



PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE SÃO PAULO

Faculdade de Ciências Humanas e da Saúde

Curso de Fonoaudiologia

Isabelle Zuquetto Antonini

**Impactos da perda auditiva unilateral nas habilidades auditivas de crianças
usuárias de dispositivos eletrônicos**

São Paulo

2025



PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE SÃO PAULO

Faculdade de Ciências Humanas e da Saúde

Curso de Fonoaudiologia

Isabelle Zuquetto Antonini

Impactos da perda auditiva unilateral nas habilidades auditivas de crianças usuárias de dispositivos eletrônicos

Trabalho de Conclusão de Curso para
obtenção do título Bacharel em Fonoaudiologia
apresentado à Pontifícia Universidade Católica
De São Paulo (PUC-SP).
Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Edilene Marchini Boechat

São Paulo

2025

Banca Examinadora

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer à minha mãe, Simone Garcia, que me ensinou o verdadeiro sentido do amor, da resiliência e da gentileza. Ensinou-me a ser forte e, ao mesmo tempo, acolher minha fragilidade. Um exemplo de mulher, mãe e amiga. Meus sinceros agradecimentos por todo o apoio, cuidado e preocupação que sempre teve comigo ao longo desses anos.

Agradeço ao meu pai, Nelson Wagner, que me ensinou o valor da determinação, da dedicação e do empenho. Com ele aprendi a ser uma profissional comprometida, sem deixar de ser a “menininha” que sempre fui. Obrigada por todos os ensinamentos, pelo amor e pela confiança que sempre depositou em mim.

Agradeço à minha orientadora, Profa. Dra. Edilene, por ter acolhido meu projeto e tornado possível a sua realização. Obrigada por todo o suporte, incentivo e disponibilidade ao longo do desenvolvimento deste trabalho.

Estendo meus agradecimentos à minha parecerista, Profa. Madalena, pelas valiosas observações e contribuições que tornaram este trabalho ainda mais completo.

Agradeço de coração aos meus colegas de turma, em especial, Amanda Gomes e Isabela Lambert, que se tornaram muito mais do que companheiras de faculdade. Com elas aprendi o verdadeiro significado da amizade e encontrei apoio incondicional ao longo desses quatro anos.

Agradeço, ainda, à minha família e aos amigos de infância, pelo carinho, incentivo e presença constante ao longo da minha trajetória.

Por fim, reconheço que me torno esta profissional graças a cada pessoa que fez parte do meu caminho.

Dedico este trabalho aos meus pais, Simone e Nelson,
pelo amor, esforço e dedicação que sempre tiveram
para que eu pudesse alcançar mais uma conquista.

RESUMO

Antonini, Isabelle Zuquette. Impactos da perda auditiva unilateral nas habilidades auditivas de crianças usuárias de dispositivos eletrônicos.

Introdução: A perda auditiva unilateral infantil (PAUn) caracteriza-se pela audição íntegra em uma orelha e perda auditiva na orelha contralateral, podendo interferir significativamente no desenvolvimento auditivo, cognitivo e comunicativo da criança. Essa condição acarreta dificuldades nas habilidades auditivas, como na localização sonora, na percepção de fala em ambientes silenciosos e ruidosos, audição espacial e nos mecanismos de reorganização cortical decorrentes da privação auditiva.

Objetivo: Analisar os impactos da PAUn nas habilidades auditivas de crianças usuárias de dispositivos eletrônicos. **Método:** Trata-se de uma revisão integrativa, de caráter exploratório e qualitativo, realizada nas bases PubMed e BVS, com artigos publicados entre 2021 e 2025, nos idiomas português e inglês. Foram utilizados os descritores “plasticidade neuronal”, “perda auditiva unilateral”, “implante coclear” e “auxiliares auditivos”. **Resultado:** Aplicaram-se critérios de inclusão e exclusão previamente estabelecidos, totalizando 15 artigos selecionados após análise de 448 referências levantadas. A qualidade metodológica dos estudos foi avaliada pela escala MINORS. **Conclusão:** A PAUn gera impactos nas habilidades auditivas, especialmente na localização sonora, audição espacial e percepção de fala. Esses prejuízos decorrem da ausência de pistas binaurais e da reorganização das vias auditivas centrais. O uso de dispositivos eletrônicos, como Aparelho de Amplificação Sonora Individual (AASI), Contralateral Routing of Signal (CROS), Bone Conduction Devices (BCDs) e Implante Coclear (IC), influenciam de forma distinta essas habilidades, sendo o IC o mais eficaz na estimulação binaural.

Palavras-chave: Perda auditiva unilateral; Plasticidade neuronal; Implante coclear; Auxiliares dispositivos.

ABSTRACT

Antonini, Isabelle Zuquette. Impacts of unilateral hearing loss on the auditory skills of children who use electronic devices.

Introduction: Unilateral hearing loss in children (UHL) is characterized by intact hearing in one ear and hearing loss in the contralateral ear, and can significantly interfere with the child's auditory, cognitive, and communicative development. This condition leads to difficulties in auditory skills, such as sound localization, speech perception in quiet and noisy environments, spatial hearing, and cortical reorganization mechanisms resulting from auditory deprivation. **Objective:** To analyze the impacts of UHL on the auditory skills of children who use electronic devices. **Method:** This is an integrative review, of an exploratory and qualitative nature, carried out in the PubMed and BVS databases, with articles published between 2021 and 2025, in Portuguese and English. The descriptors "plasticity neuronal", "unilateral hearing loss", "cochlear implant" and "hearing aids" were used. **Results:** Pre-established inclusion and exclusion criteria were applied, resulting in 15 selected articles after analysis of 448 references. The methodological quality of the studies was assessed using the MINORS scale. **Conclusion:** UHL impacts auditory skills, especially sound localization, spatial hearing, and speech perception. These impairments result from the absence of binaural cues and the reorganization of central auditory pathways. The use of electronic devices, such as hearing aids, Contralateral Routing of Signal (CROS), Bone Conduction Devices (BCDs) and Cochlear Implant (IC), influences these skills differently, with IC being the most effective in binaural stimulation.

Keywords: Unilateral hearing loss; Plasticity neuronal; Cochlear implant; Hearing aids.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Fluxograma PRISMA	17
------------------------------------	----

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Avaliação dos artigos selecionados de acordo com a escala MINORS.....	19
Quadro 2 – Síntese dos artigos selecionados na revisão.....	24

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	11
OBJETIVO	14
MÉTODO	15
RESULTADOS	23
DISCUSSÃO	30
CONCLUSÃO	39
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	40
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41

INTRODUÇÃO

A perda auditiva unilateral infantil (PAUn) é caracterizada pela audição íntegra em uma orelha e perda auditiva na orelha contralateral, com limiares acima de 25 dB em todas as frequências¹. Estima-se que a prevalência da PAUn afete entre 3% e 8,3% da população em geral², sendo aproximadamente 0,1% em recém-nascidos, aumentando para 0,27% devido ao início tardio antes dos cinco anos e alcançando 0,35% na adolescência¹.

Diversos fatores podem estar associados à etiologia da PAUn. Entre as causas pré-natais, destacam-se malformações, alterações genéticas e infecções congênitas. No período perinatal, anóxia, prematuridade, traumatismo craniano ou sonoro e hiperbilirrubinemia são condições frequentemente relacionadas. Já entre os fatores pós-natais, incluem-se fatores metabólicos, infecções virais ou bacterianas, doenças autoimunes e uso de medicamentos ototóxicos, entre outros³.

Ademais, a PAUn acarreta impactos negativos em diversas habilidades auditivas e cognitivas, incluindo a localização da fonte sonora, a compreensão dos sons da fala em ambientes silenciosos e ruidosos, o desempenho acadêmico e comportamental, além do desenvolvimento da fala e linguagem³. Essas dificuldades estão relacionadas ao comprometimento da audição binaural, fator crucial para integração das informações auditivas em ambos os ouvidos¹.

A audição binaural desempenha um papel fundamental na localização espacial da fonte sonora, pois permite que o cérebro processe diferenças de intensidade e tempo interaural. A diferença de intensidade interaural, relevante para sons de alta frequência, é influenciada pelo efeito “sombra de cabeça”, no qual o som é atenuado antes de atingir o ouvido oposto, gerando uma diferença de intensidade entre os ouvidos. Enquanto o tempo interaural, essencial para sons de baixa frequência, permite ao cérebro detectar e diferenciar o tempo de chegada do som em cada ouvido, determinando a localização precisa da fonte sonora⁴.

Em crianças com audição monoaural, a ausência dessas pistas binaurais compromete tanto a localização sonora quanto o reconhecimento da fala no ruído. Como consequência, há o desenvolvimento de uma preferência auditiva pelo ouvido

com melhor audição, resultando em um fortalecimento anormal das vias auditivas desse lado. Além disso, a privação auditiva pode desencadear alterações na reorganização neuronal, interferindo no desenvolvimento do sistema auditivo central⁴.

A reorganização do sistema auditivo central pode ocorrer por meio da plasticidade crossmodal, na qual o córtex auditivo e as redes direcionais funcionais readaptam suas conexões cerebrais para compensar a ausência dos estímulos sonoros⁶. Isso ocorre devido à privação auditiva causada pela PAUn, que reduz a entrada de estímulos auditivos em um dos ouvidos, dificultando seu processamento no córtex auditivo e desencadeando déficit sináptico, o qual pode afetar a memória, a aprendizagem e a atenção¹. Estudo realizado por Cardon et al, indicam que a estimulação insuficiente do córtex durante a primeira infância, período de maior plasticidade cortical, pode causar impactos significativos na maturação do sistema auditivo central⁵.

Essa reorganização está diretamente relacionada ao processo de neuroplasticidade. Dado que, nos primeiros 3,5 anos de vida, o cérebro produz uma grande quantidade de neurônios e conexões sinápticas (ligação entre os neurônios), originando uma estrutura a qual vários sistemas sensoriais e cognitivos se originam e começam a se amadurecer. Esse crescimento ocorre em várias regiões corticais, como córtex visual, auditivo e pré-frontal, resultando em uma abundância de conexões neuronais. Por volta dos 4 anos, acontece o processo de poda neural, o qual neurônios que não são mais estimulados são eliminados destas regiões corticais para que o cérebro mantenha apenas as conexões mais relevantes e funcionais. Este processo é essencial para o funcionamento do processamento auditivo, pois torna os circuitos neuronais mais eficientes⁴.

No entanto, em crianças com PAUn, a redução da entrada auditiva pode comprometer esse processo, resultando na reestruturação das vias auditivas e no recrutamento de outras regiões corticais para compensar os efeitos da privação sensorial⁶. Para minimizar esses impactos, diversas estratégias terapêuticas são utilizadas, incluindo Aparelho de Amplificação Sonora Individual (AASI), Contralateral Routing of Signal (CROS), Bone Conduction Devices (BCDs) e Implante Coclear (IC)².

Entre essas opções, destaca-se o IC como uma das intervenções mais eficazes para reabilitação da PAUn, por ser o único dispositivo capaz de restaurar a audição

binaural, reduzindo os efeitos da privação sensorial e favorecendo a reorganização das vias auditivas centrais. Além disso, o uso do IC tem demonstrado benefícios significativos na localização da fonte sonora, reconhecimento da fala em ambientes silenciosos e ruidosos, além da estimulação binaural. No entanto, o sucesso da reabilitação depende de múltiplos fatores, como idade da intervenção, tempo de privação auditiva e integridade das vias auditivas. Ademais, uma abordagem individualizada e a seleção criteriosa dos candidatos são aspectos fundamentais para determinar a melhor estratégia terapêutica para cada paciente⁷.

OBJETIVO

O presente estudo tem como objetivo analisar os impactos da PAUn nas habilidades auditivas de crianças usuárias de dispositivos eletrônicos. A revisão integrativa proporciona a possibilidade de análise da plasticidade crossmodal e a reestruturação das vias auditivas, as quais influenciam o desenvolvimento cognitivo e auditivo, bem como possíveis implicações para a reabilitação dessas crianças.

MÉTODO

Trata-se de uma revisão integrativa, de caráter exploratório e qualitativo, cujo objetivo foi analisar os impactos da PAUn nas habilidades auditivas de crianças usuárias de dispositivos eletrônicos. A escolha desse tipo de revisão justificou-se pela necessidade de atualizar as perspectivas e evidências científicas já publicadas, permitindo uma visão mais abrangente acerca da temática.

Para isso, foram selecionados artigos científicos publicados nas seguintes bases de dados: PubMed e BVS. A escolha dessas bases justificou-se pelo fato de ambas reunirem publicações globais e regionais de relevância na área da saúde, sendo a PubMed voltada predominantemente para a literatura biomédica, e a BVS, de caráter mais abrangente, contemplando diferentes campos das ciências da saúde. Outras bases como: Scopus, Embase e Web of Science, também foram consideradas. Entretanto, optou-se por manter a busca na PubMed e na BVS, uma vez que essas já contemplavam a maior parte dos estudos identificados nas demais plataformas.

Para a busca, foram utilizados os descritores: “Plasticidade neuronal”, “perda auditiva unilateral”, “implante coclear” e “auxiliares auditivos”, validados pelo DeCS (Descritores em Ciências da Saúde), em português e inglês. Os descritores foram combinados com os operadores booleanos AND e OR. Foram incluídos artigos publicados nos últimos 4 anos (2021-2025), nos idiomas português e inglês, de acesso livre, com texto completo disponível e cujo público-alvo fossem crianças usuárias de dispositivos eletrônicos. Os critérios de exclusão envolveram estudos que não abordavam diretamente a temática, além de revisões bibliográficas, carta de editores e artigos indisponíveis na íntegra.

Combinações dos descritores: (“Plasticidade neuronal” AND “perda auditiva unilateral”) OR (“plasticity neuronal” AND “unilateral hearing loss”)

BVS - últimos 4 anos: total de 6 artigos.

PubMed - últimos 4 anos: total de 0 artigos.

(“Perda auditiva unilateral” AND “implante coclear”) OR (“Unilateral hearing loss” AND “Cochlear implant”)

BVS- últimos 4 anos: total de 132 artigos.

PubMed- últimos 4 anos: total de 107 artigos.

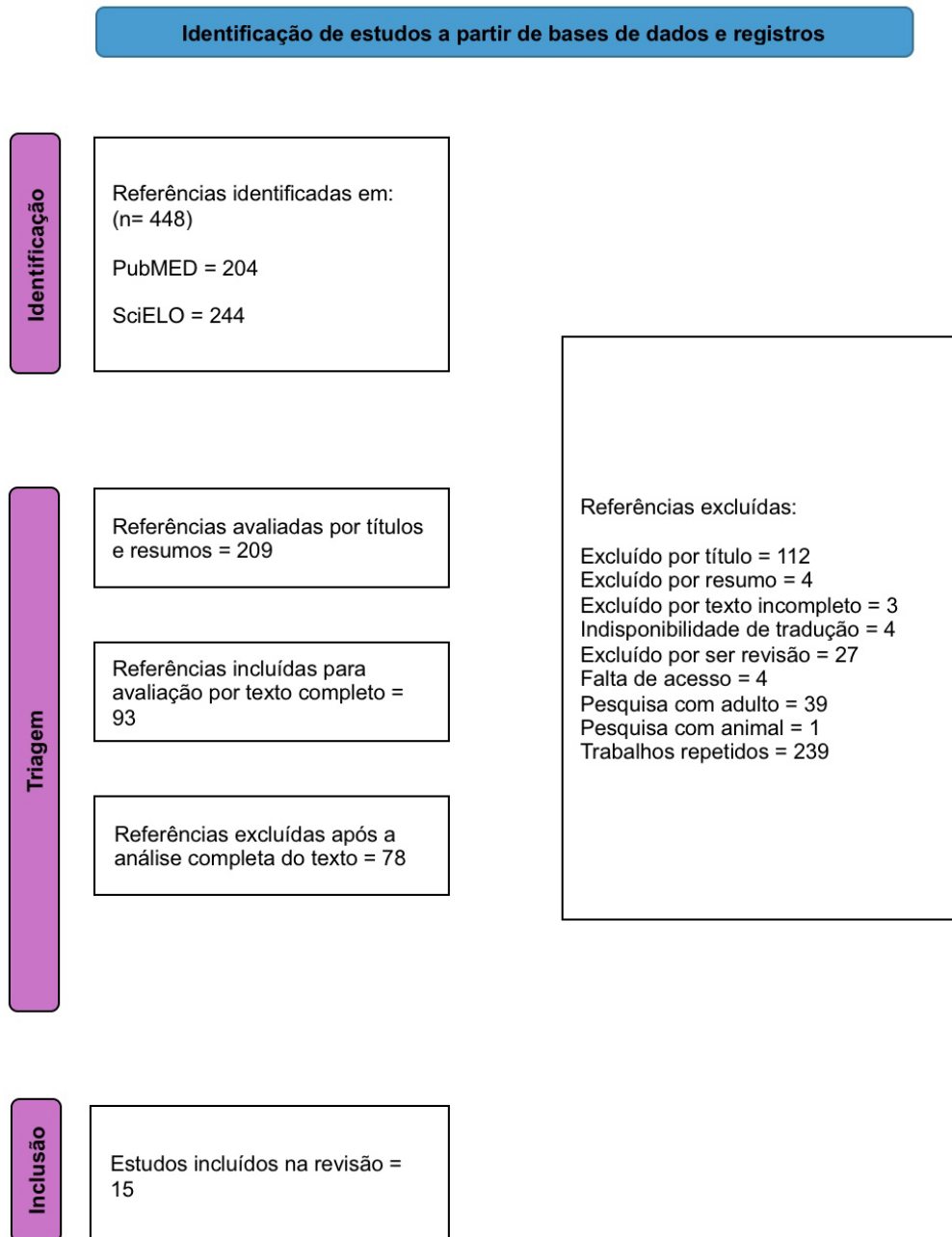
(“Perda auditiva unilateral” AND “auxiliares auditivos”) OR (“Unilateral hearing loss” AND “hearing aids”)

BVS- últimos 4 anos: total de 104 artigos.

PubMed- últimos 4 anos: total de 97 artigos.

Para o processo de seleção dos artigos, foi utilizada como base a metodologia PRISMA, conforme apresentado no fluxograma a seguir (Figura 1), com base nos critérios de inclusão previamente estabelecidos.

Figura 1 – Fluxograma PRISMA



Fonte: Dados da pesquisa (2025)

A avaliação da qualidade metodológica dos estudos incluídos nesta revisão, realizou-se por meio da escala Methodological Index for Non-Randomized Studies (MINORS), a qual oferece uma padronização para a análise de estudos não randomizados⁸.

Para estudos não comparativos, a escala contempla oito critérios: objetivo claramente definido, inclusão consecutiva dos pacientes, coleta prospectiva dos dados, desfechos apropriados ao objetivo do estudo, avaliação imparcial dos desfechos, período de seguimento adequado, taxa de perda de seguimento inferior a 5% e cálculo prospectivo do tamanho amostral. Para estudos comparativos, são acrescentados mais quatro critérios: presença de grupo controle adequado, contemporaneidade entre os grupos, equivalência inicial entre os grupos e análises estatísticas apropriadas. Foram analisados 15 artigos comparativos neste estudo.

A avaliação dos critérios foi realizada por meio de uma leitura detalhada de cada artigo, com foco em identificar informações específicas que respondessem a cada item do checklist MINORS. A pontuação varia de 0 (ausente), 1 (informações insuficientes ou abordadas de forma limitada) a 2 (informações robustas e claramente descritas). A pontuação máxima possível é de 16 pontos para estudos não comparativos e 24 pontos para estudos comparativos.

O levantamento e a análise das bases de dados foram realizados exclusivamente pela autora deste estudo. Optou-se pela utilização da escala MINORS como estratégia e ferramenta complementar de garantia da qualidade e segurança na análise dos dados.

Segue abaixo, no Quadro 1, a avaliação dos 15 artigos selecionados de acordo com a escala MINORS.

Inclusão de pacientes consecutivos	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coleta prospectiva de dados	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	2	2	2	2
Desfechos apropriados ao objetivo do estudo	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Avaliação imparcial do desfecho do estudo	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	2	1
Período de seguimento adequado ao objetivo do estudo	0	0	1	1	2	2	1	2	0	2	2	2	2	2	1
Perda de seguimento inferior a 5%	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	2
Cálculo prospectivo do tamanho do estudo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total de score MINORS – Estudo não comparativo															
Grupo de controle adequado	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2
Grupos contemporâneos	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Equivalência inicial dos grupos	2	2	2	1	2	1	1	1	1	1	1	-	-	2	1
Análise estatísticas adequadas	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

Total de score MINORS – Estudo comparativo	17	18	18	17	19	18	15	16	12	14	14	14	15	17	15
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Fonte: Dados da pesquisa (2025)

Como mostrado no quadro acima, a pontuação variou de 12 a 19 pontos, indicando que aqueles com maior pontuação apresentaram maior rigor científico. Pôde-se observar algumas limitações nos estudos analisados, como: inclusão de pacientes consecutivos, avaliação imparcial dos desfechos, cálculo prospectivo do tamanho da amostra e equivalência inicial dos grupos estudados, uma vez que, esses itens foram os que obtiveram menor pontuação.

Dessa forma, a avaliação metodológica dos artigos mostra-se relevante para identificar estudos com maior confiabilidade dos resultados. Essa análise permite fundamentar a discussão da literatura, garantindo que as conclusões sejam mais concisas e robustas.

RESULTADOS

A seguir, os resultados obtidos a partir da análise dos 15 artigos que foram selecionados para esta revisão integrativa. Os estudos serão apresentados no quadro abaixo (Quadro 2) para facilitar a visualização das informações, como as características das amostras, os métodos utilizados, os benefícios observados e os resultados encontrados.

Quadro 2 – Síntese dos artigos selecionados na revisão

Artigos	Título do estudo	Autores; Ano; Revista	Tipo de estudo	Amostra	Metodologia de avaliação	Benefícios reportados	Resultados
Artigo 1	Biomarkers of auditory cortical plasticity and development of binaural pathways in children with unilateral hearing loss using a hearing aid	Kaplan-Neeman R., Greenbom T., Habiballah S., Henkin Y.; 2024; Hearing Research	Estudo experimental e prospectivo	Participaram da pesquisa 14 crianças com perda auditiva unilateral (entre 6–14 anos), com uso de AASI.	Utilizou potenciais evocados auditivos corticais (PEAC) com estímulos de fala (/m/, /g/, /t/) em três condições auditivas: ouvido sem perda isolado, ouvido com aparelho e condição bilateral simultânea. As medidas incluíram latência e amplitude do componente P1 e análise da presença do componente de interação binaural (BIC). Além da audiometria e aplicação do questionário SSQ (Speech, Spatial and Qualities of Hearing Scale).	Reabilitação da perda auditiva unilateral moderada a profunda com AASI pode promover plasticidade cortical e reverter parcialmente seus efeitos negativos. A identificação de um biomarcador cortical do processamento binaural indica que vias binaurais funcionais podem se desenvolver com estímulo auditivo adequado. Assim, os PEACs podem ser usados clinicamente para avaliar, monitorar e tratar a PAUn com AASI.	Os PEAC mostraram respostas adequadas para a idade nas orelhas sem perda e com aparelho auditivo. A orelha com aparelho teve menor maturidade, mas boa audibilidade em quase todas as crianças. Houve diferenças de tempo e sincronia entre as orelhas, e o componente P1 variou conforme o estímulo e a amplificação. Um componente de interação binaural também foi observado na maioria dos casos.
Artigo 2	Ear-specific neuroplasticity for sound localization in individuals with single-sided deafness	Shimum L., Kimc J., Kimum G., Hyo-Jeong L.; 2025; Hearing Research	Estudo caso-controle	Participaram do estudo 35 indivíduos com PAUn (sendo 17 sujeitos com perda no lado esquerdo e 18 no lado direito); Além de 13 pessoas com audição íntegra.	Foi usada ressonância magnética funcional (fMRI) durante testes de localização sonora. A análise focalizou lateralização da resposta cortical e envolvimento de redes de atenção (cíngulo-operculares), correlacionando com duração da perda e desempenho da localização.	Recrutamento adaptativo de córtex auditivo ipsilateral ao lado sem perda e envolvimento de redes de atenção (cíngulo-opercular) associados ao melhor desempenho na localização sonora.	Os resultados mostraram que a perda auditiva unilateral prolongada altera a resposta no córtex auditivo primário direito. Um melhor desempenho de localização sonora foi associado ao giro temporal superior posterior e à rede cíngulo-opercular, indicando que recursos corticais atencionais são essenciais para o processamento espacial auditivo, especialmente quando a orelha esquerda é afetada.

Artigo 3	Audiological benefit and subjective satisfaction with the ADHEAR hearing system in children with unilateral conductive hearing loss	Hirth D., Weiss R., Stöver T., Kramer S.; 2020; Int. J. Pediatr. Otorhinolaryngol	Estudo prospectivo e comparativo	Participaram 10 crianças com perda auditiva condutiva unilateral, de 4 - 18 anos.	Foi realizado audiometria em campo livre e testagem em fala em silêncio e em ruído antes e após 4 semanas de uso do sistema ADHEAR. Para avaliação subjetiva, usaram o questionário SSQ parental e um questionário específico sobre usabilidade e impacto na qualidade de vida.	Ganhos significativos na percepção de fala (silêncio e ruído) e alta satisfação parental com facilidade de uso.	Constataram um aumento de 44% quanto a percepção de fala em silêncio; Reconhecimento na presença de ruído de 11,7% para 46,7%; Alta pontuação SSQ de satisfação parental.
Artigo 4	Management of Cartilage Conduction Hearing Aids in Pediatric Patients	Yakawa S., Sugiuchi T., Myojin R., Sato K., Murakami T., Miyoshi Y., Sugio Y.; 2023; Audiology Research	Estudo prospectivo e longitudinal	Foram selecionados 49 crianças: 17 com perda bilateral e 32 com unilateral.	Foi realizado audiometria padrão antes e depois do teste. Adicionalmente, aplicou-se fita de compressão sobre o transdutor para estudar efeitos sobre ganho auditivo e conforto.	Ganhos auditivos em todas as frequências e alta taxa de aceitação. Além de uma melhora dos resultados com fita compressiva sem efeitos adversos cutâneos.	72,9% dos pacientes optaram pela compra do aparelho; Observaram que a fita aumentou ganhos em baixas frequências e melhorou estabilidade sem causar irritações
Artigo 5	Hearing Outcomes in Children with Unilateral Hearing Loss: The Benefits of Rehabilitative Strategies: Preliminary Results	Malesci R., Laria C., Freda G., Vecchio V., Mallardo A., Serra N., Auletta G., Fetoni A. R.; 2025; Audiology Research	Estudo prospectivo e longitudinal	Participaram 18 crianças com perda auditiva unilateral, sendo 15 usuárias de AASI e 3 de IC.	Foi realizada avaliação comparativa pré e pós uso de aparelho durante 6 a 12 meses. As medidas incluíram limiares auditivos por campo livre e percepção de fala. Além dos questionários CHILD (Children's Home Inventory for Listening Difficulties) e SSQ preenchidos pelos pais antes e após reabilitação.	Melhora significativa na compreensão da fala em ambientes ruidosos. Além de melhor percepção espacial e desempenho auditivo geral.	Revelaram melhora significativa nos limiares auditivos e no limiar de reconhecimento (SRT caiu de ~77,9 dB para ~41,3 dB). Nos questionários, a pontuação média do CHILD subiu de 6,2 para 7,3; no SSQ global de 6,7 para 7,8; na escala espacial de 5,7 para 7,8; e qualidade de audição de 7,9 para 8,8, indicando benefícios auditivos e de qualidade de vida.

Artigo 6	Effects of Age at Implantation on Outcomes of Cochlear Implantation in Children with Short Durations of Single-Sided Deafness	Gordon K. A., Alemu R., Papsin B. C., Negandhi J., Cushing S. L.; 2023; <i>Otology & Neurotology</i>	Estudo retrospectivo, longitudinal e comparativo	Foram selecionadas 57 crianças com PAUn (40 implantadas precocemente, 17 tardiamente).	Avaliou-se uso diário do implante (horas/dia), percepção de fala no silêncio e no ruído, capacidade de localização sonora e questionários parentais para percepção de benefício.	Melhor desempenho em fala e localização em crianças implantadas precocemente.	O IC proporcionou uma ligeira melhora na localização de sons no lado da orelha com perda, mas a audição espacial permaneceu deficiente, com alto erro, localizando sons estacionários e percepção limitada da direção de sons em movimento.
Artigo 7	Hearing outcomes in children with single sided deafness: Our experience at a tertiary paediatric otorhinolaryngology unit	Chandrasekar B., Hogg E. S., Patefield A., Strachan L., Sharma S. D.; 2022; <i>Int. J. Pediatr. Otorhinolaryngol</i>	Estudo retrospectivo	Participaram 49 crianças com PAUn (23 com perda no lado direito e 26 no esquerdo).	Avaliou-se antes e após o uso do dispositivo. Além de utilizarem o questionário CHILD e testes de fala em ruído.	Melhorias na percepção de fala em ambientes ruidosos, com aumento de cerca de 5 dB nos escores de fala, além de maior satisfação auditiva geral.	Observou-se melhora estatisticamente significativa em escore CHILD e desempenho em fala com ruído, com ganhos médios de cerca de 5 dB. Porém o uso diário foi limitado (~1,3 h/dia), sugerindo adesão restrita.
Artigo 8	Long-Term Outcome of Cochlear Implantation in Children With Congenital, Perilingual, and Postlingual Single-Sided Deafness	Arndt S., Findeis L., Wesarg T., Aschendorff A., Speck I., Ketterer M. C., Rauch A. K.; 2023; <i>Otology & Neurotology</i>	Estudo retrospectivo e longitudinal	Foram selecionadas 36 crianças com PAUn (20 congênita, 7 perilingual, 9 pós-lingual).	Foram utilizadas tanto medidas objetivas quanto subjetivas: uso diário do dispositivo (datalog), percepção de fala em silêncio e ruído, testes de localização sonora, e o questionário SSQ. Foram também investigados presença e intensidade de zumbido.	Incluíram uso regular (> 8 h/dia em 32/36 crianças), melhorias significativas em percepção de fala, habilidade de localização e qualidade de vida auditiva.	Crianças com PAUn congênita e duração curta da surdez (<3 anos) apresentaram respostas particularmente positivas, e a maioria relatou diminuição ou eliminação de sintomas de zumbido.

Artigo 9	Functional Consequences of Poor Binaural Hearing in Development: Evidence From Children With Unilateral Hearing Loss and Children Receiving Bilateral Cochlear Implants	McSweeney C., Cushing S. L., Campos J. L., Papsin B. C., Gordon K. A.; 2021 ;National Library of Medicine	Estudo retrospectivo e longitudinal	Selecionaram oitenta e oito crianças (43 homens e 45 mulheres, com idades entre 9 e 19 anos). Agrupados por perda auditiva unilateral (n =20), IC bilateral (n =32) e tipicamente desenvolvendo (n =36).	Cada participante completou uma série de testes que incluíam avaliações de capacidade sensorial, espacial, memória e aprendizagem. Além dos questionários: SSQ, da avaliação Clínica dos Fundamentos da Linguagem® (CELF) e teste Bruininks-Oseretsky de Proficiência Motora (BOT-2).	Melhor precisão da percepção da fala.	Crianças com perda auditiva unilateral apresentaram o mesmo grau de déficits visuoespaciais de memória, linguagem e acadêmicos que crianças com ICs bilaterais, indicando a importância da entrada auditiva binaural durante o desenvolvimento.
Artigo 10	Long-term results of cochlear implantation in children with congenital single-sided deafness	Rauch A. K., Arndt S., Aschendorff A., Beck R., Speck I., Ketterer M. C., Jakob F., Hassepass F.; 2020; Eur. Arch. Otorhinolaryngol	Estudo retrospectivo e longitudinal	21 crianças com PAUn congênita submetidas a IC participaram do estudo.	Foram realizados audiometria, tomografia computadorizada de alta resolução (HR-CT) do osso temporal e a uma ressonância magnética craniana (MRI). Além do uso do escore das Categorias de Desempenho Auditivo (CAP), questionário SSQ e pela versão alemã do IOI-HA [Internationales Inventar zur Evaluation von Hörgeräten (IIEH, versão para IC).	Melhor reconhecimento da fala por usuários de IC mais novos implantados e equivalentes a usar por mais de oito horas por dia.	Crianças implantadas abaixo de 3 anos apresentaram altos escores de reconhecimento da fala e percepção subjetiva positiva (SSQ e IOI-HA), enquanto aquelas implantadas após os 5 anos não relataram benefício perceptível, mesmo com alguma melhora objetiva na fala. O uso diário foi alto (> 8 h/dia em 9 de 11 crianças).
Artigo 11	Influence of cochlear coverage on speech perception in single sided deafness, bimodal, and bilateral implanted cochlear implant patients	Spiegel J. L., Mueller J., Boehnlein R., Hempel J. M., Spiro J. E., Weiss B. G., Bertlich M., Canis M., Tobias R.; 2024; Eur. Arch. Otorhinolaryngol	Estudo retrospectivo e transversal	Foram selecionados 131 pacientes (30 PAUn, 72 bimodal, 29 bilateral com IC).	Os métodos incluíram exames de imagem (para avaliar a cobertura coclear) e testes de fala em diferentes situações auditivas.	Maior cobertura coclear, que se correlacionou com melhor desempenho na percepção de fala.	Os resultados indicaram que quanto maior a cobertura coclear, melhor o desempenho em percepção de fala, sugerindo que a profundidade e extensão da eletrodos influenciam positivamente os resultados.

Artigo 12	Benefits of Cochlear Implantation in Childhood Unilateral Hearing Loss (CUHL Trial)	Brown K. D., Dillon M. T., Park L. R.; 2024; The American Laryngological, Rhinological and Otological Society	Ensaio clínico prospectivo	19 crianças com PAUn submetidas a IC participaram da pesquisa.	Foram aplicados testes de fala em silêncio, fala em ruído, tarefas de localização sonora e escala SSQ até 12 meses após ativação do CI.	Melhoras significativas em fala, percepção em ruído, localização e satisfação subjetiva.	Reconhecimento de fala subiu de ~1% para ~50%; Ganhos na percepção de fala no ruído e na localização sonora; pontuações do SSQ significativos em fala, espacial e qualidade.
Artigo 13	Long-Term Perceived Benefit of Pediatric Cochlear Implant Users with Unilateral Hearing Loss	Hicks K. B., Park L. R., Brown K. D., Dillon M. T.; 2024; The American Laryngological, Rhinological and Otological Society	Estudo longitudinal e retrospectivo	Famílias de 19 crianças com PAUn que receberam IC foram selecionadas para pesquisa.	Aplicou-se questionários SSQ-C preenchidos por pais antes e até 24 meses de pós-implantação.	Benefícios significativos em habilidades percebidas com o uso de IC relatado logo após a ativação. habilidades percebidas com a IC melhoraram significativamente em comparação com as percepções pré-operatórias.	Melhorias significativas nas pontuações SSQ desde os primeiros meses, persistindo até 24 meses; não obtiveram correlação entre pontuação de reconhecimento de palavras e localização espacial combinada.
Artigo 14	Two-Year Outcomes of Cochlear Implant Use for Children With Unilateral Hearing Loss: Benefits and Comparison to Children With Normal Hearing	Park L. R., Dillon M. T., Buss E., Brown K. D.; 2023; Ear & Hearing	Coorte prospectivo, longitudinal e comparativo	Participaram 18 crianças com PAUn implantadas e 20 crianças com audição íntegra.	As avaliações incluíram reconhecimento de palavras no silêncio, frases mascaradas, teste de localização sonora em intervalos de até 24 meses após ativação e tempo de uso diário do implante.	Ganhos auditivos substanciais que se aproximam dos controles com audição íntegra ao longo do tempo.	Uso médio diário ~7,8 h; escore de reconhecimento de fala médio ~34,9% no total, com IC ~50,9% vs sem IC ~23,8%.
Artigo 15	Clinical experience of an adhesive bone conduction hearing system in children with congenital single-sided deafnes	Liu Y., Qiu W., Yang L., Wang Y., Mengshuang J. L., Shouqin Z.; 2024; Brazilian Journal of Otorhinolaryngology	Estudo de série de casos e prospectivo	13 crianças com PAUn congênita e 7 crianças com audição íntegra foram selecionadas para o estudo.	Os métodos incluíram testes de percepção de fala em silêncio e em ruído e tarefas de localização sonora em diferentes níveis de pressão sonora (SPL), tanto com o uso do dispositivo adesivo, quanto sem.	Estratégia de intervenção auditiva precoce em crianças com PAUn congênita que estão temporariamente impedidas de realizar cirurgia otológica.	Constataram que o dispositivo não produziu mudanças significativas na localização sonora, porém teve um pequeno benefício quanto a percepção de fala em ambientes silenciosos e com ruído. O sistema foi bem tolerado pelas crianças, sem efeitos adversos relevantes.

Fonte: Dados da pesquisa (2025)

De acordo com o quadro acima, as pesquisas destacam a importância das intervenções auditivas em crianças com PAUn, especialmente com o uso de AASI, CROS, BCDs e IC.

A síntese apresentada enfatiza os fatores associados à reabilitação auditiva, como o tempo diário de uso dos dispositivos, a lateralidade da perda auditiva e a idade de início da intervenção, temáticas que serão discutidas na próxima seção.

DISCUSSÃO

Conforme mencionado na introdução, a PAUn acarreta alterações neuronais no sistema nervoso central, levando à reorganização das redes auditivas, as quais podem ser evidenciadas por meio de exames de ressonância magnética funcional (fMRI), potenciais evocados auditivos (PEACs), magnetoencefalografia (MEG) e eletroencefalografia (EEG), que permitem identificar os padrões neuronais em humanos^{1,24}. Os autores McSweeny et al (9) evidenciam que a plasticidade também ocorre em estruturas subcorticais, como no tronco encefálico, responsável pela integração dos sinais auditivos que chegam em ambas as orelhas. Nesse contexto, a assimetria auditiva pode desencadear reorganizações adaptativas, impactando de forma global a integração neural.

Com base nesse contexto, os achados desta revisão apontam para distintas formas de adaptação neuronal resultantes da privação auditiva unilateral. Pesquisas evidenciam uma redução de massa cinzenta no córtex auditivo do hemisfério contralateral ao ouvido afetado, especialmente em casos de perdas do lado direito²⁵. Enquanto outros trabalhos mostram um aumento da ativação sináptica em regiões visuais e sensório-motoras, especialmente em perdas do lado esquerdo^{2,26}. Esse tipo de reorganização também pode ser observado por meio do PEACs, conforme demonstrado pelos autores Yakawa et al (4), os quais confirmaram diferenças significativas nas respostas corticais de crianças com PAUn, sugerindo o uso desses marcadores como ferramenta de monitoramento clínico.

Essa diminuição da massa cinzenta ocorre devido à falta de estimulação auditiva adequada no lado afetado, acarretando um processo acelerado da poda sináptica e, conseqüentemente, a uma reorganização mal-adaptativa. Isso dificulta a formação de novas conexões ao longo do desenvolvimento^{27,28}. Em conseqüência, pode ocorrer uma preferência auditiva pelo ouvido saudável, fenômeno conhecido como “síndrome da preferência auditiva”, no qual o cérebro passa a estimular e sobrecarregar esse lado. Essa condição pode comprometer a restauração da audição espacial⁴.

Crianças com audição monoaural não possuem pistas binaurais, o que dificulta a distinção e localização sonora, principalmente quando a fonte sonora se encontra do lado da orelha afetada. Como resultado, apresentam maiores dificuldades em compreender a fala em ambientes ruidosos ou quando a pessoa que fala está fora do campo auditivo do ouvido sem perda. Isso pode ocorrer, pela ausência do efeito “sombra da cabeça”, que impede a distinção entre fala e ruído de fundo, comprometendo a percepção da fala^{4,29}.

Além do que, a redução da massa cinzenta não ocorre de forma uniforme: alterações mais acentuadas no córtex cingulado anterior bilateral acarretam a diminuição da capacidade de reconhecimento da fala, enquanto alterações no córtex pré-frontal impactam funções cognitivas, como tomada de decisões e controle executivo²⁸, destacando o fato de que a privação auditiva unilateral tem um efeito multifatorial, conforme mencionado pelos autores Arndt et al (8).

Em relação às perdas auditivas do lado esquerdo, Shimum et al (2) justificaram que há evidências de alterações mais significativas no recrutamento de áreas visuais e sensorio-motoras, resultando em um processo de plasticidade intermodal. Nesse processo, a privação auditiva em um dos hemisférios cerebrais leva ao recrutamento de outras regiões sensoriais com o objetivo de compensar a menor entrada de estímulos auditivos, promovendo a integração das redes neurais relacionadas à linguagem, cognição e atenção.

Nesse mesmo viés, crianças com PAUn podem apresentar alterações no equilíbrio postural, em comparação com crianças com audição íntegra. Neste sentido, tendem a utilizar mais a visão como apoio ao equilíbrio, o que difere da estratégia sensorial utilizada por crianças ouvintes. Além disso, é possível a ocorrência de anormalidades funcionais no sistema vestibular do ouvido interno, responsável pela manutenção do ajuste corporal^{1,4}.

Outro impacto relevante da audição monoaural são prejuízos no desempenho escolar e a maior fadiga auditiva, evidenciados pelos autores Malesci et al (5) e Chandrasekar et al (7), os quais discutem o fato destas crianças precisarem compensar a ausência de pistas binaurais através do recrutamento de regiões

envolvidas pela atenção e memória, causando uma sobrecarga e conseqüentemente, maior fadiga auditiva, podendo impactar a longo prazo.

Esses achados reforçam a importância de se compreender os mecanismos de reorganização cortical nos casos de PAUn. Quanto mais tempo persiste a privação auditiva, maiores são os riscos de que adaptações estruturais desfavoráveis influenciem o desempenho funcional da criança, além de dificultar tentativas de restaurar a audição binaural²⁵.

Assim, Rauch et al (10) mostram que, quando não são adotadas estratégias terapêuticas adequadas, pode haver impactos significativos sobre o desenvolvimento auditivo, cognitivo, social e emocional da criança. A ausência de estimulação bilateral nos primeiros anos favorece reorganizações permanentes das vias auditivas centrais, reduzindo as chances de recuperações neuronais mesmo com dispositivos eletrônicos. De maneira semelhante, Gordon et al (6) constataram que crianças com surdez unilateral congênita obtiveram resultados auditivos consideravelmente piores quando a intervenção foi tardia, destacando o tempo de reabilitação como um fator crucial.

Dessa forma, dentre as estratégias de reabilitação auditiva para estes casos, encontra-se o AASI. Indicado em casos de perda auditiva de grau leve a severo, a depender da audibilidade do ouvido acometido. Kaplan-Neeman et al (1) demonstraram que o uso do AASI pode favorecer não apenas a audibilidade e a percepção de fala, mas também a ativação de biomarcadores corticais, como o potencial evocado P1, o qual é um indicador de que o sinal da fala alcançou o córtex auditivo⁹.

O potencial P1, gerado no tálamo e no córtex auditivo primário, é considerado um marcador do desenvolvimento auditivo cortical. Com o avanço da idade, observa-se uma diminuição na latência e na amplitude das respostas corticais entre o ouvido íntegro e o ouvido com o dispositivo, mostrando-se menores ganhos no processamento auditivo cortical da orelha afetada em comparação a um ouvinte sem perda, o que evidencia um atraso na maturação das vias auditivas⁹.

Diante disso, evidencia-se a importância de intervenções precoces, como na reabilitação dessas crianças por meio de dispositivos eletrônicos, para reduzir ao

máximo os impactos causados pela PAUn. Os PEACs demonstram que a amplificação proporcionada pelo AASI é extremamente benéfica para a ativação adequada das vias auditivas e para redução da assimetria cortical causada pela privação auditiva, favorecendo assim, a plasticidade cortical. Além disso, o potencial P1 permite monitorar o desenvolvimento do processamento binaural, sendo uma ferramenta valiosa para avaliar os ganhos obtidos com o uso do AASI em crianças⁹.

Em contrapartida, um dos principais desafios encontrados na prática clínica é a baixa adesão ao uso do dispositivo. Pais e cuidadores subestimam o impacto da PAUn, muitas vezes pela falta de conscientização sobre as consequências da perda, o que está relacionado diretamente ao tempo de uso diário do AASI e, conseqüentemente, seus ganhos ao longo do processo¹³.

Outra estratégia de reabilitação é o sistema CROS, indicado para perdas de grau profundo, especialmente em casos em que não há benefício com o uso do AASI. Esse dispositivo funciona de forma a transmitir os sons do lado da orelha com perda para a orelha contralateral com audição preservada, o qual permite maior acesso aos estímulos sonoros e redução do efeito sombra da cabeça³⁰.

Além disso, tem-se uma melhora da percepção da fala no ruído quando a fonte sonora está do lado da orelha não acometida e uma ampliação do campo auditivo do usuário. Verifica-se também ganhos acadêmicos, principalmente em relação aos aspectos de leitura, escrita e interação social. Outro ponto relevante é que, por se tratar de uma tecnologia não invasiva, muitos usuários relatam avanços nestes aspectos já nas primeiras semanas de adaptação³⁰.

Apesar disso, por não fornecer estimulação direta à via auditiva do lado acometido, o dispositivo não atua na prevenção das reorganizações corticais decorrentes da privação auditiva⁷. Ademais, quando o ruído está do lado do transmissor, a inteligibilidade da fala pode ser comprometida, uma vez que o ruído também será direcionado para o ouvido sem perda, reduzindo o desempenho auditivo³⁰.

No que diz respeito à adesão, observa-se que crianças menores de cinco anos apresentam limitações para o uso do CROS, tanto pelo tamanho dos dispositivos quanto pela dificuldade em manejar situações de escuta complexas. A recomendação,

portanto, é que sua indicação seja feita a partir dessa faixa etária. Ainda assim, mesmo em crianças mais velhas e adultos, o uso contínuo nem sempre é observado, sendo comum que o dispositivo seja utilizado apenas em contextos específicos, como em sala de aula ou em ambientes ruidosos¹⁵.

Do ponto de vista neurofisiológico, o fato de não estimular a via auditiva prejudicada implica que o CROS não contribui para a preservação ou reorganização funcional dessa via, ao contrário, favorece a reorganização crossmodal^{5,7}. Assim, ainda que o dispositivo proporcione benefícios e melhor qualidade de vida, sua contribuição em termos de plasticidade cortical é limitada, o que reforça a necessidade de uma análise criteriosa para sua indicação. Dessa forma, o sistema CROS pode ser uma estratégia de reabilitação auditiva para casos de PAUn, mas com objetivos mais voltados para o aspecto funcional e comunicativo do que para a estimulação neural de longo prazo⁷.

Como outra forma de reabilitação, tem-se os dispositivos BCDs, indicados em casos de atresia do meato acústico externo, agenesia do ouvido médio, sequelas cirúrgicas e perda sensorial neural profunda unilateral. Sendo dispositivos capazes de restaurar a sensação auditiva do lado acometido¹².

Os BCDs, como mencionado pelos autores Yakawa et al (4), transmitem o som por meio da vibração óssea do crânio, enviando a informação sonora para a cóclea do ouvido contralateral, sem estimular diretamente o lado afetado, mecanismo semelhante ao sistema CROS. No entanto, se diferem em relação ao método de acoplamento e transmissão da energia vibratória. Seus benefícios estão atrelados à percepção de fala em ambientes ruidosos, na redução do efeito sombra da cabeça e na satisfação do usuário. Todavia, assim como no sistema CROS, não há restauração de habilidades binaurais, em razão do som ser processado apenas pela cóclea contralateral^{23,31}.

Estes dispositivos podem ser classificados em implantáveis, como o BAHA, Ponto, Bonebridge (BB) e Vibrant Soundbridge (VSB). E não implantáveis, a exemplo dos softbands, tiaras e sistemas adesivos, como o ADHEAR^{15,23}.

O ADHEAR tem se mostrado uma opção vantajosa entre os aparelhos não cirúrgicos, principalmente para crianças, como mencionado por Hirth et al (3). Trata-

se de um sistema adesivo de fácil adaptação, que não requer pressão constante sobre a pele e proporciona uma aparência estética mais agradável. O sistema promove avanços na compreensão da fala em ambientes ruidosos e boa aceitação entre o público infantil, apresentando menor risco de lesões na pele em comparação com dispositivos ancorados mecanicamente. No entanto, assim como em outros BCDs não implantáveis, os ganhos auditivos ainda são inferiores aos proporcionados por dispositivos cirúrgicos, e não se observa uma melhora significativa nas habilidades espaciais²³.

Por outro lado, o BAHA, Ponto, BB e VSB, necessitam de uma avaliação da anatomia craniana e uma idade mínima (normalmente a partir dos 5 anos). Os implantes oferecem maior estabilidade sonora e melhora na qualidade de sinal em relação aos sistemas não cirúrgicos¹⁵. A decisão entre BB e VSB é influenciada por aspectos anatômicos, grau de complexidade da cirurgia e particularidades do ouvido médio. Todavia, indica-se o VSB por proporcionar uma qualidade sonora superior, pois ativa estruturas da orelha média e melhora sua transmissão sonora³¹.

No entanto, até mesmo os dispositivos implantáveis não ativam a cóclea do lado afetado, o que impede a reorganização cortical da via auditiva ipsilateral. Sendo essencial dialogar com os pais e responsáveis sobre os benefícios e limitações que os BCDs implantáveis e não implantáveis oferecem.

Por fim, Hicks et al (13) evidenciam que o IC tem se mostrado como a única ferramenta de reabilitação capaz de promover a reorganização cortical de maneira eficiente em casos de perda auditiva de grau severo a profundo. Diferente do CROS e BCDs, o IC oferece estimulação direta da via auditiva ipsilateral ao ouvido afetado. Isso permite a restauração parcial dos aspectos binaurais e sua contribuição para o desenvolvimento auditivo cortical^{18,20,22}.

Além disso, Park et al (14) revelam os ganhos significativos na percepção da fala em ambientes ruidosos, no reconhecimento de palavras em silêncio e na localização sonora, em comparação com o ouvido sem perda ou com o período pré-implantação. Esses benefícios estão ligados diretamente à audição binaural, incluindo a diminuição do efeito sombra da cabeça, a somação e o silenciamento binaural^{17,20,21}.

Do ponto de vista neurofisiológico, o IC é o único dispositivo que pode oferecer input auditivo bilateral, ajudando a evitar reorganizações corticais mal-adaptativas, que são resultantes da privação sensorial. Dessa forma, a intervenção precoce é extremamente crucial para que haja maiores chances de plasticidade neuronal e integração binaural, garantindo melhores resultados a longo prazo¹⁸.

Desta forma, crianças que foram implantadas precocemente apresentaram, em razão do uso do dispositivo, constantes evoluções na percepção de fala e nas habilidades espaciais em médio e longo prazo. Outras pesquisas evidenciam que a ativação cortical binaural e os ganhos observados após os primeiros meses de implantação, tendem a se manter por 24 meses ou mais^{21,22}. Além disso, quando a criança é implantada antes dos 3,5 anos de idade, é possível observar resultados compatíveis com a sua faixa etária já entre 3 e 6 meses após ativação do IC. Em contrapartida, nos casos de reabilitação tardia, após os 7 anos, tem-se uma redução significativa da plasticidade cortical, de modo que as latências dos PEACs apresentam pouca variação após um mês de ativação, mantendo-se praticamente constantes²⁴.

Vale ressaltar que, quando a implantação ocorre de forma tardia e o córtex auditivo já recruta áreas destinadas a habilidades visuais. Poderá também ocorrer a plasticidade crossmodal. Dessa forma, quando o sistema auditivo central já se reorganizou antes da ativação do IC, torna-se difícil reverter este quadro, o que limita os ganhos do paciente²⁴. Além disso, medidas subjetivas como o questionário SSQ-C mostram que pais relatam progressos significativos na comunicação, na localização de sons e na redução do esforço auditivo após a implantação²¹.

Apesar dos benefícios, o IC apresenta algumas limitações, principalmente quando a intervenção é tardia. Nesses casos, os ganhos funcionais tendem a ser menores, evidenciando a existência de um período crítico para o desenvolvimento da plasticidade auditiva. Ainda assim, o implante pode trazer benefícios, embora sua eficácia seja reduzida, sobretudo em tarefas que exigem integração binaural²⁴.

Portanto, conclui-se que o IC é a ferramenta mais eficaz para restauração da audição binaural em comparação aos outros dispositivos, sendo fundamental sua indicação precoce para prevenir reorganizações mal-adaptativas e potencializar ganhos auditivos, cognitivos e sociais^{18,19,20}. Malesci et al (5) reforçam essa evidência

ao demonstrar que o IC pode restabelecer a organização cortical, revertendo os padrões de reorganização associados à PAUn. De forma complementar, Liu et al (15) apontam que a plasticidade cortical induzida pelo IC está diretamente relacionada às melhorias progressivas na percepção da fala e nas habilidades auditivas ao longo do tempo.

Diante de todos estes aspectos, os artigos analisados nesta revisão evidenciaram que a PAUn impacta múltiplos fatores do desenvolvimento auditivo, cognitivo, motor e social. Dessa forma, no que diz respeito à localização sonora e audição espacial, os artigos 2, 6, 7, 8, 9 e 14 mostraram que crianças com PAUn apresentam alterações na lateralização auditiva e déficits persistentes na percepção espacial, mesmo após intervenção. Esses achados reforçam a importância da estimulação binaural para o desenvolvimento adequado dessas habilidades, sendo o IC o dispositivo mais capaz de restaurar em parte a audição binaural, especialmente quando indicado precocemente^{19,22}.

Em relação à percepção de fala, tanto em silêncio quanto em ambientes ruidosos, os artigos 3, 4, 5, 7, 10, 11, 12, 13 e 15 demonstraram ganhos significativos após a reabilitação com AASI, CROS, BCDs e IC, embora apresente diferenças entre as estratégias, dado a singularidade de cada caso.

Quanto ao equilíbrio e às funções sensório-motoras, McSweeny et al (9) relataram déficits vestibulares e dificuldades de coordenação postural. A privação auditiva compromete a percepção espacial, o ajuste postural e a coordenação motora, indicando que a reabilitação pode contribuir para o desenvolvimento motor ao restaurar parte da informação auditiva binaural.

Por fim, os mecanismos de reorganização neuronal foram descritos pelos artigos 1, 2, 9 e 14, os quais evidenciaram alterações corticais e subcorticais, incluindo redução da massa cinzenta no córtex auditivo contralateral e recrutamento de outras modalidades sensoriais, como áreas visuais e motoras. Esses achados foram evidenciados por estes estudos, que analisaram biomarcadores corticais, como os PEACs, demonstrando atrasos na maturação auditiva e a importância da intervenção precoce para prevenir reorganizações mal-adaptativas.

Convém ressaltar que a aplicação da ferramenta MINORS na avaliação metodológica permitiu identificar os artigos com maior rigor científico, os quais forneceram evidências mais consistentes para sustentar a literatura analisada. Dessa forma, foi possível promover uma discussão com bases mais robustas e confiáveis.

É importante destacar que o presente estudo possui algumas limitações metodológicas, como: o número limitado de artigos (n=15) encontrados; os diferentes graus da perda auditiva unilateral nos pacientes que compuseram a amostragem dos estudos e a variação da faixa etária das crianças avaliadas, afetando diretamente a interpretação dos resultados, pois ambos os fatores influenciam a plasticidade cortical e os efeitos das intervenções. Assim, esses aspectos reforçam a necessidade de futuras pesquisas com amostras maiores e mais homogêneas, capazes de aprofundar a compreensão dos efeitos da PAUn e otimizar as estratégias de intervenção.

CONCLUSÃO

- A PAUn causa prejuízos nas habilidades auditivas, como localização sonora, audição espacial e percepção de fala.
- Esses impactos resultam da ausência de pistas binaurais e da reorganização das vias auditivas.
- Dispositivos como AASI, CROS, BCDs e IC trazem benefícios, com destaque para o IC.
- Intervenção precoce, uso consistente do dispositivo e acompanhamento contínuo são essenciais para o desenvolvimento auditivo infantil.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente revisão aponta que a PAUn causa prejuízos significativos nas habilidades auditivas, especialmente na localização sonora, audição espacial e percepção de fala nos ambientes silenciosos e ruidosos. Esses efeitos decorrem da ausência de pistas binaurais e da reorganização das vias auditivas centrais.

O uso de dispositivos eletrônicos, como AASI, CROS, BCDs e IC, mostrou benefícios distintos, com destaque para o IC por favorecer a estimulação direta da via auditiva e a plasticidade cortical.

Constatou-se que a intervenção precoce, o uso consistente do dispositivo e o acompanhamento fonoaudiológico e familiar contínuo são fundamentais para minimizar os impactos da privação auditiva e promover o desenvolvimento auditivo infantil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Núñez-Batalla F, Jáudenes-Casaubón C, Sequí-Canet JM, Vivanco-Allende A, Zubicaray-Ugarteche J. Early diagnosis and treatment of unilateral or asymmetrical hearing loss in children: CODEPEH recommendations. *Acta Otorrinolaringol Esp (Engl Ed)*. 2020 Jan-Feb;71(1):45-55. English, Spanish. doi: 10.1016/j.otorri.2018.09.004. Epub 2018 Dec 19. PMID: 30579510.
2. Sharma A, Glick H, Campbell J, Torres J, Dorman M, Zeitler DM. Cortical Plasticity and Reorganization in Pediatric Single-sided Deafness Pre- and Postcochlear Implantation: A Case Study. *Otol Neurotol*. 2016 Feb;37(2):e26-34. doi: 10.1097/MAO.0000000000000904. PMID: 26756152; PMCID: PMC6530986.
3. Pereira T, Costa KC, Pomilio MCA, Costa SM da S, Rodrigues GRI, Sartorato EL. Investigação etiológica da deficiência auditiva em neonatos identificados em um programa de triagem auditiva neonatal universal. *Rev CEFAC*. 2014;16(2):422-9. doi: 10.1590/1982-0216201419712.
4. Purcell PL, Cushing SL, Papsin BC, et al. Unilateral Hearing Loss and Single-Sided Deafness in Children: an update on diagnosis and management. *Curr Otorhinolaryngol Rep*. 2020;8:259-66. doi: 10.1007/s40136-020-00293-8.
5. Cardon G, Campbell J, Sharma A. Plasticity in the developing auditory cortex: evidence from children with sensorineural hearing loss and auditory neuropathy spectrum disorder. *J Am Acad Audiol*. 2012 Jun;23(6):396-411; quiz 495. doi:10.3766/jaaa.23.6.3.
6. Kral A, Sharma A. Crossmodal plasticity in hearing loss. *Trends Neurosci*. 2023 May;46(5):377-393. doi: 10.1016/j.tins.2023.02.004. Epub 2023 Mar 27. PMID: 36990952; PMCID: PMC10121905.
7. Legris E, Roux S, Aoustin JM, Galvin J, Bakhos D. Cortical auditory responses according to hearing rehabilitation in unilateral hearing loss. *Eur Ann Otorhinolaryngol Head Neck Dis*. 2019 Nov;136(6):439-445. doi: 10.1016/j.anorl.2019.08.001. Epub 2019 Aug 30. PMID: 31477531.
8. Slim K, Nini E, Forestier D, Kwiatkowski F, Panis Y, Chipponi J. Methodological index for non-randomized studies (MINORS): development and validation of a new instrument. *ANZ J Surg*. 2003 Sep;73(9):712-6. doi: 10.1046/j.1445-2197.2003.02748.x. PMID: 12956787.
9. Kaplan-Neeman R, Greenbom T, Habiballah S, Henkin Y. Biomarkers of auditory cortical plasticity and development of binaural pathways in children with unilateral hearing loss using a hearing aid. *Hear Res*. 2024 Sep 15;451:109096. doi: 10.1016/j.heares.2024.109096. Epub 2024 Aug 2. PMID: 39116708.
10. Shim L, Kim J, Kim G, Lee HJ. Ear-specific neuroplasticity for sound localization in individuals with single-sided deafness. *Hear Res*. 2025 Apr;459:109207. doi: 10.1016/j.heares.2025.109207. Epub 2025 Feb 6. PMID: 39933256.
11. Hirth D, Weiss R, Stöver T, Kramer S. Audiological benefit and subjective satisfaction with the ADHEAR hearing system in children with unilateral conductive

- hearing loss. *Eur Arch Otorhinolaryngol.* 2021 Aug;278(8):2781-2788. doi: 10.1007/s00405-020-06364-2. Epub 2020 Sep 19. PMID: 32949303.
12. Yakawa S, Sugiuchi T, Myojin R, Sato K, Murakami T, Miyoshi Y, Sugio Y. Management of Cartilage Conduction Hearing Aids in Pediatric Patients. *Audiol Res.* 2023 Nov 6;13(6):871-888. doi: 10.3390/audiolres13060076. PMID: 37987334; PMCID: PMC10660859.
13. Malesci R, Laria C, Freda G, Vecchio VD, Mallardo A, Serra N, Auletta G, Fetoni AR. Hearing Outcomes in Children with Unilateral Hearing Loss. The Benefits of Rehabilitative Strategies: Preliminary Results. *Audiol Res.* 2025 Apr 2;15(2):37. doi: 10.3390/audiolres15020037. PMID: 40277582; PMCID: PMC12024400.
14. Gordon KA, Alemu R, Papsin BC, Negandhi J, Cushing SL. Effects of Age at Implantation on Outcomes of Cochlear Implantation in Children with Short Durations of Single-Sided Deafness. *Otol Neurotol.* 2023 Mar 1;44(3):233-240. doi: 10.1097/MAO.0000000000003811. Epub 2023 Jan 14. PMID: 36728258; PMCID: PMC9924958.
15. Chandrasekar B, Hogg ES, Patefield A, Strachan L, Sharma SD. Hearing outcomes in children with single sided deafness: Our experience at a tertiary paediatric otorhinolaryngology unit. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol.* 2023 Apr;167:111296. doi: 10.1016/j.ijporl.2022.111296. Epub 2022 Sep 5. PMID: 36924647.
16. Arndt S, Findeis L, Wesarg T, Aschendorff A, Speck I, Ketterer MC, Rauch AK. Long-Term Outcome of Cochlear Implantation in Children With Congenital, Perilingual, and Postlingual Single-Sided Deafness. *Ear Hear.* 2024 Mar-Apr 01;45(2):316-328. doi: 10.1097/AUD.0000000000001426. Epub 2023 Sep 20. PMID: 37726884.
17. McSweeney C, Cushing SL, Campos JL, Papsin BC, Gordon KA. Functional Consequences of Poor Binaural Hearing in Development: Evidence From Children With Unilateral Hearing Loss and Children Receiving Bilateral Cochlear Implants. *Trends Hear.* 2021 Jan-Dec;25:23312165211051215. doi: 10.1177/23312165211051215. PMID: 34661482; PMCID: PMC8527588.
18. Rauch AK, Arndt S, Aschendorff A, Beck R, Speck I, Ketterer MC, Jakob TF, Hasepass F. Long-term results of cochlear implantation in children with congenital single-sided deafness. *Eur Arch Otorhinolaryngol.* 2021 Sep;278(9):3245-3255. doi: 10.1007/s00405-020-06409-6. Epub 2020 Oct 20. PMID: 33079248; PMCID: PMC8328851.
19. Spiegel JL, Mueller J, Boehnlein R, Hempel JM, Spiro JE, Weiss BG, Bertlich M, Canis M, Rader T. Influence of cochlear coverage on speech perception in single sided deafness, bimodal, and bilateral implanted cochlear implant patients. *Eur Arch Otorhinolaryngol.* 2025 Apr;282(4):1853-1863. doi: 10.1007/s00405-024-09086-x. Epub 2024 Dec 17. PMID: 39681657; PMCID: PMC11950124.
20. Brown KD, Dillon MT, Park LR. Benefits of Cochlear Implantation in Childhood Unilateral Hearing Loss (CUHL Trial). *Laryngoscope.* 2022 Mar;132 Suppl 6(Suppl 6):S1-S18. doi: 10.1002/lary.29853. Epub 2021 Sep 20. PMID: 34542181; PMCID: PMC9293149.

21. Hicks KB, Park LR, Brown KD, Dillon MT. Long-Term Perceived Benefit of Pediatric Cochlear Implant Users with Unilateral Hearing Loss. *Laryngoscope*. 2024 Feb;134(2):919-925. doi: 10.1002/lary.30896. Epub 2023 Jul 19. PMID: 37466238.
22. Park LR, Dillon MT, Buss E, Brown KD. Two-Year Outcomes of Cochlear Implant Use for Children With Unilateral Hearing Loss: Benefits and Comparison to Children With Normal Hearing. *Ear Hear*. 2023 Sep-Oct 01;44(5):955-968. doi: 10.1097/AUD.0000000000001353. Epub 2023 Mar 7. PMID: 36879386; PMCID: PMC10426784.
23. Liu Y, Qiu W, Yang L, Wang Y, Zhu J, Lv M, et al. Clinical experience of an adhesive bone conduction hearing system in children with congenital single-sided deafness. *Braz J Otorhinolaryngol*. 2024;90(4):101427. doi: 10.1016/j.bjorl.2024.101427.
24. Boéchat EM. Sistema auditivo nervoso central: plasticidade e desenvolvimento. In: Boéchat EM, Menezes PL, Couto CM, Frizzo ACF, Scharlach RC, Anastasio ART, editors. *Tratado de Audiologia*. 2. ed. São Paulo: Santos; 2015. p. 49-57.
25. Yang M, Chen HJ, Liu B, Huang ZC, Feng Y, Li J, Chen JY, Zhang LL, Ji H, Feng X, Zhu X, Teng GJ. Brain structural and functional alterations in patients with unilateral hearing loss. *Hear Res*. 2014 Oct;316:37-43. doi: 10.1016/j.heares.2014.07.006. Epub 2014 Aug 2. PMID: 25093284.
26. Kral A, Kronenberger WG, Pisoni DB, O'Donoghue GM. Neurocognitive factors in sensory restoration of early deafness: a connectome model. *Lancet Neurol*. 2016 May;15(6):610-21. doi: 10.1016/S1474-4422(16)00034-X. Epub 2016 Mar 12. PMID: 26976647; PMCID: PMC6260790.
27. Gordon K, Henkin Y, Kral A. Asymmetric Hearing During Development: The Aural Preference Syndrome and Treatment Options. *Pediatrics*. 2015 Jul;136(1):141-53. doi: 10.1542/peds.2014-3520. Epub 2015 Jun 8. PMID: 26055845.
28. Wang X, Xu P, Li P, Wang Z, Zhao F, Gao Z, Xu L, Luo YJ, Fan J, Liu P. Alterations in gray matter volume due to unilateral hearing loss. *Sci Rep*. 2016 May 13;6:25811. doi: 10.1038/srep25811. PMID: 27174521; PMCID: PMC4865827.
29. Rohlf AK, Friedhoff J, Bohnert A, Breidfuss A, Hess M, Müller F, Strauch A, Röhrs M, Wiesner T. Unilateral hearing loss in children: a retrospective study and a review of the current literature. *Eur J Pediatr*. 2017 Apr;176(4):475-486. doi: 10.1007/s00431-016-2827-2. Epub 2017 Jan 28. PMID: 28132094.
30. Nascimento VOC, Uberti LB, Ferreira GC, Pagliarin KC. Aplicabilidade e considerações clínicas do sistema Contralateral Routing of Signal (CROS): revisão sistemática. *Distúrb Comun*. 2022;34(1):e51149. Disponível em: <https://revistas.pucsp.br/index.php/dic/article/view/51149>.
31. Liu Y, Yang L, Wang Y, Zhu J, Qiu W, Lv M, Wang D, Zhao S. Long-term safety and subjective satisfaction of Bonebridge and Vibrant Soundbridge in congenital unilateral conductive hearing loss. *Acta Otorhinolaryngol Ital*. 2024 Oct;44(5):322-332. doi: 10.14639/0392-100X-N2659. PMID: 39526769; PMCID: PMC11556773.