

The role of the cerebellum in auditory processing using the SSI test

A participação do cerebelo no processamento auditivo com o uso do teste SSI

Patricia Maria Sens¹, Clemente Isnard Ribeiro de Almeida², Marisa Mara Neves de Souza³, Josyane Borges A. Gonçalves⁴, Luiz Claudio do Carmo⁵

Keywords:

auditory pathways,
auditory perception,
cerebellum.

Palavras-chave:

cerebelo,
percepção auditiva,
vias auditivas.

Abstract

The Synthetic Sentence Identification (SSI) test assesses central auditory pathways by measuring auditory and visual sensitivity and testing selective attention. Cerebellum activation in auditory attention and sensorial activity modulation have already been described. Assessing patients with cerebellar lesions alone using the SSI test can confirm the role of the cerebellum in auditory processing. **Aim:** To evaluate the role of the cerebellum in auditory processing in individuals with normal hearing and in those with chronic cerebellum lesions, using the SSI test. **Materials and Methods:** Cross-sectional cohort study. A study group comprising 18 patients with chronic cerebellar lesion and a control group of 20 healthy individuals were assessed. The SSI test was applied in an Ipsilateral Competitive Message (ICM) and Contralateral Competitive Message (CCM) modes. To compare the results between groups, we used the chi-square test for qualitative variables. **Results:** A statistically significant difference was found between the study and control groups using the ICM mode of the SSI test ($p = 0.035$), but not in the CCM mode ($p = 0.083$). **Conclusion:** The results on the SSI confirmed cerebellar participation in auditory processing in individuals with chronic cerebellar lesions and in those with normal hearing assessed in this study.

Resumo

O teste de Identificação de Sentenças Sintéticas (SSI) avalia as vias centrais da audição utilizando a sensibilidade auditiva e visual e testando a atenção seletiva. A ativação do cerebelo na atenção auditiva, assim como na modulação da atividade sensorial, já é descrita. Avaliar pacientes com lesão exclusiva do cerebelo por meio do teste SSI pode confirmar ou refutar a hipótese da participação do cerebelo no processamento auditivo. **Objetivo:** Avaliar pelo teste SSI a participação do cerebelo no processamento auditivo, em indivíduos com lesão crônica do cerebelo e audição normal. **Material e Métodos:** Estudo coorte contemporânea com corte transversal. Grupo controle de 20 indivíduos saudáveis, grupo de estudo de 18 indivíduos com lesão crônica do cerebelo. Aplicado o teste SSI nas modalidades ICM (mensagem competitiva ipsilateral) e CCM (mensagem competitiva contralateral). Na comparação dos resultados entre os grupos, utilizou-se o teste qui-quadrado para as variáveis qualitativas. **Resultado:** Identificada diferença estatística significante entre os grupos controle e estudo na modalidade ICM do teste SSI ($p = 0,035$), mas não na modalidade CCM ($p = 0,083$). **Conclusão:** Os resultados obtidos pelo teste SSI identificam a participação do cerebelo no processamento auditivo nos indivíduos com lesão crônica do cerebelo e audição normal avaliados neste estudo.

¹ Doutora pela FCMSCSP, preceptora da residência de otorrinolaringologia do Hospital do Servidor Público Municipal.

² Professor emérito pela Faculdade de Medicina de Jundiá, Professor da pós-graduação pela FCMSCSP.

³ Audiologista pela UNIFESP, Atuando em consultório.

⁴ Mestranda pela FCMSCSP, professora auxiliar na Universidade Federal do Tocantins.

⁵ Mestre em medicina pela FCMSCSP, consultório médico.

Faculdade de Ciências Médicas da Santa Casa de São Paulo.

Endereço para correspondência: Av. Paes de Barros, 828 apto. 9.

Projeto recebeu auxílio financeiro da FAPESP (Fundação de Amparo e Ensino à Pesquisa do Estado de São Paulo).

Este artigo foi submetido no SGP (Sistema de Gestão de Publicações) da BJORL em 3 de fevereiro de 2010. cod. 7554

Artigo aceito em 6 de abril de 2011.

INTRODUÇÃO

A visão clássica do cerebelo como parte do sistema nervoso central motor tem se modificado, e diversos estudos nos últimos 30 anos têm evidenciado a participação do cerebelo no processo cognitivo, especialmente relacionado à percepção auditiva^{1,2}. Apesar das constantes investigações, não há um consenso na literatura sobre como o cerebelo processa a informação auditiva.

Os estudos que envolvem o processamento auditivo fazem parte de um grande quadro emergente, que evidenciam potenciais contribuições do cerebelo nas funções cognitivas¹⁻⁸. A conexão do cerebelo com áreas auditivas iniciou-se antes dos principais estudos relacionando o cerebelo com a cognição. Snider & Stowell, em 1944⁹, foram os pioneiros na identificação das áreas auditivas cerebelares em gatos, por meio de potenciais evocados. Vários estudos seguiram-se, utilizando estímulos acústicos e elétricos, em diferentes espécies de animais, estabelecendo as bases neuroanatômicas que conectam o cerebelo à audição. Os modelos animais permitiram delimitar as vias que unem o cerebelo a outras estruturas do cérebro, ajudando a compreender a posição do cerebelo nas complexas redes neuronais reguladoras das funções cognitivas⁹⁻¹¹.

Com o surgimento dos exames de neuroimagem funcional, iniciaram-se as pesquisas em humanos, procurando demonstrar qual a participação do cerebelo na cognição. Esses estudos proveram evidências surpreendentes de que o cerebelo está intensa e seletivamente ativo durante tarefas sensoriais e cognitivas, mesmo na ausência de comportamento motor implícito ou explícito^{1-3,6,12,13}.

O conhecimento sobre o processamento das vias auditivas não está totalmente claro. O processamento auditivo envolve não somente a percepção de sons e sua integração com outros tipos de sensibilidade, mas também como são identificados, localizados, submetidos à atenção, analisados, memorizados e recuperados. O processamento auditivo pode estar associado com dificuldades na audição, entendimento da fala, desenvolvimento da linguagem e aprendizado¹⁴.

A investigação sobre a relação entre o cerebelo e as vias auditivas tem produzido um substancial corpo de evidências que requerem a revisão dos conceitos sobre seu papel funcional, e inclusive informar a pacientes e familiares a necessidade de conhecer as consequências comportamentais da doença do cerebelo e terapias de reabilitação.

O teste de identificação de sentenças sintéticas (SSI) é um importante meio diagnóstico e de fácil execução para avaliação das vias centrais da audição, utilizando as habilidades auditivas e visuais. O mecanismo fisiológico avaliado neste teste diz respeito à inibição de sons que, apesar de estarem presentes no ambiente de comunicação, estão sendo relativamente ignorados, o que pode ser en-

tendido como atenção seletiva. Diversos estudos mostram a ativação do cerebelo na tarefa de atenção auditiva, assim como na modulação da atividade sensorial. Portanto, avaliar pacientes com lesão exclusiva do cerebelo por meio do teste SSI pode confirmar ou refutar a hipótese da participação do cerebelo no processamento auditivo.

O teste SSI também fornece informações quanto à localização supra ou infratentorial das lesões, sendo que, na modalidade ICM, as falhas do teste ocorrem em lesões ou disfunções infratentoriais. Quanto ao lado acometido, as lesões provocam alterações das respostas a estímulos contralaterais¹⁵⁻¹⁸. Com essas características, esse teste pode ser utilizado como ferramenta na comprovação da relação entre o cerebelo e o processamento auditivo, havendo necessidade de estudo relacionando os achados do teste SSI em indivíduos com lesão do cerebelo.

O objetivo deste trabalho é avaliar, pelo teste SSI, a participação do cerebelo no processamento auditivo em indivíduos com doença crônica do cerebelo e audição tonal normal.

MATERIAL E MÉTODO

Participaram da pesquisa 20 indivíduos sadios, constituindo o grupo controle, e 18 indivíduos com lesão crônica de cerebelo, constituindo o grupo de estudo. A alocação do grupo de estudo foi sequencial, devido à natureza da afecção. Ambos os grupos foram compostos por indivíduos de ambos os sexos, com idade variando entre 9 e 56 anos, sem distinção racial e sem história de doença de orelha. Todos os indivíduos receberam um termo de consentimento livre e esclarecido, que foi assinado após as explicações do pesquisador. O projeto de pesquisa (376/05) foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da instituição e registrado no SISNEP/MS sob o número de CAAE 0009.0.270.000-05.

Critérios de inclusão: ausência de doenças otológicas, exposição a ruídos, drogas ototóxicas e histórico familiar de deficiência auditiva. Indivíduos com limiares de audibilidade nas frequências de 250 a 8000 Hz dentro do padrão de normalidade (até 25 dB NA), timpanometria do tipo A (pico de pressão entre +100 e -100 daPa), alfabetizados e capazes de ler com facilidade. Para o grupo de estudo, indivíduos com lesão do cerebelo crônica clinicamente diagnosticada e confirmada por estudo de imagem, sem evidência de lesões do sistema nervoso central fora do cerebelo.

Critérios de exclusão: indivíduos com deficiência visual que impossibilite a leitura das frases e indivíduos com incoordenação motora acentuada.

MÉTODO

Foram avaliados em ambos os grupos medidas do limiar auditivo nas frequências de 250 a 8000 Hz, descri-

minação vocal, incluindo o limiar de reconhecimento da fala e o índice de discriminação da fala, com audiômetro do tipo Itera (Madsen®). Curva timpanométrica, com o uso do aparelho Madsen® ZS77-MB.

O teste SSI foi realizado em cabine acústica, com a apresentação da mensagem fonética por meio de fones. A mensagem foi reproduzida pela gravação das frases e mensagem competitiva, por um audiômetro de dois canais do tipo Itera (Madsen®). Uma lista contendo 10 frases sintéticas de terceira ordem, de sete palavras cada (frases que apresentam três palavras com significado e dependência entre si), sem significado semântico, foi transmitida ao paciente, que apertou o botão correspondente à frase ouvida após a leitura de um conjunto impresso dessas frases localizado à sua frente. Duas séries de frases de terceira ordem foram aplicadas em ambos os grupos a uma intensidade fixa de 40 dB NS, tendo por base a média dos limiares tonais auditivos de via aérea nas frequências de 500, 1000 e 2000 Hz. A primeira série foi apresentada com mensagem competitiva ipsilateral (ICM), na relação frases/competição 0 e -10 dB, isto é, a mensagem competitiva foi apresentada na mesma intensidade das frases e 10 dB acima da intensidade das frases e a outra com a apresentação das frases em uma orelha e a mensagem competitiva na orelha contralateral (CCM), na relação frases/competição 0 e -40 dB. Foram apresentadas dez sentenças para cada relação frases/competição em ambas as orelhas. O teste foi primeiramente apresentado na orelha direita e, depois, na orelha esquerda. As respostas corretas foram analisadas em termos de seu percentual. Desta forma o desempenho do indivíduo foi estabelecido pela percentagem de acertos nas diferentes condições de aplicação do teste.

Foram considerados normais os resultados iguais ou superiores a 80% de acertos para a modalidade ICM na relação frase/competição de 0 e resultados iguais ou superiores a 70% de acertos para a relação frase/competição de -10. Na modalidade CCM, foram considerados normais os resultados iguais a 100% de acertos na relação frase/competição de 0 e resultados iguais ou superiores a 90% de acertos para a relação frase/competição -40, de acordo com os padrões de normalidade citados na literatura nacional e internacional^{17,19}.

Para comparação dos resultados entre os grupos, utilizou-se o teste qui-quadrado para as variáveis qualitativas. O software utilizado foi o Epi Info® versão 3.4. O nível de significância (α) foi fixado em 5% ($< 0,05$).

RESULTADOS

No grupo de estudo, a idade variou de 9 a 56 anos, sendo sete do sexo feminino e 11 do masculino, não tendo sido encontrada diferença estatística entre os grupos estudo e controle com relação à idade e sexo. O tempo de evolução da lesão cerebelar variou de dois meses a sete anos. Quanto à localização da doença cerebelar, seis

foram do lado esquerdo, seis do direito e seis bilaterais. Em relação à etiologia da lesão cerebelar, nove indivíduos apresentaram tumores, três indivíduos com sequelas de AVC, três com alterações congênicas e três indivíduos com ataxia cerebelar.

Quanto aos resultados do teste SSI nas modalidades ICM e CCM no grupo controle, observamos dois indivíduos com resposta alterada na modalidade ICM e nenhuma alteração das respostas na modalidade CCM.

Na modalidade ICM do teste SSI, oito indivíduos apresentaram respostas alteradas no grupo de estudo, sendo sete com alteração em ambas as orelhas e um com alteração unilateral. Em relação à modalidade CCM, foram observados três casos com resposta alterada, sendo três bilaterais e um unilateral (Gráfico 1).

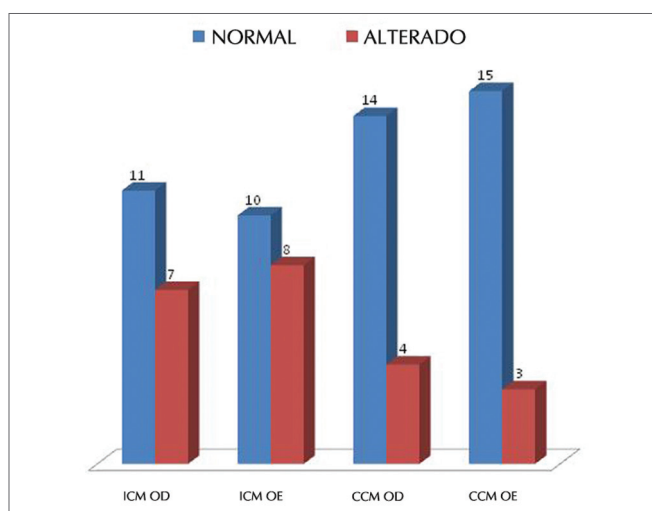


Gráfico 1. Resultados do Teste SSI nas modalidades ICM e CCM do grupo de estudo.

No grupo controle, dois indivíduos apresentaram resultados alterados na modalidade ICM do teste, sendo um unilateral e outro bilateral, enquanto que, no grupo estudo, oito indivíduos apresentaram resultado alterado, a maioria bilateralmente. A comparação entre os grupos controle e estudo apresentou diferença estatisticamente significativa, $p = 0,035$ (Tabela 1).

Tabela 1. Distribuição dos grupos controle e estudo, em valores absolutos (n) e relativos (%) com relação ao comprometimento no teste SSI com ICM na intensidade de 0 e -10 dB.

Grupo	n(%)	Comprometimento ICM			Total
		Normal	Unilateral	Bilateral	
Controle	n(%)	18(90,0)	1(5,0)	1(5,0)	20(100,0)
Estudo	n(%)	10(55,6)	1(5,6)	7(38,9)	18(100,0)
Total	n(%)	28(73,7)	2(5,3)	8(21,1)	38(100,0)

$p = 0,035$ (Qui-quadrado).

No teste SSI, na modalidade CCM não houve alteração no grupo controle. No grupo estudo, houve um comprometimento unilateral e três bilaterais, mas sem diferença estatisticamente significativa entre os grupos, $p = 0,083$ (Tabela 2). Os três casos bilaterais apresentaram concomitante alteração no teste na modalidade ICM.

Tabela 2. Distribuição dos grupos controle e estudo, em valores absolutos (n) e relativos (%) com relação ao comprometimento no teste SSI com CCM na intensidade de 0 e -40 dB.

Grupo		Comprometimento CCM			Total
		Normal	Unilateral	Bilateral	
Controle	n (%)	20 (100,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	20 (100,0)
Estudo	n (%)	14 (77,8)	1 (5,6)	3 (16,7)	18 (100,0)
Total	n (%)	34 (89,5)	1 (2,6)	3 (7,9)	38 (100,0)

$p = 0,083$ (Qui-quadrado).

DISCUSSÃO

Não foram encontrados estudos que envolvessem o teste SSI e indivíduos com lesão de cerebelo durante a revisão da literatura, não sendo possível comparar os nossos resultados com outras pesquisas. Portanto, o presente trabalho é original em relação à literatura consultada.

A adaptação do teste SSI para a língua portuguesa mostrou resultados semelhantes ao original em inglês, o que valida o teste para ser aplicado nessa pesquisa¹⁴. Na padronização do teste SSI na língua portuguesa, os autores constataram que o desempenho do teste em 90% da população normal está dentro da faixa de normalidade, com uma confiança de 75%¹⁹. Esses dados também foram observados em nosso estudo no grupo controle.

Embora existam exames sofisticados, como os de neuroimagem funcional, para estudar alterações cognitivas, o teste SSI tem a vantagem de ser extremamente simples, permitindo sua aplicação clínica não só para a identificação da deficiência, como também para o seguimento da recuperação.

Estudos observaram que o teste SSI auxilia na identificação de lesões intra-axiais do tronco encefálico, sendo que indivíduos portadores destas lesões apresentavam pior desempenho na modalidade monoaural do teste (ICM)^{15,16}. Pesquisas posteriores constataram o desempenho inferior de pacientes com lesões supratentoriais na modalidade binaural do teste (CCM), estendendo a aplicabilidade do teste SSI na diferenciação de lesões em estruturas distintas (regiões infra e supratentoriais)^{17,18}. Esses dados foram úteis para o presente trabalho na interpretação dos resultados da avaliação qualitativa, em que foi encontrada diferença estatística significativa na comparação entre respostas dos grupos controle e estudo na modalidade ICM, nas relações frases/competição de 0 e -10 dB (Tabela 1). Dessa forma, esse teste permitiu identificar os indivíduos portadores de disfunção de vias auditivas centrais infratentoriais, no

caso o cerebelo, confirmando, assim, o topodiagnóstico da lesão na via auditiva.

Outra aplicação interessante para o teste SSI nos indivíduos com doença de cerebelo seria no acompanhamento de sua reabilitação, quando poderia ser observada a performance do indivíduo no teste à medida que é corrigida a disfunção cerebelar¹⁴. Essa avaliação de desempenho utilizando testes cognitivos já foi citada em outro estudo, que identificou menor número de erros no teste cognitivo realizado meses após a cirurgia para a remoção da lesão do cerebelo⁴.

Como o teste SSI permite avaliar cada lado separadamente, foi detectado que nos indivíduos do grupo de estudo na modalidade ICM que apresentaram resultados alterados, a maioria ocorreu bilateralmente (Gráfico 1). No entanto, estudos que avaliaram lesões infratentoriais observaram alteração do teste SSI na modalidade ICM ipsilateral à lesão infratentorial^{15,16,18}. Esse dado nos alerta sobre um possível comprometimento extenso do processamento auditivo em indivíduos com lesão do cerebelo, afetando o desempenho do indivíduo como um todo.

Observou-se na literatura um predomínio de ativação do cerebelo direito em resposta à estimulação auditiva em indivíduos normais, seguido da ativação do cerebelo bilateralmente^{3,6,13}. E, ainda, que os indivíduos com lesão cerebelar bilateral apresentavam deterioração da percepção dos aspectos temporais da fala⁵, enquanto indivíduos com lesão unilateral apresentaram resultado semelhante ao controle. Em outro estudo, indivíduos com lesão no cerebelo direito apresentaram alteração desempenho verbal, fluência verbal e memória sequencial auditiva. Já os que tinham lesão no cerebelo esquerdo, apresentaram alteração no desempenho não verbal e memória sequencial visual⁷. Evidências de redução do efeito de similaridade fonológica nos indivíduos com lesão cerebelar direita foi observada quando comparado com os que tinham lesão do lado esquerdo²⁰. O presente estudo também mostrou uma tendência dos indivíduos que tinham lesão do lado direito do cerebelo de apresentarem resultados alterados no teste SSI, mas sem diferença estatística significativa, pelo pequeno número de casos. O teste SSI não permite essa análise qualitativa em relação a todas as modalidades de alteração do processamento auditivo, mas permite identificar os casos em que outros testes mais sofisticados devem ser aplicados.

No teste SSI, utiliza-se a integração de estímulo auditivo e visual, já que o indivíduo tem que identificar a frase ouvida entre dez escritas à sua frente. Essa integração de estímulos sensoriais tem sido relatada em diversos trabalhos envolvendo o cerebelo. Estudos sugeriram uma rede neural comum para a memória visual e auditiva, e para o processamento auditivo e visual da palavra, respectivamente, envolvendo as regiões frontal inferior esquerda, pré-frontal anterior, área motora suplementar anterior, cór-

tex parietal superior e posterior e o cerebelo^{3,6}. Estudo avaliando a memória auditiva e visual de crianças com lesão de cerebelo identificou alterações nos testes com ambos os estímulos⁴. Essas informações colocam o cerebelo como uma área de convergência para os estímulos sensoriais, conectando-o com áreas supratentoriais por vias aferentes e eferentes. Esses conhecimentos explicam as alterações observadas no teste na modalidade CCM, que identifica disfunção supratentorial, sem que nos casos estudados houvesse evidência de lesão supratentorial em exame de imagem, mas que provavelmente a lesão cerebelar envolveu essas vias de forma importante, já que três dos quatro casos alterados na modalidade CCM apresentaram todos os outros testes na modalidade ICM alterados e um apenas na modalidade CCM com modalidade ICM normal.

A ativação de diferentes áreas cerebelares nos faz inferir sobre uma especificidade funcional das áreas do cerebelo, sugerindo analogia com funções computacionais, nas quais o cerebelo comporta-se como um computador que processa dados especializados, integrando informações de várias origens e modalidades⁸.

A grande dificuldade de conseguir pacientes com lesão exclusiva do cerebelo fez com que o grupo de estudo se tornasse restrito, incluindo indivíduos com diferentes etiologias de lesão cerebelar. Novos estudos são necessários, com maior número de indivíduos, para o melhor conhecimento do papel funcional do cerebelo.

CONCLUSÃO

Os resultados obtidos pelo teste SSI identificam a participação do cerebelo no processamento auditivo, em indivíduos com lesão crônica do cerebelo e audição tonal normal avaliados neste estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Grasby PM, Frith CD, Friston KJ, Bench C, Frackowiak RS, Dolan RJ. Functional mapping of brain areas implicated in auditory-verbal memory function. *Brain*. 1993;116(Pt 1):1-20.
2. Petacchi A, Laird AR, Fox PT, Bower JM. Cerebellum and auditory function: An ALE meta-analysis of functional neuroimaging studies. *Hum Brain Mapp*. 2005;25(1):118-28.
3. Schumacher EH, Lauber E, Awh E, Jonides J, Smith EE, Koeppe RA. PET Evidence for an amodal verbal working memory system. *Neuroimage*. 1996;3(2):79-88.
4. Lazareff JA, Castro-Sierra E. Preoperative and postoperative analysis of visual and auditory memory in children with cerebellar tumors. *Childs Nerv Syst*. 1996;12(2):81-6.
5. Ackermann H, Gräber S, Hertrich I, Daum I. Categorical speech perception in cerebellar disorders. *Brain Lang*. 1997;60(2):323-31.
6. Chee MWL, O'Craven KM, Bergida R, Rosen BR, Savoy RL. Auditory and visual word processing studied with fMRI. *Hum Brain Mapp*. 1999;7(1):15-28.
7. Riva D, Giorgi C. The cerebellum contributes to higher functions during development. *Brain*. 2000;123(5):1051-61.
8. Sens PM, Almeida CIR. Participação do cerebelo no processamento auditivo. *Braz J Otorhinolaryngol*. 2007;73(2):266-70.
9. Snider RS, Stowell A. Receiving areas of the tactile, auditory, and visual systems in the cerebellum. *J Neurophysiol*. 1944;7:331-58.
10. Teramoto S, Snider RS. Modification of auditory responses by cerebellar stimulation. *Exp Neurol*. 1966;16(2):191-200.
11. Brodal P. Principles of organization of the corticopontocerebellar projection to crus II in the cat with particular reference to the parietal cortical areas. *Neuroscience*. 1983;10(3):621-38.
12. Mathiak K, Hertrich I, Grodd W, Ackermann H. Discrimination of temporal information at the cerebellum: functional magnetic resonance imaging of nonverbal auditory memory. *Neuroimage*. 2004;21(1):154-62.
13. Fangmeier T, Knauff M. Neural correlates of acoustic reasoning. *Brain Res*. 2009;1249:181-90.
14. Almeida CIR. Logoaudiometria utilizando sentenças sintéticas. *Braz J Otorhinolaryngol*. 1988;54(3):68-72.
15. Jerger J, Jerger S. Auditory findings in brain stem disorders. *Arch Otolaryngol*. 1974;99(5):342-50.
16. Jerger S, Jerger J. Extra- and intra-axial brain stem auditory disorders. *Audiology*. 1975;14(2):93-117.
17. Jerger J, Jerger S. Clinical validity of central auditory tests. *Scand audiol*. 1975;4:147-63.
18. Aquino AMCM, Oliveira JAA, Aquino TJM, Almeida CIR. Audição central (II): nas lesões infratentoriais das vias auditivas. *Braz J Otorhinolaryngol*. 1995;61(5):357-65.
19. Aquino AMCM, Almeida CIR, Oliveira JAA. Teste de identificação de sentenças sintéticas (SSI) em português com mensagem competitiva: uma padronização. *Braz J Otorhinolaryngol*. 1993;59(3):160-3.
20. Justus T, Ravizza SM, Fiez JA, Ivry RB. Reduced phonological similarity effects in patients with damage to cerebellum. *Brain Lang*. 2005;95(2):304-18.