

Desempenho de escolares de 7 a 12 anos no teste *Gaps-in-Noise*

Performance of 7 to 12-year-old children on the Gaps-in-Noise test

Helena Aparecida Bertolo Barreira¹, Marcela Silva¹, Fátima Cristina Alves Branco-Barreiro¹,
Alessandra Giannella Samelli²

RESUMO

Objetivo: Investigar o desempenho de escolares de 7 a 12 anos de idade, sem queixas auditivas, no teste *Gaps-in-Noise* (GIN). **Métodos:** Todas as crianças foram submetidas à otoscopia, audiometria tonal, logaudiometria, medidas de imitância acústica e teste dicótico de dígitos. Somente realizaram o teste GIN os escolares com resultados dentro do esperado nos referidos testes (37 crianças, sendo 20 de escola particular e 17 de escola pública). Uma vez que não houve diferença entre o desempenho das crianças de escola pública e escola particular, o grupo foi tratado como único. **Resultados:** Foram encontrados os seguintes valores médios no GIN por faixa etária: 7 anos (5,65 ms); 8 anos (5,12 ms); 9 anos (4,87 ms); 10 anos (5,1 ms) e acima de 11 anos (4,75 ms). **Conclusão:** O limiar médio de detecção de gap na orelha direita foi de 5 ms e na orelha esquerda foi de 5,19 ms. Não houve diferença entre as diversas faixas-etárias, orelhas e gêneros, no que se refere aos limiares de detecção de *gap* avaliados pelo GIN.

Descritores: Estimulação acústica; Percepção auditiva; Testes auditivos; Audição; Criança; Questionários

INTRODUÇÃO

O processamento auditivo temporal é a habilidade de percepção ou diferenciação das características temporais do som, num intervalo de tempo restrito. Evidências sugerem que as habilidades do processamento temporal são a base do processamento auditivo, pois muitas das características da informação auditiva são, de alguma forma, influenciadas pelo tempo⁽¹⁻⁵⁾.

A codificação da informação temporal, como duração, intervalo e ordem de diferentes padrões de estímulo, provê informações vitais para o sistema nervoso. Todas estas pistas são importantes para a percepção da fala e da música, uma vez que a estrutura destes dois eventos apresenta-se como rápidas mudanças do sinal acústico⁽⁶⁻⁸⁾. Além disso, o processamento temporal é um pré-requisito para as habilidades linguísticas, bem como para a leitura⁽⁹⁻¹¹⁾.

Embora haja muitos métodos para avaliar as outras habilidades do processamento temporal, existem poucas abordagens viáveis comercialmente para medir a resolução temporal. Os procedimentos clássicos para avaliar a detecção de *gap* frequentemente consomem muito tempo e não estavam disponíveis para os clínicos. Por este motivo, o teste *Gaps-In-Noise*

(GIN) foi desenvolvido para prover uma ferramenta clínica para avaliar a habilidade auditiva de resolução temporal em uma variedade de populações, particularmente em pacientes com distúrbios do processamento auditivo (central)⁽⁴⁾.

Dada a importância da resolução temporal para o desenvolvimento auditivo e para o processamento da linguagem, associada à diversidade de relatos da literatura no que se refere à época de maturação da habilidade de resolução temporal e à ausência de normatização do GIN para a população pediátrica no Brasil, o objetivo desta pesquisa foi investigar o desempenho de escolares de 7 a 12 anos de idade, sem queixas auditivas, no teste GIN.

MÉTODOS

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética do Instituto de Estudos Avançados da Audição, sob o nº de protocolo 018/09. Os pais ou responsáveis dos participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), autorizando a participação da criança na pesquisa.

Para minimizar a influência de uma possível diferença de estimulação/nível sócio-econômico dos participantes, foram convidadas a participar crianças de duas escolas do Estado de São Paulo, sendo uma pública e a outra particular. No total foram avaliados 82 escolares, sendo 53 de escola pública e 29 de escola particular. Contudo, apenas 37 crianças de ambos os gêneros e idades entre 7 e 12 anos preencheram os critérios para inclusão na amostra: ausência de queixas auditivas e de comprometimento de orelha média, bem como limiares de audibilidade dentro da normalidade (menores ou iguais a 15 dBNA nas frequências de 250 Hz a 8 kHz). O resultado

Trabalho realizado no Instituto de Estudos Avançados da Audição – IEAA – São Paulo (SP), Brasil.

(1) Instituto de Estudos Avançados da Audição – IEAA – São Paulo (SP), Brasil.

(2) Curso de Fonoaudiologia, Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo – USP – São Paulo (SP), Brasil.

Endereço para correspondência: Helena Aparecida Bertolo Barreira. Av. Jardim Japão, 372/01, Jardim Brasil, São Paulo (SP), Brasil, CEP: 02221-000. E-mail: hbarreira@hotmail.com

Recebido em: 19/10/2010; **Aceito em:** 10/3/2011

para o teste dicótico de dígitos também deveria estar dentro da normalidade, de acordo com a faixa-etária da criança.

Primeiramente, os pais ou responsáveis dos indivíduos responderam à anamnese e os participantes foram submetidos à inspeção do meato acústico externo, audiometria tonal liminar, logaudiometria e medidas de imitância acústica, com o objetivo de selecionar os indivíduos com acuidade auditiva normal.

Em seguida, foi realizado o teste dicótico de dígitos (etapa de integração binaural) como forma de triagem para descartar possíveis distúrbios do processamento auditivo (central). O teste é composto por 20 pares de dígitos apresentados simultaneamente em cada orelha, sendo que os dígitos que pertencem à lista são dissílabos. A avaliação foi feita em cabina acústica a uma intensidade de 50 dBNS (de acordo com a média dos limiares auditivos de 500 Hz, 1 e 2 kHz de cada orelha). Quando detectada alguma alteração, a criança foi encaminhada para realização da avaliação completa do processamento auditivo (central) e não participou da pesquisa.

Somente passaram para a segunda etapa dos procedimentos os escolares com resultados dentro do esperado nos testes aplicados na primeira etapa.

A segunda etapa foi composta pela aplicação do teste GIN, gravado em CD, e aplicado por meio de um aparelho de PAC Auditec® acoplado a um reproduzidor de CD da marca Sony®, em cabina acústica numa intensidade de 50 dBNS em ambas as orelhas (de acordo com a média dos limiares auditivos de 500 Hz, 1 e 2 kHz de cada orelha). O teste foi apresentado na condição monoaural.

O CD do teste GIN é composto por uma faixa-treino e quatro faixas-teste. Cada faixa-teste consiste de vários estímulos de 6 segundos de *white noise* (ruído branco), com cinco segundos de intervalo entre os estímulos. Inseridos nos estímulos de *white noise* (ruído branco) existem diversos *gaps* (intervalos de silêncio) em posições diferentes e de durações variáveis. Os *gaps* (intervalos de silêncio) podem ser de 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 15 e 20 ms. Em alguns estímulos podem ocorrer de um a três *gaps* (intervalos de silêncio); já em outros estímulos, nenhum *gap* (intervalo de silêncio) foi inserido⁽²⁻⁴⁾.

Por meio do GIN, o limiar de detecção de *gap* é obtido, ou seja, o menor *gap* percebido pelo indivíduo, em pelo menos 66,6% das vezes em que foi apresentado, ou seja, quatro vezes, uma vez que cada *gap* aparece seis vezes em cada faixa-teste⁽²⁻⁴⁾.

Na análise estatística, foram utilizados os testes de Mann-Whitney, Wilcoxon Kruskal-Wallis (Anova não paramétrico), bem como o teste de correlação de Spearman. O nível de significância adotado foi de 0,05 (5%).

RESULTADOS

Não houve diferença entre o desempenho das crianças da escola pública e particular, no que se refere aos limiares de detecção de *gap* (Tabela 1). Sendo assim, para as outras comparações, o grupo foi tratado como único.

Não houve diferença entre os grupos etários para os limiares de detecção de *gap* (Tabela 2). Contudo, houve correlação negativa entre idade e limiar de detecção de *gap*, indicando que quanto maior a idade, menor o limiar obtido; esta correlação foi significativa apenas para a orelha direita (Tabela 3).

Tabela 1. Resultados dos limiares de detecção de *gap* para os alunos de escola particular e pública nas orelhas direita (OD) e esquerda (OE) (em ms)

Orelha	Escola	n	Média	DP	Valor de p
OD	Particular	20	4,90	0,72	0,618
	Pública	17	5,12	0,99	
	Total	37	5,00	0,85	
OE	Particular	20	5,35	0,88	0,245
	Pública	17	5,00	0,71	
	Total	37	5,19	0,81	

Teste de Mann-Whitney ($p < 0,05$)

Legenda: OD = orelha direita, OE = orelha esquerda; DP = desvio-padrão

Tabela 2. Resultados dos limiares de detecção de *gap* por faixa-etária para cada orelha (em ms)

Orelha	Faixa-etária (em anos)	n	Média	DP	Valor de p
OD	7	10	5,60	0,97	0,076
	8	4	5,25	0,50	
	9	4	4,75	0,96	
	10	5	4,80	0,45	
	11+	14	4,64	0,75	
	Total	37	5,00	0,85	
OE	7	10	5,70	0,95	0,144
	8	4	5,00	0,82	
	9	4	5,00	0,00	
	10	5	5,40	0,89	
	11+	14	4,86	0,66	
	Total	37	5,19	0,81	

Anova de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$)

Legenda: OD = orelha direita, OE = orelha esquerda; DP = desvio-padrão

Tabela 3. Correlação entre faixa-etária e desempenho no teste GIN

Orelha	Estatística	
OD	Coeficiente de correlação	-0,399
	Valor de p	0,015*
	n	37
OE	Coeficiente de correlação	-0,234
	Valor de p	0,163
	n	37

* Valores significativos ($p \leq 0,05$) – Correlação de Spearman

Legenda: OD = orelha direita, OE = orelha esquerda

Na comparação entre os gêneros, não houve diferença para nenhuma das orelhas (orelha direita $p=0,241$; orelha esquerda $p=0,369$; teste de Mann-Whitney).

Considerando-se que não houve diferença entre as faixas-etárias e entre os gêneros, no que diz respeito aos limiares de detecção de *gap*, todas as crianças foram agrupadas para comparação entre as orelhas. Esta análise também não apresentou diferença, indicando semelhança entre os limiares de detecção de *gap* das orelhas direita ($5,00 \text{ ms} \pm 0,85 \text{ ms}$) e esquerda ($5,19 \text{ ms} \pm 0,81$) ($p=0,153$; teste de Wilcoxon).

Sendo assim, foi definido um valor médio para as 74 orelhas: $5,09 \text{ ms} (\pm 0,83)$, constituindo o limiar de detecção de *gap* médio para as crianças de faixa-etária entre 7 e 12 anos avaliadas no presente estudo. Se forem adicionados dois desvios-padrão à média, parâmetro utilizado clinicamente

para definição do critério de corte entre desempenho normal e alterado, tem-se o valor de 6,75 ms.

DISCUSSÃO

O processamento auditivo temporal engloba quatro sub-processos: ordenação ou sequencialização; integração ou somação; mascaramento; resolução, discriminação ou acuidade. A habilidade auditiva de resolução temporal refere-se ao mínimo tempo requerido para segregar ou resolver eventos acústicos⁽¹⁻⁵⁾.

O procedimento conhecido como detecção de *gap* é um método psicoacústico relativamente simples para avaliar a resolução temporal^(2,3,5). Diversos estímulos podem ser utilizados nos testes de detecção de *gap*, incluindo tons puros, ruído de banda estreita e de banda larga. Além disso, existem diversas maneiras de apresentação destes estímulos (variação na frequência, intensidade, duração do estímulo ou do *gap*, posição do *gap* dentro do estímulo, etc). Estas variáveis podem resultar em diferentes limiares de detecção de *gap*^(3,4).

Além disso, outras variáveis como idade⁽¹²⁻¹⁴⁾, presença de perda auditiva⁽¹⁵⁻¹⁷⁾ ou lesões neurológicas^(2,18) podem influenciar na determinação dos limiares de detecção de *gap*.

A maturação da resolução temporal também é uma variável importante a ser considerada e o tempo de desenvolvimento desta habilidade auditiva na criança ainda não está claro. Estudos progressos referem diferentes idades na qual a resolução temporal alcança os padrões adultos: 9⁽¹⁹⁾, 10⁽²⁰⁾ ou 12 anos⁽²¹⁾. Deve-se ressaltar que diferentes parâmetros de teste foram utilizados nos diferentes estudos e este aspecto pode ter influenciado a diversidade de resultados⁽⁸⁾.

Dada a relevância da resolução temporal para a percepção auditiva e de fala⁽²²⁾, para a linguagem^(2,23) e para a leitura⁽⁹⁻¹¹⁾, fica evidente a importância da inclusão de um teste de detecção do *gap* na bateria de exames para avaliação do processamento auditivo, principalmente no caso da avaliação da população pediátrica⁽⁵⁾.

Em relação à maturação do sistema auditivo, baseando-se em amostras cerebrais analisadas por diversos procedimentos histológicos e imuno-histoquímicos, foi investigado o córtex auditivo humano do período fetal até a idade adulta. Este estudo verificou que, aos 5 anos de idade, a expressão de neurofilamentos, que precede a mielinização, ainda está confinada às camadas corticais auditivas mais profundas. Depois dos 5 anos, os axônios maturados começam a aparecer nas camadas corticais II e III e, por volta de 11 a 12 anos de idade, sua densidade é equivalente à dos adultos. Esta última etapa de maturação representa as conexões cortico-corticais, que interconectam os dois hemisférios bem como diferentes áreas corticais, no mesmo hemisfério. Estes axônios intra e inter-hemisféricos formam a base morfológica para a maior complexidade do processamento auditivo cortical, processo este acompanhado pela melhora no desempenho comportamental em habilidades auditivas mais complexas, as quais atingem valores semelhantes aos dos adultos, nesta época⁽²⁴⁾.

Embora os estudos neurofisiológicos evidenciem a maturação caudal-rostral do sistema auditivo e o progressivo desenvolvimento das habilidades auditivas, o tempo exato do

desenvolvimento da resolução temporal é ainda incerto; contudo, sabe-se que esta habilidade continua se desenvolvendo durante o processo da aquisição da linguagem⁽⁵⁾. Estudos progressos sobre o assunto apresentam resultados conflitantes no que se refere à idade em que a resolução temporal atinge limiares semelhantes aos adultos⁽¹⁹⁻²¹⁾, embora os diferentes parâmetros utilizados nestes estudos possam ter influenciado nos resultados⁽⁸⁾.

Os resultados do presente trabalho sugerem que, embora com o aumento da idade haja melhora nos limiares de detecção de *gap*, esta melhora é mínima, uma vez que não houve diferença entre as faixas-etárias, o que concorda com os achados de um estudo com crianças americanas⁽⁵⁾, que fizeram a normatização do GIN para a faixa-etária entre 7 e 18 anos. Os autores indicaram, em virtude destes resultados, que a resolução temporal alcança valores de adultos, pelo menos aos 7 anos.

Além disso, os achados da presente investigação mostraram ausência de diferença entre as orelhas direita e esquerda, o que indica maturação simétrica entre as orelhas para a resolução temporal⁽⁵⁾, que também foi observada em diversos estudos com população adulta^(2,5,18,25).

Da mesma forma, não foi observada diferença quanto aos limiares de detecção de *gap* entre os gêneros, o que corrobora outro estudo que avaliou a resolução temporal⁽²⁶⁾. A maioria dos estudos sobre resolução temporal não analisa limiares de detecção de *gap* por gênero^(2,5,12,27-29), o que dificulta a discussão sobre esta variável.

Os limiares de detecção de *gap* obtidos por faixa-etária, desconsiderando as orelhas, foram: 7 anos (5,65 ms); 8 anos (5,12 ms); 9 anos (4,87 ms); 10 anos (5,1 ms) e acima de 11 anos (4,75 ms). Estes valores foram muito próximos aos obtidos por Shinn et al⁽⁵⁾, ou seja: 7 anos (5,18 ms); 8 anos (4,86 ms); 9 anos (4,85 ms); 10 anos (5,1 ms) e acima de 11 anos (4,45 ms). Da mesma forma, o limiar médio do presente estudo (5,09 ms) foi muito próximo a outra investigação feita nos Estados Unidos⁽⁵⁾ (4,9 ms), o que sugere que as crianças americanas e as crianças brasileiras aqui investigadas apresentam desempenho semelhante no que se refere à resolução temporal avaliada pelo GIN.

Em outro trabalho⁽³⁰⁾, o GIN foi aplicado em dez crianças com desenvolvimento normal de 6 a 14 anos e encontraram limiares semelhantes aos descritos no presente estudo (5,7 ms para orelha direita e 5,4 ms para a orelha esquerda). Deve-se ressaltar que o referido estudo avaliou crianças de 6 anos e a amostra foi menor, o que pode explicar o leve aumento do limiar do GIN verificado pelos autores, quando comparado com a presente investigação.

O critério de corte apresentado anteriormente, de 6,75 ms (média +2 DP), não se constitui valor normativo para a aplicação do GIN em crianças brasileiras; este valor serve apenas como referência para futuras comparações, uma vez que estudos adicionais são necessários, com amostra representativa, para a normatização do GIN em população pediátrica no Brasil. No entanto, cabe ressaltar que este valor está de acordo com o proposto para a população pediátrica americana⁽⁵⁾.

Futuras pesquisas com aplicação do GIN em crianças com alterações de fala, linguagem e escrita são necessárias, para que este teste possa integrar a rotina clínica de avaliação do processamento auditivo (central).

CONCLUSÃO

O desempenho de escolares de 7 a 12 anos de idade, sem queixas auditivas, no teste GIN apresentou-se da seguinte

forma: limiar médio de detecção de *gap* na orelha direita de 5 ms e na orelha esquerda de 5,19 ms. Não houve diferença entre as diversas faixas-etárias, orelhas e gêneros, no que se refere aos limiares de detecção de *gap* avaliados pelo GIN.

ABSTRACT

Purpose: To investigate the performance of children with no hearing complaints with ages between 7 and 12 years on the Gaps-in-Noise (GIN) test. **Methods:** All children were submitted to otoscopy, pure tone audiometry, speech audiometry, acoustic immittance measures, and dichotic digits test. Only children who passed the previous audiological assessment carried out the GIN test (37 children – 20 who were enrolled in private schools, and 17 from public schools). As there was no difference between the performance of children from public and private schools, both groups were combined for the analysis. **Results:** The following average values were found for performance on the GIN test: 7-year-olds (5.65 ms), 8-year-olds (5.12 ms), 9-year-olds (4.87 ms), 10-year-olds (5.1 ms), and children over 11 years old (4.75 ms). **Conclusion:** The mean gap detection threshold in the right ear was 5 ms and in the left ear, 5.19 ms. No age, gender, or ear effects were found for gap detection thresholds assessed by the GIN test.

Keywords: Acoustic stimulation; Auditory perception; Hearing tests; Hearing; Child; Questionnaires

REFERÊNCIAS

- Shinn JB, Musiek FE. Temporal processing: the basics. *Hear J*. 2003;56(7):52.
- Musiek FE, Shinn JB, Jirsa R, Bamiou DE, Baran JA, Zaida E. GIN (Gaps-In-Noise) test performance in subjects with confirmed central auditory nervous system involvement. *Ear Hear*. 2005;26(6):608-18.
- Samelli AG, Schochat E. The gaps-in-noise test: gap detection thresholds in normal-hearing young adults. *Int J Audiol*. 2008;47(5):238-45.
- Samelli AG, Schochat E. Processamento auditivo, resolução temporal e teste de detecção de *gap*: revisão da literatura. *Rev CEFAC*. 2008;10(3):369-77.
- Shinn JB, Chermak GD, Musiek FE. GIN (Gaps-In-Noise) performance in the pediatric population. *J Am Acad Audiol*. 2009;20(4):229-38.
- Buonomano DV, Karmarkar UR. How do we tell time? *The Neuroscientist*. 2002;8(1):42-51.
- Mulsow J, Reichmuth C. Electrophysiological assessment of temporal resolution in pinnipeds. *Aquatic Mammals*. 2007;33(1):122-31.
- Samelli AG, Schochat E. Estudo da vantagem da orelha direita em teste de detecção de *gap*. *Rev Bras Otorrinolaringol*. 2008;74(2):235-40.
- Leitner DS, Hammond GR, Springer CP, Ingham KM, Mekilo AM, Bodison PR, et al. Parameters affecting gap detection in the rat. *Percept Psychophys*. 1993;54(3):395-405.
- Schulte-Körne G, Deimel W, Bartling J, Remschmidt H. Role of auditory temporal processing for reading and spelling disability. *Percept Mot Skills*. 1998;86(3 Pt 1):1043-7.
- Eggermont JJ. Neural responses in primary auditory cortex mimic psychophysical, across-frequency-channel, gap-detection thresholds. *J Neurophysiol*. 2000;84(3):1453-63.
- He NJ, Horwitz AR, Dubno JR, Mills JH. Psychometric functions for gap detection in noise measured from young and aged subjects. *J Acoust Soc Am*. 1999;106(2):966-78.
- Strouse A, Ashmead DH, Ohde RN, Grantham DW. Temporal processing in the aging auditory system. *J Acoust Soc Am*. 1998;104(4):2385-99.
- Snell K, Frisina D. Relationships among age related differences in gap detection and word recognition. *J Acoust Soc Am*. 2000;107(3):1615-26.
- Florentine M, Buus S. Temporal gap detection in sensorineural and simulated hearing impairments. *J Speech Hear Res*. 1984;27(3):449-55.
- Glasberg BR, Moore BC, Bacon SP. Gap detection and masking in hearing-impaired and normal-hearing subjects. *J Acoust Soc Am*. 1987;81(5):1546-56.
- Nelson PB, Thomas SD. Gap detection as a function of stimulus loudness for listeners with and without hearing loss. *J Speech Lang Hear Res*. 1997;40(6):1387-94.
- Efron R, Yund EW, Nichols D, Crandall PH. An ear asymmetry for gap detection following anterior temporal lobectomy. *Neuropsychologia*. 1985;23(1):43-50.
- McCroskey RL, Kidder HC. Auditory fusion among learning disabled, reading disabled and normal children. *J Learn Disabil*. 1980;13(2):69-76.
- Grose JH, Hall JW 3rd, Gibbs C. Temporal analysis in children. *J Speech Hear Res*. 1993;36(2):351-6.
- Irwin RJ, Ball AK, Kay N, Stillman JA, Rosser J. The development of auditory temporal acuity in children. *Child Dev*. 1985;56(3):614-20.
- Phillips DP. Auditory gap detection, perceptual channels, and temporal resolution in speech perception. *J Am Acad Audiol*. 1999;10(6):343-54.
- Wright BA, Lombardino LJ, King WM, Puranik CS, Leonard CM, Merzenich MM. Deficits in auditory temporal and spectral resolution in language-impaired children. *Nature*. 1997;387(6629):176-8.
- Moore JK. Maturation of human auditory cortex: implications for speech perception. *Ann Otol Rhinol Laryngol Suppl*. 2002;189:7-10.
- Baker RJ, Rosen S, Godrich A. No right ear advantage in gap detection. *Speech Hear Lang*. 2000;12:57-69.
- Lotze M, Wittmann M, von Steinbüchel N, Pöppel E, Roenneberg T. Daily rhythm of temporal resolution in the auditory system. *Cortex*. 1999;35(1):89-100.
- Snell KB, Hu HL. The effect of temporal placement on gap detectability. *J Acoust Soc Am*. 1999;106(6):3571-7.
- Hall JW 3rd, Grose JH. The relation between gap detection, loudness, and loudness growth in noise-masked normal-hearing listeners. *J Acoust Soc Am*. 1997;101(2):1044-9.
- Phillips DP, Taylor TL, Hall SE, Carr MM, Mossop JE. Detection of silent intervals between noises activating different perceptual channels: Some properties of 'central' auditory gap detection. *J Acoust Soc Am*. 1997;101(6):3694-705.
- Balen SA, Liebel G, Boeno MR, Mottecy CM. Resolução temporal de crianças escolares. *Rev CEFAC*. 2009;11(Supl 1):52-61.