

## Potenciais evocados auditivos de tronco encefálico com estímulo de fala no transtorno do processamento auditivo

Renata Filippini <sup>1</sup>, Eliane Schochat <sup>2</sup>

## Brainstem Evoked Auditory Potentials with speech stimulus in the Auditory Processing Disorder

Palavras-chave: percepção da fala, potenciais evocados auditivos, transtornos da percepção auditiva.  
Keywords: speech perception, auditory evoked potentials, auditory perceptual disorders.

### Resumo / Summary

**E**mbora o uso clínico do estímulo clique na avaliação da função auditiva no tronco encefálico já esteja bastante difundido e uma variedade de pesquisas use tal estímulo no estudo da audição humana, pouco se sabe a respeito do processamento auditivo de estímulos complexos como a fala. **Objetivo:** O presente estudo buscou validar o estímulo de fala como método efetivo de avaliação do processamento auditivo da fala. **Casuística e Método:** Neste estudo clínico prospectivo, 20 sujeitos portadores de transtorno do processamento auditivo (TPA - grupo estudo) e 20 sujeitos com desenvolvimento típico (DT - grupo controle) foram testados quanto aos Potenciais Evocados Auditivos de Tronco Encefálico para estímulo clique e para estímulo de fala, o qual consiste dos primeiros 40ms da sílaba narrada /da/. **Resultados:** Não foram encontradas diferenças significantes entre os grupos nas respostas para o estímulo clique. Já para estímulo de fala o grupo TPA apresentou latências atrasadas e amplitudes diminuídas em relação ao grupo DT. **Conclusão:** O estímulo de fala se mostrou mais sensível para a avaliação do transtorno do processamento auditivo, evidenciando possíveis alterações quanto à sincronia e quanto à velocidade dos impulsos neurais no processamento da fala, principalmente quanto às informações linguísticas da mesma.

**A**lthough the clinical use of click stimuli to assess auditory function at the brainstem is already established, and numerous research projects use such stimuli to study human hearing, little is known about the auditory processing of a complex stimulus like speech. **Aim:** This study aimed at validating the speech stimulus as an effective method to evaluate speech auditory processing, to help us better understand its disorders. **Materials and Methods:** This prospective clinical study tested 20 subjects with Auditory Processing Disorders (APD) and 20 subjects with normal development (ND - control group) using the Brainstem Auditory Evoked Potentials with clicks and speech stimuli. The latter is based on first 40ms of the spoken syllable /da/. **Results:** No differences were observed between the groups regarding the click stimulus. However, with the speech stimulus the APD group presented latency delay and lower amplitudes when compared to the ND group. **Conclusion:** Speech stimulus proved to be more sensitive for the evaluation of Auditory Processing Disorders, showing possible alterations in synchronicity and speech processing neural input speed, especially as to the linguistic information of the latter.

<sup>1</sup> Fonoaudióloga, Mestranda da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, Programa: Ciências da Reabilitação - Comunicação Humana.

<sup>2</sup> Livre-docente. Professora Associada Doutora do Curso de Fonoaudiologia da Universidade de São Paulo. Departamento de Fisioterapia, Fonoaudiologia e Terapia Ocupacional da FMUSP.

Endereço para correspondência: Renata Filippini Rua Diana 183 apto. 21 Vila Pompeia 05019-000 São Paulo SP  
E-mail: refilippini@usp.br

Pesquisa realizada com apoio financeiro da FAPESP.

Este artigo foi submetido no SGP (Sistema de Gestão de Publicações) da BJORL em 12 de fevereiro de 2008. cod 5714

Artigo aceito em 6 de novembro de 2008.

## INTRODUÇÃO

A integridade do sistema auditivo, desde a captação do sinal acústico na orelha externa até a sua significação no córtex, reflete-se no desenvolvimento normal da linguagem, da fala e da leitura e escrita<sup>1,2</sup>. O conhecimento detalhado do processo subjacente ao “ouvir e compreender” deve fornecer dados relevantes para compreensão de transtornos relacionados àquelas áreas, assim como para a escolha de condutas apropriadas.

Sabe-se, hoje, por exemplo, que crianças com dificuldades para seguir instruções orais e para entender a fala rápida e degradada podem ter algum rebaixamento da audição, mas que um número significativo delas apresentará limiares auditivos dentro da normalidade, sendo seus problemas auditivos resultados de um déficit perceptual da audição. Tais crianças, as quais apresentam uma dificuldade em processar as informações auditivas apesar da integridade do sistema, são ditas portadoras de transtorno do processamento auditivo (TPA)<sup>3</sup>.

O termo processamento auditivo (PA) refere-se ao processamento da informação auditiva no sistema nervoso central (SNC) e à atividade neurobiológica que subjaz este processamento<sup>4</sup>.

Segundo Kraus & Nicol<sup>5</sup> no transtorno do processamento auditivo a percepção auditiva da fala pode estar comprometida em função de esta ser um sinal acústico complexo e que exige muito do sistema auditivo o qual deve ser sensível a mudanças rápidas no espectro, a relações sinal-ruído desfavoráveis e a recepção de muitos estímulos em curto espaço de tempo. Os autores afirmam ainda que o processamento requerido para a percepção da fala tem uma base substancialmente automática e independente de elementos cognitivos superiores, ou seja, ocorreria em grande parte no tronco encefálico (TE). Uma lesão nas vias auditivas desta região poderia, então, ser responsável por inúmeras dificuldades na compreensão da fala.

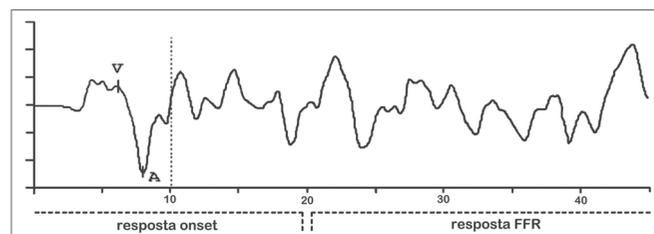
A avaliação da integridade das vias auditivas no TE dá-se por meio dos Potenciais Evocados Auditivos de Tronco Encefálico (PEATE). O PEATE registra as atividades bioelétricas relacionadas à estimulação auditiva. O estímulo acústico mais empregado na obtenção do PEATE é o clique, pois desencadeia uma resposta sincrônica de um grande número de neurônios e apresenta um espectro amplo de frequências<sup>6</sup>. Porém, para Russo et al.<sup>7</sup> estímulos como o clique e o tom puro, embora sejam largamente utilizados na prática clínica, são estímulos simples e as respostas aos estímulos complexos, como a fala, são bem menos conhecidas.

Diversas pesquisas vêm sendo realizadas com o objetivo de delinear o processamento auditivo da fala relatando as respostas para estímulo da fala ao nível do TE7-15, assim como sua relação com o processamento

cortical<sup>8,13,16,17</sup>, a eficiência do treinamento auditivo na reabilitação de indivíduos portadores de déficits na percepção da fala<sup>10,18</sup> além do efeito do ruído mascarador nas respostas<sup>9,7</sup>.

Russo et al.<sup>7</sup> sugerem que as respostas do tronco encefálico geram informações diretas sobre como a estrutura sonora de uma sílaba falada é decodificada pelo sistema auditivo. Para Johnson et al.<sup>12</sup> as respostas do TE para estímulo de fala provêm um método de avaliar os mecanismos de processamento auditivo subcortical e pode ser usado como marcador biológico da codificação deficiente do som.

É importante considerar que os aspectos específicos da estrutura do sinal acústico são mantidos e refletidos na codificação neural. Assim, similar à sílaba, a resposta do TE para a fala (Quadro 1) pode ser dividida na porção transiente e na porção sustentada, respectivamente, os componentes de respostas onset e a frequência seguida de resposta (FFR - frequency-following response).



**Quadro 1.** Representação da resposta de Tronco Encefálico para estímulo de fala em um sujeito do grupo DT deste estudo.

As respostas onset representam, primariamente, a resposta ao início do estímulo e às modulações sucessivas causadas pela vibração das pregas vocais, e a FFR reflete a estrutura harmônica da vogal que permanece durante a reprodução de um estímulo periódico e mostra a integridade geral da resposta em relação ao mesmo<sup>7,14</sup>.

O estímulo de fala gera, necessariamente antes de 10ms, um traçado complexo que inclui um pico positivo (onda V análoga à onda V produzida pelo clique) imediatamente seguido de um pico negativo (onda A). Entre os diversos picos negativos que surgem após o complexo VA, os mais frequentes e estáveis são os picos C e F. Essas ondas são analisadas quanto as suas latências e amplitudes absolutas além da análise da latência, amplitude e slope (amplitude VA/duração VA) do complexo VA<sup>12</sup>.

Outra forma de se analisar as respostas do TE para a fala, em termos qualitativos, leva em conta a Teoria Acústica da Produção da Fala, de Fant<sup>19</sup>. Segundo esta teoria as ondas de fala são uma resposta de um sistema de filtros a uma ou mais fontes sonoras, sendo possível discutir as ondas sonoras especificamente em termos de características da fonte (laringe) e dos filtros (trato vocal). Para Johnson et al.<sup>12</sup>, as características da fonte geram as

informações paralinguísticas e o sistema de filtros as informações linguísticas da fala, e essas seriam representadas, respectivamente, pelas respostas FFR e onset.

Wible et al.<sup>17</sup> e Abrams et al.<sup>13</sup> encontraram íntima relação entre os potenciais de tronco encefálico e corticais, sugerindo que a maior sincronia nos mecanismos de codificação da informação acústica transiente em nível de tronco encefálico contribui para um processamento mais robusto em níveis corticais. Ou seja, os déficits nas latências de reposta do TE para estímulos de fala têm um impacto negativo no processamento de sinais acústicos rápidos por estruturas especializadas do córtex.

Este estudo teve como objetivo testar a validade do estímulo de fala na avaliação da função auditiva do TE através dos PEATE, tanto em indivíduos com desenvolvimento típico quanto em portadores de transtorno do processamento auditivo, dando início, no Brasil, a pesquisas que buscam delinear o processamento auditivo da fala permitindo a melhor compreensão de distúrbios que envolvam o mesmo.

## MATERIAL E MÉTODO

O presente estudo teve aprovação do comitê de ética sob o protocolo 527/04.

### Casuística

Fizeram parte deste estudo 40 sujeitos entre 7 e 24 anos. Destes, 20 queixavam-se de dificuldade relativas ao processamento auditivo, e apresentavam alterações na avaliação, compondo o grupo estudo (TPA). O restante (20) foi convocado para participação no estudo por não apresentar queixas de processamento auditivo, aprendizado ou de linguagem, e apresentavam avaliação de processamento auditivo sem alterações, compondo o grupo controle (DT).

### Estímulos e Procedimentos

Os sujeitos de ambos os grupos foram testados quanto às respostas dos PEATEs para clique e para estímulo de fala. As respostas foram captadas por meio do Sistema Portátil Traveler Express da marca BioLogic.

Foi realizada inspeção do meato acústico externo utilizando o otoscópio a fim de verificar a presença de qualquer fator que impedisse a realização do exame. Após a limpeza da pele, realizada com pasta abrasiva, os eletrodos foram fixados nas posições do vértex e mastoides direita e esquerda, utilizando-se a pasta eletrolítica e fita adesiva. Os valores de impedância dos eletrodos estavam abaixo de 5 KWs.

O estímulo clique foi apresentado na orelha direita por meio de fones a uma taxa de 19 estímulos por segundo sendo promediados 2000 estímulos a 80 dBnNA. A janela de gravação foi de 10 milissegundos e os estímulos foram

filtrados de 100 a 3000 Hz. Uma segunda estimulação foi realizada a fim de reproduzir e confirmar o traçado da onda. Nesta foram identificadas e analisadas as ondas I, III e V.

Para a realização do PEATE com estímulo de fala foi necessário produzir tal estímulo. Foi escolhido um estímulo natural em detrimento de um estímulo sintetizado, assim, a sílaba /da/ foi narrada em estúdio por uma voz masculina, gravada com o software Sound Forge 6.0 (Sony) e editada com o software Vegas 4.0 (Sony) de forma a produzir um estímulo com parâmetros similares aos descritos por King et al.<sup>8</sup> e Wible et al.<sup>11</sup>. Da sílaba original foram separados apenas os cinco primeiros formantes, os quais resultaram no estímulo de 40 ms que contém a porção transiente da sílaba. Assim como o estímulo utilizado por Wible et al.<sup>11</sup> a vogal /a/ foi abreviada para permitir o aumento da taxa de estimulação e, então, melhor ativar o sistema.

Os estímulos foram organizados em grupos de 4, separados entre si por 12 ms e, entre cada grupo de estímulos, o intervalo foi de 30 ms. Segundo Wible et al.<sup>11 12</sup> ms é o menor intervalo interestímulo que pode ser usado sem que se apresente um estímulo enquanto o anterior ainda estiver ativo.

O estímulo de fala foi apresentado, por meio de fones acoplados em disc-man, na orelha direita a 80 dBA numa taxa de 18 estímulos por segundo. Foram promediados um total de 3000 estímulos, sendo 3 varreduras de 1000 estímulos. A janela de gravação foi de 45 milissegundos.

Os traçados obtidos em cada varredura foram somados e no traçado resultante as ondas V, A, C e F foram identificadas e analisadas.

### Análise dos Resultados

A análise das ondas I, III e V geradas pelo estímulo clique baseou-se na análise clínica convencional das latências absolutas, latências interpícos e amplitudes.

A análise das ondas V, A, C e F (quadro 1) geradas pelo estímulo de fala baseou-se na descrição de Johnson et al.<sup>12</sup>.

Os valores para ambos os estímulos passaram por análise estatística na qual foram calculadas as médias, medianas, desvio padrão, valor mínimo, valor máximo e intervalo de confiança para a amostra. Para verificar se existem diferenças estatisticamente significantes entre os resultados encontrados nos dois grupos observou-se o valor P. O valor P foi calculado por meio dos testes T de Student e Análise de Variância (ANOVA) com níveis de significância de 5% ( $P < 0,05$ ).

## RESULTADOS

### Clique

A análise dos traçados de todos os sujeitos para estímulo clique demonstrou a presença das ondas I, III

e V com valores de latência, assim como de intervalos interpicos, dentro dos padrões de normalidade de acordo com os parâmetros de Hall<sup>20</sup>. Estes dados demonstram a integridade da via auditiva até o TE em todos os sujeitos (n = 40).

Ao comparar os valores de latência, amplitude e intervalos interpicos (Tabela 1) não foram observadas diferenças significantes (p Valor > 0,05) entre os grupos DT e TPA, sendo que as médias dos valores de latência das ondas I, III e V encontraram-se muito próximas. Observou-se uma tendência a haver diferença significativa entre os grupos quanto aos valores médios do intervalo interpico I - III.

### Estímulo de Fala

Para todos os sujeitos, as ondas V, A, C e F foram identificadas no traçado resultante da soma das três varreduras realizadas. Em apenas 1 sujeito (2,5%), pertencente ao grupo TPA, não foi possível identificar a onda F, pois o mesmo não a apresentou ou esta se encontrava em uma latência maior do que a do intervalo pesquisado (45 ms). Por isso, para esta onda, foram analisadas apenas as respostas de 19 sujeitos do grupo estudo. Assim, as médias,

desvio padrão e p Valor das latências e amplitudes foram calculados e analisadas (Tabela 2).

Observou-se diferença significativa (p Valor < 0,05) entre os grupos DT e TPA para os valores de latência das ondas V e A. Para a latência da onda C observou-se apenas uma tendência a haver diferença significativa entre os grupos. Já quanto às amplitudes observaram-se diferenças significantes entre os grupos DT e TPA para os valores das ondas A, C e F.

A análise do complexo VA (Tabela 3) em relação aos seus valores médios de latência, amplitude e slope (amplitude VA/duração VA) mostrou uma diferença significativa entre os grupos DT e TPA quanto aos valores de amplitude do complexo VA e, conseqüentemente, de slope.

## DISCUSSÃO

Com relação aos sujeitos da pesquisa cabe ressaltar que a extensa faixa etária dos sujeitos participantes do estudo não foi um problema, já que a expectativa é que a via auditiva ao nível do tronco encefálico de uma criança de dois anos já apresente respostas iguais à de um adulto<sup>20</sup>.

**Tabela 1.** Estímulo Clique - valores mínimos, máximos, médias, medianas, desvios-padrão (DP), intervalo de confiança e valor P das latências, amplitudes e intervalos interpicos em ambos os grupos.

CLIQUE	N	Valores		Média	Mediana	DP	Limites		valor P		
		Mín	Máx				Mín	Máx	Teste T	ANOVA	
LAT I	DPA	20	1,12	1,72	1,48	1,48	0,14	1,41	1,55	0,8637	0,7051
	DT	20	1,24	1,84	1,49	1,45	0,15	1,42	1,56		
LAT III	DPA	20	3,16	4,04	3,60	3,57	0,23	3,49	3,71	0,2134	0,2130
	DT	20	3,28	3,88	3,52	3,46	0,18	3,44	3,60		
LAT V	DPA	20	5,12	5,8	5,44	5,46	0,19	5,35	5,53	0,6063	0,6063
	DT	20	5,12	5,68	5,41	5,39	0,16	5,33	5,49		
LAT I-III	DPA	20	1,84	2,48	2,13	2,08	0,18	2,05	2,21	0,0615	0,0615
	DT	20	1,8	2,24	2,04	2,04	0,11	1,99	2,09		
LAT III-V	DPA	20	1,36	2,04	1,83	1,88	0,16	1,75	1,91	0,2006	0,2000
	DT	20	1,72	2,12	1,89	1,86	0,12	1,83	1,95		
LAT I-V	DPA	20	3,6	4,32	3,97	3,96	0,17	3,89	4,05	0,5012	0,5000
	DT	20	3,72	4,12	3,94	3,92	0,09	3,90	3,98		
AMP I	DPA	20	-0,71	0,51	0,16	0,21	0,27	0,04	0,28	0,8047	0,8040
	DT	20	-0,1	0,4	0,17	0,17	0,10	0,12	0,22		
AMP III	DPA	20	-0,48	0,63	0,30	0,33	0,25	0,18	0,42	0,1875	0,1834
	DT	20	0,19	0,6	0,38	0,38	0,10	0,33	0,43		
AMP V	DPA	20	-0,59	0,5	0,22	0,28	0,25	0,10	0,34	0,6322	0,6306
	DT	20	0,11	0,42	0,24	0,22	0,09	0,20	0,28		

\* diferenças estatisticamente significantes ( valor P < 0,05)

**Tabela 2.** Estímulo de fala - valores mínimos, máximos, médias, medianas, desvios-padrão (DP), intervalo de confiança e valor P das latências e amplitudes em ambos os grupos.

FALA	N	Valores		Média	Mediana	DP	Limites		valor P		
		Mín	Máx				Mín	Máx	Teste T	ANOVA	
LAT V	DPA	20	4,22	12,67	7,55	7,31	1,76	6,72	8,37	0,0331*	0,0314*
	DT	20	4,40	8,27	6,54	6,51	1,00	6,07	7,00		
LAT A	DPA	20	5,46	15,49	9,10	8,75	2,08	8,12	10,07	0,0452*	0,0428*
	DT	20	6,34	10,03	8,00	7,92	1,06	7,50	8,49		
LAT C	DPA	20	14,26	23,41	19,45	20,06	2,46	18,29	20,59	0,0719	0,0717
	DT	20	16,19	23,94	18,12	17,60	2,05	17,16	19,08		
LAT F	DPA	19	36,46	44,46	40,93	41,18	1,93	40,00	41,86	0,2721	0,2263
	DT	20	38,18	44,18	40,27	40,22	1,43	39,60	40,93		
AMP V	DPA	20	0,06	0,70	0,30	0,27	0,21	0,20	0,39	0,9359	0,9359
	DT	20	0,02	0,77	0,31	0,32	0,18	0,21	0,39		
AMP A	DPA	20	-0,80	-0,09	-0,43	-0,43	0,19	0,51	-0,33	0,0062*	0,0061*
	DT	20	-1,30	-0,30	-0,62	-0,58	0,23	0,72	-0,51		
AMP C	DPA	20	-0,75	-0,01	-0,31	-0,29	0,18	0,39	-0,22	0,0043*	0,0042*
	DT	20	-0,89	-0,16	-0,50	-0,51	0,22	0,60	-0,39		
AMP F	DPA	19	-0,46	-0,04	-0,24	-0,20	0,13	0,30	-0,17	0,0592	0,0606
	DT	20	-1,06	0,01	-0,37	-0,31	0,26	0,48	-0,24		

\* diferenças estatisticamente significantes (valor P < 0,05)

**Tabela 3.** Estímulo de fala: Complexo VA - valores mínimos, máximos, médias, medianas, desvios-padrão (DP), intervalo de confiança e valor P da latência, amplitude e slope em ambos os grupos.

Complexo VA	N	Valores		Média	Mediana	DP	Limites		valor P		
		Mín	Máx				Mín	Máx	Teste T	ANOVA	
LAT	DPA	20	0,71	3,17	1,55	1,40	0,65	1,25	1,85	0,6474	0,6472
	DT	20	0,88	2,64	1,46	1,28	0,51	1,22	1,70		
AMP	DPA	20	0,25	1,44	0,72	0,68	0,29	0,58	0,86	0,0246*	0,0246*
	DT	20	0,50	1,38	0,93	0,96	0,26	0,80	1,06		
SLOPE	DPA	20	0,22	1,36	0,51	0,38	0,25	0,39	0,63	0,0147*	0,0147*
	DT	20	0,28	1,18	0,71	0,43	0,26	0,59	0,83		

\* diferenças estatisticamente significantes (valor P < 0,05)

### Clique

Foram observados, neste estudo, valores normais de resposta para clique, tanto no grupo DT quanto no grupo TPA, e sem diferenças significantes entre os grupos, levando-nos a crer que o indivíduo com TPA processa sons como o clique, ao nível do TE, de forma similar ao indivíduo com desenvolvimento típico.

Hall e Johnson<sup>21</sup> afirmam que, para sujeitos portadores de TPA, a proporção de anormalidades nos PEATE é bem menor do que nos Potenciais de média e longa latência, o que fortalece nossa suposição anterior.

Song et al.<sup>14</sup> investigaram as respostas para cliques

entre um grupo de crianças com aprendizado normal e um grupo de crianças diagnosticadas com distúrbio de aprendizagem. Não encontraram diferenças significantes entre os grupos, nem mesmo quando o mascaramento contra lateral foi introduzido. Neste caso, as amplitudes de ambos os grupos diminuíram de forma similar.

Podemos, assim, afirmar que indivíduos com transtorno do processamento auditivo não apresentam lesões na via auditiva até tronco encefálico ou, ainda, que não apresentam dificuldades no processamento de informações acústicas simples como o clique.

## Estímulo de fala - Grupo TPA

Observou-se neste estudo, para o grupo TPA em relação ao grupo DT, respostas para estímulo de fala com latências das ondas V e A significativamente aumentadas, assim como amplitudes das ondas A, C e do complexo VA significativamente diminuídas, além do menor slope do complexo VA. Podemos sugerir, assim, que crianças portadoras de TPA podem apresentar alteração na sincronização dos geradores de resposta (diferenças de amplitude) e/ou na velocidade de transmissão do impulso nervoso (diferenças de latência)<sup>11</sup>.

Outros pesquisadores<sup>5,8,11</sup> estudando os PEATES para estímulo de fala em sujeitos com desenvolvimento típico e com dificuldades de aprendizado encontraram resultados similares aos nossos. King et al.<sup>8</sup> observaram diferenças significantes com relação à latência da onda A e sugeriram que pelo menos algumas das crianças com distúrbio de aprendizagem têm anormalidades na representação acústica dos sons da fala ao nível do tronco encefálico baixo.

Kraus & Nicol<sup>5</sup> encontraram latências das respostas onset (ondas V, A e C) significativamente aumentadas em crianças com distúrbio de aprendizagem em relação às crianças com desenvolvimento típico. Wible et al.<sup>11</sup> observaram que as crianças com dificuldade de aprendizado apresentavam slope do complexo VA menores do que as crianças com desenvolvimento típico.

Ao comentar o workshop “Natureza da Percepção da Fala”, Kraus & Nicol<sup>5</sup> citam que: a percepção da fala envolve análise auditiva periférica, extração automática das características nos núcleos do tronco encefálico, que levam, ambas, à classificação das palavras e fonemas. Assim, as alterações observadas no processamento da fala ao nível do TE poderiam representar alterações mais específicas ao nível cortical.

Embora esta relação não tenha sido observada neste estudo, já que não foram realizadas avaliações corticais, Wible et al.<sup>17</sup> concluíram que uma maior sincronia na codificação dos aspectos transientes da fala (respostas onset - ondas V, A e C) ao nível do TE contribui para um processamento mais robusto ao nível cortical, e vice-versa. Portanto, alterações ao nível do TE podem sugerir dificuldades no processamento cortical da fala e, consequentemente, no próprio desenvolvimento da fala e da linguagem.

Esta relação fica ainda mais clara com a análise das alterações nas respostas para a fala ao nível de TE com base na Teoria Acústica da Produção de Fala de Fant<sup>19</sup>, como sugerem Kraus & Nicol<sup>22</sup> e Johnson et al.<sup>12</sup>. Como as alterações observadas ocorrem nas ondas V, A e C, as quais refletiriam a resposta do sistema às características do filtro da fala, as dificuldades encontradas pelas crianças TPA, para o processamento da fala, seriam com relação aos aspectos linguísticos da mesma.

Johnson et al.<sup>12</sup> sugerem que as medidas do TE relacionadas as informações geradas pelo filtro da fala podem funcionar como marcadores biológicos da assincronia neural em crianças com dificuldade de aprendizado, como a dislexia, ou para crianças portadoras de transtorno do processamento auditivo.

Portanto, com base no exposto, não seria difícil afirmar que a alteração do processamento da fala em nível de TE tem como consequência um desenvolvimento falho das habilidades linguísticas.

## Estímulo de Fala - Grupo DT

Embora o objetivo do estudo não tenha sido definir parâmetros de normalidade, comparamos as respostas do grupo DT para o estímulo de fala com os parâmetros obtidos por Russo et al.<sup>7</sup> (Quadro 2). Os valores encontrados são similares, sem diferenças significativas, embora, em nosso estudo estejam ligeiramente aumentados, o que pode ser justificado por pequenas diferenças nos procedimentos de coleta e análise das respostas.

**Quadro 2.** Comparação dos valores médios de latência e amplitude encontrados no presente estudo e no estudo de Russo et al\*.

	PRESENTE ESTUDO	RUSO 2004*
LAT V	6,53	6,61
LAT A	8	7,51
LAT VA	1,46	0,89
LAT C	18,12	17,69
LAT F	40,26	39,73
AMP V	0,3	0,31
AMP A	-0,62	-0,65
AMP VA	0,93	0,97
AMP C	-0,49	-0,36
AMP F	-0,36	-0,43

\*Russo N, Nicol T, Musacchia G, Kraus N. Brainstem Responses to Speech Syllable. *Clinical Neurophysiology* 2004; 115: 2021 – 30.

Os resultados obtidos neste estudo evidenciam, no grupo TPA, possíveis alterações quanto à sincronia e quanto à velocidade dos impulsos neurais no processamento de estímulos complexos como a fala, principalmente quanto às informações linguísticas

Mais pesquisas devem ser realizadas observando a relação das respostas para a fala ao nível do tronco encefálico com àquelas obtidas em níveis corticais, além da relação entre as respostas eletrofisiológicas e as comportamentais, buscando uma maior compreensão do processamento auditivo de sinais complexos como a fala.

Outro objetivo que deve ser perseguido com relação às respostas a estímulos complexos ao nível do

---

Tronco Encefálico é a sua relação com as desordens de linguagem, fala, aprendizado e processamento auditivo e as consequências de Treinamento Auditivo e Terapia Fonoaudiológica no processamento da fala.

---

### CONCLUSÃO

---

Em função de não termos obtido diferenças claras e significantes entre os valores das respostas para clique nos grupos TPA e DT, e não termos observado relações entre este e o estímulo de fala, podemos concluir que o estímulo clique não traz informações precisas sobre o processamento auditivo de sinais acústicos complexos ao nível de tronco encefálico e que o estímulo de fala foi mais sensível para este tipo de abordagem já que diferenças significantes foram encontradas entre as respostas dos grupos TPA e DT para este estímulo. Assim, o Potencial Evocado Auditivo de Tronco Encefálico com estímulo de fala mostrou-se um método válido na avaliação da função auditiva do Tronco Encefálico em indivíduos com transtorno do processamento auditivo.

---

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

1. Northern JL, Downs MP. Hearing in Children. Philadelphia: Lippincott, Williams & Wilkins 2002. p. 3-27.
2. Azevedo MF. Avaliação subjetiva da audição no primeiro ano de vida. *Temas Desenvolv.* 1991;1:11-4.
3. Jerger J, Musiek F. Report of consensus conference on the diagnosis of auditory processing disorders in school-aged children. *J Am Acad Audiol.* 2000;11:467-74.
4. ASHA - American Speech-Language-Hearing Association. (Central) Auditory Processing Disorders [Technical Report] 2005. Disponível em [www.asha.org/policy](http://www.asha.org/policy). Acessado em 13/11/2007.
5. Kraus N, Nicol T. Aggregate neural response to speech sounds in the central auditory system. *Speech commun.* 2003;41:35-47.
6. Matas CG. Audiometria de tronco cerebral. Em: Carvallo RMM. Fonoaudiologia: Informação para a formação - Procedimentos em Audiologia. São Paulo: Guanabara-Koogan; 2003. p. 43-56.
7. Russo N, Nicol T, Musacchia G, Kraus N. Brainstem Responses to Speech Syllable. *Clin neurophysiol.* 2004;115:2021-30.
8. King C, Warrier CM, Hayes E, Kraus N. Deficits in auditory brainstem pathway encoding of speech sounds in children with learning problems. *Neurosci lett.* 2002;319:111-5.
9. Cunningham J, Nicol T, King C, Zecker SG, Kraus N. Effects of noise cue enhancement on neural responses to speech in auditory midbrain, thalamus and cortex. *Hear res.* 2002;169:97-111.
10. Hayes EA, Warrier CM, Nicol TG, Zeckers G, Kraus N. Neural plasticity following training in children with learning problems. *Clin neurophysiol.* 2003;114:673-84.
11. Wible B, Nicol T, Kraus N. Atypical brainstem representation of onset and formant structure of speech sound in children with language-based learning problems. *Biol psychol.* 2004;67:299-317.
12. Johnson KL, Nicol TG, Kraus N. Brainstem response to speech: A biological marker of auditory processing. *Ear hear.* 2005;26(5): 424-34.
13. Abrams DA, Nicol T, Zecker SG, Kraus N. Auditory brainstem timing predicts cerebral asymmetry for speech. *J neurosci.* 2006;26(43):11131-7.
14. Song JH, Banai K, Russo NM, Kraus N. On the Relationship Between Speech-and Nonspeech-Evoked Auditory Brainstem Responses. *Audiol neurootol.* 2006;11:233-41.
15. Johnson KL, Nicol TG, Zecker SG, Kraus N. Auditory brainstem correlates of perceptual timing deficits. *J cogn neurosci.* 2007;19(3): 376-85.
16. Banai K, Nicol T, Zecker SG, Kraus N. Brainstem Timing: Implications for Cortical Processing and Literacy. *J neurosci.* 2005;25(43):9850-7.
17. Wible B, Nicol T, Kraus N. Correlation between brainstem and cortical auditory processes in normal and language-impaired children. *Brain.* 2005;128(2):417-23.
18. Russo NM, Nicol TG, Zecker SG, Hayes EA, Kraus N. Auditory training improves neural timing in the human brainstem. *Behav brain res.* 2005;156:95-103.
19. Fant G. Acoustic theory of speech production with calculations based on X-ray studies of Russian articulations. The Hague: Mouton. 1970;15-26.
20. Hall III JW. Editor. Handbook of Auditory Evoked Response. Boston: Allyn & Bacon 1992.
21. Hall III JW, Johnson K. Electroacoustic and electrophysiologic auditory measures in the assessment of (central) auditory processing disorder - Auditory neuroscience and diagnosis. In: Chermack GD, Musiek FE. Handbook of (central) auditory processing disorder: comprehensive intervention. Boston: Plural Publishing. 2007;287-315.
22. Kraus N, Nicol T. Brainstem origins for cortical what and where pathways in the auditory system. *Trends neurosci.* 2005;28:417-23.