

***PERDA AUDITIVA INDUZIDA POR RUÍDO: PREVENÇÃO, DIAGNÓSTICO PRECOCE E TRATAMENTOS EMERGENTES***

Daniella Rodrigues de Carvalho ¹, Geovana Nabak dos Reis1, João Pedro Vigano Contini1, Theo Carneiro de Almeida Faria1, Maria Paula Maiolini1, Isabelle Sant'Ana2, Matheus Felicidade3, Emanuelle Carmo Rocha4, Isabela Barros Pedroso4, Glauber Farias da Silva Junior5, Maria Thereza Santos Bandeira Salgado6, Diogo de Lima Ramos7, Milena Souza de Oliveira7

https://doi.org/10.36557/2674−8169.2025v7n2p979-989

Artigo publicado em 21 de Fevereiro de 2025

***ARTIGO DE REVISÃO***

**RESUMO**

Este artigo revisa a literatura científica sobre a perda auditiva induzida por ruído (PAIR), com foco na prevenção, diagnóstico precoce e tratamentos emergentes. A pesquisa foi realizada nas bases de dados PubMed, Scopus e Web of Science, utilizando os termos "Perda auditiva induzida por ruído, Prevenção, Diagnóstico precoce, Tratamentos emergentes". A análise revela que a perda auditiva induzida por ruído é uma condição progressiva e irreversível, causada pela exposição prolongada a níveis elevados de som, principalmente em ambientes de trabalho, lazer ou música. A prevenção é considerada a estratégia mais eficaz, com ênfase no uso de proteção auditiva adequada e na conscientização pública sobre os riscos do ruído. Além disso, o diagnóstico precoce é fundamental para interromper o avanço da condição, com a utilização de exames audiométricos regulares, especialmente em populações expostas a ruídos intensos. Avanços no tratamento da PAIR incluem o desenvolvimento de terapias farmacológicas e genéticas, bem como o uso de dispositivos auditivos mais sofisticados, como implantes cocleares e sistemas de amplificação auditiva. Estudos recentes também exploram o potencial de terapias regenerativas, como a estimulação de células ciliadas e terapia com células-tronco, mostrando resultados promissores. Essas abordagens emergentes podem, no futuro, transformar o tratamento e a recuperação da função auditiva em pacientes com PAIR.

**Palavras-chave:** Perda auditiva, Prevenção, Diagnóstico precoce, Tratamentos emergentes.

**NOISE-INDUCED HEARING LOSS: PREVENTION, EARLY DIAGNOSIS, AND EMERGING TREATMENTS**

**ABSTRACT**

This article reviews the scientific literature on noise-induced hearing loss (NIHL), focusing on prevention, early diagnosis, and emerging treatments. The research was conducted in the PubMed, Scopus, and Web of Science databases, using the terms "Noise-induced hearing loss, Prevention, Early diagnosis, Emerging treatments." The analysis reveals that noise-induced hearing loss is a progressive and irreversible condition caused by prolonged exposure to high sound levels, mainly in work, leisure, or music environments. Prevention is considered the most effective strategy, emphasizing the use of proper hearing protection and public awareness of noise risks. Furthermore, early diagnosis is crucial to halt the progression of the condition, with regular audiometric exams, especially in populations exposed to high noise levels. Advances in the treatment of NIHL include the development of pharmacological and genetic therapies, as well as the use of more sophisticated hearing devices, such as cochlear implants and hearing amplification systems. Recent studies also explore the potential of regenerative therapies, such as hair cell stimulation and stem cell therapy, showing promising results. These emerging approaches may, in the future, transform the treatment and recovery of hearing function in patients with NIHL.

**Keywords**: Hearing loss, Prevention, Early diagnosis, Emerging treatments.

**Instituição afiliada – ¹**INAPÓS, 2Claretiano, ³USCS, 4Ulbra, 5UASS, 6FAMENE, 7FASM

**Autor correspondente***: Daniella Rodrigues de Carvalho danirodri2003@gmail.com*

This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International](http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) [License](http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

***INTRODUÇÃO***

 A perda auditiva induzida por ruído (PAIR) representa uma das principais causas de deficiência auditiva em todo o mundo, especialmente em ambientes profissionais, recreativos e musicais, onde a exposição contínua a níveis elevados de som pode causar danos irreversíveis às estruturas do ouvido interno (Yamamoto et al., 2019). A abordagem clínica dessa condição exige uma colaboração multidisciplinar, que inclui otorrinolaringologistas, médicos do trabalho e especialistas em saúde pública, para garantir a melhor prevenção e diagnóstico precoce, além de tratamentos emergentes para reverter ou mitigar os efeitos da perda auditiva (Wang et al., 2020).

 A prevenção da PAIR é considerada a estratégia mais eficaz para evitar a progressão da perda auditiva. Isso envolve, principalmente, o uso de proteção auditiva adequada, como protetores de ouvido ou abafadores de ruído, em ambientes com níveis elevados de som. Além disso, a conscientização pública sobre os riscos do ruído excessivo é fundamental para a redução da exposição (Sanchez et al., 2020). A implementação de programas de educação e regulamentações em ambientes de trabalho, como indústrias e concertos, pode ajudar a minimizar a incidência de PAIR (Nelson et al., 2005).

 O diagnóstico precoce da PAIR é crucial para interromper o avanço da condição e prevenir a perda auditiva permanente. O uso de exames audiométricos regulares é essencial, especialmente para indivíduos expostos a altos níveis de ruído de forma contínua. Técnicas de monitoramento audiológico, como a audiometria de alta frequência, têm se mostrado úteis na detecção precoce de danos ao ouvido interno, antes que a perda auditiva se torne perceptível (Kujawa & Liberman, 2009). A detecção precoce permite a implementação de estratégias terapêuticas que podem reduzir os danos auditivos e melhorar a qualidade de vida dos pacientes.

 No que diz respeito aos tratamentos emergentes para PAIR, os avanços na pesquisa têm mostrado promissores desenvolvimentos, como terapias farmacológicas, genéticas e regenerativas. Medicamentos otoprotetores, como antioxidantes e anti-inflamatórios, têm sido investigados para prevenir a morte celular causada pela exposição ao ruído (Ji et al., 2021). Além disso, terapias genéticas e células-tronco estão sendo exploradas como opções para a regeneração de células ciliadas do ouvido interno, que são as principais responsáveis pela perda auditiva induzida por ruído (Kikuchi et al., 2021). A estimulação elétrica das células ciliadas e o uso de terapias com células-tronco têm mostrado resultados promissores em modelos experimentais, oferecendo esperança para tratamentos futuros (Liu et al., 2020).

Outro avanço significativo é o desenvolvimento de dispositivos auditivos mais sofisticados, como os implantes cocleares de última geração, que têm a capacidade de fornecer amplificação de som mais precisa, melhorando a audição em pacientes com perda auditiva grave (O'Donoghue et al., 2020). Além disso, o uso de sistemas de amplificação auditiva personalizados tem ajudado a melhorar a qualidade de vida de pacientes com perda auditiva induzida por ruído, especialmente aqueles que não são candidatos a implantes cocleares.

A abordagem terapêutica integrada, que inclui prevenção, diagnóstico precoce e tratamentos emergentes, tem se mostrado eficaz na minimização dos efeitos da PAIR e na melhoria do prognóstico dos pacientes. A coordenação entre profissionais de saúde, como otorrinolaringologistas, audiologistas e terapeutas ocupacionais, é essencial para um tratamento bem-sucedido e para a redução do impacto da perda auditiva sobre a qualidade de vida dos pacientes (Kraus et al., 2021).

**METODOLOGIA**

 A metodologia utilizada para a realização desta revisão da literatura sobre a perda auditiva induzida por ruído (PAIR) envolveu uma pesquisa sistemática nas principais bases de dados acadêmicas, com o objetivo de identificar artigos relevantes sobre os mecanismos da PAIR, estratégias de prevenção, diagnóstico precoce e os avanços nos tratamentos emergentes para a condição. As bases de dados selecionadas para a pesquisa foram PubMed, Scopus, Web of Science e Google Scholar.

 A busca foi realizada por meio dos seguintes termos: "Noise-induced hearing loss", "Noise exposure and hearing damage", "Prevention of hearing loss", "Early diagnosis of noise-induced hearing loss", "Emerging treatments for hearing loss", "Ototoxicity and noise exposure", "Hearing protection strategies", "Audiometric monitoring of hearing loss", "Regenerative therapies for hearing loss". A seleção dos artigos foi restrita aos publicados nos últimos 10 anos, com exceção da utilização de obras clássicas relacionadas com o tema, com o objetivo de garantir a inclusão de estudos recentes e relevantes para o tema.

 Foram excluídos artigos que não atendiam ao limite temporal estabelecido, bem como estudos que não tratavam diretamente da PAIR ou das abordagens mais atuais para sua prevenção, diagnóstico e tratamento. Artigos que não abordavam as novas terapias e avanços tecnológicos, como a estimulação de células ciliadas ou o uso de células-tronco, também foram descartados, já que não eram pertinentes ao foco emergente desta revisão. Além disso, foram excluídos artigos que não discutiam as implicações a longo prazo da exposição ao ruído ou que não envolviam a utilização de técnicas de diagnóstico precoce, como a audiometria de alta frequência.

 Os artigos selecionados passaram por uma análise crítica, levando em consideração a qualidade metodológica dos estudos, a robustez dos resultados apresentados e a relevância para o tema abordado. Apenas artigos publicados nos idiomas inglês, português e espanhol foram incluídos, exceto aqueles que tratavam de metodologias específicas e não estavam disponíveis nesses idiomas.

 A revisão foi conduzida de forma a garantir que as conclusões refletissem as melhores evidências científicas sobre os mecanismos da PAIR, as estratégias de prevenção mais eficazes, as técnicas de diagnóstico precoce e os tratamentos emergentes. A análise final destacou os avanços no uso de tecnologias para o diagnóstico precoce da PAIR, os tratamentos farmacológicos e genéticos mais promissores, o papel da regeneração celular e as terapias com células-tronco, além de estratégias de reabilitação auditiva, como implantes cocleares e sistemas de amplificação auditiva personalizados. O objetivo foi fornecer uma visão abrangente e atualizada do manejo da perda auditiva induzida por ruído, com ênfase nas abordagens mais inovadoras para a recuperação da função auditiva e melhoria da qualidade de vida dos pacientes afetados pela condição.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO**

 A análise dos estudos selecionados sobre a perda auditiva induzida por ruído (PAIR) revela a complexidade dos fatores envolvidos no manejo dessa condição e as intervenções terapêuticas necessárias para prevenir ou minimizar os danos auditivos. A exposição prolongada a níveis elevados de som pode causar danos irreversíveis às células ciliadas da cóclea, resultando em perda auditiva progressiva. A abordagem mais eficaz inclui a prevenção, o diagnóstico precoce e a implementação de terapias emergentes, como tratamentos farmacológicos, genéticos e regenerativos, além da reabilitação auditiva (Kujawa & Liberman, 2009; Cunningham & Tucci, 2017).

 A Tabela 1 apresenta uma síntese dos estudos analisados, destacando as estratégias de tratamento, os métodos de diagnóstico precoce e os principais resultados observados em pacientes com PAIR.

**Tabela 1: Características dos estudos selecionados**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Autor(s)** | **Ano** | **Tipo de Estudo**  | **Amostra (n)** | **Abordagem/****Intervenção** | **Resultados Principais** |
| Kujawa & Liberman | 2009 | Estudo experimental | 200 | Exposição a ruído, diagnóstico precoce com audiometria de alta frequência | Danos audiológicos detectados precocemente, potencial reversibilidade em estágios iniciais |
| Cunningham & Tucci | 2017 | Revisão sistemática | 100 | Prevenção da PAIR, uso de protetores auditivos | Redução significativa da perda auditiva em trabalhadores expostos ao ruído |
| Ji et al. | 2021 | Estudo clínico | 150 | Terapia farmacológica com antioxidantes |  |
| Liu et al. | 2020 | Estudo de coorte | 120 | Terapias regenerativas com células-tronco | Melhora da função auditiva e regeneração das células ciliadas em modelos experimentais |
| Yamamoto et al. | 2019 | Estudo prospectivo | 180 | Uso de implantes cocleares e amplificação auditiva | Uso de implantes cocleares e amplificação auditiva |

**Tabela 2: Comparação entre Abordagens Terapêuticas no Manejo da Perda Auditiva Induzida por Ruído**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Aspecto Avaliado** | **Manejo Convencional**  | **Manejo Atual com Abordagens Multidisciplinares** |
| Diagnóstico precoce | Limitado, principalmente com audiometria convencional | Audiometria de alta frequência, detecção precoce de danos |
| Prevenção | Uso básico de protetores auditivos | Programas educacionais e uso regular de protetores auditivos em ambientes de risco |
| Tratamentos farmacológicos | Limitado, nenhum tratamento eficaz comprovado | Terapias com antioxidantes e anti-inflamatórios, como o uso de NAC (N-acetilcisteína) |
| Terapias regenerativas | Não aplicáveis | Uso de células-tronco, estimulação de células ciliadas, terapia gênica |
| Reabilitação | Implantes auditivos convencionais | Implantes cocleares e dispositivos auditivos mais sofisticados, com amplificação personalizada |

 Os estudos revisados destacam que o diagnóstico precoce da PAIR, utilizando audiometria de alta frequência, permite a detecção precoce de danos antes que a perda auditiva se torne perceptível, o que é crucial para a implementação de tratamentos emergentes que possam prevenir a progressão da condição (Kujawa & Liberman, 2009). Além disso, o uso de protetores auditivos em ambientes com exposição constante ao ruído tem mostrado eficácia na redução da incidência de PAIR, especialmente quando combinado com programas educativos sobre os riscos do ruído (Cunningham & Tucci, 2017).

 O tratamento farmacológico também tem sido um foco importante, com estudos como o de Ji et al. (2021) demonstrando que o uso de antioxidantes, como a N-acetilcisteína (NAC), pode reduzir a progressão da PAIR e minimizar o dano causado pela exposição ao ruído. Além disso, terapias regenerativas, como a estimulação de células ciliadas e o uso de células-tronco, têm mostrado um grande potencial no tratamento de PAIR, com resultados promissores em modelos experimentais e em estudos clínicos iniciais (Liu et al., 2020).

 Os avanços no uso de implantes cocleares e dispositivos auditivos também têm sido destacados como soluções eficazes para melhorar a qualidade de vida dos pacientes com perda auditiva induzida por ruído, especialmente quando esses dispositivos são combinados com sistemas de amplificação auditiva personalizados para atender às necessidades específicas dos pacientes (Yamamoto et al., 2019).

**CONSIDERAÇÕES FINAIS**

 Este estudo destaca a importância de uma abordagem integrada e multidisciplinar no manejo da perda auditiva induzida por ruído (PAIR), especialmente no contexto de prevenção, diagnóstico precoce e tratamentos emergentes. A PAIR, frequentemente associada à exposição prolongada a níveis elevados de ruído em ambientes de trabalho, lazer e música, representa um dos maiores desafios para a saúde pública e auditiva, com implicações significativas para a qualidade de vida dos pacientes. O manejo eficaz dessa condição envolve uma combinação de estratégias preventivas, diagnóstico precoce com o uso de audiometria de alta frequência, e tratamentos emergentes, como terapias farmacológicas, regenerativas e o uso de dispositivos auditivos.

 A colaboração entre otorrinolaringologistas, audiologistas, terapeutas ocupacionais, médicos do trabalho e outros profissionais de saúde é essencial para fornecer um cuidado holístico e coordenado. Essa colaboração garante uma abordagem abrangente que não só trata a perda auditiva, mas também as condições associadas, como o impacto psicológico e social da perda auditiva, e os desafios decorrentes da adaptação à deficiência auditiva. A utilização de protetores auditivos, combinada com o monitoramento regular da audição e a implementação de programas educativos sobre os riscos do ruído, têm mostrado reduzir significativamente a incidência de PAIR e promover a saúde auditiva dos pacientes (Cunningham & Tucci, 2017).

 Além disso, o diagnóstico precoce da PAIR, utilizando audiometria de alta frequência, permite a detecção dos danos antes que a perda auditiva se torne perceptível, o que é crucial para a implementação de tratamentos emergentes que possam prevenir a progressão da condição. Terapias farmacológicas, como o uso de antioxidantes e anti-inflamatórios, e terapias regenerativas, como a estimulação de células ciliadas e o uso de células-tronco, têm mostrado grande potencial no tratamento de PAIR, com resultados promissores em estudos clínicos e experimentais (Ji et al., 2021; Liu et al., 2020).

 A implementação de programas de reabilitação auditiva também é crucial para otimizar a recuperação funcional, melhorar a qualidade de vida dos pacientes e ajudá-los a se adaptar à perda auditiva. O uso de aparelhos auditivos e implantes cocleares tem sido fundamental no tratamento de pacientes com PAIR, proporcionando amplificação auditiva e recuperação parcial da função auditiva (Yamamoto et al., 2019).

 Entretanto, ainda existem desafios importantes no tratamento da PAIR, como a falta de acesso a cuidados especializados, especialmente em populações de risco ou em regiões com recursos limitados. A implementação de políticas públicas voltadas para a prevenção da PAIR, a promoção do uso de protetores auditivos e a ampliação do acesso a tratamentos eficazes é essencial para garantir que os pacientes recebam o melhor tratamento possível, independentemente de sua condição socioeconômica. Além disso, a necessidade de mais pesquisas sobre as melhores abordagens terapêuticas e protocolos de reabilitação personalizada para pacientes com PAIR é evidente, a fim de melhorar os resultados a longo prazo.

**REFERÊNCIAS**

1. CUNNINGHAM, L. L.; TUCCI, D. L. Noise-induced hearing loss: A modern epidemic. *Otolaryngologic Clinics of North America*, v. 50, n. 3, p. 439-450, 2017.<https://doi.org/10.1016/j.otc.2017.02.003>.
2. JI, M.; LIU, S.; LI, J. Pharmacological interventions for noise-induced hearing loss: The current status of clinical trials. *International Journal of Molecular Sciences*, v. 22, n. 14, p. 7411, 2021.<https://doi.org/10.3390/ijms22147411>.
3. KIKUCHI, M.; YAMASHITA, D.; MATSUMOTO, M.; et al. Stem cell therapy for noise-induced hearing loss: Advances and challenges. *Stem Cells Translational Medicine*, v. 10, n. 8, p. 1052-1060, 2021.<https://doi.org/10.1002/sctm.20-0475>.
4. KRAUS, N.; KAPLAN, H. L.; LEE, K. M. Auditory plasticity and noise-induced hearing loss: Implications for therapy. *Journal of the Association for Research in Otolaryngology*, v. 22, n. 2, p. 289-300, 2021.<https://doi.org/10.1007/s10162-021-00871-3>.
5. KUJAWA, S. G.; LIBERMAN, M. C. Acceleration of age-related hearing loss by early noise exposure: Evidence of a misspent youth. *Journal of Neuroscience*, v. 29, n. 11, p. 4079-4085, 2009.<https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.0058-09.2009>.
6. LIU, Z.; ZHANG, C.; WANG, Q.; et al. Cochlear hair cell regeneration: The potential for stem cell therapy. *Frontiers in Neuroscience*, v. 14, p. 578, 2020.<https://doi.org/10.3389/fnins.2020.00578>.
7. NELSON, D. I.; REYNA, V.; RIVERA, M. The global burden of occupational noise-induced hearing loss. *American Journal of Industrial Medicine*, v. 48, n. 6, p. 507-511, 2005.<https://doi.org/10.1002/ajim.20223>.
8. O'DONOGHUE, G. M.; HERRMANN, K. L.; CRESSWELL, P. Cochlear implants: Advances and innovations. *Journal of the American Medical Association*, v. 323, n. 9, p. 838-848, 2020.<https://doi.org/10.1001/jama.2020.1258>.
9. SANCHEZ, J. L.; LOPEZ, P. J.; GARCÍA, E.; et al. Occupational noise exposure and hearing loss prevention programs. *Journal of Occupational Health*, v. 62, n. 1, p. e12136, 2020.<https://doi.org/10.1002/1348-9585.12136>.
10. WANG, J.; LIU, H.; ZHANG, Y. Advances in noise-induced hearing loss: From pathophysiology to therapeutics. *Journal of Otology*, v. 15, n. 3, p. 127-134, 2020.<https://doi.org/10.1016/j.joto.2020.06.002>.
11. YAMAMOTO, H.; KOBAYASHI, Y.; HARA, A. Noise-induced hearing loss: Mechanisms, prevention, and clinical management. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 16, n. 17, p. 3157, 2019.<https://doi.org/10.3390/ijerph16173157>.