

Nadia Vilela¹
Haydée Fiszbein Wertzner²
Seisse Gabriela Gandolfi Sanches²
Ivone Ferreira Neves-Lobo²
Renata Mota Mamede Carvalho²

Descritores

Testes de audição
Percepção auditiva
Audição
Transtornos da audição/reabilitação
Transtornos da articulação
Plasticidade neuronal
Criança

Keywords

Hearing tests
Auditory perception
Hearing
Hearing disorders/rehabilitation
Articulation disorders
Neuronal plasticity
Child

Endereço para correspondência:

Nadia Vilela
R. Dr. Ruy Vicente de Mello, 140, Cidade
Universitária, Campinas (SP), Brasil,
CEP: 13083-745.
E-mail: nadiavilela@usp.br

Recebido em: 24/11/2011

Aceito em: 8/2/2012

Processamento temporal de crianças com transtorno fonológico submetidas ao treino auditivo: estudo piloto

Temporal processing in children with phonological disorders submitted to auditory training: a pilot study

RESUMO

Objetivo: Comparar o desempenho em processamento temporal de crianças com transtorno fonológico submetidas a treino auditivo formal e informal. **Métodos:** Quinze indivíduos com transtorno fonológico (limiares tonais ≤ 20 dBNA de 0,50 a 4 kHz e idades entre 7 anos e 10 anos e 11 meses) foram avaliados e divididos em três grupos: Grupo Controle – composto por cinco indivíduos (média de idade de 9,1 anos) sem transtorno do processamento auditivo, que passaram por duas avaliações do processamento auditivo (central) com intervalo de seis a oito semanas, sem receber qualquer intervenção; Grupo Treino Formal – composto por cinco indivíduos (média de idade de 8,3 anos), com transtorno do processamento auditivo, submetidos a oito sessões de treino formal; e Grupo Treino Informal – composto por cinco indivíduos (média de idade de 8,1 anos) com transtorno do processamento auditivo, submetidos a oito sessões de treino informal. **Resultados:** Após oito sessões, o grupo treino formal apresentou melhora de 8% e o grupo treino informal de 22,5% no que se refere ao teste padrão temporal de frequência. Para o teste padrão temporal de duração, o grupo treino formal melhorou 12,9% e o grupo treino informal 18,7%. No desempenho nos testes padrão de frequência e padrão de duração, não houve diferença estatística entre as médias obtidas pelos dois grupos após a intervenção. **Conclusão:** Embora os resultados não tenham apresentado significância estatística, o estudo piloto apresentado sugere que ambos os treinos, formal e informal, proporcionam melhora das habilidades de processamento temporal em crianças com transtorno fonológico e do processamento auditivo.

ABSTRACT

Purpose: This study compared the temporal processing performance of children with phonological disorders submitted to formal and informal auditory training. **Methods:** Fifteen subjects with phonological disorder (pure tone thresholds ≤ 20 dBHL from 0.50 to 4 kHz, and age between 7 years and 10 years and 11 months) were evaluated, divided into three groups: Control Group: five subjects (mean age 9.1 years) without auditory processing disorder, who passed through two evaluations of the auditory processing at intervals of six to eight weeks and without any intervention; Formal Training Group with five subjects (average 8.3 years) with auditory processing disorder submitted to eight sessions of formal training; and Informal Training Group, with five subjects (average 8.1 years) with auditory processing disorder submitted to eight sessions of informal training. **Results:** After eight sessions the formal training group showed an improvement of 8% and the informal training group of 22.5% in comparison with the pitch pattern sequence test. For the duration pattern sequence test, the average of the formal training group improved by 12.9% and the informal training group by 18.7%. There was no statistical difference between the means obtained by both groups after intervention, neither in the pitch pattern nor in the duration pattern sequence test. **Conclusion:** Although the results did not present significant differences, this pilot study suggests that both formal and informal trainings provide improvement in the temporal processing abilities of children with phonological and auditory processing disorders.

Estudo realizado no Departamento de Fisioterapia, Fonoaudiologia e Terapia Ocupacional, Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo – USP – São Paulo (SP), Brasil.

Conflito de interesses: Não

(1) Programa de Pós-graduação (Mestrado) em Ciências da Reabilitação, Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo – USP – São Paulo (SP), Brasil.

(2) Departamento de Fisioterapia, Fonoaudiologia e Terapia Ocupacional, Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo – USP – São Paulo (SP), Brasil.

INTRODUÇÃO

O processamento auditivo central tem despertado o interesse de estudiosos desde meados da década de 50⁽¹⁾. De acordo com a ASHA (*American Speech-Language-Hearing Association*), o processamento auditivo central (PAC) envolve a maneira com a qual o sistema nervoso lida com a informação auditiva, seja ela verbal ou não-verbal. A apresentação da sensibilidade auditiva preservada, porém com dificuldade em uma ou mais habilidades auditivas necessárias para o processamento auditivo caracteriza-se como transtorno do processamento auditivo central (TPAC)⁽²⁾.

O processamento temporal auditivo se refere ao modo como o sistema auditivo lida com as diferenças de tempo do estímulo acústico. Nesta perspectiva, autores defendem sua estreita relação com a compreensão de fala. Tal relação pode ser estabelecida porque na fala ocorre transição rápida de elementos acústicos, e estas mudanças precisam ser analisadas de forma adequada pelo sistema auditivo⁽³⁻⁵⁾.

O tronco cerebral pode ser modificado a partir de experiências auditivas de longo e curto prazo iniciadas na infância⁽⁶⁾. É possível melhorar as funções do sistema auditivo no que se refere à resolução de sinais acústicos a partir do treino das habilidades auditivas, o que é denominado treino auditivo⁽⁷⁻⁹⁾. Tal treino pode ser realizado de maneira formal ou informal. No treino formal são propostas atividades acusticamente controladas e aplicadas em cabina acústica por profissional qualificado. O treino informal também envolve a estimulação de habilidades auditivas, mas sem exigir controle acústico do ambiente e dos estímulos apresentados. Tanto o treino formal quanto o treino informal baseiam-se na plasticidade neural, que é a capacidade do sistema nervoso central (SNC) sofrer mudanças neurofisiológicas a partir de experiências sensoriais⁽¹⁰⁻¹⁴⁾. Estudos têm demonstrado os benefícios alcançados pelo treino do processamento auditivo temporal^(9,15).

Considerando o desenvolvimento de linguagem, Ingram⁽¹⁶⁾ apontou que é a partir da percepção auditiva e da produção dos sons da fala que a criança aprende as regras do sistema linguístico de sua língua materna e se apropria de um sistema fonológico de contrastes.

O transtorno fonológico é uma alteração de fala e linguagem bastante ocorrente na população infantil, que se manifesta de forma heterogênea. Modelos teóricos que estudam o desenvolvimento da fala, apoiados na Teoria dos Sistemas Dinâmicos, indicam que há inter-relação entre os processamentos motor da fala, cognitivo-linguístico e auditivo. Enfatiza-se a conexão entre a ação (gesto motor oral) e a percepção que ela causa no próprio sujeito. Tal conexão desenvolve o monitoramento auditivo e sinestésico do seu gesto articulatório⁽¹⁷⁻²¹⁾. Evidências apontam interação entre os sistemas motor, auditivo e sensorial envolvidos na formação de mapas neurais⁽¹⁹⁾. Alguns autores acreditam haver estreita relação entre o TPAC e as alterações de fala pelo fato de o primeiro interferir na formação estável da representação dos fonemas no cérebro e na percepção de fala, dificultando o aprendizado da fonologia, sintaxe e semântica⁽⁴⁻⁵⁾.

Mesmo sendo observados resultados positivos em casos de pacientes que passaram por treino auditivo informal do

PAC^(9,12), ainda são necessários trabalhos que comparem estas duas formas de intervenção (treino formal e informal do PAC). Assim, será possível conhecer seus reais efeitos, resultados e situações ideais de utilização.

Desta maneira, o objetivo deste trabalho foi verificar a variação de desempenho no processamento temporal de crianças com transtorno fonológico antes e após a realização do treino auditivo formal e informal.

MÉTODOS

Esta pesquisa foi aprovada pela Comissão de Ética para Análise de Projetos de Pesquisa do Hospital das Clínicas da FMUSP sob o número 0807/08. Os pais ou responsáveis assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

O primeiro critério de inclusão para todos os sujeitos foi a presença de alterações na prova de Fonologia⁽²²⁾ do Teste de Linguagem Infantil ABFW, caracterizadas pela omissão e/ou substituição de fonemas relacionados à presença de processos fonológicos, na presença ou não de alterações na linguagem escrita concomitantes e ausência de alterações sintáticas, semânticas ou pragmáticas. Todos os sujeitos foram voluntários convidados a participar deste estudo. Participaram 15 crianças, com transtorno fonológico e idades entre 7 anos e 10 anos e 11 meses. Todas foram submetidas à avaliação audiológica que incluiu testes do PAC e apresentaram limiares auditivos ≤ 20 dB nas frequências entre 0,5 a 4kHz. Os resultados obtidos à avaliação do PAC determinaram a inclusão das crianças em um dos três grupos desta pesquisa.

Os sujeitos foram submetidos à imitanciométrica (analisador de orelha média Interacoustics® AT235h – microprocessador e provido de duas frequências de tom na sonda de imitância: 226 Hz e 1 kHz). O equipamento foi utilizado para as medidas timpanométricas automáticas e para as medidas dos reflexos acústicos ipsilaterais. Os sujeitos foram submetidos ainda à audiometria tonal via aérea, nas frequências de 0,5 a 4 kHz, usando audiômetro GSI 61- GrasonStadler® (ANSI S3,6-1989; ANSI S3,43-1992; IEC 645-1,1992; IEC 645 – 2, 1993; ISO 389; UL 544) e fones TDH 50P.

Os testes auditivos utilizados para a avaliação do PAC foram: Identificação de Figuras (IF) com ruído competitivo ipsilateral (relação sinal/ruído = +20; normalidade: 90%)⁽²³⁾; Teste Dicótico de Dígitos (DD)⁽²³⁾ (normalidade: entre 7 e 8 anos, 85% de acertos na orelha direita e 82% na orelha esquerda; entre 9 e 10 anos, 90% nas duas orelhas; a partir de 11 anos, 93% nas duas orelhas); Teste de Padrão de Frequência (PF)⁽²⁴⁾; Teste de Padrão de Duração (PD)⁽²⁴⁾ (valores de normalidade para os dois últimos testes foram baseados nos achados de estudo anterior⁽²⁴⁾).

Foi utilizado um *compact disc* com os estímulos, reproduzido por um *CD Player* acoplado ao audiômetro. A partir dos resultados obtidos na avaliação do PAC, as crianças foram divididas em três grupos:

- Grupo Controle (GC): composto por cinco sujeitos do gênero masculino, sem TPAC, com média de idade de 9,1 anos;
- Grupo Treino Auditivo Formal (TAF): composto por cinco

sujeitos (dois sujeitos do gênero feminino e três do gênero masculino), com média de idade 8,3 anos e alteração nos resultados de pelo menos dois testes comportamentais do PAC;

- Grupo Treino Auditivo Informal (TAI): composto por cinco sujeitos (dois sujeitos do gênero feminino e três do gênero masculino), com média de idade 8,1 anos e alteração em pelo menos dois testes comportamentais do PAC.

Todos os sujeitos deste estudo passaram por uma primeira avaliação do PAC (PAC1). Entre seis e oito semanas após, os sujeitos passaram por uma segunda avaliação (PAC2), sem ter recebido qualquer tipo de intervenção fonoaudiológica. O interesse em realizar duas avaliações do PAC, com intervalo de tempo entre seis a oito semanas, esteve voltado para a tentativa de verificar eventuais variações de desempenho, mesmo na ausência de intervenção fonoaudiológica.

A partir dos resultados do PAC2 a criança foi inserida em um dos grupos descritos, de acordo com os critérios que se seguem. Para ser incluída no GC a criança poderia apresentar alteração nos resultados de apenas um teste da bateria de testes do PAC. Para ser incluída no grupo TAF a criança deveria apresentar resultados alterados em, no mínimo, dois testes, tanto no PAC1 como no PAC2. Todas foram submetidas a oito sessões de treino auditivo formal, realizado conforme princípios propostos anteriormente⁽²⁶⁾. Após a realização do treino formal, este grupo passou pela terceira avaliação (PAC3) para que se verificasse a variação do desempenho. Para compor o grupo TAI, a criança deveria apresentar resultados alterados em, no mínimo, dois testes, tanto no PAC1 como no PAC2. Todas receberam oito sessões de treino auditivo informal. As atividades foram realizadas por meio de fone de ouvidos a 60 dBA (medida realizada em cabina acústica com decibêlmetro digital, da marca Instrutherm®, modelo DEC 460, com escala de frequência de 31,5 Hz a 8k Hz) em sala de terapia silenciosa, e seguiram um programa de treinamento auditivo informal, idealizado especificamente para a realização deste estudo (Anexo 1). Após a realização do treino informal, este grupo passou também pelo PAC3.

Para a análise dos dados, as médias dos dois grupos (TAF e TAI) nas três avaliações foram comparadas por meio da técnica de análise de variância com medidas repetidas. O objetivo foi comparar as médias obtidas nas terceiras avaliações com as das avaliações anteriores, e comparar as médias dos grupos na terceira avaliação. Para localizar diferenças entre as médias foi utilizado o método de comparações múltiplas de Bonferroni. O nível de significância adotado foi de 0,05.

Como o interesse específico deste estudo foi o processamento auditivo temporal, as variáveis dependentes estudadas foram os resultados dos testes de padrão de duração (PD) e frequência (PF).

RESULTADOS

Análise dos resultados obtidos no Teste Padrão Temporal de Frequência (PF)

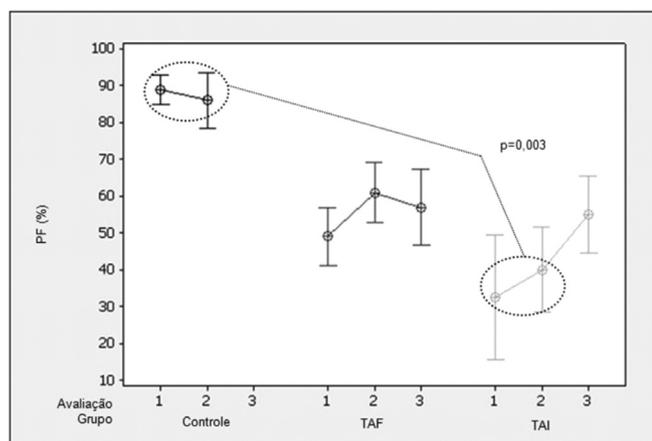
Os resultados observados na estatística descritiva quanto aos acertos obtidos no teste PF, comparando os grupos e os momentos de avaliação, são apresentados na Tabela 1. O GC obteve médias superiores quando comparado ao TAF e ao TAI nas duas primeiras avaliações. As médias observadas no TAI na terceira avaliação são maiores que as observadas no mesmo grupo nas avaliações anteriores, embora sem significância estatística.

Na comparação dos três grupos nas duas primeiras avaliações (Figura 1) não houve diferença entre as médias do teste PF ($p=0,165$), independente do grupo ($p=0,349$). Além disso, as médias foram diferentes nos três grupos e a diferença entre eles foi independente da avaliação ($p=0,349$). Não houve diferença entre as médias do teste PF no GC e no TAF nas duas primeiras avaliações ($p=0,055$). A média no GC foi maior que no TAI ($p=0,003$) e não houve diferença entre as médias dos grupos TAF e TAI, ainda considerando as duas primeiras avaliações ($p=0,356$). Assim, pode-se concluir que não houve diferença entre as médias do PF no TAF e no TAI, e as médias nesses grupos foram menores que no GC, embora essa diferença não tenha sido significativa com relação ao grupo TAF.

Tabela 1. Acertos obtidos no teste PF, por grupo e avaliação

Avaliação	Grupo	n	Média	DP	Mínimo	Mediana	Máximo
PAC1	C	5	89,0	8,9	80,0	90,0	100,0
	TAF	5	49,0	17,8	20,0	55,0	65,0
	TAI	4	32,5	34,0	0,0	25,0	80,0
	Total	14	58,6	31,5	0,0	62,5	100,0
PAC2	C	5	86,0	16,7	60,0	90,0	100,0
	TAF	5	61,0	18,5	30,0	65,0	75,0
	TAI	5	40,0	25,7	15,0	30,0	70,0
	Total	15	62,3	27,3	15,0	65,0	100,0
PAC3	TAF	5	57,0	23,1	30,0	65,0	80,0
	TAI	5	55,0	23,2	15,0	60,0	75,0
	Total	10	56,0	21,8	15,0	62,5	80,0

Legenda: PAC1 = primeira avaliação do processamento auditivo central; PAC2 = segunda avaliação do processamento auditivo central; PAC3 = terceira avaliação do processamento auditivo central; C = grupo controle; TAF = grupo treinamento auditivo formal; TAI = grupo treinamento auditivo informal; DP = desvio-padrão



Legenda: 1 = primeira avaliação do processamento auditivo central (PAC1); 2 = segunda avaliação do processamento auditivo central (PAC2); e 3 = terceira avaliação do processamento auditivo central (PAC3)

Figura 1. Médias ± erros padrão da porcentagem de acertos no teste PF por grupo e avaliação.

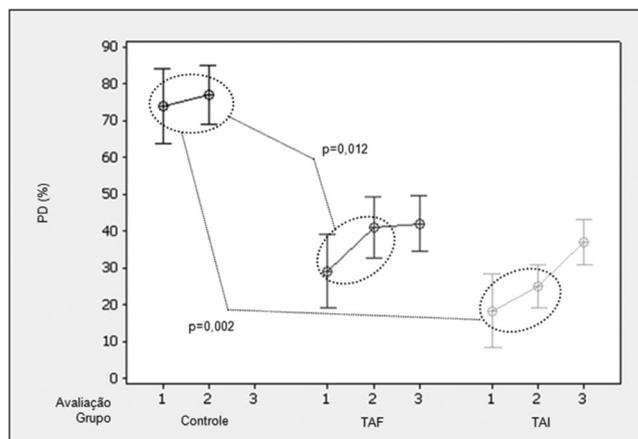
Na análise dos grupos TAF e TAI, não houve diferença significativa entre as médias obtidas nas três avaliações ($p=0,076$), independentemente do grupo ($p=0,323$); portanto, não houve diferença significativa entre a média na terceira avaliação e as médias nas duas primeiras. Também não houve diferença entre as médias dos grupos ($p=0,243$), independentemente da avaliação ($p=0,323$); portanto, não houve diferença entre as médias no TAF e TAI na terceira avaliação.

Análise dos resultados obtidos no Teste Padrão Temporal de Duração (PD)

Os valores das estatísticas descritivas tiveram comportamento semelhante ao observado na análise do teste anterior: a média no GC foi maior que nos outros dois grupos e as médias no TAI tenderam a aumentar no decorrer das avaliações.

Considerando as duas primeiras avaliações, não houve

diferença entre PAC1 e PAC2 em qualquer um dos grupos ($p=0,151$). (Figura 2). As médias obtidas pelo GC no PAC1 e PAC2 foram maiores que as do TAF ($p=0,012$) e as do TAI ($p=0,002$). Não houve diferença entre as médias no TAF e no TAI ($p=0,435$).



Legenda: 1 = primeira avaliação do processamento auditivo central (PAC1); 2 = segunda avaliação do processamento auditivo central (PAC2); e 3 = terceira avaliação do processamento auditivo central (PAC3)

Figura 2. Médias ± erros padrão da porcentagem de acertos no PD por grupo e avaliação.

Os resultados obtidos na análise do TAF e TAI mostraram que não houve diferença entre as médias de acertos no teste PD nas três avaliações ($p=0,096$), portanto, não houve diferença entre a média da terceira avaliação e as médias das duas primeiras nos dois grupos ($p=0,615$). Além disso, não houve diferença entre as médias dos dois grupos ($p=0,131$), independentemente da avaliação ($p=0,615$). Ou seja, não houve diferença entre as médias dos grupos TAI e TAF na terceira avaliação.

DISCUSSÃO

O presente estudo mostra que tanto o treino formal como

Tabela 2. Acertos obtidos no teste PD, por grupo e avaliação

Avaliação	Grupo	n	Média	DP	Mínimo	Mediana	Máximo
PAC1	C	5	74,0	22,7	40,0	80,0	100,0
	TAF	4	29,1	20,3	1,5	32,5	50,0
	TAI	3	18,3	17,6	0,0	20,0	35,0
	Total	12	45,1	32,0	0,0	37,5	100,0
PAC2	C	5	77,0	17,9	55,0	70,0	100,0
	TAF	5	41,0	18,8	10,0	45,0	60,0
	TAI	3	25,0	10,0	15,0	25,0	35,0
	Total	13	51,2	27,1	10,0	50,0	100,0
PAC3	TAF	5	42,0	16,8	30,0	35,0	70,0
	TAI	5	37,0	14,0	25,0	30,0	60,0
	Total	10	39,5	14,8	25,0	32,5	70,0

Legenda: PAC1 = primeira avaliação do processamento auditivo central; PAC2 = segunda avaliação do processamento auditivo central; PAC3 = terceira avaliação do processamento auditivo central; C = grupo controle; TAF = grupo treinamento auditivo formal; TAI = grupo treinamento auditivo informal; DP = desvio-padrão

o treino informal foram capazes de proporcionar melhora qualitativa na performance das crianças no que se refere à habilidade auditiva de ordenação temporal e transferência inter-hemisférica.

Considerando a performance das crianças no teste PF, é possível observar que as médias obtidas no PAC3 para os grupos TAF e TAI foram mais próximas que as médias obtidas pelos mesmos grupos no PAC1, embora sem significância estatística.

Ao levarmos em conta o desempenho das crianças no teste PD, temos que salientar que houve crianças que também não foram capazes de realizá-lo na avaliação inicial (PAC1) (uma criança do grupo TAF e duas do grupo TAI) e no PAC2 (as mesmas duas crianças do grupo TAI). A análise deste dado, isoladamente, nos dá a ideia de que houve aprendizado na tarefa de ordenação temporal e transferência inter-hemisférica das crianças que participaram da pesquisa, uma vez em que elas não eram capazes de realizar a tarefa e posteriormente passaram a ser.

Diferentemente do que ocorreu no teste PF, o desempenho do grupo GC no teste PD não pareceu mais homogêneo que o dos outros grupos. Ao levarmos em conta a comparação da faixa de normalidade entre os testes PF e PD⁽²⁶⁾, podemos concluir que as crianças falantes do Português apresentam melhor performance no teste PF. Talvez por isso o desempenho do GC tenha sido também heterogêneo. Tais achados parecem concordar com os resultados de outro estudo⁽²⁷⁾.

De modo geral, as respostas obtidas pelas crianças dos grupos TAF e TAI nas três avaliações do PAC (1, 2 e 3) foram bastante heterogêneas. Estes dados corroboram os de outro estudo⁽²⁸⁾ que também encontrou grande variabilidade nas respostas de crianças entre 7 anos e 11 anos e 11 meses de idade.

Ao levarmos em conta que os indivíduos do nosso estudo apresentavam transtorno fonológico e que este diagnóstico pode acarretar em dificuldades escolares, é possível sugerir que as crianças participantes também apresentem atraso na maturação das habilidades auditivas, assim como sugerido por alguns autores⁽²⁹⁾.

Embora o desempenho do grupo TAI para o teste PD tenha sido pior que o do grupo TAF na avaliação do PAC1, não houve diferença estatística entre estes dois grupos. Entretanto, ambos os grupos diferenciaram-se do GC. Após o treino auditivo, tanto o TAI como o TAF não apresentaram diferenças significativas intergrupos, mas é possível observar que a diferença entre as médias destes dois grupos diminuiu após o treino auditivo (Tabela 2). O grupo TAF não apresentou melhora de desempenho após o treino auditivo. Já o grupo TAI, embora sem significância estatística, demonstrou maior habilidade em realizar a tarefa de ordenação temporal e transferência inter-hemisférica após o treino. Os resultados obtidos neste estudo piloto fornecem indícios de que as diferenças encontradas podem se apresentar significativas com o aumento da amostra.

A partir dos resultados obtidos, reforça-se a necessidade de intervenção precoce em crianças com transtorno fonológico e do processamento auditivo, uma vez que ambos os transtornos dificultam o aprendizado da leitura e da escrita e, consequentemente, prejudicam o desempenho escolar destas crianças.

CONCLUSÃO

Tanto o treino formal quanto o informal ampliam a possibilidade de intervenção fonoaudiológica em crianças com transtorno fonológico associado ao transtorno do processamento auditivo. Os resultados deste estudo sugerem que crianças que apresentam transtorno fonológico associado ao transtorno do processamento auditivo podem se beneficiar de sessões de treino auditivo.

Embora a melhora das habilidades auditivas de resolução temporal e transferência inter-hemisférica não tenha sido comprovada estatisticamente neste estudo piloto, o aumento verificado no percentual médio de respostas corretas sugerem que o aumento da amostra poderia proporcionar mudanças importantes.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo financiamento do estudo (processo número 2008/07652-5).

REFERÊNCIAS

1. Bocca E, Calearo C, Cassinari V. A new method for testing hearing in temporal lobe tumours: preliminary report. *Acta Otolaryngol.* 1954;44(3):219-21.
2. American Speech-Language-Hearing Association. Central auditory processing: current status of research and implications for clinical practice. *Am J Audiol.* 1996;5(2): 41-54.
3. Hirsh IJ. Auditory perception of temporal order. *J Acoust Soc Am.* 1959;31(6):759-67.
4. McArthur GM, Bishop DVM. Speech and non-speech processing in people with specific language impairment: a behavioral and electrophysiological study. *Brain Lang.* 2005;94(3):260-73.
5. McArthur G, Atkinson C, Ellis D. Atypical brain responses to sounds in children with specific language and reading impairments. *Dev Sci.* 2009;12(5):768-83.
6. Song JH, Skoe E, Wong PC, Kraus N. Plasticity in the adult human auditory brainstem following short-term linguistic training. *J Cogn Neurosci.* 2008;20(10):1892-902.
7. Chermak GD, Musiek FE. Auditory training: principles and approaches for remediating and managing auditory processing disorders. *Semin Hear.* 2002;23(4):297-308.
8. Zhou X, Merzenich MM. Developmentally degraded cortical temporal processing restored by training. *Nat Neurosci.* 2009;12(1):26-8.
9. Murphy CF, Schochat E. Generalization of temporal order detection skill learning: two experimental studies of children with dyslexia. *Braz J Med Biol Res.* 2010;13(4):359-66.
10. Musiek FE, Berge B. A neuroscience view of auditory training/stimulation and central auditory processing disorders. In: Masters MG, Stecker NA, Katz J, editors. *Central auditory processing disorders: mostly management.* Boston: Allyn & Bacon; 1998. p.15-32.
11. Kraus N. Speech sound perception, neurophysiology, and plasticity. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol.* 1999;47(2):123-9.
12. Fujioka T, Ross B, Kakigi R, Pantev C, Trainor LJ. One year of musical training affects development of auditory cortical-evoked fields in young children. *Brain.* 2006;129(Pt 10):2593-608.
13. Moore DR. Auditory processing disorders: acquisition and treatment. *J Commun Disord.* 2007;40(4):295-304.
14. Tremblay K. Training-related changes in the brain: Evidences from human auditory-evoked potential. *Semin Hear.* 2007;28(2):120-32.
15. Skoe E, Kraus N. Hearing it again and again: On-line subcortical plasticity in Humans. *PLoS ONE.* 2010;5(10):e13645.

16. Ingram D. Phonological disability in children. London: Edward Arnold. 1976.
17. Kent RD. Research on speech motor control and its disorders: a review and prospective. *J CommunDisord.* 2000;33(5):391-427, quiz 428.
18. Guenther FH. Cortical interactions underlying the production of speech sounds. *J CommunDisord.* 2006;39(5):350-65.
19. Smith A. Development of neural control of orofacial movements for speech. In: Hardcastle WJ, Laver J, Gibbon FE. *The handbook of phonetic sciences*, 2nd ed. New York: Wiley-Blackwell; 2010.
20. Goffman L, Gerken L, Lucchesi J. Relations between segmental and motor variability in prosodically complex nonword sequences. *J Speech Lang Hear Res.* 2007;50(2):444-58.
21. Munhall KG. Functional imaging during speech production. *Acta Psychol (Amst).* 2001;107(1-3):95-117.
22. Wertzner HF. Fonologia. In: Andrade CRF, Befi-Lopes DM, Fernandes FDM, Wertzner HF. *ABFW – Teste de Linguagem Infantil nas Áreas de Fonologia, Vocabulário, Fluência e Pragmática*. 2a ed. Carapicuíba: Pro Fono. 2004. p. 5-31.
23. Pereira LD, Schochat E. *Testes auditivos comportamentais para avaliação do processamento auditivo central*. Barueri (SP): Pró-Fono; 2011.
24. *Evaluation manual of pitch pattern sequence and duration pattern sequence*. Missouri: Auditec; 1997.
25. Balen AS. Reconhecimento de padrões auditivos de frequência e de duração: desempenho de crianças escolares de 7 a 11 anos [tese]. São Paulo: Universidade de São Paulo; 2001.
26. Musiek FE, Schochat, E. Auditory training and central auditory processing disorders – A case study. *Semin Hear.* 1998;19(4):357-66.
27. Frederigue-Lopes NB, Bevilacqua MC, Samishima K, Costa AO. Desempenho de crianças normais em testes temporais auditivos em campo livre. *Pro-Fono.* 2010;22(2):83-8.
28. Schochat E, Rabelo CM, Sanfins MD. Processamento auditivo central: testes tonais de padrão de frequência e duração em indivíduos normais de 7 a 16 anos de idade. *Pro-Fono.* 2000;12(2):1-7.
29. Neves IF, Schochat E. Auditory processing maturation in children with and without learning difficulties. *Pro-Fono.* 2005;17(3):311-20.

Anexo 1. Descrição das faixas contidas no CD para o treino auditivo informal

Hab. auditiva	Fx	Quantidade de estímulos	S/R	RC	Duração (ms)	IIE (ms)	Freq. (Hz)	Orientação			
OT e TIH.	1	4 séries de 2 estímulos	--	--	200	200	≈1000 e ≈1400	Diferenciar os 2 sons e/ ou nomeá-los			
	2					100					
	3	14 séries de 3 estímulos			200	450		Orderar os estímulos			
	4					350					
	5					250					
	6					150					
	7					100					
	8	4 séries de 2 estímulos			400 e 200	--		250	≈1000	Diferenciar os 2 sons e/ ou nomeá-los	
	9							200			
	10	14 séries de 3 estímulos						200		500	Orderar os estímulos
	11									400	
	12									300	
	13									200	
	14									150	
FV	15	100 palavras distribuídas em 5 CS	+20	RB			--	--		--	Sinalizar a cada palavra de uma CS ouvida
	16		+5								
	17		0	CM							
	18		-15								
FNV	19	33 ENV distribuídos em 5 CS	+20	RB			--	--		--	Identificar estímulos de uma CS e nomeá-los
	20		+5								
FFV	21	100 palavras distribuídas em 5 CS	0	HN			--	--		--	Sinalizar a cada palavra de uma CS ouvida
	22		-15								
FFNV	23	33 ENV distribuídos em 5 CS	0	HN	--	--	--	Identificar estímulos de uma CS e nomeá-los			
	24		-15								

continua...

... continuação

Hab. auditiva	Fx	Quantidade de estímulos	S/R	RC	Duração (ms)	IIE (ms)	Freq. (Hz)	Orientação
F + MV	25	8 séries de 4 estímulos (CS =)	+20	RB	--	--	--	Repetir a sequência ouvida na mesma ordem
	26		+5					
	27		0	CM				
	28		-15					
	29	8 séries de 4 estímulos (CS ≠)	+20	RB				
	30		+5					
	31		0	CM				
	32		-15					
	33	8 séries de 5 estímulos (CS =)	+20	RB	--	--	--	
	34		+5					
	35		0	CM				
	36		-15					
	37	8 séries de 5 estímulos (CS ≠)	+20	RB				
	38		+5					
	39		0	CM				
	40		-15					
FF + MV	41	8 séries de 4 estímulos (CS =)	0	HN	--	--	--	
	42		-15					
	43	8 séries de 4 estímulos (CS≠)	0					
	44		-15					
	45	8 séries de 5 estímulos (CS =)	0		--	--	--	
	46		-15					
	47	8 séries de 5 estímulos (CS ≠)	0					
	48		-15					

Legenda: CM = caixinha de música; CS = categoria semântica; ENV = estímulo não verbal; FF + MV = figura fundo e memória verbal; FFNV = figura fundo não verbal; FFV = figura fundo verbal; F + MV = fechamento e memória verbal; FNV = fechamento não verbal; Freq. = frequência; FV = fechamento verbal; Fx = faixa; Hab. = habilidade; HN = história narrada; OT = ordenação temporal; RB = ruído branco; RC = ruído competitivo; S/R = relação sinal/ruído; TIH = transferência inter-hemisférica