https://doi.org/10.23925/2176-2724.2026v38i4e76642

Efeitos do Sistema de Roteamento Contralateral de Sinal (CROS) no esforço de escuta, restrição de participação e qualidade de vida na perda auditiva unilateral

Effects of the Contralateral Routing of Signal (CROS) system on listening effort, participation restriction, and quality of life in unilateral hearing loss

Efectos del Sistema de Enrutamiento Contralateral de la Señal (CROS) sobre el esfuerzo de escucha, la restricción de participación y la calidad de vida en la pérdida auditiva unilateral

Ana Cláudia Bianco Gução[1]
Rubens Jonatha dos Santos Ferreira[1]
Maria Fernanda Capoani Garcia Mondelli[1]

Resumo

Objetivo: Analisar o esforço de escuta, a restrição de participação e a qualidade de vida de adultos com perda auditiva sensorioneural unilateral de grau severo a profundo antes e após a adaptação ao sistema de Roteamento Contralateral de Sinal (CROS), além de investigar a influência da idade no desempenho em dupla tarefa. **Métodos:** Estudo longitudinal de intervenção pré–pós que identificou

1 Universidade de São Paulo, Faculdade de Odontologia de Bauru, Bauru, SP, Brasil.

Contribuição dos autores:
ACBG, RJSF, MFCGM: revisão dos dados de todos os locais, análises interpretativas, redação e revisão do artigo principal. Todos os autores discutiram os resultados e as implicações, comentaram o manuscrito em todas as etapas e aprovaram a versão final para publicação.

Email para correspondência: rubensjonatha@gmail.com
Recebido: 05/06/2026
Aprovado: 07/10/2026

inicialmente 49 prontuários elegíveis. Vinte e cinco pacientes foram agendados e, após perdas e exclusões durante o seguimento, 19 completaram as duas etapas de avaliação e constituíram a amostra analítica. Os participantes foram avaliados antes da adaptação ao CROS e oito meses depois. A restrição de participação foi avaliada pelo Hearing Handicap Inventory for Adults (HHIA), a qualidade de vida pelo WHOQOL-BREF e o esforço de escuta por paradigma de dupla tarefa, combinando percepção de fala no ruído e tarefa visual de memória de cores (PALETA). **Resultados:** O uso do CROS reduziu significativamente os escores do HHIA e o esforço de escuta mensurado pelo número de respostas corretas na tarefa secundária. Não houve mudança significativa na qualidade de vida geral nem na satisfação geral com a saúde, enquanto os domínios físico, psicológico, relações sociais e meio ambiente melhoraram. A percepção de fala no ruído não diferiu significativamente entre as condições de tarefa única e dupla. A idade influenciou o número de respostas corretas na tarefa secundária, mas não o tempo de resposta. **Conclusão:** A adaptação ao CROS esteve associada à redução da restrição de participação e do esforço de escuta e à melhora de domínios específicos do WHOQOL-BREF; entretanto, não houve mudança significativa na qualidade de vida geral ou na satisfação geral com a saúde.

Palavras-chave: Perda Auditiva Unilateral; Esforço de Escuta; Comportamento Multitarefa; Qualidade de Vida.

Abstract

Objective: To analyze listening effort, participation restriction, and quality of life in adults with severe-to-profound unilateral sensorineural hearing loss before and after adaptation to the Contralateral Routing of Signal (CROS) system, and to investigate the influence of age on dual-task performance. **Methods:** This longitudinal pre–post intervention study initially identified 49 eligible clinical records. Twenty-five patients were scheduled for participation and, after losses and exclusions during follow-up, 19 completed both assessment stages and comprised the analytical sample. Participants were assessed before CROS adaptation and eight months later. Participation restriction was evaluated using the Hearing Handicap Inventory for Adults (HHIA), quality of life using the WHOQOL-BREF, and listening effort using a dual-task paradigm combining speech perception in noise with a visual color-memory task (PALETA). **Results:** CROS use significantly reduced HHIA scores and listening effort measured by the number of correct responses in the secondary task. Overall quality of life and general health satisfaction did not change significantly, whereas the physical, psychological, social relationships, and environment domains improved. Speech perception in noise did not differ significantly between single- and dual-task conditions. Age influenced the number of correct responses in the secondary task but not response time. **Conclusion:** CROS adaptation was associated with reduced participation restriction and listening effort and with improvement in specific WHOQOL-BREF domains; however, no significant change was observed in overall quality of life or general health satisfaction.

Keywords: Unilateral Hearing Loss; Listening Effort; Multitasking Behavior; Quality of Life.

Resumen

Objetivo: Analizar el esfuerzo de escucha, la restricción de participación y la calidad de vida de adultos con pérdida auditiva sensorioneural unilateral de grado severo a profundo antes y después de la adaptación al sistema de Enrutamiento Contralateral de la Señal (CROS), además de investigar la influencia de la edad en el desempeño en doble tarea. **Métodos:** Estudio longitudinal de intervención pre–post que identificó inicialmente 49 historias clínicas elegibles. Veinticinco pacientes fueron programados para participar y, tras pérdidas y exclusiones durante el seguimiento, 19 completaron ambas etapas de evaluación y constituyeron la muestra analítica. Los participantes fueron evaluados antes de la adaptación al CROS y ocho meses después. La restricción de participación se evaluó mediante el Hearing Handicap Inventory for Adults (HHIA), la calidad de vida mediante WHOQOL-BREF y el esfuerzo de escucha mediante un paradigma de doble tarea que combinó percepción del habla en ruido y una tarea visual de memoria de colores (PALETA). **Resultados:** El uso de CROS redujo significativamente las puntuaciones del HHIA y el esfuerzo de escucha medido por el número de respuestas correctas en la tarea secundaria. No hubo

cambios significativos en la calidad de vida general ni en la satisfacción general con la salud, mientras que mejoraron los dominios físico, psicológico, relaciones sociales y medio ambiente. La percepción del habla en ruido no difirió significativamente entre las condiciones de tarea única y doble. La edad influyó en el número de respuestas correctas en la tarea secundaria, pero no en el tiempo de respuesta. **Conclusión:** La adaptación al CROS se asoció con una reducción de la restricción de participación y del esfuerzo de escucha y con una mejoría en dominios específicos del WHOQOL-BREF; sin embargo, no se observaron cambios significativos en la calidad de vida general ni en la satisfacción general con la salud.

Palabras clave: Pérdida Auditiva Unilateral; Esfuerzo de Escucha; Conducta Multitarea; Calidad de Vida.

Introdução

A perda auditiva unilateral (PAUN) caracteriza-se pela perda auditiva em uma orelha, enquanto a audição na outra permanece dentro dos limites da normalidade. No Brasil[1], mais de 2,3 milhões de pessoas apresentam algum tipo de deficiência auditiva, representando 1,1% da população. Nos Estados Unidos[2], a prevalência geral de PAUN em adultos é de 7,2%, sendo que apenas 2,0% desses indivíduos utilizam aparelhos auditivos. A PAUN pode resultar de diversas etiologias, incluindo causas congênitas, infecciosas, traumáticas e ototóxicas[3].

Os impactos da PAUN são amplos, afetando não apenas a percepção auditiva, mas também o bem-estar social, emocional e funcional dos indivíduos. Pessoas com PAUN frequentemente apresentam dificuldades em ambientes com ruído de fundo, comprometendo sua capacidade de compreender a fala e localizar sons[4]. Esse déficit é particularmente acentuado em ambientes complexos, nos quais a ausência de pistas auditivas binaurais dificulta a distinção das fontes sonoras[4,5]. Além disso, indivíduos com PAUN podem enfrentar desafios significativos na socialização, no desempenho acadêmico e profissional e na qualidade de vida geral. O esforço adicional necessário para ouvir em ambientes ruidosos pode levar à fadiga auditiva e ao aumento do estresse, afetando negativamente o bem-estar geral[6].

As dificuldades decorrentes da PAUN também se manifestam em diferenças interaurais que afetam a percepção espacial e a compreensão auditiva[6]. Indivíduos com essa condição frequentemente relatam zumbido e redução da sensação de intensidade sonora na orelha afetada. Alterações nas habilidades auditivas e nas experiências sensoriais podem resultar em impactos emocionais e sociais significativos, como isolamento, frustração e ansiedade[4,6,7]. Diante do desafio de compreender a fala em ambientes difíceis, esses indivíduos podem apresentar aumento do esforço de escuta, isto é, da quantidade de recursos cognitivos e atencionais necessários para processar informações auditivas[7].

Para mitigar os efeitos adversos da PAUN, foram desenvolvidas diversas soluções de reabilitação, incluindo o uso do Roteamento Contralateral de Sinal (CROS). O sistema CROS é uma tecnologia presente em aparelhos de amplificação sonora individual (AASI) que transfere o som captado pela orelha com pior audição para a orelha com melhor audição por meio de um microfone e transmissor. Isso permite que os usuários recebam informações auditivas provenientes do lado afetado, melhorando a percepção espacial do som e a compreensão da fala[3]. Além disso, o sistema CROS pode ser indicado para indivíduos com perda auditiva unilateral, com o objetivo de melhorar a comunicação e reduzir o esforço de escuta[5].

Aspectos não auditivos, como a restrição de participação e a qualidade de vida de indivíduos que utilizam o sistema CROS, permanecem pouco explorados, particularmente em relação ao esforço de escuta. Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo analisar o esforço de escuta, a restrição de participação e a qualidade de vida de adultos com perda auditiva sensorioneural unilateral de grau severo a profundo antes e após a adaptação ao CROS, além de investigar a influência da idade no desempenho em dupla tarefa.

Métodos

Trata-se de um estudo longitudinal de intervenção pré–pós, aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Odontologia de Bauru da Universidade de São Paulo (FOB/USP),

sob CAAE nº 86783318.9.0000.5417. A coleta de dados foi realizada em duas etapas na Clínica de Audiologia da FOB/USP: a primeira entre julho e agosto de 2018 e a segunda entre fevereiro e abril de 2019, aproximadamente oito meses após a adaptação ao CROS. Os critérios de inclusão foram estar matriculado na clínica, apresentar perda auditiva sensorioneural unilateral de grau severo a profundo e ter idade entre 18 e 64 anos.

Inicialmente, 49 prontuários atenderam aos critérios de elegibilidade. Quatro pacientes foram excluídos por faltas repetidas sem justificativa, cinco não puderam ser contatados por telefone, um havia falecido, um havia interrompido o acompanhamento clínico e 13 não estavam disponíveis nas datas propostas para avaliação. Assim, 25 pacientes foram agendados. Destes, dois foram excluídos após faltarem a duas consultas, um recusou o CROS devido à necessidade de utilizar dois dispositivos, um possuía aparelho auditivo em funcionamento adequado e, portanto, não necessitava de substituição, e dois não retornaram para a segunda avaliação. A amostra analítica final foi composta por 19 participantes que concluíram ambas as etapas.

O sistema CROS sem fio consistia em um transmissor adaptado à orelha com perda auditiva e um receptor adaptado à orelha com audição normal. Foram utilizados dispositivos mini retroauriculares com receptor no canal. Uma oliva aberta foi utilizada no lado com audição normal. Os participantes foram orientados a utilizar os dispositivos por pelo menos oito horas diárias e receberam instruções sobre manuseio e limpeza. Na segunda avaliação, o funcionamento dos dispositivos e o uso diário foram verificados por meio do *software* do dispositivo; o uso inferior ao mínimo recomendado constituiu critério de exclusão.

A adaptação do CROS foi verificada por meio de medidas de resposta de orelha real sem amplificação (REUR) e resposta de orelha real com amplificação (REAR), utilizando o sistema *Aurical FreeFit* (GN Otometrics), em sala acusticamente tratada. O tubo-sonda permaneceu na orelha com audição normal, e as medidas foram obtidas com o alto-falante posicionado de acordo com o procedimento de verificação do CROS. A cadeira foi posicionada a 50 cm do alto-falante, e o método geométrico foi utilizado para posicionar o tubo-sonda aproximadamente 4 mm da extremidade da oliva. O ruído de fala foi apresentado em nível constante de 65 dB NPS.

A restrição de participação foi avaliada por meio do *Hearing Handicap Inventory for Adults* (HHIA), aplicado em formato de entrevista. O examinador leu as 25 questões com o participante, que selecionou "sim" (4 pontos), "às vezes" (2 pontos) ou "não" (0 pontos). Os escores totais variam de 0 a 100, sendo que escores mais elevados indicam maior restrição de participação percebida; escores de 0–16 indicam ausência de restrição percebida, 18–30 restrição leve, 32–42 moderada e >42 grave. A qualidade de vida foi avaliada pelo *World Health Organization Quality of Life-BREF* (WHOQOL-BREF), composto por 26 itens: dois itens gerais sobre qualidade de vida geral e percepção geral da saúde e 24 itens distribuídos nos domínios físico, psicológico, relações sociais e meio ambiente. As respostas utilizam uma escala *Likert* de cinco pontos, com escores mais elevados indicando melhor qualidade de vida.

O esforço de escuta foi avaliado por meio de um paradigma de dupla tarefa. A tarefa primária consistiu na percepção de fala no ruído utilizando as Listas de Sentenças em Português (LSP). Duas listas de 1B a 6B foram selecionadas aleatoriamente na primeira avaliação, totalizando 20 sentenças; listas diferentes foram utilizadas no seguimento para reduzir efeitos de memorização. O teste foi realizado em cabine acusticamente tratada, em campo livre, com o alto-falante a 0° de azimute. As sentenças foram apresentadas a 65 dB e o ruído a 60 dB, correspondendo a uma relação sinal-ruído de +5 dB. A orelha com melhor audição não foi ocluída porque o teste foi realizado em campo livre e o sistema CROS direciona o sinal para essa orelha.

A tarefa secundária consistiu na tarefa de memória visual PALETA. Os participantes memorizaram e reproduziram 20 sequências de quatro cores geradas aleatoriamente em um tablet. Uma resposta foi considerada correta apenas quando as quatro cores foram reproduzidas na mesma ordem apresentada pelo *software*. Cada estímulo e intervalo interestímulos teve duração de 0,4 segundo. A plataforma registrou o tempo total de resposta e o número total de respostas corretas. Antes da coleta de dados, os participantes foram treinados na tarefa primária, na tarefa secundária e na dupla tarefa. Durante a dupla tarefa, ambas foram realizadas simultaneamente, e os participantes foram orientados a priorizar a tarefa de percepção de fala.

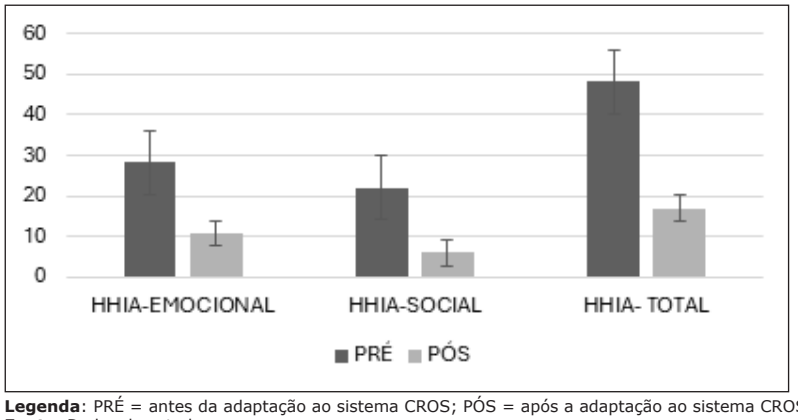
Todas as análises inferenciais pré–pós foram baseadas nos 19 participantes que concluíram ambas as etapas de avaliação. Os dados foram analisados utilizando o IBM SPSS *Statistics*, versão 24. Foi adotado nível de significância de 5% ($\alpha = 0,05$) para todas as análises. As comparações entre as condições pré e pós-CROS foram realizadas por meio de testes estatísticos pareados, de acordo com a distribuição e as características de cada variável. O teste t pareado foi utilizado para variáveis analisadas parametricamente, enquanto o teste de postos sinalizados de Wilcoxon foi aplicado aos dados pareados não paramétricos. Para as comparações do número de respostas corretas entre as condições de tarefa única, dupla tarefa e dupla tarefa com CROS, foi realizada análise de variância (ANOVA) de medidas repetidas de um fator, seguida do teste *post hoc* de Tukey para comparações múltiplas. Os tempos de resposta nas três condições de tarefa foram comparados pelo teste de Friedman, seguido de comparações múltiplas. A influência da idade no desempenho na tarefa secundária, considerando tanto o número de respostas corretas quanto o tempo de resposta, foi examinada por análise de covariância. Quando aplicável, os resultados foram expressos como médias e intervalos de confiança de 95% para variáveis paramétricas e medianas para variáveis não paramétricas.

Resultados

Foram incluídos nas análises 19 participantes com perda auditiva sensorioneural unilateral de grau severo a profundo e dados completos antes e após a adaptação. A idade dos participantes variou de 33 a 64 anos (média = 48,84 anos; DP = 7,92). Doze participantes (63,2%) eram do sexo masculino e sete (36,8%) do sexo feminino. Quanto ao grau da perda auditiva, 16 participantes (84,2%) apresentavam perda auditiva profunda e três (15,8%) perda auditiva severa. A orelha afetada foi a esquerda em 11 participantes (57,9%) e a direita em oito (42,1%).

Quanto à restrição de participação, a subescala emocional do HHIA (HHIA-EMOCIONAL apresentou redução significativa após a adaptação ao CROS. O escore médio diminuiu de 28,211 antes da adaptação para 10,842 após a adaptação (teste t pareado: $t(18) = 8,326$, $p < 0,001$), correspondendo a uma redução média de 17,369 pontos. O intervalo de confiança (IC) de 95% para a diferença média pré–pós variou de 12,986 a 21,751 (Figura 1).

Também foi observada redução significativa na subescala social do HHIA (HHIA-SOCIAL). O escore mediano diminuiu de 22 antes da adaptação para 6 após a adaptação, correspondendo a uma redução de 16 pontos (teste de postos sinalizados de Wilcoxon: $W = -190,000$, $p < 0,001$) (Figura 1).



Legenda: PRÉ = antes da adaptação ao sistema CROS; PÓS = após a adaptação ao sistema CROS.
Fonte: Dados do estudo.

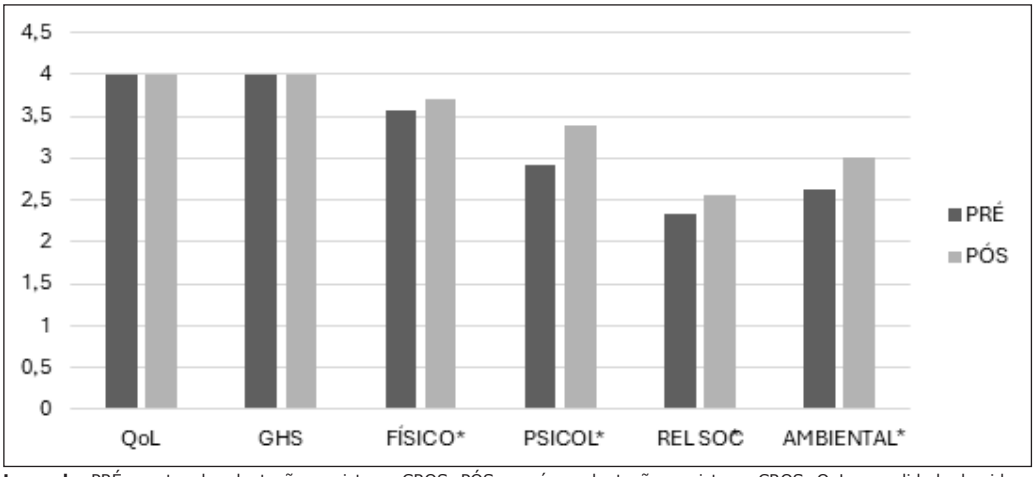
Figura 1. Médias e valores mínimos e máximos dos aspectos do HHIA, antes e após a adaptação ao sistema CROS

O escore total do HHIA também diminuiu significativamente após a adaptação ao CROS (teste t pareado: t(18) = 9,338, p < 0,001). O escore total médio diminuiu de 48,211 antes da adaptação para 16,947 após a adaptação, correspondendo a uma redução média de 31,264 pontos. O IC de 95% para a diferença média pré–pós variou de 24,229 a 38,297. De acordo com os critérios de classificação do HHIA, o escore médio antes da adaptação estava na faixa de restrição de participação grave (>42), enquanto o escore médio após a adaptação estava na faixa indicativa de ausência de restrição de participação percebida (0–16).

O desempenho dos participantes nos domínios do WHOQOL-BREF, antes e após a adaptação ao CROS, é apresentado na Figura 2. Não foram observadas diferenças estatisticamente significativas nos dois itens gerais do WHOQOL-BREF. A mediana do escore de qualidade de vida geral permaneceu em 4 antes e após a adaptação ao CROS (teste de postos sinalizados de Wilcoxon: W = 15,000, p = 0,063), e a mediana do escore de satisfação geral com a saúde (GHS) também permaneceu em 4 nas duas avaliações (W = 10,000, p = 0,125). Assim, não foram observadas alterações estatisticamente significativas na qualidade de vida geral ou na satisfação geral com a saúde após a adaptação ao CROS.

Em contrapartida, foram observadas diferenças estatisticamente significativas nos domínios Físico, Psicológico, Relações Sociais e Meio Ambiente. No domínio Físico, a mediana do escore aumentou de 3,57 antes da adaptação para 3,71 após a adaptação (teste de postos sinalizados de Wilcoxon: W = 28,000, p = 0,016). No domínio Psicológico, o escore médio aumentou de 2,936 antes da adaptação para 3,401 após a adaptação (teste t pareado: t(18) = 9,338, p < 0,001), correspondendo a um aumento médio de 0,465 ponto. O IC de 95% para a diferença pré–pós variou de 0,305 a 0,625.

No domínio Relações Sociais, a mediana do escore aumentou de 2,33 antes da adaptação para 2,66 após a adaptação (teste de postos sinalizados de Wilcoxon: W = 78,000, p = 0,001). De modo semelhante, no domínio Meio Ambiente, a mediana do escore aumentou de 2,62 para 3,00 (W = 28,000, p = 0,016). Portanto, embora não tenham sido observadas alterações significativas na qualidade de vida geral ou na satisfação geral com a saúde, foram observados aumentos significativos nos escores dos quatro domínios específicos avaliados pelo WHOQOL-BREF (Figura 2).



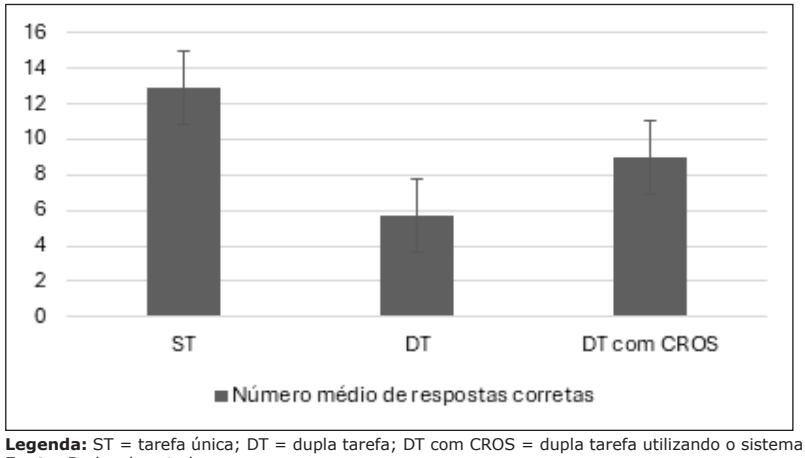
Legenda: PRÉ = antes da adaptação ao sistema CROS; PÓS = após a adaptação ao sistema CROS; QoL = qualidade de vida; GHS = satisfação geral com a saúde; FÍSICO = domínio físico; PSICOL = domínio psicológico; REL SOC = domínio relações sociais; AMBIENTAL = domínio meio ambiente; *Diferença pré–pós estatisticamente significativa (p < 0,05).
Fonte: Dados do estudo.

Figura 2. Comparação das respostas em todos os domínios do questionário WHOQOL, antes e após a adaptação ao sistema CROS

A percepção de fala no ruído, avaliada como tarefa primária utilizando a LSP, foi comparada entre as condições de tarefa única e dupla tarefa. Antes da adaptação ao CROS, não foi observada diferença estatisticamente significativa entre as condições de tarefa única e dupla tarefa (teste de postos sinalizados de Wilcoxon: W = −6,000, p = 0,250), com mediana de 20 respostas corretas em ambas as condições. De modo semelhante, após a adaptação ao CROS, a percepção de fala no ruído não diferiu significativamente entre as condições de tarefa única e dupla tarefa, com mediana de 20 respostas corretas em ambas as condições (W = 0,000, p = 1,000). Assim, o desempenho na tarefa primária de percepção de fala foi mantido quando a tarefa secundária foi realizada simultaneamente, tanto antes quanto após a adaptação ao CROS.

O esforço de escuta foi avaliado pelo desempenho na tarefa secundária PALETA, considerando tanto o número de respostas corretas (NCR) quanto o tempo de resposta (RT). Foram analisadas três condições: tarefa única (ST), dupla tarefa sem CROS (DT) e dupla tarefa com CROS (DT_CROS). A condição de tarefa única foi avaliada apenas antes da adaptação ao CROS porque representava o desempenho basal na tarefa secundária de memória visual na ausência da tarefa concomitante de percepção de fala.

Quanto ao número de respostas corretas, os participantes alcançaram média de 12,895 respostas corretas na condição de tarefa única, 5,737 na condição de dupla tarefa sem CROS e aproximadamente 9 respostas corretas na condição de dupla tarefa com CROS. Uma análise de variância de medidas repetidas de um fator mostrou efeito significativo da condição de tarefa sobre o número de respostas corretas (F = 79,855, p < 0,001) (Figura 3). As comparações *post hoc* mostraram diferenças significativas entre todas as três condições (p < 0,001), com o maior número de respostas corretas observado na condição de tarefa única, seguido pela condição de dupla tarefa com CROS e pela condição de dupla tarefa sem CROS (Tabela 1).



Legenda: ST = tarefa única; DT = dupla tarefa; DT com CROS = dupla tarefa utilizando o sistema CROS; * Diferença significativa.
Fonte: Dados do estudo.

Figura 3. Número médio de respostas corretas na tarefa secundária PALETA nas condições de tarefa única, dupla tarefa e dupla tarefa com CROS

Para o número de respostas corretas, o esforço de escuta foi calculado a partir da alteração no desempenho na tarefa secundária entre as condições de tarefa única e dupla tarefa, da seguinte forma:

- Pré-CROS: NCR_DT − NCR_ST
- Pós-CROS: NCR_DT_CROS − NCR_ST

A comparação das medidas de esforço de escuta derivadas das condições pré e pós-CROS mostrou diferença significativa (teste t pareado: $t(18) = -6{,}044$, $p < 0{,}001$), indicando melhor desempenho na tarefa secundária durante a execução da dupla tarefa quando os participantes utilizaram o sistema CROS.

As comparações pareadas do número de respostas corretas entre as condições de tarefa são apresentadas na Tabela 1. As diferenças médias foram de 7,1 entre ST e DT, 3,9 entre ST e DT_CROS e 3,3 entre DT_CROS e DT, com todas as comparações atingindo significância estatística ($p < 0{,}001$).

Tabela 1. Comparações pareadas do número de respostas corretas na tarefa PALETA

Tarefas	Diferença entre médias	p
NCR- ST versus NCR- DT	7,1	<0,001*
NCR-ST versus NCR-DT(CROS)	3,9	<0,001*
NCR-DT(CROS) versus NCR-DT	3,3	<0,001*

Legenda: NCR = número de respostas corretas; ST = tarefa única; DT = dupla tarefa; DT (CROS) = dupla tarefa utilizando o sistema CROS; * Diferença significativa.
Fonte: Dados do estudo.

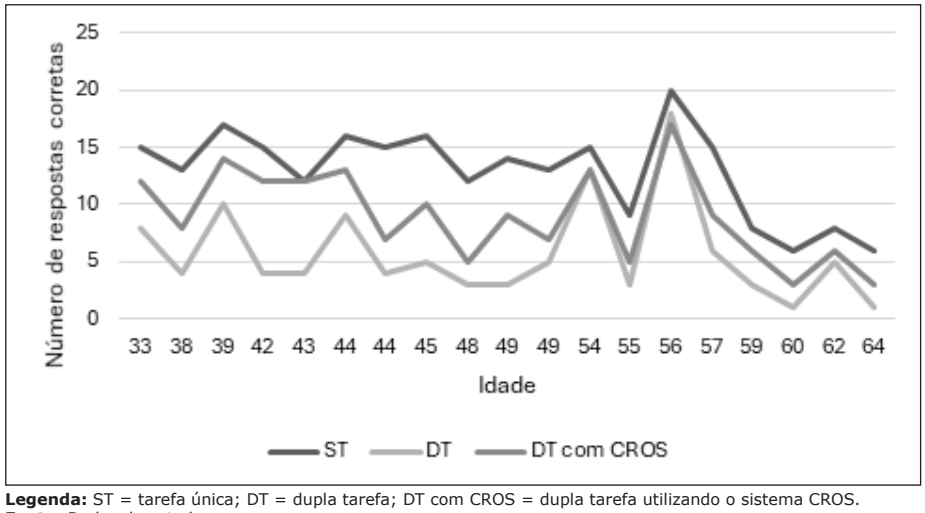
O tempo de resposta na tarefa PALETA também foi analisado nas condições de tarefa única (RT_ST), dupla tarefa (RT_DT) e dupla tarefa com CROS (RT_DT_CROS). As medianas dos tempos de resposta foram de 3,2 segundos na condição de tarefa única, 3,6 segundos na condição de dupla tarefa e 3,5 segundos na condição de dupla tarefa com CROS. O teste de Friedman identificou diferença global significativa no tempo de resposta entre as três condições ($\chi^2(2) = 16{,}441$, $p < 0{,}001$). As comparações pareadas subsequentes mostraram diferença significativa entre RT_DT e RT_ST, enquanto as diferenças entre RT_DT e RT_DT_CROS e entre RT_DT_CROS e RT_ST não foram estatisticamente significativas. Assim, embora o tempo de resposta tenha aumentado quando a tarefa secundária foi realizada concomitantemente à tarefa primária, não foi demonstrada diferença significativa no tempo de resposta entre as condições de dupla tarefa com e sem CROS.

O esforço de escuta baseado no tempo de resposta também foi calculado a partir da alteração no desempenho na tarefa secundária entre as condições de tarefa única e dupla tarefa, da seguinte forma:

- Pré-CROS: RT_DT − RT_ST
- Pós-CROS: RT_DT_CROS − RT_ST

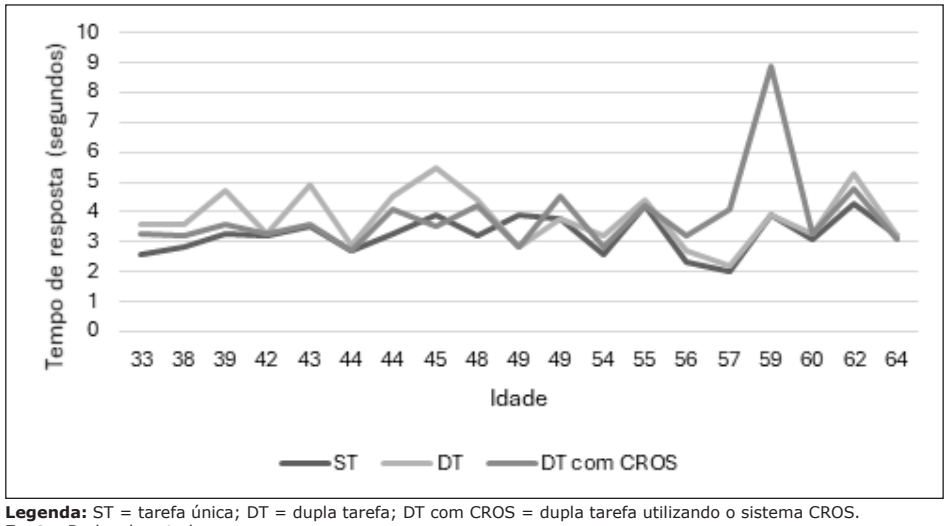
A comparação das medidas de esforço de escuta baseadas no tempo de resposta não mostrou diferença estatisticamente significativa entre as condições pré e pós-CROS (teste de postos sinalizados de Wilcoxon: $W = 83{,}5$, $p = 0{,}438$). Assim, embora tenha sido observada diferença significativa pré–pós no esforço de escuta ao considerar o número de respostas corretas, não foi observada diferença significativa quando o tempo de resposta foi utilizado como medida de desfecho.

A influência da idade sobre o desempenho na tarefa secundária também foi examinada. A análise de covariância indicou que a idade influenciou o número de respostas corretas na tarefa PALETA, com redução do número de respostas corretas à medida que a idade aumentava (Figura 4). Em contrapartida, a análise de covariância indicou ausência de influência da idade sobre o tempo de resposta no PALETA (Figura 5). Assim, dentro da faixa etária representada na amostra do estudo, a idade esteve associada à precisão na tarefa secundária, mas não ao tempo necessário para responder.



Legenda: ST = tarefa única; DT = dupla tarefa; DT com CROS = dupla tarefa utilizando o sistema CROS.
Fonte: Dados do estudo.

Figura 4. Número de respostas corretas na tarefa PALETA de acordo com a idade dos participantes nas condições de tarefa



Legenda: ST = tarefa única; DT = dupla tarefa; DT com CROS = dupla tarefa utilizando o sistema CROS.
Fonte: Dados do estudo.

Figura 5. Tempo de resposta no PALETA de acordo com a idade dos participantes nas condições de tarefa.

Discussão

Compreender a percepção dos indivíduos com PAUN sobre sua perda auditiva e suas principais queixas é uma ferramenta essencial para o fonoaudiólogo durante o processo de aconselhamento e seleção de dispositivos auditivos. Essa compreensão também permite alinhar as expectativas em relação ao uso da amplificação. As diretrizes de prática clínica da *American Academy of Audiology* para adultos com perda auditiva unilateral de grau severo a profundo[8] enfatizam que essa validação inicial pode influenciar diretamente os resultados esperados pelos indivíduos, tanto positivos quanto negativos.

A percepção da restrição de participação, avaliada pelo HHIA, indicou melhora significativa nas respostas relacionadas aos aspectos emocionais e

sociais após a adaptação ao sistema CROS. Isso também foi observado ao considerar o escore total do questionário. O escore total médio do HHIA diminuiu de um valor situado na faixa de restrição de participação grave antes da adaptação ao CROS para um valor marcadamente menor após a adaptação, aproximando-se do ponto de corte para ausência de restrição de participação percebida. Esses achados corroboram os resultados de estudos[9,10] que enfatizam a importância de identificar algum grau de restrição de participação para orientar intervenções e conscientizar os pacientes.

A redução da restrição de participação com o uso de dispositivos auditivos está bem documentada[11]. No presente estudo, as reduções significativas nos escores emocional, social e total do HHIA indicam menor restrição de participação percebida após a adaptação ao CROS. Embora não demonstrem a eliminação completa da restrição de participação em todos os participantes, esses achados sustentam uma redução substancial de seu impacto percebido. Benefícios semelhantes nos aspectos auditivos, sociais e emocionais foram relatados em outras pesquisas[11-13].

A qualidade de vida foi investigada para avaliar o impacto da PAUN para além dos aspectos auditivos. Os presentes achados não mostraram alteração estatisticamente significativa na qualidade de vida geral ou na satisfação geral com a saúde após a adaptação ao CROS. Entretanto, foram observados aumentos significativos nos domínios Físico, Psicológico, Relações Sociais e Meio Ambiente do WHOQOL-BREF. Assim, os resultados sugerem alterações em dimensões específicas da qualidade de vida, em vez de uma melhora global da qualidade de vida. Sano *et al*.[14] não encontraram diferenças significativas entre indivíduos com perda auditiva unilateral e perda auditiva bilateral, mas relataram impactos mais acentuados na qualidade de vida em comparação com indivíduos com audição normal. Essas diferenças podem afetar o desempenho no trabalho, as atividades sociais e a saúde mental[15,16].

Embora o WHOQOL seja recomendado para avaliar questões não auditivas[8], ele tem sido pouco utilizado em estudos com usuários do sistema CROS. Outros estudos na literatura[17,18] também encontraram melhoras na qualidade de vida entre usuários de dispositivos transcutâneos ancorados ao osso e do sistema CROS. Esses achados fornecem contexto para as alterações significativas observadas em domínios específicos do WHOQOL-BREF no presente estudo, enquanto a ausência de alterações significativas na qualidade de vida geral e na satisfação geral com a saúde também deve ser considerada.

A palavra "esforço", no contexto auditivo, refere-se aos desafios enfrentados por indivíduos com PAUN, mesmo quando utilizam aparelhos auditivos, especialmente aqueles que acreditam que ouvir com uma orelha é suficiente. A literatura sobre esforço auditivo tem se concentrado mais em indivíduos com perda auditiva bilateral, adaptações de implantes cocleares e aparelhos auditivos convencionais, deixando uma lacuna em relação à deficiência unilateral. Nesse cenário, o presente estudo, juntamente com o de Choi et al.[19], contribui para as evidências ainda limitadas sobre o esforço de escuta associado ao uso do sistema CROS.

O paradigma de dupla tarefa, utilizado para mensurar o esforço auditivo, pode ser influenciado pela complexidade das tarefas envolvidas. A falta de padronização da tarefa secundária resulta em variações nos desfechos entre estudos[20]. Neste estudo, a plataforma PALETA foi utilizada como tarefa secundária para quantificar o desempenho por meio do número de respostas corretas e do tempo de resposta. O desempenho na percepção de fala no ruído permaneceu inalterado entre as condições de tarefa única e dupla tarefa, tanto antes quanto após a adaptação ao CROS. Entretanto, essa manutenção do desempenho na tarefa primária não deve ser interpretada como evidência de que a condição de dupla tarefa não exigiu recursos cognitivos adicionais. Os participantes foram orientados a priorizar a tarefa primária, e a redução no número de respostas corretas na tarefa secundária da condição de tarefa única para a de dupla tarefa sugere que a manutenção do desempenho na percepção de fala ocorreu juntamente com a redução da precisão na tarefa secundária.

Os resultados obtidos pelas duas medidas da tarefa secundária devem ser interpretados separadamente. Quanto ao número de respostas corretas, o desempenho diminuiu da condição de tarefa única para a de dupla tarefa e, posteriormente, aumentou quando a dupla tarefa foi realizada com o sistema CROS. Consequentemente, a comparação das medidas de esforço de escuta baseadas no número de respostas corretas mostrou diferença significativa entre as condições pré e pós-CROS. Em contrapartida, embora o tempo de resposta tenha diferido significativamente entre as três condições de tarefa

em conjunto, não houve diferença significativa entre as condições de dupla tarefa com e sem CROS. Além disso, a medida de esforço de escuta derivada do tempo de resposta não diferiu significativamente entre as condições pré e pós-CROS. Portanto, a evidência de redução do esforço de escuta com o CROS foi observada na precisão da tarefa secundária, mas não no tempo de resposta.

Essa distinção é relevante porque o sistema CROS não melhorou significativamente o desempenho na percepção de fala no ruído na tarefa primária. Em vez disso, seu efeito foi observado na capacidade dos participantes de manter maior precisão na tarefa secundária concomitante, enquanto o desempenho na tarefa primária permaneceu estável. Esse achado pode ser relevante para atividades cotidianas que exigem atenção dividida, como ouvir e fazer anotações simultaneamente[21]. Estudos anteriores[22-24] também sugerem que intervenções auditivas bilaterais são mais eficazes na redução do esforço auditivo.

Apesar disso, a influência da idade sobre o número de respostas corretas foi significativa, com indivíduos mais jovens apresentando melhor desempenho na tarefa PALETA. A idade, entretanto, não influenciou o tempo de resposta, indicando que sua associação com o desempenho na tarefa secundária foi observada para a precisão, e não para a velocidade de resposta. Esse resultado é consistente com a literatura, que associa a idade ao aumento do esforço auditivo devido a alterações nos processos cognitivos[25-27]. Choi et al.[19] reforçam esses achados ao destacar que os efeitos positivos e negativos do CROS sobre a localização e a percepção de fala estiveram significativamente correlacionados com fatores pessoais, como idade, limiar auditivo na melhor orelha e desempenho psicoacústico sem amplificação.

No presente estudo, o esforço auditivo foi mensurado pelo desempenho na tarefa secundária, considerando tanto o número de respostas corretas quanto o tempo de resposta, conforme sugerido por Picou, Ricketts e Hornsby[28]. O número de respostas corretas foi a medida que demonstrou diferença significativa entre as condições de esforço de escuta pré e pós-CROS, enquanto o tempo de resposta não demonstrou. Em conjunto, esses achados sugerem que o uso do CROS pode reduzir o esforço de escuta, conforme refletido pela precisão na tarefa secundária em indivíduos com PAUN, embora esse efeito não tenha sido demonstrado de forma consistente nas duas medidas do paradigma de dupla tarefa. Portanto, os achados sustentam um papel potencial do sistema CROS na redução do esforço de escuta, ao mesmo tempo que destacam a importância de considerar o desfecho específico utilizado para quantificar esse construto.

Este estudo apresenta algumas limitações que devem ser consideradas na interpretação dos achados. O tamanho relativamente pequeno da amostra e a ausência de grupo controle limitam a generalização dos resultados e impedem o estabelecimento de uma relação causal entre o uso do CROS e as alterações observadas. Embora o registro de dados do dispositivo tenha sido utilizado para verificar a adesão ao uso mínimo recomendado de oito horas por dia, a associação entre a duração diária de uso do CROS e os desfechos do estudo não foi examinada. Por fim, a ampla faixa etária da amostra deve ser considerada, particularmente porque a idade esteve associada ao número de respostas corretas na tarefa secundária. Estudos futuros com amostras maiores e delineamentos controlados podem ajudar a esclarecer esses achados e investigar mais profundamente fatores associados à variabilidade individual nos resultados do CROS.

Conclusão

O presente estudo mostrou que a adaptação ao CROS esteve associada à redução da restrição de participação e à melhora da precisão na tarefa secundária durante o desempenho em dupla tarefa em indivíduos com perda auditiva unilateral de grau severo a profundo. O esforço de escuta diferiu significativamente entre as condições pré e pós-CROS quando avaliado pelo número de respostas corretas, mas não quando avaliado pelo tempo de resposta. A adaptação ao CROS também esteve associada a melhoras nos domínios físico, psicológico, relações sociais e meio ambiente do WHOQOL-BREF, embora não tenham sido observadas alterações significativas na qualidade de vida geral ou na satisfação geral com a saúde. A idade esteve associada à precisão na tarefa secundária, mas não ao tempo de resposta, sugerindo que a idade deve ser considerada na interpretação do desempenho em dupla tarefa nessa população.

Referências

1. Brasil. Pesquisa Nacional de Saúde: 2019: Ciclos de Vida. Ministério da Saúde; 2021.

2. Golub JS, Lin FR, Lustig LR, Lalwani AK. Prevalence of adult unilateral hearing loss and hearing aid use in the United States. Laryngoscope. 2018;128(7): 1681-1686. doi: 10.1002/lary.27017

3. Gouveia FN, Jacob-Corteletti LCB, Silva BCS, et al. Perda auditiva unilateral e assimétrica na infância. Codas. 2020; 32. doi: 10.1590/2317-1782/20192018280

4. Purdy SC, Welch D, Giles E, Morgan CLA, Tenhagen R, Kuruvilla-Mathew A. Impact of cognition and noise reduction on speech perception in adults with unilateral cochlear implants. Cochlear Implants Int. 2017; 18(3): 162-170. doi:10.1080/14670100.2017.1299393

5. Snapp HA, Holt FD, Liu X, Rajguru SM. Comparison of Speech-in-Noise and Localization Benefits in Unilateral Hearing Loss Subjects Using Contralateral Routing of Signal Hearing Aids or Bone-Anchored Implants. Otology & Neurotology. 2017; 38(1). doi: 10.1097/MAO.0000000000001269

6. Snapp HA, Ausili SA. Hearing with One Ear: Consequences and Treatments for Profound Unilateral Hearing Loss. J Clin Med. 2020; 9(4). doi:10.3390/jcm9041010

7. Bell R, Mouzourakis M, Wise SR. Impact of unilateral hearing loss in early development. Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg. 2022; 30(5). doi: 10.1097/MOO.0000000000000848

8. American Academy of Audiology. Adult Patients with Severe-to-Profound Unilateral Sensorineural Hearing Loss. American Academy of Audiology. 2015. Available: https://www.audiology.org/wp-content/uploads/2022/09/PractGuidelineAdultsPatientsWithSNHL.pdf

9. Lefeuvre J, Gargula S, Boulet M, Potier M, Ayache D, Daval M. Active TriCROS: A simultaneous stimulation with a (bi) CROS system and a hearing aid in the worst ear for severely asymmetrical hearing loss. Otology & neurotology. 2024; 45(5): 482-488. doi:10.1097/MAO.0000000000004173

10. Takaki K, Kashio A, Nozaki E, et al. A randomized crossover study in single-sided deafness comparing a cartilage conduction CROS system and an air-conduction CROS system. Otology & neurotology. 2024; 45(6): 635-642. doi:10.1097/MAO.0000000000004199

11. Souza VC, Lemos SMA. Restrição à participação de adultos e idosos: associação com fatores auditivos e socioambientais. Codas. 2021; 33(6): e20200212. doi:10.1590/2317-1782/20202020212

12. Jilla AM, Johnson CE, Danhauer JL, et al. Predictors of hearing aid use in the advanced digital era: An investigation of benefit, satisfaction, and self-efficacy. J Am Acad Audiol. 2020; 31(2): 87-95. doi:10.3766/jaaa.18036

13. Picou EM, Davis H, Lewis D, Tharpe AM. Contralateral routing of signal systems can improve speech recognition and comprehension in dynamic classrooms. J Speech Lang Hear Res. 2020; 63(7): 2468-2482. doi:10.1044/2020_JSLHR-19-00411

14. Sano H, Okamoto M, Ohhashi K, Iwasaki S, Ogawa K. Quality of life reported by patients with idiopathic sudden sensorineural hearing loss. Otology & neurotology. 2013; 34(1): 36-40. doi:10.1097/MAO.0b013e318278540e

15. Ryu NG, Moon IJ, Byun H, et al. Clinical effectiveness of wireless CROS (contralateral routing of offside signals) hearing aids. Eur Arch Otorhinolaryngol. 2015; 272(9): 2213-2219. doi:10.1007/s00405-014-3133-0

16. Lucas L, Katiri R, Kitterick PT. The psychological and social consequences of single-sided deafness in adulthood. Int J Audiol. 2018; 57(1): 21-30. doi:10.1080/14992027.2017.1398420

17. Nguyen DL, Valentin O, Lehmann A, Prévost F. A multimodal investigation of listening effort in single-sided deafness. Am J Audiol. 2024; 33(4): 1341-1349. doi:10.1044/2024_AJA-24-00073

18. Leterme G, Bernardeschi D, Bensemman A, et al. Contralateral routing of signal hearing aid versus transcutaneous bone conduction in single-sided deafness. Audiol Neurootol. 2015; 20(4): 251-260. doi:10.1159/000381329

19. Choi JE, Ma SM, Park H, Cho YS, Hong SH, Moon IJ. A comparison between wireless CROS/BiCROS and soft-band BAHA for patients with unilateral hearing loss. PLoS One. 2019;14(2): e0212503. doi: 10.1371/journal.pone.0212503

20. Gagné JP, Besser J, Lemke U. Behavioral assessment of listening effort using a dual-task paradigm. Trends Hear. 2017; 21: 2331216516687287. doi:10.1177/2331216516687287

21. Holman JA, Drummond A, Naylor G. Hearing aids reduce daily-life fatigue and increase social activity: A longitudinal study. Trends Hear. 2021; 25: 23312165211052784. doi:10.1177/23312165211052786

22. Huang H, Oosthuizen I, Picou EM. Dual-task paradigm measures of listening effort: To include or not to include secondary task responses with incorrect primary task responses. Semin Hear. 2023; 44(2): 155-165. doi:10.1055/s-0043-1766140

23. Degeest S, Kestens K, Keppler H. Listening effort measured using a dual-task paradigm in adults with different amounts of noise exposure. Ear Hear. 2022; (3): 899-912. doi:10.1097/AUD.0000000000001138

24. Gorecka MM, Vasylenko O, Rodríguez-Aranda C. Dichotic listening while walking: A dual-task paradigm examining gait asymmetries in healthy older and younger adults. J Clin Exp Neuropsychol. 2020; 42(8): 794-810. doi:10.1080/13803395.2020.1811207

25. Kwak C, Han W. Age-related difficulty of listening effort in elderly. Int J Environ Res Public Health. 2021;18(16): 8845. doi:10.3390/ijerph18168845

26. Rosemann S, Thiel CM. The effect of age-related hearing loss and listening effort on resting state connectivity. Sci Rep. 2019; 9(1): 2337. doi:10.1038/s41598-019-38816-z

27. Kestens K, Degeest S, Keppler H. The effect of cognition on the aided benefit in terms of speech understanding and listening effort obtained with digital hearing aids: A systematic review. Am J Audiol. 2021; 30(1): 190-210. doi:10.1044/2020_AJA-20-00019

28. Picou EM, Ricketts TA, Hornsby BWY. How hearing aids, background noise, and visual cues influence objective listening effort. Ear Hear. 2013; 34(5): e52-64. doi:10.1097/AUD.0b013e31827f0431

Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional, que permite o uso irrestrito, distribuição e reprodução em qualquer meio, desde que a obra original seja devidamente citada.