

## Estudo da vantagem da orelha direita em teste de detecção de gap

## Study of the right ear advantage on gap detection tests

Alessandra Giannella Samelli<sup>1</sup>, Eliane Schochat<sup>2</sup>

Palavras-chave: córtex auditivo, lateralidade, percepção auditiva.

Keywords: auditory cortex, laterality, auditory perception.

### Resumo / Summary

A habilidade auditiva de resolução temporal consiste no tempo mínimo requerido para segregar ou resolver eventos acústicos. Esta habilidade é fundamental para a compreensão da fala e pode ser avaliada por testes de detecção de gap. Alguns estudos apontam uma vantagem da orelha direita sobre a esquerda em tarefas de resolução temporal, já que existe um papel preferencial do hemisfério esquerdo na análise dos aspectos temporais do estímulo acústico. **Objetivo:** Determinar se existem diferenças de resposta (limiares de detecção de gap e porcentagem de acertos) entre as orelhas direita e esquerda para um teste de detecção de gap. Forma de Estudo: Experimental. **Material e Método:** O teste de detecção de gap foi aplicado em 100 indivíduos adultos, após a realização de outros testes audiológicos para descartar possíveis alterações auditivas e/ou do processamento auditivo. **Resultados:** Foram observados limiares de detecção de gap e porcentagens médias de acertos semelhantes para as orelhas direita e esquerda, independente da orelha de início do teste. **Conclusão:** Não houve vantagem de uma orelha sobre a outra na tarefa de detecção de gap.

Temporal resolution hearing skills are based on the minimum time necessary to segregate or solve acoustic events. This skill is fundamental for speech comprehension and can be assessed by gap detection tests. Some studies point to a right ear advantage over the left ear in temporal resolution tasks, since there is a preferential role of the left hemisphere in analyzing the temporal aspects of the acoustic stimulus. **Aim:** determine if there are response differences (gap detection thresholds and percentage of correct answers) between right and left ears in a gap detection test. Study: experimental. **Materials and Methods:** the gap detection test was applied to 100 adult individuals, after carrying out other audiologic tests in order to rule out possible hearing and/or auditory processing disorders. **Results:** We observed gap detection thresholds and average correct answers percentages, which were similar for both ears, regardless of which ear started the test. **Conclusion:** There was no ear advantage in the gap detection task.

<sup>1</sup> Doutora em Ciências pela FMUSP, Docente do Curso de Fonoaudiologia da Universidade Guarulhos.

<sup>2</sup> Livre-Docente, Docente do Curso de Fonoaudiologia da FMUSP.

Este artigo foi submetido no SGP (Sistema de Gestão de Publicações) da RBORL em 27 de dezembro de 2006. cod.3570

Artigo aceito em 29 de janeiro de 2007.

## INTRODUÇÃO

O teste denominado detecção de gap é um método psicoacústico relativamente simples que mede a resolução temporal<sup>1-7</sup>. A habilidade auditiva de resolução temporal consiste no tempo mínimo requerido para segregar ou resolver eventos acústicos<sup>8,9</sup>.

No que se refere à localização do mecanismo fisiológico da resolução temporal, alguns autores sugeriram que as fibras do nervo auditivo teriam uma grande participação no processo<sup>5,10,11</sup>. Contudo, outros estudos revelaram que este processamento seria mais central<sup>12-26</sup>.

A resolução temporal depende da segregação de diferentes estímulos auditivos e o papel do início do estímulo e da precisão de codificação desta resposta é crucial<sup>19,24</sup>.

Os neurônios do córtex auditivo são particularmente sensíveis a estes estímulos iniciais transitórios, incluindo o início de eventos periódicos, a modulação incidente de outros sinais periódicos ou os eventos acústicos que ocorrem naturalmente nas vocalizações<sup>12</sup>.

Os neurônios do córtex auditivo primário respondem brevemente e transitoriamente ao início dos sons, independente da duração do sinal. São sensíveis à frequência do som, bem como ao seu tempo de surgimento (ataque), o qual contribui significativamente para o espectro de curto-termo do início do sinal. A brevidade da resposta ao início do som é delineada pela resposta inibitória pós-início e pela adaptação neural<sup>15</sup>.

A precisão do primeiro disparo neural que responde ao início do som é proporcional à latência de resposta neural. Em um estudo com gatos, Phillips e Hall<sup>13</sup> verificaram uma latência tão curta quanto 0,45 - 1,5ms para o primeiro disparo neural no córtex auditivo destes animais. Estes valores estão muito próximos aos observados no nervo coclear e núcleo coclear, indicando que a fidelidade temporal para respostas transitórias é preservada na via auditiva aferente até o córtex auditivo primário<sup>17,22</sup>.

Este grau de precisão no tempo de resposta dá suporte à resolução temporal nos limites da performance comportamental, sendo o córtex auditivo importante para esta tarefa. Além disso, este grau de precisão é capaz de representar o tempo de componentes foneticamente importantes dos sinais de fala<sup>13,16</sup>.

O córtex auditivo de humanos está localizado no lobo temporal. Ele é organizado com uma região central (core) de citoarquitetura koniocortical (células pequenas em todas as camadas; região altamente granular e altamente mielinizada), circundada por campos auditivos corticais menos granulares (belt). Esta região central constitui o córtex auditivo primário, que fica na região do giro transverso ou giro de Heschl, na face superior do lobo temporal<sup>27</sup>.

A região do giro de Heschl é altamente variável ao longo dos indivíduos e entre os dois hemisférios. Pode

conter de um a três giros por hemisfério e o número de giros não é, necessariamente, igual em ambos os hemisférios<sup>28</sup>.

O córtex auditivo primário fica, aproximadamente, na metade do primeiro giro ou na metade do primeiro giro e parte do segundo giro; ele cobre, aproximadamente, os dois terços centrais do giro de Heschl<sup>25,28-30</sup>.

Muitos estudos evidenciaram a assimetria existente entre os giros de Heschl direito e esquerdo. O giro esquerdo é maior que o direito e, assim, o córtex auditivo primário esquerdo também é maior que o direito. Este aumento de volume no lado esquerdo é causado por um volume maior de substância cinzenta e de substância branca deste mesmo lado<sup>28,31,32</sup>.

O maior substrato neural (mais neurônios e mais interconexões intra e interhemisféricas) nestas estruturas anatômicas do hemisfério esquerdo provê a base para um melhor desenvolvimento de linguagem que as áreas menores do lado direito<sup>32</sup>.

A especialização do hemisfério esquerdo para a fala pode estar relacionada com a identificação de parâmetros acústicos específicos para a discriminação dos sons de fala. A capacidade de codificar e analisar aspectos temporais da informação acústica pode ter relação com a contribuição do hemisfério esquerdo para as funções de linguagem<sup>28</sup>.

Numerosos achados indicaram o papel preferencial do hemisfério esquerdo na análise dos aspectos temporais do estímulo acústico e é possível que as diferenças estruturais observadas entre os dois hemisférios delineiem esta capacidade diferencial<sup>28,33</sup>.

O trabalho de Zatorre e Belin<sup>33</sup> investigou as diferenças funcionais entre os hemisférios direito e esquerdo, no que se refere ao córtex auditivo. Métodos de neuroimagem evidenciaram uma maior ativação do giro de Heschl em ambos os hemisférios, mas com maior resposta do lado esquerdo para tarefas temporais, enquanto mudanças espectrais causaram uma maior ativação do giro temporal superior em ambos os lados, com maior resposta do lado direito. Estas diferenças foram explicadas por meio de diferenças anatômicas. A maior mielinização do hemisfério esquerdo permite uma condução mais rápida, tornando este hemisfério mais sensível para mudanças acústicas rápidas. Ao mesmo tempo, um espaçamento maior das colunas corticais e conexões altamente intrínsecas no hemisfério esquerdo permitiriam uma integração ao longo das áreas organizadas tonotopicamente, levando a uma resolução espectral mais pobre. O inverso se aplica ao hemisfério direito, uma vez que os padrões estruturais favoreceriam uma alta resolução de frequência, mas uma transmissão mais lenta.

Utilizando um teste de detecção de gap, Brown e Nicholls<sup>34</sup> avaliaram a resolução temporal em adultos, bem como a assimetria perceptual entre as orelhas. O estímulo acústico foi composto por ruído de banda larga (74 dB

NPS) de duração de 300ms. Quatro diferentes intervalos de gap foram inseridos: 2, 4, 6 e 8ms. Os autores encontraram respostas mais rápidas e acuradas na orelha direita (hemisfério esquerdo) do que na orelha esquerda.

Um estudo de Sulakhe et al.<sup>35</sup> obteve resultados semelhantes. Foram usados dois tipos de ruído (branco e de banda estreita). A duração do estímulo foi de 300ms e os gaps de 3, 4 ou 5ms. Os autores observaram assimetria hemisférica com vantagem da orelha direita para o ruído branco e simetria hemisférica para ruído de banda estreita. A explicação para estes achados foi que as diferenças obtidas (simetria versus assimetria) seriam atribuídas aos parâmetros diversos dos estímulos empregados.

No entanto, outros autores não verificaram presença de assimetria perceptual entre as orelhas direita e esquerda, ou seja, não observaram vantagem da orelha direita sobre a esquerda em tarefas de processamento auditivo temporal/ resolução temporal<sup>36-38</sup>.

Sendo assim, o objetivo do presente trabalho foi determinar se existem diferenças de resposta (limiares de detecção de gap e porcentagem de acertos) entre as orelhas direita e esquerda para um teste de detecção de gap.

## MATERIAL E MÉTODO

O estudo foi aprovado pela Comissão de Ética para Análise de Projetos de Pesquisa (CAPPesq) (Nº protocolo 113/02 de 13/03/2002).

### Sujeitos

Foram avaliados 100 indivíduos adultos (de 18 a 31 anos), sendo 50 do gênero masculino (média de 24,72 anos) e 50 do gênero feminino (média de 23,77 anos). No que se refere à idade mínima, o sujeito mais novo do grupo masculino tinha 18 anos e do grupo feminino, 18,16 anos. Já a idade máxima foi de 31,5 anos para o grupo masculino e 31,83 anos para o grupo feminino ( $p=0,176$ ).

A amostra não foi dividida com base na destreza manual, uma vez que existe prevalência de, aproximadamente, 90% de indivíduos destros na população. Além disso, sabe-se que 95% dos destros possui especialização hemisférica esquerda para a linguagem, assim como 70% dos canhotos<sup>39</sup>. Desta forma, mesmo que existissem na amostra indivíduos com especialização hemisférica direita, este número não seria suficiente para contaminar os resultados.

### Material e Procedimentos

Todos os participantes foram informados sobre o caráter voluntário da investigação, sobre os objetivos da pesquisa, sobre os exames que seriam feitos e sobre a

ausência de quaisquer riscos à saúde, durante os procedimentos, bem como sobre a divulgação dos resultados da pesquisa no meio científico. Caso concordassem com os itens expostos acima, deveriam, então, assinar o termo de consentimento para participação no estudo.

Após o consentimento para participar da pesquisa, foram realizados os seguintes procedimentos com todos os indivíduos: anamnese, audiometria tonal limiar, imitanciométrica e teste dicótico de dígitos (como triagem básica do processamento auditivo<sup>40</sup>). Todos os sujeitos apresentaram limiares auditivos menores do que 20 dBNA em todas as frequências avaliadas (0,25 a 8 KHz)<sup>41</sup>; curva timpanométrica tipo A e presença de reflexos acústicos ipsi e contralaterais<sup>42,43</sup>; acertos maiores ou iguais a 95% em cada orelha, no teste dicótico de dígitos<sup>44</sup>.

Em seguida, foi realizado o teste GIN, desenvolvido por Musiek em 2003<sup>38,45</sup>. O teste foi aplicado por meio do audiômetro Interacoustic AC 40 acoplado a um CD player Sony, em cabina acústica, numa intensidade de 50 dB NS (de acordo com a média dos limiares auditivos em 500, 1000 e 2000 Hz de cada orelha). A condição de apresentação do teste foi sempre monoaural.

O teste GIN é composto por vários segmentos de ruído branco de 6 segundos, os quais contêm de 0 a 3 intervalos de silêncio (gaps) cada. Cada segmento de ruído é separado de outro por 5 segundos de silêncio (intervalo entre os estímulos) e as durações dos gaps apresentados são 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 15 e 20ms. Tanto a duração quanto a localização dos gaps dentro dos segmentos de ruído são pseudo-randomizados em relação à sua ocorrência. Existem dez itens para prática, que precedem o início dos itens para o teste. Cada um dos gaps de durações diferentes aparece por seis vezes em cada faixa-teste. O teste todo é composto por quatro faixas-teste<sup>38</sup>.

Cada orelha é avaliada separadamente e por duas vezes (duas faixas-teste aplicadas na orelha direita e duas na orelha esquerda). Para cada uma das faixas-teste, duas medidas são determinadas: limiar de detecção de gap (menor gap percebido pelo paciente, em pelo menos 50% das vezes em que foi apresentado, ou seja, três vezes, uma vez que cada gap aparece seis vezes em cada faixa-teste); e porcentagem de acertos por faixa-teste, ou seja, calcula-se quantos gaps, no geral, foram detectados.

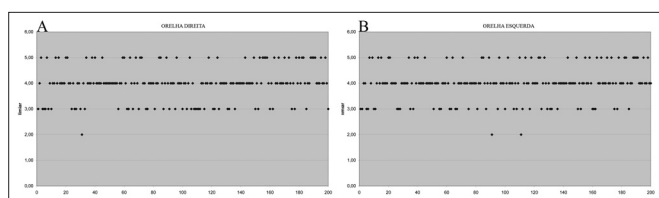
A fim de descartar uma possível influência relacionada à orelha testada, os sujeitos foram divididos da seguinte forma: 50% realizaram o GIN iniciado pela orelha direita (25 sujeitos do gênero feminino e 25 do gênero masculino); e 50% realizaram o GIN iniciado pela orelha esquerda (25 sujeitos do gênero feminino e 25 do gênero masculino).

A análise estatística foi feita pelo teste ANOVA. O nível de significância assumido foi 0,05.

## RESULTADOS

Serão apresentados os resultados referentes às orelhas direita e esquerda dos 100 sujeitos, independente da orelha de início do teste. Como cada orelha foi avaliada por duas vezes, serão exibidas as 400 amostras coletadas, ou seja, 200 de orelha direita e 200 de orelha esquerda (Figura 1 A e B).

Nota-se, com base na Figura 1 A e B, que os limiares de detecção de gap foram muito semelhantes para ambas as orelhas. Além disso, observa-se que a maioria dos limiares apresentados ficou em torno de 4ms para ambas as orelhas.



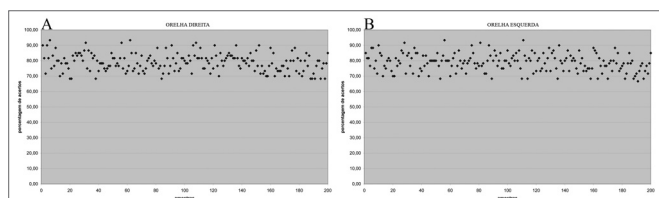
**Figura 1.** Limiares de detecção de gap das 400 amostras (em ms) - (A) orelha direita (B) orelha esquerda.

**Tabela 1.** Média, desvio padrão e p-valor para limiares de detecção de gap na comparação entre orelha direita e esquerda.

Orelha	n	Média (ms)	Desvio padrão	p
OD	200	3,985	0,683	1,0000
OE	200	3,985	0,669	

Estes resultados ficam mais evidentes quando se aplica a análise estatística - ANOVA (Tabela 1).

O mesmo padrão foi observado para a porcentagem de acertos, ou seja, semelhança dos resultados para orelha direita e esquerda (Figura 2 A e B; Tabela 2).



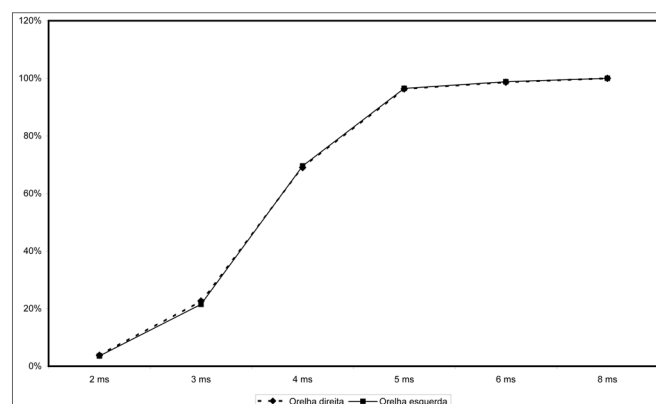
**Figura 2.** Porcentagem de acertos das 400 amostras (em %) - (A) orelha direita (B) orelha esquerda.

Na Figura 3, somente foram considerados os acertos em cada orelha para os intervalos de gap de 2 a 8ms. Pode-se notar que as porcentagens de acertos para estes intervalos de gap são semelhantes nas duas orelhas, não havendo prevalência de mais acertos em uma ou em outra orelha. A porcentagem de acertos para o intervalo de gap

de 2ms ficou próxima a 4%. Para 3ms, esta porcentagem já ficou em torno de 20%. Em 4ms, os acertos aumentaram consideravelmente, chegando ao redor de 70%. Para intervalos de gap de 5 e 6ms, a porcentagem de acertos ultrapassou 90%, chegando em 100% para intervalos de gap de 8ms ou mais.

**Tabela 2.** Média, desvio padrão e p-valor para porcentagem de acertos na comparação entre orelha direita e esquerda.

Orelha	n	Média (%)	Desvio padrão	p
OD	200	78,922	5,810	0,8650
OE	200	78,872	5,836	



**Figura 3.** Porcentagem de acertos por intervalo de gap em cada orelha - (em %).

## DISCUSSÃO

Com base nos resultados apresentados, pôde-se observar ausência de vantagem de uma orelha sobre a outra em todas as análises feitas (limiares de gap, porcentagem de acertos ou porcentagem de acertos por intervalo de gap).

Estes resultados não concordam com outros estudos da literatura, que apontam uma vantagem da orelha direita (hemisfério esquerdo) em tarefas de resolução temporal<sup>34,35</sup>. No entanto, concordam com os trabalhos de Efron et al.<sup>36</sup>, Baker et al.<sup>37</sup> e Musiek et al.<sup>38</sup>, que não reportaram assimetria perceptual entre as orelhas para procedimentos de detecção de gap. Além disso, Baran e Musiek<sup>46</sup> ressaltaram que testes monóticos são úteis para detectar alterações na via auditiva, mas não para localizar, uma vez que há a participação das vias ipsi e contralaterais, resultando em desempenho semelhante das orelhas direita e esquerda, nestes testes.

Muitos autores sugeriram o papel preferencial do hemisfério esquerdo na análise dos aspectos temporais do estímulo acústico<sup>28,33</sup>.

O presente estudo não constatou vantagem de



nenhuma orelha (ou nenhum hemisfério) na tarefa de detecção de gap. Entretanto, algumas considerações devem ser feitas.

Os trabalhos de Brown e Nicholls<sup>34</sup> e de Sulakhe et al.<sup>35</sup> reportaram vantagem da orelha direita sobre a esquerda, enquanto os trabalhos de Efron et al.<sup>36</sup>, Baker et al.<sup>37</sup> e Musiek et al.<sup>38</sup> não encontraram assimetria entre as orelhas.

Brown e Nicholls<sup>34</sup> e Sulakhe et al.<sup>35</sup> utilizaram como forma de análise o tempo de reação à presença do gap. Além disso, o primeiro estudo avaliou a taxa de falso-alarma e o segundo, a porcentagem de acertos. O tempo de reação não foi testado no presente estudo e nem nos estudos de Efron et al.<sup>36</sup> e Baker et al.<sup>37</sup> e este fato pode explicar, em parte, a diferença entre os achados. Se o hemisfério esquerdo possui maior substrato neural<sup>32</sup>, então pode-se esperar que a resolução temporal seja mais rápida na orelha direita, como verificado pelos autores citados.

A forma de resposta utilizada nos referidos estudos foi o procedimento “sim ou não”, enquanto Efron et al.<sup>36</sup> e Baker et al.<sup>37</sup> usaram o procedimento 2AFC (two-alternative forced-choice, ou escolha forçada entre dois estímulos), além de parâmetros de análise diferentes, a função psicométrica (porcentagem de acertos por intervalo de gap), que também foi empregada no presente estudo.

Talvez os limiares de gap e a porcentagem de acertos mascarem a vantagem da orelha direita sobre a esquerda e esta característica fique mais evidente na análise do tempo de reação.

Em resumo, os diferentes parâmetros aplicados em todas estas investigações, incluindo a atual, podem explicar os achados diversos sobre a assimetria perceptual entre orelhas direita e esquerda para a resolução temporal. Porém, isto não significa que não haja vantagem do hemisfério esquerdo para tarefas deste tipo, mas sim que alguns procedimentos são insuficientes para avaliar esta diferença. Além disso, deve-se considerar que, em situações de avaliação monótica, as vias ipsi e contralaterais são ativadas e, portanto, não deve existir vantagem de nenhuma orelha.

É importante comentar também que outras áreas corticais, além do córtex auditivo primário, podem participar do processamento auditivo de estímulos rápidos e, sem investigações mais detalhadas sobre o assunto, conclusões mais definitivas não podem ser feitas<sup>47,48</sup>.

## CONCLUSÃO

Não houve diferença entre as orelhas direita e esquerda, com relação aos limiares de detecção de gap e à porcentagem de acertos, para este teste de detecção de gap (GIN - Gaps In Noise).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. 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.
2. Schulte-Körne G, Deimel W, Bartling J, Remschmidt H. Role of auditory temporal processing for reading and spelling disability. *Perc Motor Sk* 1998;86:1043-7.
3. Phillips DP, Hall SE, Harrington IA, Taylor TL. “Central” auditory gap detection: a spatial case. *J Acoust Soc Am* 1998;103(4):2064-8.
4. Wiegand L, Krumholz K. Temporal resolution and temporal masking properties of transient stimuli: data and an auditory model. *J Acoust Soc Am* 1999;105(5):2746-56.
5. He N, 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.
6. Florentine M, Buus S, Geng W. Psychometric functions for gap detection in a yes-no procedure. *J Acoust Soc Am* 1999;106(6):3512-20.
7. Oxenham AJ. Influence of spatial and temporal coding on auditory gap detection. *J Acoust Soc Am* 2000;107(4):2215-23.
8. Irwin RJ, Ball AKR, Kay N, Stillman JA, Rosser J. The development of auditory temporal acuity in children. *Child Dev* 1985;56(3):614-20.
9. Shinn JB. Temporal processing: the basics. *Hear J* 2003;56(7):52.
10. Giraudi-Perry DM, Salvi RJ, Henderson D. Gap detection in hearing-impaired chinchillas. *J Acoust Soc Am* 1982;72(5):1387-93.
11. Snell KB, Hu H. The effect of temporal placement on gap detectability. *J Acoust Soc Am* 1999;106(6):3571-7.
12. Phillips DP. Effect of tone-pulse rise time on rate-level functions of cat auditory cortex neurons: excitatory and inhibitory processes shaping responses to tone onset. *J Neurophysiol* 1988;59(5):1524-39.
13. Phillips DP, Hall SE. Response timing constraints on the cortical representation of sound time structure. *J Acoust Soc Am* 1990;88(3):1403-11.
14. Phillips DP, Sark S. A. Separate mechanisms control spike numbers and inter-spike intervals in transient responses of cat auditory cortex neurons. *Hear Res* 1999;134:17-27.
15. Phillips DP. (1993a) Neural representation of stimulus times in the primary auditory cortex. *Ann NY Acad Sci* 1993;682:104-18.
16. Phillips DP. (1993b) Representation of acoustic events in the primary auditory cortex. *J Exp Psychol* 1993;19(1):203-16.
17. Phillips DP. Central auditory processing: a view from auditory neuroscience. *Am J Otol* 1995;16(3):338-52.
18. Eggermont JJ. Firing rate and firing synchrony distinguish dynamic from steady state sound. *Neuroreport* 1997;8(12):2709-13.
19. Horikawa J, Hosokawa Y, Nasu M, Taniguchi I. Optical study of spatiotemporal inhibition evoked by two-tone sequences in the guinea pig auditory cortex. *J Comp Physiol* 1997;181:677-84.
20. Kilgard MP, Merzenich MM. Distributed representation of spectral and temporal information in rat primary auditory cortex. *Hear Res* 1999;134:16-28.
21. Eggermont JJ. Neural responses in primary auditory cortex mimic psychophysical, across-frequency-channel, gap-detection thresholds. *J Neurophysiol* 2000;84:1453-63.
22. Heil P. Representation of sound onsets in the auditory system. *Audiol Neurotol* 2001;6:167-72.
23. Rupp A, Gutschalk A, Hack S, Scherg M. Temporal resolution of the human primary auditory cortex in gap detection. *Neuroreport* 2002;13(17):2203-7.
24. Sugimoto S, Hosokawa Y, Horikawa J, Nasu M, Taniguchi I. Spatial focusing of neuronal responses induced by asynchronous two-tone stimuli in the guinea pig auditory cortex. *Cortex Cerebral* 2002;12(5):506-14.
25. Hall DA, Hart HC, Johnsrude IS. Relationships between human auditory cortical structure and function. *Audiol Neurotol* 2003;8(1):1-18.
26. DeWeese MR, Wehr M, Zador AM. Binary spiking in auditory cortex. *J Neurosci* 2003;23(21):7940-9.

27. Hackett TA, Preuss TM, Kaas JH. Architectonic identification of the core region in auditory cortex of macaques, chimpanzees, and humans. *J Comp Neurol* 2001;441:197-222.
28. Penhune VB, Zatorre RJ, MacDonald JD, Evans AC. Interhemispheric anatomical differences in human primary auditory cortex: probabilistic mapping and volume measurement from magnetic resonance scans. *Cereb Cortex* 1996;6(5):661-72.
29. Rupp A, Hack S, Gutschalk A, Schneider P, Picton TW, Stippich C, Scherg M. Fast temporal interactions in human auditory cortex. *Neuroreport* 2000;11(17):3731-6.
30. Kass JH, Hackett TA. Subdivisions of auditory cortex and processing streams in primates. *Proc Nat Acad Sci USA* 2000;97(22):11793-9.
31. Rubens AB. Anatomical asymmetries of human cerebral cortex. Em: Harnad S, Doty RW, Goldstein L, Jaynes J, Krauthamer G. *Lateralization in the nervous system*. New York: Academic Press; 1977. p. 503-16.
32. Musiek FE, Reeves AG. Asymmetries of the auditory areas of the cerebrum. *J Am Acad Audiol* 1990;1:240-5.
33. Zatorre RJ, Belin P. Spectral and temporal processing in human auditory cortex. *Cereb Cortex* 2001;11(10):946-53.
34. Brown S, Nicholls MER. Hemispheric asymmetries for the temporal resolution of brief auditory stimuli. *Percept Psychophys* 1997;59(3):442-7.
35. Sulakhe N, Elias LJ, Lejbak L. Hemispheric asymmetries for gap detection depend on noise type. *Brain Cogn* 2003. 53(2):372-5.
36. Efron R, Yund EW, Nichols D, Crandall PH. An ear asymmetry for gap detection following anterior temporal lobectomy. *Neuropsychol* 1985. 23(1):43-50.
37. Baker RJ, Rosen S, Godrich A. No right ear advantage in gap detection. *Speech, Hearing and Language (UCL work in progress)* 2000. 12:57-69.
38. Musiek FE, Shinn JB, Jirsa R, Bamio DE, Baran JA et al. GIN (Gaps-In-Noise) Test Performance in Subjects with Confirmed Central Auditory Nervous System Involvement. *Ear Hear* 2005;26 (6):608-18.
39. Previc FH. A general theory concerning the prenatal origins of cerebral lateralization in humans. *Psychol Rev* 1991;98(3):299-334.
40. Jerger J, Musiek FE. Report of the consensus conference in the diagnosis of auditory processing disorders in school-aged children. *J Am Acad Audiol* 2000;11(9):467-74.
41. Yantis PA. Avaliação dos limiares auditivos por via aérea. Em: Katz J. *Tratado de Audiologia Clínica*. São Paulo: Ed. Manole; 1999. Capítulo 7.
42. Hall JW, Chandler D. Timpanometria na audiologia clínica. Em: Katz J. *Tratado de Audiologia Clínica*. São Paulo: Ed. Manole; 1999. Capítulo 20.
43. Northen JL, Gabbard SA. Reflexo acústico. Em: Katz J. *Tratado de Audiologia Clínica*. São Paulo: Ed. Manole; 1999. Capítulo 21.
44. Santos MFC. Processamento auditivo central: teste dicótico de dígitos em crianças e adultos normais [tese]. São Paulo: Escola Paulista de Medicina (Unifesp); 1998.
45. Musiek FE, Zaidan EP, Baran JA, Shinn JB, Jirsa RE. Assessing temporal processes in adults with LD: the GIN test. Em: *Convention of American Academy of Audiology*. 2004 March - April, Salt Lake City. *Annals...* Salt Lake City: AAA, p. 203, 2004.
46. Baran J, Musiek FE. Behavioral Assessment of the Central Auditory System. Em: Musiek FE, Rintelmann W (eds.) *Contemporary Perspectives on Hearing Assessment*. Boston: Allyn & Bacon; 1999. Capítulo 13.
47. Temple E, Poldrack RA, Protopapas A, Nagarajan S, Salz T, Tallal P, Merzenich MM. Disruption of the neural response to rapid acoustic stimuli in dyslexia: evidence from functional MRI. *Proc Nat Acad Sci USA* 2000;97(25):13907-12.
48. Buonomano DV, Karmarkar UR. How do we tell time? *The Neuroscientist* 2002;8(1):42-51.