

Efeito da idade no processamento auditivo temporal: benefício da modulação do mascaramento e efeito do pós-mascaramento

Age effects in temporal auditory processing: modulation masking release and forward masking effect

Karina Paes Advíncula¹, Denise Costa Menezes¹, Fernando Augusto Pacífico², Maria Lúcia Gurgel da Costa¹, Silvana Maria Sobral Griz¹

RESUMO

Objetivo: Investigar o efeito da idade no benefício da modulação do ruído mascarante (*masking release*) e no pós-mascaramento (*forward masking*). **Métodos:** Participaram da pesquisa jovens (média de idade de 18 anos e quatro meses) e idosos (média de idade de 64 anos e três meses) falantes nativos do Português Brasileiro e com audição normal. Mediante uso de sentenças da versão brasileira do *Hearing in Noise Test*, determinou-se, para ambos os grupos, limiares de reconhecimento em presença de ruído estável e em presença de ruído modulado em amplitude (10 Hz). Para a pesquisa do pós-mascaramento, foram determinados limiares auditivos em intervalos de tempo de 4, 16, 64 e 128 milissegundos, após a interrupção do ruído. Para avaliar a normalidade dos resultados obtidos, foi aplicado o teste de Shapiro-Wilk. Nas variáveis em que a normalidade foi indicada, aplicou-se o teste t de Student para amostras independentes e nos casos em que a normalidade não foi encontrada, aplicou-se o teste de Mann-Whitney. Foi considerado o nível de significância de 5%. **Resultados:** Observou-se o benefício da modulação do mascaramento nos dois grupos. Porém, esse benefício foi menor para o grupo dos idosos (p -valor $< 0,001$). Na investigação do pós-mascaramento, houve diferença significativa entre os grupos, na média de limiares em 128 milissegundos, após a cessação do ruído (p -valor = 0,006). **Conclusão:** O estudo mostra efeito da idade no benefício de modulação do ruído mascarante e no pós-mascaramento.

Palavras-chave: Audição; Idoso; Mascaramento temporal; Percepção de fala; Ruído

ABSTRACT

Purpose: The purpose of this study was to investigate the age-related effects of modulation masking release and forward masking. **Methods:** Ten younger (mean age of 18.4) and ten older (mean age of 64.3) adults participated in the study. All participants were native speakers of Brazilian Portuguese with normal hearing. Sentences of the Brazilian version of the Hearing in Noise Test were used to obtain speech recognition thresholds in the presence of steady-state noise and amplitude-modulated noise (10 Hz). To investigate forward masking, auditory thresholds were determined at time intervals of 4, 16, 64, and 128 ms after noise interruption. The Shapiro-Wilk test was applied to evaluate the normality of the results. In the variables in which normality was indicated, the Student's *t*-test was applied for the independent samples, and the Mann-Whitney test was applied in cases where normality was not found. A significance level of 5% was adopted for all statistical analyses. **Results:** Modulation masking release was present in both groups; however, it was significantly smaller in the elderly group. As for forward masking investigation, higher thresholds were obtained after noise interruption, and improved as the time interval between noise and stimulus presentation increased. Forward masking was higher in the elderly group, with higher thresholds for the time interval of 128 ms. **Conclusion:** An age-related effect was identified on modulation masking release and forward masking.

Keywords: Hearing; Older listeners; Temporal masking; Speech perception; Noise

Trabalho realizado na Universidade Federal de Pernambuco – UFPE – Recife (PE), Brasil.

¹Departamento de Fonoaudiologia, Universidade Federal de Pernambuco – UFPE – Recife (PE), Brasil.

²Departamento de Anatomia, Universidade Federal de Pernambuco – UFPE – Recife (PE), Brasil.

Conflito de interesses: Não.

Contribuição dos autores: KPA pesquisadora principal, elaboração da pesquisa, elaboração do cronograma, levantamento da literatura, coleta e análise dos dados, redação, submissão e trâmites do artigo; DCM coorientadora, elaboração da pesquisa, elaboração do cronograma, análise dos dados, correção da redação do artigo, aprovação da versão final; SMSG pesquisadora colaboradora, elaboração da pesquisa, elaboração do cronograma, análise dos dados, correção da redação do artigo, aprovação da versão final; FAP pesquisador colaborador, levantamento da literatura, coleta e análise dos dados, redação e revisão do artigo final; MLGC orientadora, elaboração da pesquisa, elaboração do cronograma, análise dos dados, correção da redação do artigo, aprovação da versão final.

Financiamento: Esta pesquisa foi financiada pelo *National Institute Of Health* (NIH), órgão de fomento dos Estados Unidos, em parceria com a Universidade Federal de Pernambuco (processos: R03DC012278 e R01DC001507 do Edital: NIH NIDCD).

Autor correspondente: Karina Paes Advíncula. E-mail: kpadvincula@hotmail.com

Recebido: Março 23, 2017; **Aceito:** Agosto 06, 2018

INTRODUÇÃO

Os processos que envolvem a compreensão da fala em presença de ruído competitivo vêm sendo motivo de estudo há vários anos e ainda são um desafio para vários pesquisadores da audição. A capacidade de extrair a fala do ruído de fundo é um dos mais importantes aspectos da audição a ser avaliado, especialmente quando se trata dos distúrbios da comunicação humana, pois algumas condições de escuta requerem que o ouvinte perceba a informação de fala degradada ou distorcida. Isso acontece em diversas situações sociais, quando a fala do interlocutor é mascarada por um ruído de fundo (ruído competitivo)⁽¹⁾. O mascaramento causado pelo ruído faz com que a percepção da fala pelo ouvinte não esteja em condições ideais e, por isso, é caracterizada como fala de baixa redundância⁽²⁾. Tal situação exige que o ouvinte “separe” a fala que se deseja ouvir, ou seja, a mensagem-alvo, do ruído competitivo.

Um aspecto importante sobre o efeito do mascaramento no reconhecimento da fala é a melhora na percepção das pistas acústicas, por um ouvinte com audição normal, quando o ruído de fundo oscila em intensidade (modulação em amplitude), ou em espectro de frequência (modulação em espectro de frequência), comparado a um ruído de fundo estável⁽³⁾. Este fenômeno é descrito na língua inglesa como *masking release*, no presente estudo chamado de ‘benefício da modulação do mascaramento (BMM)’. Acredita-se que os ouvintes consigam perceber as pistas acústicas da fala que não coincidem com as características acústicas (intensidade ou frequência) do ruído mascarante.

Na população idosa, mesmo diante de audição periférica normal, observa-se menor magnitude do benefício da modulação do mascaramento modulado em amplitude. Parece haver menor habilidade do sistema auditivo senescente em perceber as pistas acústicas da fala que não estão mascaradas nos espaços de tempo em que a intensidade do ruído diminui, devido à modulação⁽⁴⁾. Pergunta-se, então: Por que idosos com audição normal são menos capazes de reconhecer a fala em ambientes com ruído de fundo modulado, quando comparados a ouvintes jovens? Uma das hipóteses é que exista maior efeito do pós-mascaramento em idosos, do que em jovens.

O pós-mascaramento (PosM), assim chamado neste estudo, é denominado, na literatura inglesa, como *forward masking* ou *post-masking*⁽⁵⁾ e significa que, mesmo após a cessação do ruído, o efeito mascarante se prolonga por alguns milissegundos, dificultando a percepção dos sons que se encontram logo após sua interrupção. Este efeito é compreendido como uma das características do mascaramento temporal. Entende-se por mascaramento temporal qualquer mudança de limiar provocada pela presença de outro som (som mascarante), seja este apresentado anteriormente, posteriormente ou concomitantemente ao som-alvo^(5,6). No caso do pós-mascaramento, o ruído mascarante é apresentado anteriormente ao som-alvo. Por este motivo, a literatura brasileira vem usando o termo ‘mascaramento antecessor’, para nomear o efeito em questão⁽⁷⁾. O termo se refere ao fato de o ruído mascarante anteceder o estímulo-alvo, porém, o termo original na língua inglesa (*forward masking* ou *post-masking*) foi escolhido para destacar o que acontece após a cessação do ruído mascarante: um efeito prolongado do mascaramento (*forward* significa adiante, avante e a expressão *forward masking* significa ‘mascaramento adiante’)^(5,6), ao invés do posicionamento do ruído mascarante em relação ao estímulo-alvo. Desta forma, a expressão escolhida para

representar o fenômeno no presente estudo (pós-mascaramento) irá seguir a lógica original, pois pretende-se, aqui, destacar o *efeito* do mascaramento e não o *posicionamento* do ruído em relação ao estímulo-alvo.

Dentro desse raciocínio, os termos *backward masking* e *pre-masking* são utilizados no Inglês para nomear o efeito do mascaramento que antecede a presença do ruído e serão aqui chamados de pré-mascaramento (PreM). A expressão que vem sendo utilizada para esse fenômeno, no Português, é ‘mascaramento sucessor’⁽⁷⁾, pois, novamente, refere-se ao posicionamento do ruído mascarante em relação ao estímulo-alvo (o ruído é apresentado após o estímulo, porém, é capaz de mascarar sons que se apresentam milissegundos antes)^(5,7).

No que se refere à população idosa, uma possível explicação para o reduzido benefício da modulação do mascaramento é que o pré-mascaramento e o pós-mascaramento (*backward* e *forward masking*) tenham maior magnitude nessa população e, conseqüentemente, os espaços temporais com redução de intensidade do ruído modulado, que servem para que o ouvinte perceba mais pistas acústicas, são reduzidos⁽⁴⁾. Esta seria uma justificativa para o pior desempenho dos idosos no reconhecimento da fala em presença de ruído modulado, quando comparados aos ouvintes jovens.

Alguns fatores devem ser levados em consideração, quando se avalia a habilidade de ouvir em presença de ruído. Um deles é o material de fala utilizado⁽⁸⁾. Apesar de sílabas e palavras terem sido utilizadas para medir tarefas de reconhecimento de fala em alguns estudos⁽⁹⁾, o uso de sentenças parece ser mais apropriado, pois estas se aproximam mais de situações reais de comunicação⁽¹⁰⁾.

Outros fatores a serem considerados são a natureza e a forma de apresentação do ruído mascarante, que, geralmente, possui espectro de fala, ou se utiliza, até mesmo, da própria fala de uma única pessoa ou de várias pessoas juntas. No caso de ruídos modulados, os padrões de modulação, seguem, normalmente, o envelope de ondas (senoidal ou quadrática).

Um terceiro fator que vem sendo observado no estudo do BMM é a relação fala-ruído (RFR). Vários estudos têm demonstrado que, para os ouvintes com audição normal, o BMM diminui com o aumento da RFR⁽¹¹⁾.

A relação entre a magnitude do BMM e o pós-mascaramento ainda não é bem explorada. Apesar de alguns estudos mostrarem esse efeito prolongado do mascaramento nos idosos de audição normal⁽⁴⁾, o achado não é consenso na literatura⁽¹²⁾ e a natureza desse déficit ainda é pouco compreendida.

A proposta deste estudo foi estudar mascaramento temporal em idosos com audição normal.

MÉTODOS

Dois experimentos foram realizados. O primeiro investigou a magnitude do benefício da modulação do mascaramento, em função da idade, para testar a hipótese de que idosos com audição normal apresentam menor benefício da modulação do mascaramento, em relação a adultos jovens com audição normal. O segundo experimento investigou o pós-mascaramento em jovens e idosos e objetivou testar a hipótese de que idosos com audição normal demonstram aumento desse efeito, em relação a adultos jovens com audição normal⁽¹³⁾.

A análise dos dados foi realizada da seguinte forma: Para avaliar a normalidade dos escores obtidos nos limiares de

ambos os experimentos, foi aplicado o teste de Shapiro-Wilk. Nas variáveis em que a normalidade foi indicada, aplicou-se o teste t de Student para amostras independentes, na comparação dos resultados dos jovens e dos idosos e, nos casos em que a normalidade não foi encontrada, aplicou-se o teste de Mann-Whitney. Todas as conclusões foram obtidas considerando o nível de significância de 5%.

Experimento 1: Benefício da modulação do mascaramento, em função da idade

Sujeitos

Participaram deste estudo dez adultos jovens (média de idade de 18 anos e quatro meses) e dez idosos (média de idade de 64 anos e três meses), todos falantes nativos do Português Brasileiro. Apresentavam audição normal (limiares tonais ≤ 25 dB NA, para as frequências de oitava 250-8000 Hz e inter-otavas 3000 Hz, e 6000 Hz, na orelha de teste para adultos jovens e limiares tonais ≤ 25 dB NA, para as frequências de oitava 250-4000 Hz, na orelha de teste para idosos). Nenhum sujeito relatou história de doença otológica ou neurológica. Todos concordaram em participar do estudo, mediante assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Este estudo foi aprovado por comitê de ética americano (*Institutional Review Board - IRB*), sob o número 11-1113, e pelo Comitê de Ética em Pesquisa envolvendo Seres Humanos, do Centro de Ciências da Saúde da UFPE, sob o número 233/2012. Os jovens foram recrutados entre estudantes universitários e os idosos, em grupos sociais de terceira idade.

Estímulos

O material de fala foi composto por sentenças do *Hearing in Noise Test* (HINT) na versão do Português Brasileiro. O ruído mascarante possuía o mesmo espectro de frequência das sentenças originais (*speech shaped noise*) e foi apresentado continuamente, sob duas condições: estável e modulado em amplitude. O ruído estável foi apresentado em uma intensidade fixa de 65 dBNPS e o ruído modulado apresentou modulações de amplitude (caracterizadas por uma onda quadrática) entre 65 e 30 dB NPS, com taxa de modulação de 10 Hz^(14,15). Ambos os estímulos foram produzidos em plataforma digital de processamento de sinal (RZ6, *Tucker-Davis Technologies*), em conjunto com um *script* MATLAB™ personalizado e apresentado à orelha direita ou à melhor orelha (quando os limiares obtidos entre as orelhas variaram mais que 5 dB), através de fones auditivos *Sennheiser* HD580.

Procedimento

Os participantes foram posicionados dentro de uma cabina acústica e orientados a repetir cada sentença, exatamente da forma como escutaram. À medida que cada sentença era apresentada, o texto aparecia na tela do computador do pesquisador, com todas as palavras em destaque, em um retângulo sombreado, sensível à marcação. O pesquisador utilizou o *mouse* do

computador para marcar as palavras que foram omitidas ou repetidas incorretamente. A sentença foi considerada em uma pontuação global como “correta” ou “incorreta”, ou seja, para ser considerada correta, a frase tinha que ser repetida corretamente, na íntegra. Qualquer diferença entre a sentença do teste e a emissão do participante resultou em uma pontuação “incorreta”, como por exemplo, alterações na utilização de artigos, conjugação verbal e inclusão ou omissão de palavras, mesmo que não modificassem o significado original.

Para a determinação do limiar de reconhecimento de fala, foi utilizado o procedimento adaptativo, no qual os limiares convergem para 71% de acerto⁽¹⁶⁾. Neste procedimento, após duas sentenças corretas, o nível de apresentação da próxima sentença é reduzido em 2 dB e, após uma sentença incorreta, o nível de apresentação da próxima sentença é aumentado em 2 dB (procedimento *two-down one-up*). Cada limiar auditivo de reconhecimento das sentenças foi obtido após seis reversões (aumento ou diminuição da intensidade das sentenças apresentadas), por meio do cálculo da média dos quatro níveis (intensidades) finais de reversão. A escolha do tipo de ruído mascarante inicial foi feita de forma aleatória.

Para cada participante, foram obtidos três de limiares de reconhecimento de fala, em cada condição de ruído mascarante (estável e modulado a 10 Hz). Caso houvesse uma diferença entre os limiares igual ou maior que 3 dB, um novo limiar era obtido. Após a determinação dos três (ou quatro) limiares, foi calculada a média aritmética de todos. O cálculo do benefício da modulação do mascaramento (BMM) foi realizado a partir da diferença entre o limiar de reconhecimento de sentenças em presença de ruído estável e o limiar de reconhecimento de sentenças em presença de ruído modulado a 10 Hz.

As sentenças foram apresentadas sem repetição, a fim de eliminar variáveis relacionadas ao fenômeno de aprendizagem. O procedimento adaptativo, incluindo a apresentação do estímulo, foi controlado por um *script* MATLAB™, personalizado.

Experimento 2: Avaliação do pós-mascaramento

Sujeitos

Participaram deste experimento 20 sujeitos com as mesmas características descritas no Experimento 1.

Estímulos

Para este experimento, foi utilizado um ruído mascarante com espectro de fala (*speech shaped noise*) com 400 ms de duração e pico de intensidade em 65 dB NPS, sendo abruptamente reduzido a uma intensidade de 30 dB NPS. O sinal-alvo foi um ruído (*speech shaped noise*), com parâmetros espectrais idênticos ao ruído mascarante, porém com duração de 30 ms⁽¹⁷⁾. A apresentação do sinal-alvo foi fixada em quatro intervalos: 4, 16, 64 e 128 milissegundos, após o ruído mascarante. Os estímulos foram gerados utilizando a mesma plataforma e programa do Experimento 1. Também foram apresentados à orelha direita ou à melhor orelha, quando os limiares obtidos entre as orelhas variaram mais que 5 dB, utilizando um fone auditivo *Sennheiser* HD580.

Procedimento

Os participantes foram posicionados dentro de uma cabina acústica, com fones auditivos e, em suas mãos, uma caixa com avisos luminosos para identificação da presença dos estímulos e para obtenção das respostas. Antes de iniciar teste, foram obtidos os limiares auditivos para o sinal-alvo, com ruído estável em forte intensidade (65 dB NPS) e em fraca intensidade (30 dB NPS), para ambos os grupos. Esses valores foram determinados em presença de ruído mascarante simultâneo, para que servissem como referência na observação dos limiares obtidos em intervalos de tempo determinados.

Para a avaliação do pós-mascaramento, o ruído mascarante foi apresentado numa intensidade de 65 dB NPS, durante 400 ms e, então, diminuído abruptamente à intensidade de 30 dB NPS, permanecendo assim por 400 ms e novamente aumentado para 65 dB NPS. Esta apresentação sequencial do ruído provocava a sensação auditiva de três ruídos independentes. Durante o período de tempo em que o ruído mascarante estava em fraca intensidade (400 ms), o sinal-alvo foi apresentado em diferentes intervalos de tempo, após a diminuição abrupta do mascaramento (4 ms, 16 ms, 64 ms e 128 ms). A ordem da apresentação foi aleatória (Figura 1).

Ao participante, foi dito que iria ouvir três sons, à medida que observava três sinais luminosos relacionados a três interruptores na caixa em suas mãos. O participante foi informado que um dos três sons iria soar de forma diferente e que era preciso identificá-lo, pressionando o interruptor que correspondia ao seu sinal luminoso (Figura 2). Desta forma, determinou-se o limiar auditivo para avaliação do efeito da permanência o mascaramento para cada sinal-alvo, nos diferentes intervalos de tempo (4ms, 16ms, 64ms e 128ms).

Assim como no primeiro experimento, os limiares auditivos do sinal-alvo foram obtidos utilizando-se o procedimento adaptativo, convergindo para 71% de acerto⁽¹⁶⁾. Para a pesquisa dos limiares auditivos nos diferentes intervalos de tempo, a intensidade inicial do sinal-alvo foi determinada em 5 dB acima do limiar de referência de cada participante (limiar obtido em presença de ruído estável em 65 dB NPS). Após dois acertos, a intensidade do sinal-alvo era diminuída em 4 dB e, para cada erro, aumentada em 4 dB. Após duas reversões (acertos/erros), o padrão de diminuição/aumento de intensidade mudava para 2 dB.

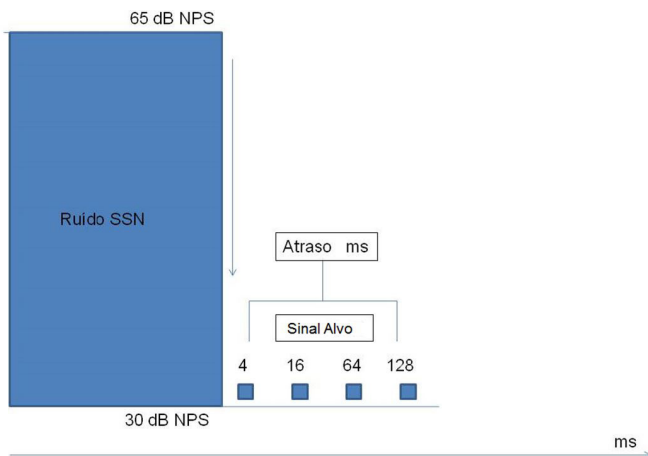


Figura 1. Apresentação do sinal-alvo, em função de sua posição temporal relativa ao ruído
Legenda: SSN = *Speech shaped noise*

O limiar foi obtido depois de concluídas oito reversões. Cada limiar auditivo do sinal-alvo foi calculado por meio da média aritmética das últimas seis intensidades onde houve a reversão. Três medições de limiares auditivos para o sinal-alvo foram obtidas, desde que não variassem em mais de 3 dB. Quando isso aconteceu, uma quarta medição foi obtida, realizando-se a média de todas as medições, para se chegar ao limiar auditivo final para cada condição de testagem.

RESULTADOS

Os resultados do experimento 1 são apresentados na Tabela 1. A tabela mostra a comparação de médias dos limiares de reconhecimento de sentenças, em presença de ruído estável e em presença de ruído modulado, entre jovens e idosos. Não foi verificada diferença significativa entre as médias dos limiares de reconhecimento de sentenças em presença de ruído estável, em jovens e idosos (p-valor = 0,491). No entanto, as médias dos limiares de reconhecimento de sentenças em presença de ruído modulado foram maiores para o grupo de idosos (p-valor < 0,001). A comparação entre as médias do BMM (diferença entre limiares de reconhecimento de fala em presença de ruído estável e modulado) mostrou diferença significativa (p-valor < 0,001) entre os dois grupos, indicando maior BMM no grupo dos jovens (média de 8,68 dB). A comparação de médias dos limiares de reconhecimento de sentenças, em presença de ruído estável e em presença de ruído modulado, entre jovens e idosos, está apresentada na Tabela 1.

Os resultados do experimento 2 são apresentados na Tabela 2. Observou-se também, a presença do mesmo padrão de resposta

Tabela 1. Comparação de médias dos limiares de reconhecimento de sentenças entre jovens e idosos

Limiares de reconhecimento de sentenças	Grupo de idade avaliado		p-valor ¹
	Jovens (18-25 anos)	Idosos (≥ 60 anos)	
Ruído estável	61,42 ± 1,44	61,90 ± 1,61	0,491
Ruído mModulado	52,74 ± 2,08	58,18 ± 3,14	< 0,001
BMM	8,68 ± 1,51	3,73 ± 2,18	< 0,001

¹p-valor do teste t de Student para comparação de médias em grupos independentes

Legenda: BMM = Benefício da modulação do mascaramento

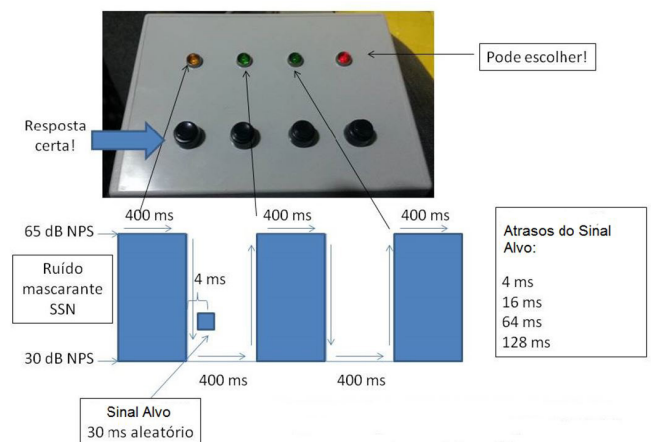


Figura 2. Modelo ilustrativo da caixa utilizada para o teste do pós-mascaramento
Legenda: SSN = *Speech shaped noise*

Tabela 2. Comparação de médias dos limiares auditivos em diferentes intervalos de tempo, após a cessação do ruído entre jovens e idosos

Limiares auditivos	Grupo de idade avaliado		p-valor
	Jovens	Idosos	
	(18-25 anos)	(≥ 60 anos)	
Ruído estável (65 dB)	63,83 ± 0,93	65,60 ± 1,31	0,003 ¹
Ruído estável (30dB)	35,29 ± 1,67	37,34 ± 3,40	0,059 ²
PM04	56,86 ± 2,60	59,82 ± 4,11	0,070 ¹
PM16	51,94 ± 2,54	54,71 ± 6,13	0,212 ¹
PM64	44,18 ± 1,67	46,30 ± 5,97	0,304 ¹
PM128	39,49 ± 1,53	44,68 ± 4,61	0,006 ¹

¹p-valor do teste t de Student para comparação de médias em grupos independentes; ²p-valor do teste de Mann-Whitney

Legenda: PM = Pós-mascaramento

para jovens e idosos, ou seja, os limiares auditivos para o sinal-alvo diminuíram à medida que os intervalos de tempo aumentaram. Estes achados sugerem que o pós-mascaramento (PM) foi menor para os intervalos maiores de tempo, em ambos os grupos. Na comparação das médias dos limiares obtidos nos diferentes intervalos de tempo (4, 16, 64 e 128 milissegundos), após a cessação do ruído, entre os jovens e idosos avaliados, verificou-se que os idosos apresentaram maior média em todos os testes realizados, porém, houve diferença significativa em relação aos jovens, apenas nos testes realizados em presença de ruído estável em 65 dB NPS (p-valor = 0,003) e em 128 milissegundos, após a cessação do ruído (PM128) (p-valor = 0,006). Nos demais testes, os resultados dos jovens e dos idosos foram semelhantes, indicando que os limiares auditivos do sinal-alvo, sob efeito do pós-mascaramento, foram significativamente maiores para os idosos, apenas no intervalo de tempo de 128 milissegundos (Tabela 2).

DISCUSSÃO

Os resultados do Experimento 1 confirmaram a hipótese deste estudo, de que jovens com audição normal apresentam maior benefício da modulação do mascaramento, quando comparados a idosos com audição normal, concordando com outros estudos que investigaram o BMM em jovens e idosos^(4,12,18). Gifford e colaboradores⁽⁴⁾, por exemplo, compararam o desempenho de adultos jovens e idosos no reconhecimento da fala em presença de ruído estável e ruído modulado e encontraram diferença significativa no desempenho do reconhecimento da fala, em presença de ruído modulado (com taxa de modulação em 10 Hz), entre idosos e adultos jovens, com maior dificuldade para os idosos.

Os achados desses autores significam que os idosos não conseguem perceber, da mesma forma que os jovens, as pistas acústicas da fala, nos momentos de baixa intensidade do ruído mascarante. Uma das explicações para essa dificuldade dos idosos é que, nesta população, há maior efeito da permanência do mascaramento, fazendo com que as pistas acústicas sejam mascaradas, mesmo após a interrupção do ruído competitivo.

Essa hipótese deu origem à realização do Experimento 2. Os resultados confirmaram a hipótese, pois os limiares auditivos do sinal-alvo foram maiores para os idosos, quando comparados aos

jovens, especialmente para o intervalo de tempo de apresentação do sinal-alvo em 128 milissegundos, após a interrupção do ruído.

Vários foram os estudos^(4,12,13,18) que demonstraram o aumento do pós-mascaramento na população idosa. Gifford e Bacon explicaram que esse aumento pode estar relacionado a alterações no funcionamento neural e não em processos não lineares da cóclea⁽¹³⁾. Talvez, o tempo de recuperação (após explosão neural causada pelo ruído) das fibras neurais aferentes seja maior no sistema auditivo senescente, justificando o aumento do pós-mascaramento. Com o avanço da idade, as fibras auditivas nervosas perdem sua capacidade de se recuperar espontaneamente, ou diminuem a velocidade de recuperação. A elevação dos limiares auditivos para o sinal-alvo, encontrados neste estudo, pode estar relacionada aos aspectos fisiológicos da senescência.

Notou-se, porém, que a diferença significativa entre os dois grupos ocorreu apenas para limiares no intervalo de 128 milissegundos. Nos demais intervalos, apesar das médias de limiares em jovens terem sido menores que as médias dos idosos, os resultados não foram estatisticamente diferentes, demonstrando que o pós-mascaramento causa um impacto semelhante entre jovens e idosos, quando o estímulo-alvo é apresentado em até 64 milissegundos após a cessação do ruído mascarante. Parece que, mesmo que o tempo de recuperação das fibras neurais aferentes seja menor nos jovens, essa diferença favorece os jovens, quando o estímulo se situa em intervalos curtos de tempo (até 64 milissegundos), mas se evidencia com o aumento do tempo. Um estudo semelhante, com intervalos mais longos (acima de 128 milissegundos), pode contribuir para comprovar essa hipótese.

Não somente os aspectos relacionados ao pós-mascaramento podem estar relacionados à explicação da menor magnitude do BMM no reconhecimento da fala em idosos com audibilidade normal, mas também fatores cognitivos, de atenção, de memória e de aprendizado⁽⁴⁾.

A relação entre aspectos cognitivos e o déficit no processamento auditivo temporal em pessoas idosas foi investigada⁽¹⁹⁾ por meio da habilidade em detectar intervalos de tempo entre dois sons (*gap detection*). O estudo discutiu que a queda no desempenho de idosos em identificar intervalos de tempo pode estar relacionada a aspectos cognitivos e de atenção, que contribuem para diminuição na velocidade no processamento de sons, com o avanço da idade. Então, os fatores responsáveis pela dificuldade do idoso em compreender a fala em ambiente competitivo podem ser diversos e não excludentes.

Os participantes deste estudo não foram investigados em questões cognitivas. Não se pode, portanto, inferir que os resultados apresentados foram decorrentes, exclusivamente, do processamento auditivo temporal. Estudos futuros, com um número maior de participantes, e que investiguem aspectos auditivos e cognitivos, poderão contribuir para a melhor compreensão sobre a relação entre o pós-mascaramento e o BMM.

CONCLUSÃO

Idosos com audição normal exibiram menor benefício da modulação do mascaramento (BMM), quando comparados a adultos jovens com audição normal. Além disso, foi encontrado maior pós-mascaramento (*forward masking*) na população idosa.

Acredita-se que exista uma relação entre o maior pós-mascaramento e a diminuição do BMM. Porém, a maior

dificuldade em perceber pistas acústicas da fala nos momentos de baixa intensidade do ruído modulado, também pode estar relacionada a fatores cognitivos, não investigados neste estudo.

Os resultados reforçaram a ideia de que dificuldades no processamento auditivo temporal devem estar relacionadas à dificuldade dos idosos em compreender a fala em ambientes ruidosos. No entanto, não se pode excluir a participação de demais fatores (cognitivos).

REFERÊNCIAS

1. Carhart R, Tillman TW. Interaction of competing speech signals with hearing losses. *Arch Otolaryngol*. 1970;91(3):273-9. <http://dx.doi.org/10.1001/archotol.1970.00770040379010>. PMID:5414080.
2. Grose JH, Mamo SK, Hall JW 3rd. Age effects in temporal envelope processing: speech unmasking and auditory steady state responses. *Ear Hear*. 2009;30(5):568-75. <http://dx.doi.org/10.1097/AUD.0b013e3181ac128f>. PMID:19633565.
3. Gnansia D, Jourdes V, Lorenzi C. Effect of masker modulation depth on speech masking release. *Hear Res*. 2008;239(1-2):60-8. <http://dx.doi.org/10.1016/j.heares.2008.01.012>. PMID:18434049.
4. Gifford RH, Bacon SP, Williams EJ. An examination of speech recognition in a modulated background and of forward masking in younger and older listeners. *J Speech Lang Hear Res*. 2007;50(4):857-64. [http://dx.doi.org/10.1044/1092-4388\(2007\)060](http://dx.doi.org/10.1044/1092-4388(2007)060). PMID:17675591.
5. Gelfand SA. *Hearing: an introduction to psychological and physiological acoustics*. 5th ed. Vol. 1. Colchester: Informa Healthcare; 2010. 198 p.
6. Dirks DD, Bower D. Effect of forward and backward masking on speech intelligibility. *J Acoust Soc Am*. 1970;47(4):1003-8. <http://dx.doi.org/10.1121/1.1911998>. PMID:5443146.
7. Filippini R, Schochat E. A new paradigm for temporal masking assessment: pilot study. *CoDAS*. 2014;26(4):302-7. <http://dx.doi.org/10.1590/2317-1782/201420130044>. PMID:25211689.
8. Arieta AM. *Teste de percepção da fala HINT - Brasil, em normo-ouvintes e usuários de aparelhos auditivos: Atenção à saúde auditiva [dissertação]*. Campinas: Programa de Pós-graduação em Saúde Coletiva, Faculdade de Ciências Médicas, Universidade Estadual de Campinas; 2009.
9. Santos SN, Daniel RC, Costa MJ. Estudo da equivalência entre as listas de sentenças em Português. *Rev CEFAC*. 2009;11(4):673-80. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-18462009000800016>.
10. Bronkhorst AW, Plomp R. A clinical test for the assessment of binaural speech perception in noise. *Audiology*. 1990;29(5):275-85. <http://dx.doi.org/10.3109/00206099009072858>. PMID:2275642.
11. Grose JH, Griz S, Pacifico FA, Advíncula KP, Menezes DC. Modulation masking release using the Brazilian-Portuguese HINT: psychometric functions and the effect of speech time compression. *Int J Audiol*. 2015;54(4):274-81. <http://dx.doi.org/10.3109/14992027.2014.986692>. PMID:25630394.
12. Dubno JR, Horwitz AR, Ahlstrom JB. Recovery from prior stimulation: masking of speech by interrupted noise for younger and older adults with normal hearing. *J Acoust Soc Am*. 2003;113(4):2084-94. <http://dx.doi.org/10.1121/1.1555611>. PMID:12703719.
13. Gifford RH, Bacon SP. Psychophysical estimates of nonlinear cochlear processing in younger and older listeners. *J Acoust Soc Am*. 2005;118(6):3823-33. <http://dx.doi.org/10.1121/1.2126933>. PMID:16419827.
14. Desloge JG, Reed CM, Braida LD, Perez ZD, Delhorne LA. Speech reception by listeners with real and simulated hearing impairment: effects of continuous and interrupted noise. *J Acoust Soc Am*. 2010;128(1):342-59. <http://dx.doi.org/10.1121/1.3436522>. PMID:20649229.
15. Advíncula KP, Menezes DC, Pacifico FA, Griz SMS. Percepção da fala em presença de ruído competitivo: o efeito da taxa de modulação do ruído mascarante. *Audiol Commun Res*. 2013;18(4):238-44. <http://dx.doi.org/10.1590/S2317-64312013000400003>.
16. Levitt H. Transformed up-down methods in psychoacoustics. *J Acoust Soc Am*. 1971;49(2B, Suppl 2):467. <http://dx.doi.org/10.1121/1.1912375>. PMID:5541744.
17. Grose JH, Menezes DC, Porter HL, Griz S. Masking period patterns and forward masking for speech-shaped noise: age-related effects. *Ear Hear*. 2016;37(1):48-54. <http://dx.doi.org/10.1097/AUD.000000000000200>. PMID:26230495.
18. Dubno JR, Horwitz AR, Ahlstrom JB. Benefit of modulated maskers for speech recognition by younger and older adults with normal hearing. *J Acoust Soc Am*. 2002;111(6):2897-907. <http://dx.doi.org/10.1121/1.1480421>. PMID:12083223.
19. Harris RW, Goffi MVS, Pedalini MEB, Gygi MA. Reconhecimento de palavras dissilábicas psicometricamente equivalentes no português brasileiro faladas por indivíduos do sexo masculino e do sexo feminino. *Pró-Fono R Atual Cient*. 2001;13(2):249-62.