



ARTIGO ORIGINAL

Speech-in-noise perception ability can be related to auditory efferent pathway function: a comparative study in reading impaired and normal reading children[☆]



Mehdi Akbari, Rasool Panahi *, Ayub Valadbeigi e Morteza Hamidi Nahrani

Iran University of Medical Sciences, School of Rehabilitation Sciences, Department of Audiology, Teerā, Irā

Recebido em 17 de agosto de 2018; aceito em 10 de novembro de 2018

KEYWORDS

Medial olivocochlear bundle;
Otoacoustic emission;
Speech-in-noise perception;
Reading impairment

Abstract

Introduction: Deficient auditory processing can cause problems with speech perception and affect the development and evolution of reading skills. The efferent auditory pathway has an important role in normal auditory system functions like speech-in-noise perception, but there is still no general agreement on this.

Objective: To study the performance of the efferent auditory system in a group of children with reading impairment in comparison with normal reading and evaluation of its relationship with speech-in-noise perception.

Methods: A total of 53 children between the ages of 8–12 years were selected for the study of which 27 were with reading impairment and 26 were normal reading children. Transient evoked otoacoustic emissions suppression and auditory recognition of words-in-noise test were performed for all the children.

Results: The average amplitude of transient evoked otoacoustic emissions suppression showed a significant difference between the two groups in the right ($p=0.004$) and in the left ear ($p=0.028$). Assessment of the relationship between transient evoked otoacoustic emissions suppression and monaural auditory recognition of words-in-noise scores showed a significant moderate negative relationship only in the right ear ($p=0.034$, $r=-0.41$) of the normal reading children. Binaural auditory recognition of words-in-noise scores were significantly correlated with the amplitude of transient evoked otoacoustic emissions suppression in the right ear

DOI se refere ao artigo: <https://doi.org/10.1016/j.bjorl.2018.11.010>

[☆] Como citar este artigo: Akbari M, Panahi R, Valadbeigi A, Nahrani MH. Speech-in-noise perception ability can be related to auditory efferent pathway function: a comparative study in reading impaired and normal reading children. Braz J Otorhinolaryngol. 2020;86:209–16.

* Autor para correspondência.

E-mail: panahirasool@gmail.com (R. Panahi).

A revisão por pares é da responsabilidade da Associação Brasileira de Otorrinolaringologia e Cirurgia Cérvico-Facial.

(($p < 0.001$, $r = -0.75$) and in the left ear ($p < 0.001$, $r = -0.64$) of normal reading children. In the reading impaired group, a weaker correlation was observed between binaural auditory recognition of words-in-noise scores and transient evoked otoacoustic emissions suppression in the right ($p = 0.003$, $r = -0.55$) and in the left ear ($p = 0.012$, $r = -0.47$).

Conclusions: Transient evoked otoacoustic emissions suppression pattern in the reading impaired group was different compared with normal reading children, and this difference could be related to efferent system performance. Words-in-noise scores in children with impaired reading were lower than in normal reading children. In addition, a relationship was found between transient evoked otoacoustic emissions suppression and words-in-noise scores in both normal and impaired reading children.

© 2019 Associação Brasileira de Otorrinolaringologia e Cirurgia Cérvico-Facial. Published by Elsevier Editora Ltda. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

PALAVRAS-CHAVE

Feixe olivococlear medial;
Emissão otoacústica;
Percepção de fala no ruído;
Dificuldade de leitura

Capacidade de percepção da fala no ruído pode estar relacionada à função da via auditiva eferente: estudo comparativo de crianças com dificuldade de leitura e com leitura normal

Resumo

Introdução: O processamento auditivo deficiente pode causar problemas na percepção da fala e afetar o desenvolvimento e a evolução das habilidades de leitura. A via auditiva eferente tem um papel importante nas funções do sistema auditivo normal, como a percepção da fala no ruído, mas ainda não há um consenso sobre isso.

Objetivo: Estudar o desempenho do sistema auditivo eferente em um grupo de crianças com dificuldade de leitura em comparação às com leitura normal e avaliação de sua relação com a percepção da fala no ruído.

Método: Foram selecionadas para o estudo 53 crianças entre oito e 12 anos, das quais 27 tinham dificuldade de leitura e 26 apresentavam leitura normal. A avaliação por emissões otoacústicas evocadas transientes e o teste *auditory recognition of words-in-noise* foram feitos em todas as crianças.

Resultados: A amplitude média da supressão das emissões otoacústicas evocadas transientes mostrou diferença significativa entre os dois grupos na orelha direita ($p = 0,004$) e esquerda ($p = 0,028$). A avaliação da relação entre a supressão das emissões otoacústicas evocadas transientes e os escores monoaurais do teste *auditory recognition of words-in-noise* mostrou uma relação negativa moderadamente significativa apenas na orelha direita ($p = 0,034$, $r = -0,41$) das crianças com leitura normal. Os escores binaurais do *auditory recognition of words-in-noise* foram significativamente correlacionados com a amplitude de supressão das emissões otoacústicas evocadas transientes na orelha direita ($p < 0,001$, $r = -0,75$) e na orelha esquerda ($p < 0,001$, $r = -0,64$) das crianças com leitura normal. No grupo com dificuldade de leitura, uma correlação mais fraca foi observada entre os escores binaurais do *auditory recognition of words-in-noise* e supressão das emissões otoacústicas evocadas transientes, na orelha direita ($p = 0,003$, $r = -0,55$) e na esquerda ($p = 0,012$, $r = -0,47$).

Conclusões: O padrão de supressão das emissões otoacústicas evocadas transientes no grupo com dificuldade de leitura foi diferente em comparação com as crianças com leitura normal e essa diferença pode estar relacionada ao desempenho do sistema eferente. Os escores de palavras no ruído em crianças com dificuldade de leitura foram menores do que nas crianças com leitura normal. Além disso, foi encontrada uma relação entre a supressão das emissões otoacústicas evocadas transientes e os escores de palavras no ruído tanto em crianças com leitura normal quanto nas com dificuldade de leitura.

© 2019 Associação Brasileira de Otorrinolaringologia e Cirurgia Cérvico-Facial. Publicado por Elsevier Editora Ltda. Este é um artigo Open Access sob uma licença CC BY (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Introdução

Muitas crianças desenvolvem capacidade de leitura fluente durante o ensino fundamental, enquanto 5% a 12% delas têm dificuldade para aprender a ler mesmo na ausência de problemas sensoriais ou cognitivos em relação à inteligência normal e com educação adequada.¹ Problemas com a aprendizagem da leitura são denominados de "dificuldade específica de leitura" ou "dislexia".² A leitura fluente requer uma percepção adequada da linguagem e um reconhecimento fluente de palavras.² Muitos estudos identificaram a percepção deficiente da fala em indivíduos com distúrbios de aprendizagem e dificuldade de leitura.³⁻⁶ Parece que os problemas de percepção da fala nesses grupos estão relacionados ao processamento fonológico.⁵ Um sistema auditivo normal é um dos requisitos para a aquisição de habilidades fonológicas e de linguagem normais.⁷ Tem sido sugerido que o processamento auditivo deficiente pode causar problemas na percepção da fala e, como tal, afetar o desenvolvimento e a evolução das habilidades de leitura.⁸ Investigações de crianças com dificuldade de aprendizagem (DA) indicaram que o processamento auditivo da fala pode ser anormal no nível do tronco encefálico⁹ e é como se esse problema aumentasse quando o ruído de fundo é adicionado. A partir de estudos anteriores, pode-se inferir que, em geral, indivíduos com distúrbios de aprendizagem, como a dislexia, apresentam problemas com a percepção da fala no ruído. No entanto, não há consenso sobre essa questão, pois há estudos que não relataram tais achados.¹⁰

O sistema auditivo central tem um efeito descendente nos níveis inferiores através da via auditiva eferente que termina na cóclea. Tem sido sugerido que a via auditiva eferente contribui para vários aspectos, tais como proteção da cóclea, discriminação de vogais e processamento de sinais auditivos complexos.^{11,12} O complexo olivococlear superior (COS) conecta-se à cóclea ipsilateral e contralateral através das fibras do feixe olivococlear (FOC). As fibras contralaterais do sistema eferente são conhecidas como feixe olivococlear medial (FOCM) e estão principalmente conectadas às células ciliadas externas.¹¹ Com a introdução das emissões otoacústicas (EOAs), a avaliação da função do sistema auditivo eferente tornou-se possível através do registro simultâneo de EOAs e apresentação de ruído de banda larga contralateral. Portanto, é possível usar um método não invasivo e rápido, com o uso de medidas de supressão das EOAs para avaliar a função do sistema auditivo eferente, principalmente o FOCM.¹³⁻¹⁵

Segundo pesquisadores, a atividade do sistema auditivo eferente pode melhorar o desempenho da percepção da fala na presença de ruído de fundo e esse melhor desempenho pode ser observado mesmo em situações nas quais não há ruído de fundo.¹⁶⁻¹⁹ Conclui-se que o sistema eferente auditivo melhora a relação sinal/ruído através de um efeito "antimascaramento". Isso significa que o ganho do amplificador coclear será reduzido como resultado da ativação do FOCM. Portanto, a adaptação neural induzida por ruído será diminuída e, assim, melhorará nossa capacidade de detectar sinais e superar o ruído competitivo.^{20,21} No entanto, algumas investigações não relataram uma relação entre a

função do sistema auditivo eferente e a percepção da fala no ruído.^{22,23}

Um dos tipos de EOAs sensíveis à função coclear são as emissões otoacústicas evocadas transientes (EOAETs).²⁴ Se o sistema auditivo periférico é normal, alterações anormais na amplitude das EOAETs em resposta ao ruído contralateral podem ser consideradas como uma anormalidade da função do FOCM. Aqui, no que diz respeito aos estudos que abordam a função anormal do sistema auditivo eferente nos distúrbios do processamento auditivo e dificuldades de aprendizagem,^{9,13,25} a hipótese aventada é de que a função do sistema auditivo eferente varia em crianças com DL comparadas com crianças com LN e que existe uma relação entre a capacidade de percepção da fala no ruído e a função da via auditiva eferente. A maioria das pesquisas anteriores investigou a relação entre a atividade do FOCM e o desempenho da fala no ruído em determinadas relações sinal-ruído (SNR, do inglês *Signal-to-Noise Ratio*). No entanto, como os efeitos da função do FOCM são mais pronunciados nas condições mais desafiadoras,¹⁷ no presente estudo, em vez de usar uma SNR em particular, tentamos calcular as menores SNRs necessárias para a discriminação de um determinado número de palavras e estudar sua associação com a amplitude de supressão das EOAETs.

Material e método

Amostra

Dois grupos de participantes de oito a 12 anos, inclusive crianças com dificuldades de leitura e um grupo controle, foram avaliados. O grupo com DL foi composto por 27 estudantes (18 meninos) com média de $9,8 \pm 1,0$ anos. Eles foram convidados a participar do estudo em escolas de ensino fundamental para dificuldades de aprendizagem. No grupo com LN, examinamos 26 escolares com LN (17 meninos) com média de $10,1 \pm 1,1$ anos, convidados a partir de escolas de ensino fundamental comuns. Os critérios de inclusão para ambos os grupos foram: nível de QI = 90 ou superior no teste *Wechsler Intelligence Scale for Children-Revised* (WISCIII-R) (3ª edição), falantes destros monolíngues nativos persas, sem qualquer sinal de distúrbio de hiperatividade com déficit de atenção ou problemas emocionais, nenhum registro anterior de infecções auditivas repetidas ou de perda auditiva, limiares tonais iguais ou superiores a 20 dBNA nas frequências de oitava de 250–8000 Hz, timpanograma Tipo A, limiar de reflexo acústico igual ou superior a 70 dBNA em resposta ao estímulo do ruído de banda larga (para evitar ativação do reflexo muscular do ouvido médio durante o registro das respostas às EOAETs). Todas as crianças apresentaram respostas normais às EOAETs (reprodutibilidade da resposta igual ou superior a 70% e SNR igual ou superior a 6 dB). De acordo com os registros escolares para as crianças com DL, nenhuma apresentava outros transtornos do desenvolvimento, exceto a dificuldade de leitura. O presente estudo foi registrado sob o número de código 9209052773 e aprovado pelo comitê de ética da Iran University of Medical Sciences.

Testes de avaliação

Avaliação da supressão de EOAETs

A avaliação das EOAETs foi feita com um produto calibrado de sistema Echoport ILO 292 OAE fabricado pela Otodynamics. Apresentamos 280 estímulos de clique linear com intensidade de 65 dB NPS e calculamos a média das respostas. Para o teste, foram usadas duas gravações de EOAes separadas, em condição de escuta passiva: 1) Gravação das EOAETs quando o ruído branco contínuo é apresentado na orelha contralateral a 60 dB NPS; 2) Registro das respostas das EOAETs sem apresentação de ruído branco contralateral. Em cada orelha, a diferença da amplitude da resposta às EOAETs geral entre as duas condições foi considerada como resposta de supressão.

Teste de palavras no ruído

Usamos a versão em persa do teste *auditory recognition of words-in-noise* (ARWIN) originalmente desenvolvido por Wilson.²⁶ O teste tem confiabilidade teste-reteste aceitável para avaliação da capacidade de reconhecimento de palavras no ruído.^{27,28} Esse teste inclui três listas de 35 palavras monossilábicas perceptualmente homogeneizadas que registraram na presença de ruído de balbucio de falantes múltiplos de seis falantes persas. Usamos a Lista 1 para a orelha direita, a Lista 2 para a orelha esquerda e a Lista 3 para a condição binaural. Como definido por Mahdavi et al.,²⁷ o teste foi apresentado em uma cabine audiométrica a 60 dB NA com a conexão de um CD player a um audiômetro. As palavras são apresentadas de modo monoaural em ordem decrescente em diferentes relações sinal/ruído de +24 a 0 dB em intervalos de 4 dB. Cinco palavras monossilábicas foram apresentadas a cada nível de SNR e as crianças foram solicitadas a repetir cada palavra que ouvissem. Uma breve instrução de alerta "Fale" foi colocada antes de cada item, para alertar o sujeito sob teste do item de teste que se aproximava. Um número total de palavras corretamente reconhecidas em diferentes níveis de SNR foi calculado através das folhas de escore do teste ARWIN. O ARWIN determina a relação sinal-ruído em dB, em que 50% das palavras foram reconhecidas corretamente. Antes de fazer os testes, o método e os objetivos do estudo foram explicados às crianças e seus pais e foi pedido aos últimos que assinassem e preenchessem os formulários de consentimento.

Análise estatística

Os resultados dos testes foram analisados com o *software* Statistical Package for Social Sciences (SPSS) 16.0. A estatística descritiva foi apresentada como valores de média e desvio-padrão (DP). Usamos o teste de Kolmogorov-Smirnov para determinar se os dados da amostra tinham uma distribuição normal. As estatísticas analíticas foram feitas com o teste *t* de Student de amostras independentes para comparações entre grupos, teste *t* de amostras pareadas para comparações intragrupo e correlação de Spearman para avaliação da relação entre a amplitude de supressão das EOAETs e a capacidade de reconhecimento de palavras no ruído. Um valor de $p < 0,05$ foi considerado como estatisticamente significativo.

Resultados

Avaliação de EOAETs

Em geral, no grupo com LN, a amplitude de supressão das EOAETs foi maior do que nas crianças com DL nas orelhas direita e esquerda. No grupo LN, a amplitude média de supressão das EOAETs na orelha direita foi maior do que na esquerda, com diferença significativa ($p = 0,024$). Nas crianças com DL, não houve diferença significativa entre as respostas médias das orelhas ($p = 0,36$). A comparação da amplitude média de supressão das EOAETs entre os dois grupos mostrou diferença significativa na orelha direita ($p = 0,004$) e na orelha esquerda ($p = 0,028$). Os resultados da amplitude de supressão das EOAETs e na habilidade de percepção de palavras no ruído são apresentados e comparados nas tabelas 1 e 2.

Teste de palavras no ruído

Como mostrado na tabela 1, os escores do teste ARWIN foram significativamente diferentes entre os dois grupos ($p < 0,001$) em ambas as orelhas. Em geral, as crianças com LN precisaram de menor SNR para entender 50% das palavras em situações ruidosas e na avaliação da associação entre a supressão das EOAETs e os escores do teste ARWIN, relações mais fortes foram observadas em crianças com LN.

No grupo com LN, a avaliação da associação entre a supressão das EOAETs e os escores do ARWIN nas condições do ARWIN monoaural mostrou uma relação negativa moderada e significativa apenas na orelha direita ($p = 0,034$, $r = -0,41$). Na condição binaural de ARWIN, observou-se uma correlação negativa altamente significativa entre os escores do ARWIN e a amplitude de supressão das EOAETs na orelha direita ($p < 0,001$, $r = -0,75$) e também uma correlação negativa moderadamente significativa na orelha esquerda ($p < 0,001$, $r = -0,64$). No grupo DL, nenhuma correlação significativa foi encontrada entre a supressão das EOAETs e os escores monoaurais do ARWIN. Na condição binaural do ARWIN, observou-se uma correlação negativa moderadamente significativa entre os escores do ARWIN e a amplitude de supressão das EOAETs na orelha direita ($p = 0,003$, $r = -0,55$) e na orelha esquerda ($p = 0,012$, $r = -0,47$). Os resultados da correlação para a condição do ARWIN binaural são apresentados na fig. 1.

Discussão

Diferença da amplitude de supressão das EOAETs e assimetria

Devido aos níveis menores de supressão das EOAETs em crianças com problemas auditivos, tem sido sugerido que o sistema auditivo eferente poderia ter um papel na aprendizagem de crianças com problemas auditivos.²⁹ Além disso, a via auditiva eferente anormal e a diminuição da inibição das EOAs têm sido relatadas em crianças com autismo,³⁰ dificuldades no processamento auditivo (DPA)³¹ e mutismo seletivo da infância.³² Ao contrário, tem sido relatado que, em indivíduos com dificuldades de aprendizagem, a apresentação de

Tabela 1 Supressão de EOAET e resultados do teste de palavras no ruído na orelha direita

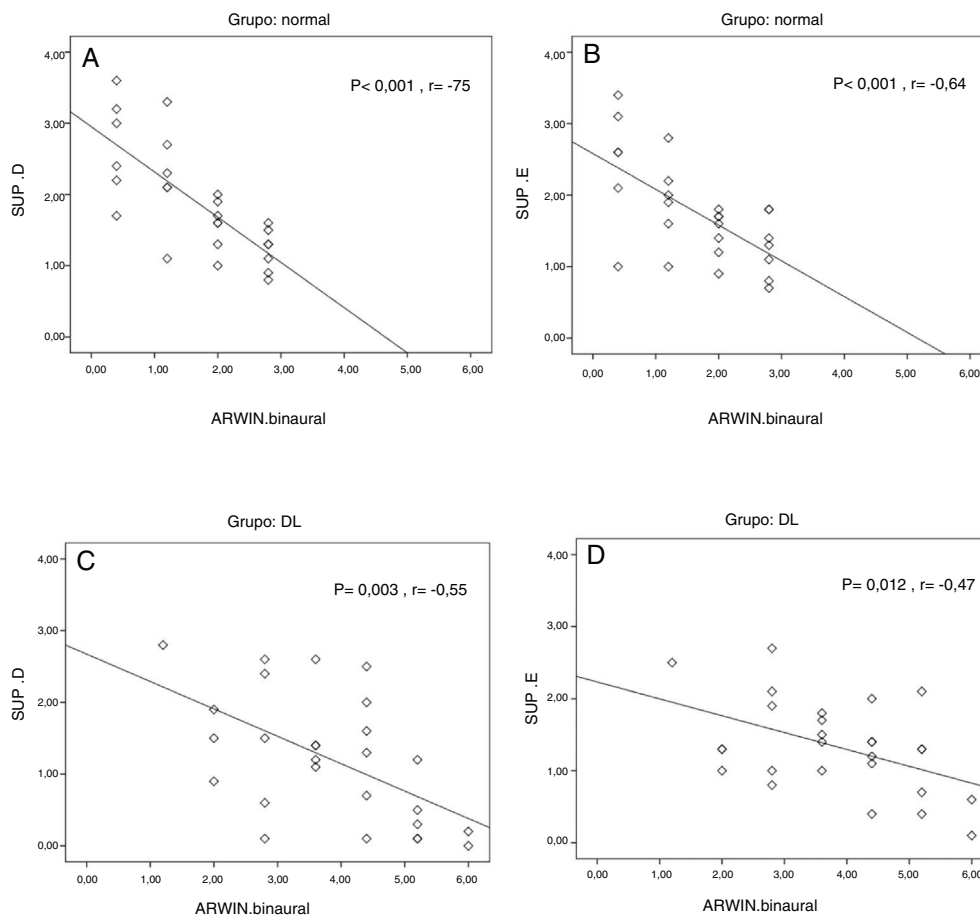
Grupo	Orelha		Direita		p-valor	t
	LN		DL			
	N	Média±DP	N	Média±DP		
OAEsup. (dB)	26	1,8±0,7	27	1,2±0,8	0,004	3,0
M.ARWIN dB (50%)	26	2,0±1,0	27	4,5±1,3	< 0,001	-7,5
B.ARWIN dB (50%)	26	1,6±0,9	27	3,8±1,2	< 0,001	-7,2

B.ARWIN, ARWIN Binaural; M.ARWIN, ARWIN Monaural; OAEsup, supressão de EOAET.

Tabela 2 Supressão de EOAET e resultados do teste de palavras no ruído na orelha esquerda

Grupo	Orelha		Esquerda		p-valor	t
	LN		DL			
	N	Média±DP	N	Média±DP		
OAEsup. (dB)	26	1,7±0,7	27	1,3±0,6	0,028	2,2
M.ARWIN dB (50%)	26	2,1±1,4	27	4,6±1,4	< 0,001	-6,2
B.ARWIN dB (50%)	26	1,6±0,9	27	3,8±1,2	< 0,001	-7,2

B.ARWIN, ARWIN Binaural; M.ARWIN, ARWIN Monaural; OAEsup, supressão de EOAET.

**Figura 1** Relação entre a amplitude de supressão das EOAET e os escores de ARWIN binaural nos dois grupos.

ruído na orelha contralateral pode aumentar a amplitude da resposta às EOAs.²⁰ No caso de transtornos de aprendizagem baseados na leitura, foi relatado que a supressão contralateral das EOAPDs em crianças disléxicas é insignificante em comparação com indivíduos normais.³³ Diferenças significativas na supressão das EOAEs na orelha direita entre dois grupos de crianças normais e crianças com baixo desempenho escolar foram relatadas.²⁵

Já que a formação das habilidades de linguagem e leitura em crianças depende de um sistema auditivo saudável com integridade funcional,³⁴ pode-se esperar que crianças com capacidade de leitura fluente tenham uma melhor função auditiva em comparação com o grupo com DL. No presente estudo, a amplitude de supressão das EOAEs em ambas as orelhas em crianças com LN foi significativamente maior do que em crianças com DL. A diminuição da amplitude de supressão das EOAEs em crianças com DL representa uma anormalidade na função do FOCM. Como mencionado anteriormente, a via auditiva eferente contribui para o processamento, tal como na discriminação de vogais e no processamento de sinais auditivos complexos. Se houver um déficit na capacidade de discriminação auditiva, pode-se não conseguir relacionar o que se ouve (sons da fala) com o que se vê (letras). Isso pode resultar no desenvolvimento de distúrbios de aprendizagem.³⁵

O presente estudo investigou a resposta de supressão assimétrica entre as duas orelhas e revelou que havia uma diferença significativa entre elas no grupo com LN, mas nenhuma assimetria de resposta foi observada no grupo com DL. Pesquisadores mostraram que, em vários tipos de distúrbios de aprendizagem, a assimetria do processamento de informações auditivas nos níveis mais baixos e mais altos pode ser diferente daquela em pessoas normais.^{20,36,37} Em relação à assimetria e a atividade do FOCM entre as duas orelhas, este estudo concorda com a visão anterior dos pesquisadores sobre a lateralização da função do sistema auditivo periférico e a redução da amplitude das EOAEs na orelha direita em resposta ao ruído contralateral.^{38,39} A assimetria das EOAEs em indivíduos normais representa a lateralização na função das células ciliadas externas, indica que essas células podem ser mais eficientes ou reativas na orelha direita. A assimetria de processamento entre as duas orelhas também pode fornecer informações binaurais úteis para auxiliar o processamento da entrada auditiva na orelha, que tem uma maior capacidade de processamento de linguagem.³⁸ No entanto, esse achado não é consistente, conforme indicado por diferentes estudos.^{40,41} Com base nos resultados deste e de outros estudos semelhantes, um dos fatores envolvidos na assimetria do processamento auditivo irregular, como observado nos distúrbios de aprendizagem, pode ser atribuído à disfunção do sistema eferente, incluindo a via eferente auditiva e o FOCM.

Supressão das EOAEs e percepção da fala no ruído

Os neurônios auditivos eferentes desempenham um papel importante na melhoria da detecção de tons na presença de ruído de fundo,⁴² aumentam a capacidade de discriminar a intensidade do estímulo auditivo⁴³ e a percepção da fala no ruído.¹⁷ Entretanto, há alguns estudos que não apresentam

uma relação clara entre o sistema auditivo eferente e a percepção da fala no ruído.^{22,23} O tipo de resposta das EOAs, o método usado para determinar o valor de supressão das EOAs, o material do teste de percepção da fala e a maneira pela qual o teste de percepção da fala é feito e avaliado podem ser as razões para resultados diferentes.

No presente estudo, a relação entre a supressão das EOAs e os escores monoaurais do ARWIN demonstrou uma correlação negativa moderada apenas na orelha direita do grupo com LN. Nenhuma relação considerável foi determinada no grupo com DL. Uma correlação negativa significa que quanto maior a supressão das EOAEs, maior a capacidade de compreender palavras na presença de ruído de fundo. Portanto, as crianças com leitura normal foram capazes de identificar corretamente 50% das palavras em SNR menores. O presente estudo mostrou maior habilidade de percepção da fala no ruído na orelha direita do grupo com LN, o que poderia indicar uma relação mais forte entre a orelha direita e o hemisfério esquerdo e, assim, um papel mais proeminente da orelha direita no processamento e compreensão da fala na presença de ruído de fundo. Foi relatado um achado de que os órgãos sensoriais da orelha direita eram mais sensíveis para detectar sinais na presença de ruído, devido à influência das fibras eferentes do córtex auditivo esquerdo.⁴⁴

Na condição do ARWIN binaural, observou-se maior correlação entre os escores do ARWIN e a amplitude de supressão das EOAEs em ambas as orelhas e nos dois grupos. Mesmo no grupo com DL, uma correlação negativa moderada foi observada. Ao interpretar esses resultados, deve-se considerar que, na condição monoaural do ARWIN, as palavras-alvo e o ruído competidor são apresentados simultaneamente em uma mesma orelha. A apresentação ipsilateral do ruído ativaria o reflexo FOCM ipsilateral, que é mais fraco do que o reflexo contralateral.⁴⁵ Na avaliação da supressão das EOAs, usou-se ruído contralateral que ativaria os reflexos ipsilateral e contralateral do FOCM. A ativação bilateral do reflexo FOCM resultará em atividade supressora mais forte e efeito antimascaramento mais forte do que a ativação ipsilateral isolada.⁴⁵ Um melhor desempenho da fala no ruído através da apresentação do estimulador contralateral foi relatado anteriormente.^{17,19} Como a ativação do FOCM ipsilateral e contralateral é mais provável de acontecer na condição de ARWIN binaural, espera-se que a relação entre a supressão das EOAEs contralaterais e os escores do ARWIN se torne mais evidente na condição de teste de fala no ruído binaural.

No presente estudo, na condição monoaural do ARWIN, observou-se uma relação moderada apenas na orelha direita do grupo com LN, o que poderia estar relacionado às suas principais conexões com o hemisfério esquerdo. No entanto, na condição binaural do ARWIN, observou-se maior correlação entre os escores do ARWIN e a amplitude de supressão das EOAEs em ambas as orelhas. No grupo com DL, a relação foi mais fraca do que nas crianças com LN. Uma disfunção das vias FOCM e uma amplitude geralmente menor de supressão das EOAEs no grupo com DL provavelmente evitaram que uma relação mais forte fosse observada entre o reconhecimento de palavras no ruído e a amplitude de supressão das EOAEs.

É imperativo notar que vários mecanismos neurobiológicos nas vias ascendentes e descendentes estão envolvidos na capacidade de percepção da fala no ruído e, portanto, não podem se limitar à função do FOCM e da cóclea. No entanto, parece que a capacidade geral de compreender a fala no ruído pode ser afetada pela função do sistema auditivo eferente. Portanto, pode-se concluir que os efeitos do sistema FOCM tendem a auxiliar na melhoria da relação sinal-ruído em indivíduos com LN. A observação atual é consistente com a hipótese do papel do sistema eferente FOC na melhoria da percepção da fala no ruído. Da mesma forma, até certo ponto, o desempenho mais fraco da percepção de fala no ruído no grupo com DL pode ser atribuído a um mau funcionamento do sistema auditivo eferente. Tais resultados também podem fornecer mais informações sobre um histórico fisiopatológico da dificuldade de leitura e dar suporte para a teoria da dislexia no déficit de processamento auditivo.

Conclusão

O presente estudo mostrou que o padrão de supressão das emissões otoacústicas evocadas transientes no grupo com dificuldade de leitura foi diferente daquele do grupo com leitura normal e, portanto, essa diferença pode estar relacionada à função do sistema eferente. Além disso, este estudo mostrou que o reconhecimento auditivo de palavras no ruído em crianças com dificuldade de leitura foi mais fraco em comparação com crianças com leitura normal e que havia uma correlação razoável entre a supressão das emissões otoacústicas evocadas transientes e a percepção de palavras no ruído em crianças com leitura normal. No entanto, em crianças com dificuldade de leitura, é provável que a disfunção das vias do feixe olivococlear medial impeça a observação de uma relação mais forte entre o reconhecimento de palavras no ruído e a amplitude de supressão das emissões otoacústicas evocadas transientes.

Financiamento

Este estudo recebeu apoio do Hamedan University of Medical Sciences Research Grant Agreement, n° 9209052773.

Conflitos de interesse

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

Agradecimentos

A todas as crianças que participaram deste estudo e seus pais.

Referências

- Krafnick AJ, Flowers DL, Luetje MM, Napoliello EM, Eden GF. An investigation into the origin of anatomical differences in dyslexia. *J Neurosci*. 2014;34:901–8.
- Vellutino FR, Fletcher JM, Snowling MJ, Scanlon DM. Specific reading disability (dyslexia): what have we learned in the past four decades. *J Child Psychol Psychiatry*. 2004;45:2–40.
- Reed MA. Speech perception and the discrimination of brief auditory cues in reading disabled children. *J Exp Child Psychol*. 1989;48:270–92.
- Kraus N, McGee TJ, Carrell TD, Zecker SG, Nicol TG, Koch DB. Auditory neurophysiologic responses and discrimination deficits in children with learning problems. *Science*. 1996;971–3.
- Breier JI, Gray LC, Fletcher JM, Foorman B, Klaas P. Perception of speech and nonspeech stimuli by children with and without reading disability and attention deficit hyperactivity disorder. *J Exp Child Psychol*. 2002;82:226–50.
- Boets B, Vandermosten M, Poelmans H, Luts H, Wouters J, Ghesquière P. Preschool impairments in auditory processing and speech perception uniquely predict future reading problems. *Res Dev Disabil*. 2011;32:560–70.
- Banai K, Hornickel J, Skoe E, Nicol T, Zecker S, Kraus N. Reading and subcortical auditory function. *Cereb Cortex*. 2009;19:2699–707.
- Wagner RK, Torgesen JK. The nature of phonological processing and its causal role in the acquisition of reading skills. *Psychol Bull*. 1987;101:192.
- Song JH, Banai K, Kraus N. Brainstem timing deficits in children with learning impairment may result from corticofugal origins. *Audiol Neurootol*. 2008;13:335–44.
- Putter-Katz H, Banai K, Ahissar M. Speech perception in noise among learning disabled teenagers. In: Syka J, Merzenich MM, editors. *Plasticity and signal representation in the auditory system*. Boston, MA: Springer; 2005. p. 251–7.
- Hill JC, Prasher D, Luxon L. Evidence for efferent effects on auditory afferent activity, and their functional relevance. *Clin Otolaryngol*. 1997;22:394–402.
- Di Girolamo S, Napolitano B, Alessandrini M, Bruno E. Experimental and clinical aspects of the efferent auditory system. *Acta Neurochir Suppl*. 2007;97:419.
- Sanchez S, Carvallo R. Contralateral suppression of transient evoked otoacoustic emissions in children with auditory processing disorder. *Audiol Neurootol*. 2006;11:366–72.
- Guinan JJ Jr. Cochlear efferent innervation and function. *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg*. 2010;18:447.
- Velenovsky D, Glatcke T. The effect of noise bandwidth on the contralateral suppression of transient evoked otoacoustic emissions. *Hear Res*. 2002;164:39–48.
- Grataloup C, Hoen M, Veuillet E, Collet L, Pellegrino F, Meunier F. Speech restoration: an interactive process. *J Speech Lang Hear Res*. 2009;52:827–38.
- Kumar UA, Vanaja C. Functioning of olivocochlear bundle and speech perception in noise. *Ear Hear*. 2004;25:142–6.
- Mertes IB, Wilbanks EC, Leek MR. Olivocochlear efferent activity is associated with the slope of the psychometric function of speech recognition in noise. *Ear Hear*. 2018;39:583–93.
- Mishra SK, Lutman ME. Top-down influences of the medial olivocochlear efferent system in speech perception in noise. *PLoS One*. 2014;9:e85756.
- Garinis AC, Glatcke T, Cone-Wesson BK. TEOAE suppression in adults with learning disabilities. *Int J Audiol*. 2008;47:607–14.
- Lieberman MC, Guinan JJ. Feedback control of the auditory periphery: anti-masking effects of middle ear muscles vs. olivocochlear efferents. *J Commun Disord*. 1998;31:471–83.
- Wagner W, Frey K, Heppelmann G, Plontke SK, Zenner H-P. Speech-in-noise intelligibility does not correlate with efferent olivocochlear reflex in humans with normal hearing. *Acta Otolaryngol*. 2008;128:53–60.
- Harkrider AW, Smith SB. Acceptable noise level, phoneme recognition in noise, and measures of auditory efferent activity. *J Am Acad Audiol*. 2005;16:530–45.
- Nemati S, Habibi AF, Panahi R, Pastadast M. Cochlear and brainstem audiologic findings in normal hearing tinnitus subjects in

- comparison with non-tinnitus control group. *Acta Med Iran.* 2014;52:822.
25. Angeli MLdSA, de Almeida CIR, Sens PM. Comparative study between school performance on first grade children and suppression of otoacoustic transient emission. *Braz J Otorhinolaryngol.* 2008;74:112–7.
 26. Wilson RH. Development of a speech-in-multitalker-babble paradigm to assess word-recognition performance. *J Am Acad Audiol.* 2003;14:453–70.
 27. Mahdavi ME, Pourbakht A, Parand A, Jalaie S, Rezaeian M, Moradiju E. Auditory recognition of words and digits in multitalker babble in learning-disabled children with dichotic listening deficit. *Iran Red Crescent Med J.* 2016;19, e42817.
 28. Moradiju E, Mahdavi ME, Zarrinkoob H, Tabatabaee SM. Relative and absolute test–retest reliability of several Persian auditory processing tests for dichotic listening and recognition of speech-in-noise in normal children aged 6–12 years. *J Rehab Med.* 2018;6:160–7.
 29. Yalçinkaya F, Yılmaz ST, Muluk NB. Transient evoked otoacoustic emissions and contralateral suppressions in children with auditory listening problems. *Auris Nasus Larynx.* 2010;37:47–54.
 30. Danesh AA, Kaf WA. DPOAEs and contralateral acoustic stimulation and their link to sound hypersensitivity in children with autism. *Int J Audiol.* 2012;51:345–52.
 31. Oppee J, Wei S, Stecker N. Contralateral suppression of distortion product otoacoustic emission in children with auditory processing disorders. *J Otol.* 2014;9:21–6.
 32. Bar-Haim Y, Henkin Y, Ari-Even-Roth D, Tetin-Schneider S, Hildesheimer M, Muchnik C. Reduced auditory efferent activity in childhood selective mutism. *Biol Psychiatry.* 2004;55:1061–8.
 33. Canale A, Dagna F, Favero E, Lacilla M, Montuschi C, Albera R. The role of the efferent auditory system in developmental dyslexia. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol.* 2014;78:455–8.
 34. Guttorm TK, Leppänen PH, Poikkeus A-M, Eklund KM, Lyytinen P, Lyytinen H. Brain event-related potentials (ERPs) measured at birth predict later language development in children with and without familial risk for dyslexia. *Cortex.* 2005;41:291–303.
 35. McAnally KI, Stein JF. Auditory temporal coding in dyslexia. *Proc Biol Sci.* 1996;263:961–5.
 36. Hynd GW, Obrzut JE. Development of reciprocal hemispheric inhibition in normal and learning-disabled children. *J Gen Psychol.* 1981;104:203–12.
 37. Mattson AJ, Sheer DE, Fletcher JM. Electrophysiological evidence of lateralized disturbances in children with learning disabilities. *J Clin Exp Neuropsychol.* 1992;14:707–16.
 38. Khalfa S, Micheyl C, Veuillet E, Collet L. Peripheral auditory lateralization assessment using TEOAEs. *Hear Res.* 1998;121:29–34.
 39. Philibert B, Veuillet E, Collet L. Functional asymmetries of crossed and uncrossed medial olivocochlear efferent pathways in humans. *Neurosci Lett.* 1998;253:99–102.
 40. Rocha-Muniz CN, Carvalho RMM, Schochat E. Medial olivocochlear function in children with poor speech-in-noise performance and language disorder. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol.* 2017;96:116–21.
 41. Muchnik C, Roth DA-E, Othman-Jebara R, Putter-Katz H, Shabtai EL, Hildesheimer M. Reduced medial olivocochlear bundle system function in children with auditory processing disorders. *Audiol Neurootol.* 2004;9:107–14.
 42. Micheyl C, Collet L. Involvement of the olivocochlear bundle in the detection of tones in noise. *J Acoust Soc Am.* 1996;99:1604–10.
 43. Micheyl C, Perrot X, Collet L. Relationship between auditory intensity discrimination in noise and olivocochlear efferent system activity in humans. *Behav Neurosci.* 1997;111:801–7.
 44. Bidelman GM, Bhagat SP. Right-ear advantage drives the link between olivocochlear efferent 'antimasking' and speech-in-noise listening benefits. *NeuroReport.* 2015;26:483–7.
 45. Lilaonitkul W, Guinan JJ. Human medial olivocochlear reflex: effects as functions of contralateral, ipsilateral, and bilateral elicitor bandwidths. *J Assoc Res Otolaryngol.* 2009;10:459–70.