

Esforço auditivo e registro do controle parassimpático do coração durante o reconhecimento de sentenças: estudo piloto

Listening effort and recording of parasympathetic heart control during sentence recognition: Pilot study

Esfuerzo auditivo y registro del control parasimpático del corazón durante el reconocimiento de sentencias: Estudio piloto

*Laura Mochiatti Guijo**
*Viviane Borim de Góis**
*Mirella Boaglio Horiciti**
*Vitor Engracia Valenti**
*Ana Cláudia Vieira Cardoso**

Resumo

Introdução: Medidas psicofisiológicas do sistema nervoso autônomo em resposta a tarefas auditivas podem fornecer um meio de quantificar os efeitos do esforço auditivo. **Objetivo:** Comparar a modulação parassimpática da frequência cardíaca em situações de escuta distintas e determinar se a variabilidade da frequência cardíaca (VFC) é um índice psicofisiológico sensível para mensurar o esforço auditivo. **Método:** Estudo piloto, observacional, transversal e prospectivo. Participaram 14 adultos normo-ouvintes, de ambos os sexos e com idade entre 18 e 30 anos. Estes responderam a anamnese e realizaram audiometria tonal limiar para verificação de limiares auditivos. Para o registro da VFC, colocou-se a cinta do cardiófrequencímetro na região do processo xifoide e este registro foi coletado por 10 minutos

* Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Unesp; São Paulo, SP – Brasil.

Contribuição dos autores:

LMG, responsável pela escrita do manuscrito, revisão bibliográfica, coleta de dados, apresentação da documentação do artigo e submissão da papelada do artigo; VBG, responsável pela coleta/análise de dados e redação do artigo, MBH, responsável pelo delineamento do estudo e correção da redação; VEV, responsável pela análise de dados do artigo e escrita do manuscrito; ACVC, responsável pelo delineamento do estudo, correção da redação, e aprovação da versão final do artigo.

E-mail para correspondência: Laura Mochiatti Guijo <lauramochiatti@gmail.com>

Recebido: 04/04/2019

Aprovado: 11/05/2020

para três situações distintas: “repouso”, “recuperação pós-reconhecimento de sentenças no silêncio” e “recuperação pós-reconhecimento de sentenças no ruído”. O reconhecimento de sentenças foi realizado utilizando-se duas listas de sentenças, de forma randomizada, binaural, nas situações de escuta silêncio e na relação sinal/ruído de -5 dB e, também foi registrada VFC por um período de dois minutos. Aplicou-se o teste de ANOVA de medidas repetidas seguido pelo pós-teste de Bonferroni para comparar o índice de RMSSD nos diferentes momentos de registro da VFC. **Resultados:** A análise estatística demonstrou que não houve diferença significativa do registro da VFC nos diferentes momentos, inclusive durante a tarefa de reconhecimento de sentenças no ruído, considerada a tarefa mais árdua. **Conclusão:** Para esta amostra, o registro da VFC não foi considerado um índice sensível para a mensuração do esforço auditivo.

Palavras-chave: Audição; Frequência cardíaca; Percepção auditiva; Cognição.

Abstract

Introduction: Psychophysiological measures of the autonomic nervous system in response to auditory tasks may provide a means of quantifying the effects of listening effort. **Objective:** To compare parasympathetic modulation of the heart rate in different listening situations and to determine if the heart rate variability is a sensitive psychophysiological index to measure listening effort. **Methods:** Pilot, observational, transversal and prospective study. 14 normal healthy young adults, both genders and between 18 and 30 years of age, participated in this study. They answered the anamnesis and performed pure tone audiometry to verify hearing thresholds. In order to record HRV, it was placed the cardiofrequency transducer tape in the xiphoid process region and this record was collected for 10 minutes for the “rest”, “post-recovery of sentence recognition in quiet” and “post-recovery of sentence recognition in noise”. Recognition task was performed using two lists of sentences presented in a randomized way, binaural, in the quiet listening condition and in a signal-to-noise ratio of -5 dB, and HRV was also recorded for a period of two minutes. ANOVA repeated measures test was applied followed by the Bonferroni post-test to compare the RMSSD index in the different HRV recording moments. **Results:** Statistical analysis showed that there was no significant difference in HRV recording at different moments, including the sentence recognition task in noise, considered the most arduous task. **Conclusion:** For this sample, the HRV recording was not considered a sensitive index for auditory effort measurement.

Keywords: Hearing; Heart Rate; Auditory Perception; Cognition.

Resumen

Introducción: Las medidas psicofisiológicas del sistema nervioso autónomo en respuesta a las tareas auditivas pueden proporcionar un medio para cuantificar los efectos del esfuerzo auditivo. **Objetivo:** Comparar la modulación parasimpática de la frecuencia cardíaca en situaciones de escucha distintas y determinar si la variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC) es un índice psicofisiológico sensible para medir el esfuerzo auditivo. **Método:** Estudio piloto, observacional, transversal y prospectivo. Participaron 14 adultos normo-oyentes, de ambos sexos y con edad entre 18 y 30 años. Estos respondieron la anamnesis y realizaron audiometría tonal umbral para verificación de umbrales auditivos. Para el registro de la VFC, se colocó la cinta del cardiofrecuencímetro en la región del proceso xifoide y este registro fue recolectado por 10 minutos para tres situaciones distintas “reposo”, “recuperación post-reconocimiento de sentencias en el silencio” y “recuperación post-reconocimiento de las sentencias en el ruido”. El reconocimiento de sentencias se realizó utilizando dos listas de sentencias, de forma aleatorizada, binaural, en las situaciones de escucha silenciosa y en la relación señal / ruido de -5dB y, también se registró VFC por un período de dos minutos. Se aplicó la prueba de ANOVA de medidas repetidas seguida por el post-test de Bonferroni para comparar el índice de RMSSD en los diferentes momentos de registro de la VFC. **Resultados:** El análisis estadístico demostró que no hubo diferencia significativa del registro de la VFC en los diferentes momentos, incluso durante la tarea de reconocimiento de sentencias en el ruido, considerada la tarea más ardua. **Conclusión:** Para esta muestra, el registro de la VFC no fue considerado un índice sensible para la medición del esfuerzo auditivo.

Palabras clave: Audición; Frecuencia cardíaca; Percepción auditiva; Cognición.

Introdução

O esforço auditivo refere-se à quantidade de recursos cognitivos necessários para o reconhecimento dos sinais acústicos, principalmente a fala¹. Com o passar das últimas décadas, a literatura² tem demonstrado que o interesse a respeito das interações auditivo-cognitivas é relevante para a audição em geral e para a compreensão da fala, principalmente em situações de escuta difícil³.

O “esforço mental” refere-se a “a alocação deliberada de recursos mentais para superar os obstáculos na busca de objetivos ao realizar uma tarefa; em contrapartida, o “esforço auditivo” refere-se a “uma categoria específica de esforço mental que ocorre quando uma tarefa envolve a escuta”⁴.

Compreender a fala em ambientes acústicos ruidosos é uma tarefa complexa e que exige maior esforço⁵. Durante o esforço auditivo, é necessário a ativação de diversos recursos cognitivos responsáveis pelo processamento e interpretação da informação auditiva, maiores níveis de atenção e memória, e uma interação dinâmica entre o processamento por meio das vias descendentes (top-down) e ascendentes (bottom-up)^{6,7,8}.

Diante dos achados demonstrados pelas pesquisas da área da audiologia a respeito do árduo processo de compreender a fala no ruído, principalmente para indivíduos com perda de audição, atualmente existe um crescente interesse relacionado ao esforço auditivo e o uso de recursos cognitivos para melhorar a compreensão da fala^{3,9}.

As pesquisas conduzidas nesta temática têm empregado diferentes métodos para quantificar esse parâmetro auditivo, com procedimentos subjetivos, tais como: questionários¹⁰, escalas de classificação¹¹ e/ou métodos de autorrelato¹². Embora estes métodos sejam de rápida aplicabilidade, o uso de uma medida objetiva para quantificar esse esforço em contextos clínicos pode ser crucial para a obtenção de resultados mais precisos e fidedignos.

Medidas comportamentais intituladas paradigmas de tarefa dupla e medidas psicofisiológicas têm sido utilizadas para mensurar o esforço auditivo por serem métodos complementares aos instrumentos de autorrelato, e refletirem as mudanças no processamento neural devido ao aumento da demanda de tarefas⁹. Pesquisadores da área da audição que estudam a temática esforço auditivo têm utilizado métodos psicofisiológicos com o intuito de determinar a ocorrência de possíveis mudanças no desempenho

das tarefas de percepção de fala devido ao aumento da demanda da tarefa propriamente dita. Um dos métodos psicofisiológicos que pode ser utilizado é a mensuração da variabilidade da frequência cardíaca (VFC), que analisa a influência do sistema nervoso autônomo sobre o ritmo cardíaco.

A VFC é uma medida financeiramente viável, não invasiva, e validada pela literatura¹³, que pode ser utilizada para caracterizar acontecimentos relacionados ao sistema nervoso autônomo, pois os ramos simpático e parassimpático interagem para preservar um equilíbrio hemodinâmico dentro do corpo, ajustando as funções corporais para responder a estímulos internos e externos¹⁴.

Medidas psicofisiológicas do sistema nervoso autônomo em resposta a tarefas auditivas podem fornecer um meio de quantificar os efeitos do esforço auditivo¹⁵. Segundo alguns autores¹⁶, quando ocorre um aumento na dificuldade da tarefa, muitas vezes resulta em uma diminuição na VFC medida usando componentes parassimpáticos.

Estudos anteriores^{17,18,19} relataram que alterações nas medidas cardíacas e condutância da pele são comumente observadas quando as demandas mentais das tarefas são aumentadas.

Um estudo mensurou os efeitos da perda auditiva e do ruído na VFC, condutância da pele e índices subjetivos da carga/estresse de acordo com a demanda da tarefa. Para isto, 18 adultos deficientes auditivos e 15 adultos com audição normal, com idade entre 22 e 79 anos, foram submetidos a uma tarefa de percepção de fala de reconhecimento de sentenças compostas por três a 14 palavras. A tarefa de percepção de fala foi realizada no silêncio e com a manipulação das relações S/R em -6, -3, 0 e +3 dB, com ruído do tipo babble noise de cinco falantes. Os achados deste estudo demonstraram que as medidas de VFC foram sensíveis aos efeitos do ruído e da perda de audição, pois os participantes com perda auditiva apresentaram maior supressão parassimpática (evidenciada pela diminuição da VFC) durante o reconhecimento da fala no ruído do que os participantes com audição normal¹⁶. Diante disso, a VFC pode ser utilizada para a mensuração do esforço auditivo em tarefas de percepção de fala com manipulação das relações sinal/ruído.

Assim sendo, este estudo foi conduzido com o intuito de responder à pergunta: O controle parassimpático da frequência cardíaca é reduzido diante do aumento da demanda em uma tarefa de reconhecimento de sentenças? O interesse pri-

mordial desta pesquisa foi documentar os marcos fisiológicos durante o registro da VFC em situações distintas de escuta, e ainda verificar se o protocolo utilizado foi sensível para a mensuração do esforço auditivo com a VFC.

Portanto, os objetivos do presente estudo foram comparar a modulação parassimpática da frequência cardíaca em situações distintas de escuta, e determinar se a variabilidade da frequência cardíaca é um índice psicofisiológico sensível para detectar alterações induzidas pelo esforço auditivo.

Baseando-se em evidências advindas de estudos anteriores, as hipóteses assim se definem:

- A variabilidade da frequência cardíaca é um índice psicofisiológico sensível para detectar alterações induzidas pelo esforço auditivo, especialmente para situações de escuta mais difíceis, considerando os efeitos da intensidade do ruído;
- O uso do ruído do tipo *White Noise* influenciará os resultados da VFC durante a mensuração do esforço auditivo em normo-ouvintes.

Método

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Filosofia e Ciências da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP) – Marília, sob o protocolo nº 0385/2011 e a coleta de dados foi realizada no Centro de Estudos de Educação e da Saúde – CER II da Faculdade de Filosofia e Ciências da Universidade Estadual Paulista, Campus de Marília, São Paulo - Brasil.

O delineamento do estudo foi piloto, observacional, transversal e prospectivo. Todos os participantes incluídos no estudo assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), com explicação dos procedimentos que foram realizados anteriormente ao início da coleta de dados.

A amostra foi composta de 14 adultos, normo-ouvintes, com idade entre 18 e 30 anos, sendo seis participantes do sexo masculino e oito do feminino. O número de participantes para com-

posição da amostra teve como base um estudo já publicado, o qual indicou um número mínimo de 14 participantes¹⁶.

Os critérios de exclusão do estudo foram: presença de perda auditiva ou de alterações neurológicas, cardiorrespiratórias ou psiquiátricas; idade inferior a 18 anos e superior a 30 anos; presença de obstrução ou corpo estranho no meato acústico externo que impedisse a realização dos procedimentos; mulheres que estivessem no 11º e 15º ou 21º a 25º dia após o início do período menstrual devido às mudanças hormonais, pois estas alteram o ritmo cardíaco²⁰; uso de medicamentos que influenciassem a regulação autonômica cardíaca, como medicamentos vasodilatadores²¹.

Avaliação audiológica

Para avaliação da audição dos participantes foram utilizados os seguintes procedimentos: anamnese audiológica, meatoscopia e audiometria tonal limiar.

Inicialmente, foi aplicada anamnese audiológica constituída por questões relacionadas à história atual e comportamento audiológico, bem como sinais e sintomas associados. Posteriormente, foi realizada a meatoscopia para verificar a presença de qualquer alteração que pudesse impedir a realização dos demais procedimentos.

A audiometria tonal limiar foi realizada em cabine acústica, utilizando o audiômetro Grason-Stadler, modelo GSI-61 com fones TDH -50. Foram pesquisados os limiares tonais por via aérea nas frequências sonoras de 250 Hz a 8000 Hz. Os audiogramas foram classificados de acordo com a proposta da Organização Mundial da Saúde²², na qual se considera o cálculo da média quadrilateral dos limiares obtidos nas frequências de 500, 1.000, 2.000 e 4000 Hz. Foi considerado audição normal média quadrilateral igual ou inferior a 25 dB em ambas as orelhas.

Na Tabela 1 apresenta-se a caracterização dos participantes deste estudo segundo, sexo, faixa etária e perfil audiológico.

Tabela 1. Caracterização dos participantes do estudo

Nº	Sexo	Idade (anos)	Média quadritonal de OD (500,1000,2000,4000 Hz)	Média quadritonal de OE (500, 1000, 2000, 4000HZ)
1	M	20	8,75	7,50
2	M	27	3,75	6,25
3	F	19	11,25	10,00
4	F	26	0,00	6,25
5	F	23	1,25	1,25
6	F	27	6,25	7,50
7	F	26	2,50	5,00
8	M	23	12,50	5,00
9	F	24	7,50	5,00
10	M	25	8,75	10,00
11	M	26	5,00	2,50
12	M	21	13,75	11,25
13	F	27	7,50	7,50
14	F	20	2,50	2,50
Média	-	23,85	6,51	6,25
DP	-	2,77	4,09	2,87

Legenda: DP = Desvio Padrão, OD = Orelha direita, OE = Orelha esquerda, Hz = Hertz, F = Feminino, M = Masculino.

Tarefa de reconhecimento de sentenças

Para a tarefa de reconhecimento de sentenças foram utilizadas “Listas de Sentenças da Língua Portuguesa”²³, onde se optou por utilizar as listas número 1 e 2 que foram apresentadas de forma randomizada com o propósito de evitar alterações no esforço dispensado devido aos efeitos de aprendizagem. Cada lista é constituída por 10 sentenças da língua portuguesa cujo escore do teste de reconhecimento de fala é baseado na quantidade de palavras que o indivíduo percebe auditivamente, e repete de forma correta. No entanto, como o objetivo deste estudo era mensurar o esforço auditivo com o uso da VFC durante uma tarefa de reconhecimento de sentenças, os dados referentes à análise da percepção de fala não foram considerados, ou seja, este procedimento foi utilizado apenas como material de fala.

A tarefa de reconhecimento de sentenças foi realizada em cabine acústica e as listas foram emitidas por um falante do Português Brasileiro, do gênero feminino, em uma intensidade de 50 dBNS, utilizando o audiômetro Grasson-Stadler, modelo GSI-61 com fones TDH -50.

A tarefa de reconhecimento de sentenças de baixa demanda consistiu da repetição de sentenças no silêncio, e, a de alta demanda, da repetição no ruído. Na tarefa de reconhecimento de sentenças

em situação de escuta difícil, foi utilizado o ruído do tipo *White noise* em uma relação sinal/ruído de -5 dB. Os estímulos de fala e o ruído foram apresentados de forma binaural.

No tocante à relação S/R = -5 dB, optou-se por utilizar essa intensidade de ruído pois se refere a uma situação de escuta cuja percepção de fala é árdua devido ao nível de ruído apresentar-se mais intenso do que os sinais de fala. Desta forma, hipotetizou-se que a relação S/R = -5 dB poderia ocasionar uma maior atividade do sistema nervoso autônomo simpático e, conseqüentemente, uma maior sobrecarga da atividade cardíaca.

Em ambas as situações de escuta, no silêncio e no ruído, os estímulos de fala foram apresentados à viva voz em uma intensidade de 50 dBNS e, o ruído *white noise* foi apresentado a 55 dBNS, ou seja, relação S/R = -5 dB. Com o propósito de se evitar vieses relacionados às características distintas da emissão de fala, os estímulos foram apresentados pelo mesmo avaliador e os participantes foram instruídos a repetir cada sentença após a emissão do avaliador, em ambas as situações de escuta.

Registro da Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC)

Para o registro da VFC foi utilizado o cardiofrequencímetro Polar RS800CX (Polar Electro, Finlândia) e um relógio receptor. O cardiofrequencímetro é composto por uma cinta de captação com

eletrodos, sendo que quando posicionada no tórax do avaliado, capta os impulsos elétricos do coração e os transmite por um campo eletromagnético ao monitor.

A cinta de captação foi posicionada no tórax dos participantes, na região do terço distal do esterno, e, o relógio receptor da frequência cardíaca foi colocado no punho, sendo este um equipamento previamente validado para captação da frequência cardíaca batimento a batimento, e a utilização dos seus dados para análise.

O registro da VFC ocorreu em por cinco momentos distintos: 10 minutos em repouso, registro durante o reconhecimento de sentenças do português brasileiro no silêncio por dois minutos, registro da recuperação pós-reconhecimento de sentenças no silêncio por 10 minutos, seguido pelo registro do reconhecimento de sentenças do português brasileiro na relação sinal/ruído de -5 dB durante dois minutos e, por fim, o registro da recuperação pós tarefa de reconhecimento de sentenças no ruído por 10 minutos. O protocolo utilizado para o registro da coleta encontra-se na Figura 1.

Número de participantes	Repouso	Reconhecimento de sentenças no silêncio	Lista de sentenças para a situação de escuta "silêncio"	Recuperação pós Reconhecimento de sentenças no silêncio	Reconhecimento de sentenças no ruído (-5dB)	Lista de sentenças para a situação de escuta "S/R -5dB"	Recuperação pós Reconhecimento de sentenças no ruído	Número do Polar utilizado para a coleta
1.	Início:	Início:	Lista 1 ()	Início:	Início:	Lista 1 ()	Início:	Polar 13 ()
	Término:	Término:	Lista 2 ()	Término:	Término:	Lista 2 ()	Término:	Polar 15 ()
2.	Início:	Início:	Lista 1 ()	Início:	Início:	Lista 1 ()	Início:	Polar 13 ()
	Término:	Término:	Lista 2 ()	Término:	Término:	Lista 2 ()	Término:	Polar 15 ()
3.	Início:	Início:	Lista 1 ()	Início:	Início:	Lista 1 ()	Início:	Polar 13 ()
	Término:	Término:	Lista 2 ()	Término:	Término:	Lista 2 ()	Término:	Polar 15 ()
4.	Início:	Início:	Lista 1 ()	Início:	Início:	Lista 1 ()	Início:	Polar 13 ()
	Término:	Término:	Lista 2 ()	Término:	Término:	Lista 2 ()	Término:	Polar 15 ()
5.	Início:	Início:	Lista 1 ()	Início:	Início:	Lista 1 ()	Início:	Polar 13 ()
	Término:	Término:	Lista 2 ()	Término:	Término:	Lista 2 ()	Término:	Polar 15 ()
6.	Início:	Início:	Lista 1 ()	Início:	Início:	Lista 1 ()	Início:	Polar 13 ()
	Término:	Término:	Lista 2 ()	Término:	Término:	Lista 2 ()	Término:	Polar 15 ()
7.	Início:	Início:	Lista 1 ()	Início:	Início:	Lista 1 ()	Início:	Polar 13 ()
	Término:	Término:	Lista 2 ()	Término:	Término:	Lista 2 ()	Término:	Polar 15 ()
8.	Início:	Início:	Lista 1 ()	Início:	Início:	Lista 1 ()	Início:	Polar 13 ()
	Término:	Término:	Lista 2 ()	Término:	Término:	Lista 2 ()	Término:	Polar 15 ()
9.	Início:	Início:	Lista 1 ()	Início:	Início:	Lista 1 ()	Início:	Polar 13 ()
	Término:	Término:	Lista 2 ()	Término:	Término:	Lista 2 ()	Término:	Polar 15 ()
10.	Início:	Início:	Lista 1 ()	Início:	Início:	Lista 1 ()	Início:	Polar 13 ()
	Término:	Término:	Lista 2 ()	Término:	Término:	Lista 2 ()	Término:	Polar 15 ()
11.	Início:	Início:	Lista 1 ()	Início:	Início:	Lista 1 ()	Início:	Polar 13 ()
	Término:	Término:	Lista 2 ()	Término:	Término:	Lista 2 ()	Término:	Polar 15 ()
12.	Início:	Início:	Lista 1 ()	Início:	Início:	Lista 1 ()	Início:	Polar 13 ()
	Término:	Término:	Lista 2 ()	Término:	Término:	Lista 2 ()	Término:	Polar 15 ()
13.	Início:	Início:	Lista 1 ()	Início:	Início:	Lista 1 ()	Início:	Polar 13 ()
	Término:	Término:	Lista 2 ()	Término:	Término:	Lista 2 ()	Término:	Polar 15 ()
14.	Início:	Início:	Lista 1 ()	Início:	Início:	Lista 1 ()	Início:	Polar 13 ()
	Término:	Término:	Lista 2 ()	Término:	Término:	Lista 2 ()	Término:	Polar 15 ()

Figura 1. Protocolo para o registro da Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC)

Para padronizar os efeitos dos ritmos circadianos, as coletas foram realizadas entre as 8h00min e 14h00min, em ambiente climatizado, com temperatura entre 20° C e 23° C. Após os 10 minutos da captação da frequência cardíaca nos momentos

de repouso iniciou-se a tarefa de reconhecimento de sentenças e seus respectivos períodos de recuperação. Estes momentos de registro da VFC foram realizados com os participantes sentados confortavelmente durante toda a coleta.

Análise da Variabilidade da Frequência Cardíaca

Para análise dos índices de VFC a frequência cardíaca foi registrada batimento a batimento durante todo o protocolo experimental com uma taxa de amostragem de 1000 Hz. Foram selecionadas séries estáveis com 256 intervalos RR²⁴. Nestas séries foram realizadas filtragens, de forma digital e manual, para eliminação de batimentos ectópicos prematuros e artefatos, e somente aquelas com mais de 95% de batimentos sinusais foram incluídas no estudo²⁵.

Grande parte das medidas no domínio do tempo reflete uma combinação de atividade simpática e parassimpática; no entanto, acredita-se que a média da raiz das diferenças sucessivas ao quadrado (RMSSD – calculado pela ‘raiz quadrada da média do quadrado das diferenças entre intervalos RR normais adjacentes’) reflita principalmente a atividade parassimpática²⁶. RMSSD é altamente correlacionado com a medida espectral da atividade parassimpática. Por este motivo, análise no domínio do tempo foi realizada por meio do índice RMSSD (raiz quadrada da média do quadrado das diferenças entre os intervalos RR normais adjacentes). Esse índice corresponde ao componente parassimpático do controle autonômico da frequência cardíaca^{24,25}.

Para verificar a normalidade das distribuições, foi aplicado o teste de Shapiro-Wilk. Considerando que as distribuições foram paramétricas, aplicou-se o teste de ANOVA de medidas repetidas seguido pelo pós-teste de Bonferroni para comparar o índice de RMSSD nas situações de escuta distintas para distribuições paramétricas. Nas distribuições não-paramétricas aplicou-se o teste de Friedman seguido pelo pós-teste de Dunn’s. Adotou-se o nível de significância de 0,05. Para mensurar a magnitude das diferenças significantes, foi calculado o tamanho do efeito pelo *d* de Cohen. Foi considerado tamanho do efeito grande valores acima de 0,9, tamanho do efeito médio valores entre 0,50 e 0,90 e, tamanho do efeito pequeno valores entre 0,25 e 0,50.

Resultados

A Tabela 2 apresenta a análise descritiva da mensuração do esforço auditivo por meio do índice RMSSD obtido durante o registro da VFC em cinco momentos distintos. Apesar de não se observar diferença estatística no índice RMSSD, nos cinco momentos registrados, o menor valor médio obtido foi no momento de recuperação pós reconhecimento de sentenças no silêncio. Ressalta-se que quanto menor o valor registrado, maior a sobrecarga cardíaca.

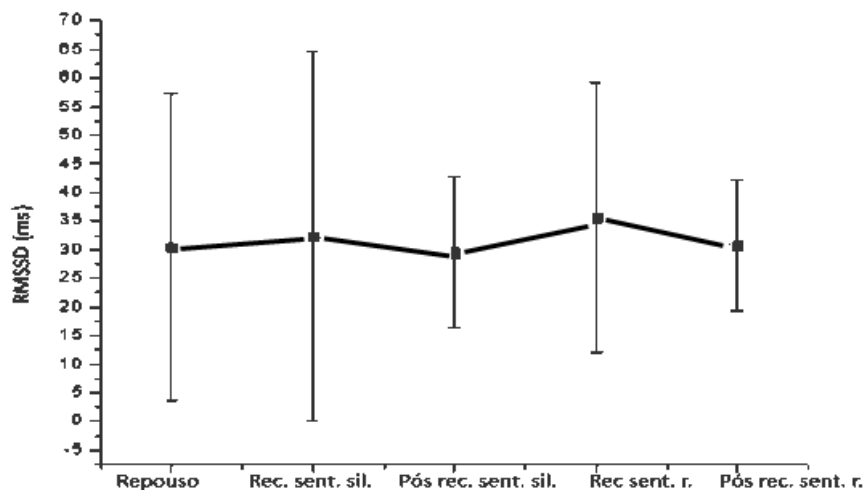
Tabela 2. Análise descritiva da mensuração do esforço auditivo por meio do índice RMSSD obtido durante o registro da VFC em cinco momentos distintos

Momentos de registro da VFC	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	DP	P
Repouso	30,5	23,9	7,6	113,8	26,7	<0,05
Rec. Sent. Sil.	32,4	28,7	13,2	67,0	15,7	<0,05
Pós Rec. Sent. Sil.	29,5	23,4	18,33	50,0	13,1	<0,05
Rec. Sent. R.	35,6	23,5	16,4	88,7	23,5	<0,05
Pós Rec. Sent. R.	30,7	26,5	13,58	51,6	11,4	<0,05

Legenda: Rec. Sent. Sil. = Reconhecimento de Sentenças no Silêncio, Pós Rec. Sent. Sil. = Pós Reconhecimento de Sentenças no Silêncio, Rec. Sent. R. = Reconhecimento de Sentenças no Ruído, Pós Rec. Sent. R. = Pós Reconhecimento de Sentenças no Silêncio, VFC = Variabilidade da Frequência Cardíaca, DP = Desvio Padrão.

A Figura 2 mostra a análise do desempenho dos indivíduos normo-ouvintes em diferentes situações de escuta, considerando o índice RMS-

SD, principalmente durante a exposição ao ruído. Notou-se que não houve diferença significativa entre os momentos.



Legenda: Rec. Sent. Sil. = Reconhecimento de Sentenças no Silêncio, Pós Rec. Sent. Sil. = Pós Reconhecimento de Sentenças no Silêncio, Rec. Sent. R. = Reconhecimento de Sentenças no Ruído, Pós Rec. Sent. R. = Pós Reconhecimento de Sentenças no Silêncio.

Figura 2. Desempenho dos indivíduos normo-ouvintes em diferentes situações de escuta, considerando o índice RMSSD

Discussão

O presente estudo visou comparar a modulação parassimpática da frequência cardíaca em situações de escuta distintas, e, determinar se a variabilidade da frequência cardíaca é um índice psicofisiológico sensível para detectar alterações induzidas pelo esforço auditivo.

A análise dos resultados mostrou que na população estudada não houve diferença entre os registros do controle parassimpático nas diferentes situações de escuta, mesmo para a tarefa de reconhecimento de sentenças na relação sinal/ruído de -5 dB, que foi a condição de escuta que exigiu maior demanda cognitiva e se esperava que nesta condição houvesse uma predominância do sistema nervoso autônomo simpático.

Estudo¹⁵ realizado com 15 adultos normo-ouvintes com o objetivo de determinar se os índices psicofisiológicos de esforço auditivo eram mais sensíveis do que as medidas de desempenho (porcentagem correta) obtidas perto do nível do teto durante uma tarefa de fala concorrente, comprovou um aumento monótono na atividade eletromiográfica média, condutância da pele e frequência cardíaca com o aumento da demanda de tarefas, sendo as maiores mudanças para atividade eletromiográfica e frequência cardíaca quando a demanda de tarefas foi alterada de média para alta. Por este motivo, no

presente estudo optou-se pela aplicação da relação S/R -5 dB por se tratar de uma condição de escuta árdua e, assim, poder viabilizar resultados mais precisos quanto às mudanças da VFC em normo-ouvintes em comparação à tarefa de percepção de fala no silêncio, pois hipotetizou-se que os efeitos da intensidade do ruído poderiam modificar a VFC na mensuração do esforço auditivo. Contudo, considerando a população estudada e o método adotado, pode-se afirmar que a referida hipótese não foi confirmada.

Além disso, um dos fatos que podem justificar a ausência de diferença entre o registro do controle parassimpático nas diferentes situações de escuta, mesmo para a condição de escuta com nível de ruído mais intenso e adverso, seria o tipo de ruído (*White noise*) empregado para a tarefa de reconhecimento de sentenças durante o registro da VFC. Este ruído pode não ter sido tão eficaz para demonstrar mudanças significativas a nível do equilíbrio entre o sistema nervoso simpático e parassimpático. Desta forma, sugere-se que para futuros estudos que abordem a temática esforço auditivo e sua mensuração por meio da VFC, um dos aspectos que devem ser considerados é o tipo de ruído competitivo utilizado.

Estudo¹⁶ conduzido com 18 adultos deficientes auditivos e 15 adultos com audição normal, com idade entre 22 e 79 anos, visou mensurar os efeitos da perda auditiva e do ruído na VFC de acordo com

a demanda de uma tarefa de percepção de sentenças em diferentes relações S/R, com ruído do tipo babble noise, apresentada de forma unilateral. Os achados deste estudo mostraram que para a amostra testada, a VFC diminuiu nas relações S/R mais difíceis para os participantes com perda auditiva, mas a diminuição da VFC não ocorreu para participantes com audição normal. Os autores do presente estudo enfatizaram a necessidade da realização de novos estudos abordando a mensuração do esforço auditivo por meio do registro da VFC, principalmente com o uso de diferentes tipos de ruído para a verificação dos efeitos desta variável na mudança do controle parassimpático do coração. Desta forma, justifica-se a realização do presente estudo com o ruído do tipo White noise, desde que em âmbito nacional não há outro tipo de ruído disponível para tarefas de percepção de fala, mas ressalta-se que a segunda hipótese estabelecida para este estudo também não foi confirmada.

Outros aspectos que podem ter influenciado a análise da atividade parassimpática foram o tempo de duração da tarefa de reconhecimento de sentenças, que pode ter sido longo o suficiente para que o registro da VFC demonstrasse alguma alteração em seus traçados e, também, o tipo de equipamento utilizado para o registro da VFC, pois internacionalmente, esta medida é registrada por meio de um eletrocardiograma²⁷.

Estudos internacionais afirmam que a VFC pode ser um dos índices empregados para mensurar o esforço auditivo de forma objetiva, pois as pesquisas conduzidas nesta temática que utilizaram a VFC, demonstraram significância. Uma das inferências que pode ser feita é que nestes estudos os pesquisadores empregaram outro tipo de ruído, o *babble noise*, cujo sinal concorrente envolve sons com significado, mesmo que ininteligíveis²⁸. Portanto, a tarefa de reconhecimento de sentenças com este tipo de ruído exige uma percepção auditiva mais aguçada e, conseqüentemente, há a necessidade de maior esforço auditivo o que demonstra um predomínio do sistema nervoso autônomo simpático.

Estudos recentes realizados com participantes sem perda de audição, submetidos a testes de percepção de fala sob diferentes relações sinal/ruído mostraram uma redução nos escores de precisão na repetição de sentenças, resultante da escuta em relações sinal/ruído mais negativas, acompanhada por uma diminuição na medida da VFC no tempo

que reflete a atividade do sistema nervoso simpático e parassimpático^{29,30}.

Além dos aspectos citados, seria interessante dar continuidade a esse estudo com uma amostra maior e, com diferentes relações sinal/ruído, pois a intensidade do ruído também pode apresentar alguma influência na atividade simpática e parassimpática.

Conseqüentemente, são necessários o desenvolvimento de pesquisas com o intuito de se investigar como as respostas psicofisiológicas registradas durante as tarefas de escuta são influenciadas pelas características acústicas dos estímulos, pela demanda de tarefas, pela motivação e pelas características e respostas emocionais do indivíduo.

Conclusão

A comparação da modulação parassimpática da frequência cardíaca em normo-ouvintes demonstrou que para esta população, considerando testagem bilateral da relação S/R -5 dB com ruído *White Noise*, não houve diferença entre os registros do controle parassimpático nas diferentes situações de escuta, sendo necessário o desenvolvimento de pesquisas com novos delineamentos para a comprovação do uso da VFC como um índice psicofisiológico para a mensuração do esforço auditivo.

Referências bibliográficas

1. Picou EM, Ricketts TA. The effect of changing the secondary task in dual-task paradigms for measuring listening effort. *Ear Hear.* 2014; 35: 611–22.
2. Neuhoﬀ, JG. *Ecological psychoacoustics.* Elsevier Academic Press, 2004.
3. CHABA (Committee on Hearing, Bioacoustics and Biomechanics). Speech understanding and aging. *J Acoust Soc Am.* 1988; 83(3): 859–95.
4. Pichora- Fuller MK, Kramer SE, Eckert MA, Edwards B, Hornsby BW, Humes LE, et al. Hearing impairment and cognitive energy: The Framework for Understanding Effortful Listening (FUEL). *Ear Hear.* 2016; 37(1): 5S-27S.
5. Picou EM, Bean B, Marcrum SC, Ricketts TA, Hornsby BWY. Moderate Reverberation Does Not Increase Subjective Fatigue, Subjective Listening Effort, or Behavioral Listening Effort in School-Aged Children. *Front Psychol.* 2019; 10(1749): 1-16.
6. Sarampalis A, Kalluri S, Edwards B, Hafter E. Objective measures of listening effort: effects of background noise and noise reduction. *J Speech Lang Hear Res.* 2009; 52(5): 1230–40.

7. Arlinger S, Lunner T, Lyxell B, Pichora-Fuller KM. The emergence of cognitive hearing science. *Scand J Psychol*. 2009; 50(5): 371–84.
8. Heinrich A, Schneider BA. Elucidating the effects of ageing on remembering perceptually distorted word pairs. *Q J Exp Psychol A*. 2011; 64(1): 186–205.
9. Peelle JE. Listening Effort: How the Cognitive Consequences of Acoustic Challenge Are Reflected in Brain and Behavior. *Ear Hear*. 2018; 39(2): 204–14.
10. Gatehouse S, Akeroyd M. Two-eared listening in dynamic situations. *Int J Audiol*. 2006; 45(1): 120–4.
11. Alhanbali S, Dawes P, Lloyd S, Munro KJ. Self-Reported Listening-Related Effort and Fatigue in Hearing-Impaired Adults. *Ear Hear*, 2017; 38(1): e39–48.
12. Alhanbali S, Dawes P, Lloyd S, Munro KJ. Hearing Handicap and Speech Recognition Correlate With Self-Reported Listening Effort and Fatigue. *Ear Hear*, 2018; 39(3): 470–4.
13. Barbosa MP, da Silva NT, de Azevedo FM, Pastre CM, Vanderlei LC. Comparison of Polar® RS800G3™ heart rate monitor with Polar® S810i™ and electrocardiogram to obtain the series of RR intervals and analysis of heart rate variability at rest. *Clin Physiol Funct Imaging*, 2016; 36(2):112-7.
14. Kim CH, Kim K. Development and differentiation of autonomic neurons,” in *Primer on the Autonomic Nervous System*, 3rd Edn, eds D. Robertson I. Biaggioni G. Burnstock PA. Low, and J.F.R.Paton (Cambridge, MA: AcademicPress). 2012; 3–8.
15. Mackersie CL, Cones H. Subjective and Psychophysiological Indexes of Listening Effort in a Competing-Talker Task. *J Am Acad Audiol*. 2011; 22(2): 113-22.
16. 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.
17. Fournier LR, Wilson GF, Swain CR. Electrophysiological, behavioral, and subjective indexes of workload when performing multiple tasks: manipulations of task difficulty and training. *Int J Psychophysiol*. 1999; 31(2): 129-45.
18. Wilson GF, Russell CA. Real-time assessment of mental workload using psychophysiological measures and artificial neural networks. *Hum Factors*. 2003; 45(4): 635-44.
19. Richter M, Friedrich A, Gendolla GHE. Task difficulty effects on cardiac activity. *Psychophysiology*. 2008; 45(5): 869-75.
20. Bernartzky G, Bernartzky P, Hesse HP, Staffen W, Ladurner G. Stimulating music increases motor coordination in patients afflicted with Morbus Parkinson. *Neurosci Lett*. 2004; 361(1-3):4–8.
21. Gibbons CH. Basics of autonomic nervous system function. *Handbook of Clinical Neurology*. 2019; 160: 407–18.
22. Organização Mundial de Saúde – OMS, 2014. Disponível em: <http://www.who.int/pbd/deafness/hearing_impairment_grades/en/>. Acesso em: 02/03/2018.
23. Valente SLO. Elaboração de listas de sentenças construídas na língua portuguesa [Dissertação de mestrado]. São Paulo: Pontifícia Universidade Católica - PUC; 1998.
24. Vanderlei LC, Pastre CM, Hoshi RA, Carvalho TD, Godoy MF. Basic notions of heart rate variability and its clinical applicability. *Rev Bras Cir Cardiovasc*. 2009; 24(2): 205-17.
25. Camm AJ, Malik M, Bigger JT, Breithardt G, Cerutti S, Cohen RJ et al. Heart rate variability. Standards of measurement, physiologic interpretation, and clinical use. *Circulation*. 1996; 93(5):1043-65.
26. Friedman BH, Allen MT, Christie IC, Santucci AK. Validity concerns of common heart-rate variability indices. *IEEE Eng Med Biol Mag*. 2002; 21(4): 35–40.
27. Mackersie CL, Calderon-Moultrie N. Autonomic Nervous System Reactivity During Speech Repetition Tasks: Heart Rate Variability and Skin Conductance. *Ear Hear*. 2016; 37(1): 118S–25S.
28. Quental SLM, Colella-Santos MF, Couto CM. Percepção de fala no ruído em músicos. *Audiol Commun Res*. 2014; 19(2): 130-7.
29. Dorman MF, Spahr A, Gifford RH, Cook S, Zhang T, Loïselle L et al. Current research with cochlear implants at Arizona State University. *J Am Acad Audiol*. 2012; 23(6): 385–95.
30. Seeman S, Sims R. Comparison of psychophysiological and dual-task measures of listening effort. *J Speech Lang Hear Res*. 2015; 58(6): 1781–92.