



Brazilian Journal of OTORHINOLARYNGOLOGY

www.bjorl.org



EDITORIAL

O zumbido leva ao caos?☆

O zumbido, a percepção do som nas orelhas ou na cabeça sem uma origem externa real, é um problema de grande impacto na saúde pública, afeta negativamente a vida de cerca de 15% da população adulta mundial.¹ Considerando a prevalência desse distúrbio e a necessidade de tratamento confiável, muitas pesquisas têm sido feitas para identificar os mecanismos e eventuais estratégias de manejo do zumbido. Enquanto alguns artigos consideram a desaferentação do trato auditivo *bottom-up* com ou sem perda auditiva como o principal responsável, outros enfocam a deficiência do mecanismo de cancelamento de ruído *top-down* ou mesmo ambos os fatores simultaneamente.² A desaferentação neural nas estruturas auditivas centrais resultante de dano coclear causa alterações no trato auditivo central, inclusive a reorganização do mapa tonotópico, hiperatividade no córtex auditivo e tálamo e aumento da sincronização neural, especialmente em áreas relacionadas ao córtex auditivo afetadas pela perda auditiva.² Acredita-se que, como resultado de qualquer diminuição nas entradas auditivas e desequilíbrio entre a excitação e a inibição, um mecanismo compensatório seja ativado, resulte em aumento da atividade neural espontânea e sincronização.³ Embora o aumento das atividades nas áreas auditivas do cérebro e a reorganização do mapa tonotópico pareçam ser os principais motivos para o desenvolvimento de zumbido, esse nem sempre é o caso. Como o zumbido não está presente durante o sono, algumas áreas do cérebro relacionadas à cognição devem estar envolvidas na percepção dele. Para uma percepção consciente dos estímulos acústicos, além da atividade do centro auditivo principal no cérebro, outros centros, como partes do lobo pré-frontal, lobo parietal, córtex cingulado e ínsula, devem ser ativados. Essas estruturas compreendem duas redes principais: a rede de percepção, inclusive o córtex cingulado anterior e posterior e algumas partes dos lobos parietal e frontal, e o precuneus e a rede de saliência que cobrem as partes

anterior e posterior do córtex cingulado e da ínsula anterior. Algumas variações na atividade dessas redes foram comprovadas por estudos que usaram eletroencefalografia /magnetoencefalografia em pacientes com zumbido.¹⁻³ Segundo a teoria da disritmia talamocortical, as ondas cerebrais de baixa frequência, como teta e delta, aumentariam devido à desaferentação auditiva e ondas cerebrais de alta frequência, isto é, ocorreria um aumento da banda gama como resultado da redução da inibição do tálamo para o córtex.²

Os mesmos estudos indicam o envolvimento de mais áreas do cérebro, inclusive o para-hipocampo, o hipocampo e também a amígdala, que são parte da rede de aprendizagem.³ Por outro lado, tem sido demonstrado que a angústia é outro motivo para o aparecimento do zumbido, aumenta a probabilidade da sua ocorrência quando associado à perda auditiva. Portanto, parece que a geração e a percepção do zumbido podem ser resultantes da ativação de uma rede global, inclusive a rede de percepção, rede de saliência, rede de aprendizagem e rede de angústia.¹⁻³

Em conclusão, a teoria da rede pode ser uma explicação perfeita para a geração do zumbido. No início, admitiu-se que as redes seriam completamente coincidentes, ou seja, as regiões dos nodos em cada rede estavam conectadas aleatoriamente e todos os nodos tinham a mesma importância em cada rede.³ Posteriormente, as redes sem escala foram introduzidas. Nessas redes, há interconexões mais óbvias entre os nodos, as quais por sua vez aumentam o potencial da inteira unidade. Na teoria da rede sem escala, qualquer dano aos *hubs* principais resultaria na deficiência geral e danos a toda a rede.³ Atualmente, está claro que o cérebro não segue uma lei única de redes, mas várias redes são ativadas simultaneamente com base no número de suas funções e estímulos.³ Portanto, uma vez que no zumbido várias redes sem escala são provavelmente ativadas simultaneamente, as abordagens de manejo por neuromodulação acústica e elétrica devem ter sido eficazes, uma vez que os principais *hubs* puderam ser interrompidos ou afetados.^{3,4} Entretanto, pesquisas mostraram que esse tipo de manejo do zumbido tem um efeito apenas temporário e limitado a uma pequena porcentagem de pacientes,⁴ mostra a ineficiência do modelo

DOI se refere ao artigo: <https://doi.org/10.1016/j.bjorl.2020.11.022>

☆ Como citar este artigo: Sadeghijam M, Moossavi A, Akbari M. Does tinnitus lead to chaos?. Braz J Otorhinolaryngol. 2021;87:125–6.

de rede. Portanto, é provável que um novo mecanismo para o zumbido possa ser considerado.

Diferentes estudos têm mostrado que o cérebro humano não é um sistema linear, mas sim dinâmico e não linear.⁵ O caos é um fenômeno relacionado a sistemas não lineares.⁵ De acordo com a teoria do caos, em um sistema determinístico não linear e dinâmico que tem aparente irregularidade e estados aleatórios, uma pequena mudança na entrada pode trazer grandes mudanças na saída, devido à presença de padrões subjacentes, interconectividade, *loops* de *feedback* constantes, repetição, autossimilaridade, fractais e auto-organização nesse sistema.⁵ Qualquer pequena alteração no sistema auditivo humano, como uma desaferentação auditiva muito pequena, pode produzir mudanças generalizadas e difusas em muitas áreas do cérebro e se manifestar como um zumbido incomodativo. Parece que o cérebro é uma combinação de regularidade e caos, uma combinação que é altamente sensível às suas condições iniciais e qualquer pequena alteração no estado inicial pode resultar em grandes alterações no estado final em todo o cérebro. O cérebro como um todo tem um comportamento imprevisível e mostra irregularidades, mas, se observarmos com atenção, veremos um complexo de equações lineares e não lineares que funcionam juntas.⁵ Portanto, de acordo com o efeito borboleta na teoria do caos, qualquer pequena alteração no sistema auditivo leva a um zumbido incomodativo, que causa mudanças drásticas em todo o sistema.⁵

Existem vários artigos sobre as alterações das ondas cerebrais em pacientes com zumbido em comparação com indivíduos normais e seus resultados nem sempre coincidem.¹ Por exemplo, Weisz et al. afirmaram que a banda de frequência alfa diminui e as bandas de frequência teta e gama aumentam em pacientes com zumbido, enquanto Lee E van der et al. indicaram somente um aumento na banda gama no córtex auditivo contralateral. Por outro lado, Adjamian et al. sugeriram que o aumento da banda gama não está relacionado ao zumbido e que o aumento da banda delta é um sinal de zumbido.¹ Os locais dessas alterações também nem sempre foram os mesmos.¹ Independentemente da homogeneidade dos participantes, alguns pesquisadores observaram uma potência crescente dos ritmos cerebrais na área do córtex auditivo e outros perceberam áreas mais disseminadas do cérebro afetadas.¹ Essas diferenças são provavelmente o resultado da natureza não linear das ondas cerebrais. Além disso, a maioria dos estudos com eletroencefalografia aponta para um aumento da potência dos ritmos de frequência (como delta e teta).¹ O aumento da potência de um ritmo significa a criação de uma pequena regularidade no cérebro irregular (caótico), o que provavelmente causa mais irregularidade e uma reação vigorosa em todo o cérebro, leva ao incômodo que

pode desenvolver o zumbido. É digno de nota que alguns pesquisadores, ao investigar o comportamento do cérebro, observaram que as funções cerebrais seguem a teoria do caos.⁵

Portanto, em relação à estrutura e função não lineares e dinâmicas do cérebro, é aceitável que uma pequena alteração na entrada do cérebro possa causar algumas alterações imensas e irregulares na função cerebral geral. Por outro lado, dado o conceito de zumbido e a avaliação das diferentes alterações cerebrais nesse fenômeno e também a ineficiência dos métodos de manejo atuais baseados principalmente nas teorias contemporâneas, é provável que a teoria do caos na geração do zumbido e suas complicações possa resolver as contradições presentes e completar as teorias anteriores. Certamente, mais pesquisas são necessárias para confirmar e validar essa hipótese.

Conflitos de interesse

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

Referências

1. Adjamian P. The Application of Electro- and Magneto-Encephalography in Tinnitus Research – Methods and Interpretations. *Front Neurol.* 2014;5.
2. De Ridder D, Vanneste S, Langguth B, Llinas R. Thalamocortical Dysrhythmia: A Theoretical Update in Tinnitus. *Front Neurol.* 2015;6.
3. Møller AR, Langguth B, DeRidder D, Kleinjung T. *Textbook of Tinnitus.* Springer Science & Business Media. 2010.
4. Mohsen S, Pourbakht A, Farhadi M, Mahmoudian S. The efficacy and safety of multiple sessions of multisite transcranial random noise stimulation in treating chronic tinnitus. *Braz J Otorhinolaryngol.* 2019;85:628–35.
5. Pubmeddev, P KH and F. Is there chaos in the brain? II. Experimental evidence and related models. *C. R. Biologies;* 2003; 326: 787-840.

Maryam Sadeghijam ^a, Abdollah Moossavi ^{b,*}
e Mahdi Akbari ^c

^a Iran University of Medical Science, School of Rehabilitation, Department of Audiology, Teerā, Irā

^b Iran University of Medical Science, Department of Otolaryngology and Head and Neck Surgery, Teerā, Irā

^c Iran University of Medical Science, School of Rehabilitation, Department of Audiology, Teerā, Irā

* Autor para correspondência.

E-mail: amoossavi@gmail.com (A. Moossavi).