera procedimentos relacionados à Triagem Auditiva Neonatal na Tabela de Procedimentos, Medicamentos, Órteses, Próteses e Materiais Especiais do SUS. Diário Oficial da União; Brasília; 2021.
3. Paschoal MR, Cavalcanti HG, Ferreira MAF. Análise espacial e temporal da cobertura da triagem auditiva neonatal no Brasil (2008-2015). *Ciênc Saúde Colet*. 2017;22(11):3615-24. <http://doi.org/10.1590/1413-812320172211.21452016>.
4. Oliveira TDS, Dutra MRP, Cavalcanti HG. Triagem Auditiva Neonatal: associação entre a cobertura, oferta de fonoaudiólogos e equipamentos no Brasil. *CoDAS*. 2021;33(2):e20190259. <http://doi.org/10.1590/2317-1782/20202019259>. PMID:33978104.
5. Alvarenga KF, Gadret JM, Araújo ES, Bevilacqua MC. Triagem auditiva neonatal: motivos da evasão das famílias no processo de detecção precoce. *Rev Soc Bra Fonoaudiol*. 2012;17(3):241-7. <http://doi.org/10.1590/S1516-80342012000300002>.
6. Clifton RK, Graham FC, Hatton HM. Newborn heart-rate response and response habituation as a function of stimulus duration. *J Exp Child Psychol*. 1968;6(2):265-78. [http://doi.org/10.1016/0022-0965\(68\)90090-8](http://doi.org/10.1016/0022-0965(68)90090-8). PMID:5660722.
7. Suzuki T. Use of heart rate response for the assessment of hearing in infants. *Ann Otol Rhinol Laryngol*. 1978;87(2 Pt 1):243-7. <http://doi.org/10.1177/000348947808700217>. PMID:646295.
8. Silva AG, Frizzo ACF, Garner D, Chagas EFB, de Alcântara Sousa LV, Raimundo RD, et al. A relationship between brainstem auditory evoked potential and vagal control of heart rate in adult women. *Acta Neurobiol Exp (Warsz)*. 2018;78(4):305-14. <http://doi.org/10.21307/ane-2018-029>. PMID:30624429.
9. Marcomini RS, Frizzo ACF, de Góes VB, Regaçone SF, Garner DM, Raimundo RD, et al. Association between heart rhythm and cortical sound processing. *J Integr Neurosci*. 2018;17(3-4):425-38. <http://doi.org/10.3233/JIN-180079>. PMID:29710727.
10. Northen JL, Downs MP. Hearing in children. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2002.
11. Silman S, Silverman CA. Basic audiologic testing. San Diego: Singular Publishing Group; 1997.
12. Jerger JF, Hayes D. The cross-check principle in pediatric audiometry. *Arch Otolaryngol*. 1976;102(10):614-20. <http://doi.org/10.1001/archotol.1976.00780150082006>. PMID:971134.
13. Selig FA, Tonolli ER, Silva EVCM, Godoy MF. Variabilidade da Frequência Cardíaca em Neonatos Prematuros e de Termo. *Arq Bras Cardiol*. 2011;96(6):443-9. <http://doi.org/10.1590/S0066-782X2011005000059>. PMID:21584479.
14. 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(5):1043-65. <http://doi.org/10.1161/01.CIR.93.5.1043>. PMID:8598068.
15. Niskanen JP, Tarvainen MP, Ranta-Aho PO, Karjalainen PA. Software for advanced HRV analysis. *Comput Methods Programs Biomed*. 2004;76(1):73-81. <http://doi.org/10.1016/j.cmpb.2004.03.004>. PMID:15313543.
16. Tulppo MP, Mäkikallio TH, Seppänen T, Laukkanen RT, Huikuri HV. Vagal modulation of heart rate during exercise: effects of age and physical fitness. *Am J Physiol*. 1998;274(2):H424-9. <http://doi.org/10.1152/ajpheart.1998.274.2.H424>. PMID:9486244.
17. Korver AM, Smith RJ, Van Camp G, Schleiss MR, Bitner-Glindzicz MA, Lustig LR, et al. Congenital hearing loss. *Nat Rev Dis Primers*. 2017;3:16094. <http://doi.org/10.1038/nrdp.2016.94>. PMID:28079113.
18. Lee GS, Chen ML, Wang GY. Evoked response of heart rate variability using short-duration white noise. *Auton Neurosci*. 2010;155(1-2):94-7. <http://doi.org/10.1016/j.autneu.2009.12.008>. PMID:20071247.
19. White-Traut R, Nelson MN, Silvestri J, Patel M, Lee H, Cimo S, et al. Maturation of the cardiac response to sound in high-risk preterm infants. *Newborn Infant Nurs Rev*. 2009;9(4):193-9. <http://doi.org/10.1053/j.nainr.2009.09.011>.
20. Gomes RL, Vanderlei LC, Garner DM, Santana MD, de Abreu LC, Valenti VE. Poincaré plot analysis of ultra-short-term heart rate variability during recovery from exercise in physically active men. *J Sports Med Phys Fitness*. 2018;58(7-8):998-1005. <http://doi.org/10.23736/S0022-4707.17.06922-5>. PMID:28474874.
21. Wu L, Shi P, Yu H, Liu Y. An optimization study of the ultra-short period for HRV analysis at rest and post-exercise. *J Electrocardiol*. 2020;63:57-63. <http://doi.org/10.1016/j.jelectrocard.2020.10.002>. PMID:33142181.
22. Sontag LW, Wallace RF. Preliminary report of the fels fund: study of fetal activity. *AMA Am J Dis Child*. 1934;48(5):1050-7. <http://doi.org/10.1001/archpedi.1934.01960180104006>.
23. Schulman CA. Heart rate audiometry. I. An evaluation of heart rate response to auditory stimuli in newborn hearing screening. *Neuropadiatrie*. 1973;4(4):362-74. <http://doi.org/10.1055/s-0028-1091753>. PMID:4801889.
24. Schulman CA. Heart rate audiometry. Part II. The relationship between heart rate change threshold and audiometric threshold in hearing impaired children. *Neuropadiatrie*. 1974;5(1):19-27. <http://doi.org/10.1055/s-0028-1091684>. PMID:4406226.
25. Borton TE, Smith CR. Heart rate response audiometry: bases, clinical techniques, and limitations. *Ear Hear*. 1980;1(3):121-5. <http://doi.org/10.1097/00003446-198005000-00002>. PMID:7390069.
26. Hartevelde LM, Nederend I, Ten Harkel ADJ, Schutte NM, de Rooij SR, Vrijkotte T, et al. Maturation of the cardiac autonomic nervous system activity in children and adolescents. *J Am Heart Assoc*. 2021;10(4):e017405. <http://doi.org/10.1161/JAHA.120.017405>. PMID:33525889.
27. Godoy MF, Gregório ML. (2019). Evolution of parasympathetic modulation throughout the life cycle. In: Aslanidis T, editor. *Autonomic nervous system monitoring-heart rate variability*. London: IntechOpen; 2019. ISBN 978-1-83880-519-7.
28. Mackersie CL, Macphee IX, Heldt EW. Effects of hearing loss on heart rate variability and skin conductance measured during sentence recognition in noise. *Ear Hear*. 2015;36(1):145-54. <http://doi.org/10.1097/AUD.000000000000091>. PMID:25170782.
29. Mackersie CL, Kearney L. Autonomic nervous system responses to hearing-related demand and evaluative threat. *Am J Audiol*. 2017;26(3S):373-7. http://doi.org/10.1044/2017_AJA-16-0133. PMID:29049621.
30. Uçar T, Tutar E, Tekin M, Atalay S. Heart rate variability in children with congenital sensorineural deafness. *Turk J Pediatr*. 2010;52(2):173-8. PMID:20560254.
31. Galvão MB, Fichino SN, Lewis DR. Processo do diagnóstico audiológico de bebês após a falha na triagem auditiva neonatal. *Distúrb Comun*. 2021;33(3):416-27. <http://doi.org/10.23925/2176-2724.2021v33i3p416-427>.
32. Nair AS. Publication bias - Importance of studies with negative results! *Indian J Anaesth*. 2019;63(6):505-7. http://doi.org/10.4103/ija.IJA_142_19. PMID:31263309.

Apêndice A. Dados demográficos e audiológicos de todas as crianças

Dados demográficos e audiológicos das crianças do Grupo G1								
n	Sexo	Idade (dias)	Diagnóstico audiológico	Estado	Orelha	Período		
1	F	29	Audição normal	Sono natural	OE	Manhã		
2	F	37	Audição normal	Sono natural	OD	Manhã		
3	F	160	Audição normal	Acordado	OD	Manhã		
4	F	44	Audição normal	Sono natural	OD	Manhã		
5	M	43	Audição normal	Sono natural	OD	Manhã		
6	M	41	Audição normal	Sono natural	OD	Manhã		
7	M	138	Audição normal	Acordado	OE	Manhã		
8	F	47	Audição normal	Acordado	OE	Manhã		
9	M	116	Audição normal	Acordado	OE	Manhã		
10	F	177	Audição normal	Acordado	OE	Manhã		
Dados demográficos e audiológicos das crianças do Grupo G2								
n	Sexo	Idade	Tipo	Grau	Lateralidade	Estado	Orelha	Período
1	M	119	Condutiva	Leve	Bilateral	Acordado	OD	Manhã
2	M	294	Sensorineural	Leve	Bilateral	Acordado	OE	Tarde
3	M	329	Sensorineural	Leve	Bilateral	Acordado	OD	Manhã
4	M	181	Sensorineural	Leve	Bilateral	Acordado	OE	Tarde
5	M	187	Sensorineural	Moderado	Bilateral	Acordado	OE	Manhã
6	M	48	Sensorineural	Moderado	Bilateral	Sono natural	OD	Tarde
7	F	283	Sensorineural	Moderado	Bilateral	Sono natural	OE	Manhã
8	F	101	Sensorineural	Moderado	Bilateral	Sono natural	OE	Manhã
9	M	353	Sensorineural	Severo	Bilateral	Sono natural	OD	Manhã
10	F	239	Sensorineural	Moderado	Unilateral	Sono natural	OD	Tarde

Legenda: n = número de crianças; F = Feminino; M = Masculino; OE = orelha esquerda; OD = orelha direita