

Correlações entre leitura, consciência fonológica e processamento temporal auditivo***

Correlations between reading, phonological awareness and auditory temporal processing

Cristina Ferraz Borges Murphy*
Eliane Schochat **

*Fonoaudióloga. Doutoranda em Ciências da Reabilitação pelo Departamento de Fisioterapia, Fonoaudiologia e Terapia Ocupacional da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo. Endereço para correspondência: Avenida Padre Antonio José dos Santos, 313 - Apto. 134 - São Paulo - SP - CEP 04563-010 (cris78@yahoo.com).

**Fonoaudióloga. Professora Livre-Docente do Curso de Fonoaudiologia do Departamento de Fisioterapia, Fonoaudiologia e Terapia Ocupacional da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo.

***Trabalho Realizado no Laboratório de Investigação Fonoaudiológica em Processamento Auditivo do Curso de Fonoaudiologia da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo.

Artigo Original de Pesquisa

Artigo Submetido a Avaliação por Pares

Conflito de Interesse: não

Recebido em 18.07.2008.
Revisado em 24.11.2008.
Aceito para Publicação em 03.02.2009.

Abstract

Background: auditory temporal processing and reading. Aim: to analyse the potential correlations between reading acquisition, phonological awareness, and auditory temporal processing in Brazilian children with dyslexia. Method: this study evaluated sixty children, nine to twelve years of age, divided into two groups: a control group of twenty seven children without dyslexia and a study group of thirty three children with dyslexia. The children in both groups were submitted to tests designed to assess reading skills, phonological awareness, and auditory temporal processing. Results: in the results of all three tests, significant differences were found between the dyslexic children and those in the control group, with poorer results for the dyslexic group. However, for both groups, correlations were found only between the performance on the reading test and the performance on the phonological awareness test. Conclusion: dyslexic children demonstrated poorer results in all tests when compared to their controls. However, there was no definitive evidence that their poor performance on the auditory temporal processing tests was directly related to their phonological awareness skills, or even to their reading skills.

Key Words: Children; Dyslexia; Hearing.

Resumo

Tema: influência do processamento auditivo no aprendizado da leitura. Objetivo: analisar a correlação entre leitura, consciência fonológica e processamento temporal auditivo em crianças brasileiras com dislexia. Método: foram avaliadas sessenta crianças de nove a doze anos, sendo trinta e três pertencentes ao grupo com dislexia e trinta e três ao grupo controle. Os testes aplicados envolveram habilidades de leitura, consciência fonológica e processamento auditivo temporal. Resultados: ambos os grupos apresentaram diferenças estatisticamente significantes entre os desempenhos nos testes de leitura, consciência fonológica e processamento auditivo temporal, sendo que o grupo de crianças com dislexia apresentou desempenho estatisticamente pior em todos os testes aplicados. Foi encontrada correlação apenas entre os desempenhos nos testes de leitura e consciência fonológica. Conclusão: Apesar de o grupo de crianças com dislexia ter apresentado pobre desempenho nos testes de processamento auditivo temporal, não é possível afirmar que este esteja relacionado ao pobre desempenho em tarefas envolvendo leitura ou consciência fonológica.

Palavras-Chave: Criança; Dislexia; Audição.

Referenciar este material como:

 Murphy CFB, Schochat E. Correlações entre leitura, consciência fonológica e processamento temporal auditivo. *Pró-Fono Revista de Atualização Científica*. 2009 jan-mar;21(1):13-8.

Introdução

Atualmente, inúmeras teorias têm sido elaboradas visando à descoberta da etiologia da dislexia; um dos problemas de leitura. Uma das teorias estudadas é baseada em um déficit no processamento temporal¹⁻⁵. De acordo com Habib⁶, as dificuldades estariam em processar características temporais de estímulos de diferentes modalidades sensoriais, como estímulos auditivos, visuais e sensorio-motores, quando apresentados de maneira rápida e em sequência. Mais especificamente, a dificuldade envolvendo processamento auditivo temporal seria expressa por uma habilidade limitada em processar "elementos acústicos curtos" como as consoantes, que são caracterizadas por rápida transição de formantes, o que levaria, conseqüentemente, a uma dificuldade em associar letras aos seus sons específicos.

Apesar dos inúmeros estudos relacionando a leitura e o processamento temporal auditivo, ainda há controvérsias sobre esta relação. As principais críticas dizem respeito às características dos testes comportamentais, o tipo de tarefa aplicada e a demanda cognitiva exigida para a realização das tarefas, incluindo a atenção e quociente intelectual (QI)⁷⁻¹¹.

Outros questionamentos surgiram em relação aos achados de Tallal¹, precursora desta hipótese. Em sua pesquisa, embora o grupo de crianças com dislexia tenham realmente apresentado resultado pior, como um todo, nos testes temporais, houve grande variação individual; apenas algumas crianças (45%) apresentaram mais erros do que as crianças com piores desempenhos no grupo controle. Bishop et al.⁷, por exemplo, afirmou que, a alteração do processamento temporal auditivo pode estar presente, mas não é suficiente ou necessária para causar um transtorno de linguagem.

Considerando as questões ainda existentes sobre a relação entre o aprendizado da leitura e o processamento auditivo temporal, o estudo em questão teve como objetivo comparar o desempenho de crianças com dislexia e grupo controle em testes envolvendo leitura, processamento fonológico e processamento temporal auditivo e investigar uma possível correlação entre os desempenhos em cada teste aplicado.

Método

O estudo foi aprovado pela Comissão de Ética para Análise de Projetos de Pesquisa - CAPPesq

da Diretoria Clínica do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (FMUSP), em 9/10/2002, sob o Protocolo de Pesquisa número 649/01.

A coleta de dados foi realizada no Laboratório de Investigação Fonoaudiológica em Processamento Auditivo do Curso de Fonoaudiologia da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, no período de janeiro de 2003 a maio de 2004. Os participantes do estudo incluíram 27 crianças do grupo controle (15 meninas e 12 meninos; idade média = 10:8; age range = 9:2 - 12:4) e 33 do grupo estudo (14 meninas e 19 meninos; idade média = 10:5; age range = 9:5 - 12:5). Todos eram falantes nativos do Português Brasileiro, estudavam em escolas particulares na mesma cidade, o que garantiu nível sócio-econômico-cultural similar para os participantes, de ambos os grupos e apresentaram resultados dentro dos padrões da normalidade na Avaliação Audiológica Básica (audiometria, logaudiometria e imitanciometria). Além disso, não deveriam apresentar alterações cognitivas, psicológicas, neurológicas, oftalmológicas ou atraso de aquisição de linguagem oral. Também não deveriam apresentar histórico de otite média ou algum conhecimento musical.

A Associação Brasileira de Dislexia foi responsável pelo diagnóstico e encaminhamento do grupo estudo e o diagnóstico foi baseado nos seguintes critérios: inteligência média ou acima da média, de acordo com Wechsler Intelligence Scale for Children-III (90 ou acima em testes verbais e não-verbais de inteligência), habilidades de leitura e consciência fonológica com um atraso de dois anos, se comparado com a idade cronológica, anamnese realizada com os pais, para investigação de quaisquer problemas alternativos que pudessem interferir na leitura como educação ou método de ensino. O grupo controle foi formado por crianças encaminhadas por escolas particulares e a seleção era realizada pelos professores, que eram orientados a encaminhar crianças que não apresentavam queixas escolares.

Os indivíduos, de ambos os grupos, foram submetidos a uma série de procedimentos: história clínica, avaliação audiológica completa composta por meatoscopia, imitanciometria, audiometria tonal limiar e vocal. Após estes procedimentos, foram excluídas as crianças que não se enquadravam aos critérios descritos e, quando necessário, foi realizado o encaminhamento ao profissional responsável. Selecionado os grupos, foram aplicados os três testes a seguir:

Teste de leitura de palavras isoladas/adaptação¹²

Trata-se de uma prova contendo 30 palavras que variam quanto à regularidade (palavras regulares e irregulares), à lexicalidade (palavras reais e pseudopalavras), à extensão (estímulos curtos e longos), e à familiaridade (palavras frequentes e não-frequentes).

A apresentação das palavras foi realizada através de um computador LG, utilizando o Programa *Microsoft Word 2000*, em sala isolada. Os estímulos eram apresentados, individualmente, no centro da tela do computador. O tempo de aparecimento de cada estímulo era, inicialmente ilimitado, e seu desaparecimento era acionado pela examinadora, após a resposta da criança. Os participantes eram orientados a pronunciar, em voz alta, todos os estímulos que apareciam na tela do computador, imediatamente ao seu aparecimento, mesmo não tendo certeza da resposta, e mesmo não conhecendo o significado da palavra, já que muitas eram não-palavras. As respostas foram registradas em um gravador Sony TCM-323, para posterior transcrição. Foi computado o número de respostas corretas, considerando-se, na análise, somente a primeira resposta fornecida pela criança, desconsiderando-se, portanto, as autocorreções.

Teste de consciência fonológica¹³

O teste foi realizado oralmente, impedindo a leitura labial por parte do indivíduo. Esta prova continha quatro tarefas: síntese e exclusão fonêmica, identificação de rimas e segmentação fonêmica. Cada tarefa apresentava três itens de treino e cinco itens correspondentes ao teste. A aplicação de cada tarefa foi precedida por três exemplos iniciais, em que o examinador explicava ao indivíduo o que deveria ser feito e, se necessário, corrigia sua resposta. Foram computados os números de respostas corretas para cada tarefa.

Teste temporal progressivo auditivo¹⁴

Os testes de processamento temporal auditivo são baseados em uma série de testes elaborados por Tallal e Piercy¹⁵, denominados "*Repetition Test*". Assim, os oito testes apresentam diferenças quanto ao tipo de tarefa solicitada (discriminação x ordenação), duração dos estímulos e dos intervalos inter-estímulos e são denominados como Testes de Ordenação de Frequência (Testes 1 e 2), Testes de Ordenação de Duração (Testes 3 e 4), Testes de Discriminação de Frequência (Testes 5 e 6) e Testes

de Discriminação de Duração (Testes 7 e 8). Maiores detalhes sobre as características de cada teste estão descritos em Murphy e Schochat¹⁴.

Durante a aplicação, o participante e o pesquisador permaneciam lado a lado, em frente ao computador. Na tela, era possível visualizar o programa utilizado para a leitura do CD (faixa executada, segundos tocados e restantes). Os testes eram aplicados em intensidade confortável que, de acordo com a medição realizada por meio de um Medidor de Nível de Pressão Sonora, corresponde a aproximadamente 70dB A. Os estímulos são binaurais, ou seja, apresentados simultaneamente nas duas orelhas. O tipo de resposta era verbal: nos testes de ordenação, os participantes deveriam dizer a ordem dos estímulos; nos testes de discriminação, os participantes deveriam dizer se os estímulos eram iguais ou diferentes.

Resultados

A comparação dos desempenhos, de ambos os grupos, em cada teste, foi realizada utilizando técnica ANOVA e considerando nível de significância de 0,05.

De acordo com a análise (Tabela 1), foi encontrada diferença estatisticamente significativa entre as médias de acertos, de ambos os grupos, para os testes de leitura ($p < 0,001$), para cada habilidade de consciência fonológica ($p < 0,001$) e para cada teste de processamento temporal auditivo ($p < 0,05$), sendo que, para todos os testes, o grupo de crianças com dislexia apresentou os piores resultados.

A correlação entre os desempenhos no teste de leitura, consciência fonológica e processamento temporal auditivo também foi realizada (Tabela 2).

Para facilitar a análise, os resultados obtidos para cada habilidade de consciência fonológica foram agrupados, assim como os resultados para os testes de processamento temporal auditivo que apresentavam diferenças apenas quanto à duração dos estímulos presentes nos testes, ou seja, Teste 1 + Teste 2, Teste 3 + Teste 4, Teste 5 + Teste 6 e Teste 7+ Teste 8.

De acordo com a Correlação de Pearson, o grupo de crianças com dislexia apresentou ótima correlação apenas entre os desempenhos na prova de leitura e consciência fonológica com 83,7%. A correlação entre o teste de leitura e os testes de processamento temporal auditivo variaram entre 13 e 26% (correlação considerada péssima a ruim) e entre os testes de consciência fonológica e os testes de processamento temporal auditivo variaram entre 24 a 35% (correlação considerada ruim).

O grupo controle também apresentou a melhor correlação entre os testes de leitura e consciência fonológica, com 45,7% (considerada regular). A correlação entre os testes de leitura e os testes de processamento temporal auditivo variaram entre 0,5 a 31% (correlação considerada péssima a ruim) e entre os testes de processamento fonológico variaram entre 12 a 31% (correlação considerada péssima a ruim).

Discussão

O presente estudo teve como principal objetivo analisar o desempenho de crianças com dislexia em tarefas envolvendo leitura, habilidades fonológicas e temporais e investigar uma possível correlação entre os desempenhos em cada teste aplicado.

Os resultados mostraram que crianças com dislexia apresentaram resultados significativamente piores do que o grupo controle em relação à leitura, consciência fonológica e processamento temporal auditivo. Em relação à leitura, este resultado era esperado, se consideramos as dificuldades de leitura como a principal queixa apresentada por crianças com dislexia. Já o desempenho obtido na prova de consciência fonológica corrobora o grande número de pesquisas que mostram a importância da aquisição de habilidades fonológicas para o aprendizado da leitura¹⁶⁻²⁴.

Além disso, a alta correlação encontrada entre os desempenhos na prova de leitura e consciência fonológica, no grupo estudo, também confirma a forte relação entre estas variáveis.

TABELA 1. Desempenho de ambos os grupos nos testes de leitura, consciência fonológica e processamento temporal auditivo.

idade (média)	Dislexia (N = 33)		Controle (N = 27)	P Valor
	125 meses		128 meses	
leitura				
média ¹	18,42		29,74	< 0,001*
desvio padrão	9,56		0,71	
consciência fonológica				
segmentação fonêmica				
média ²	1,97		4,52	< 0,001*
desvio padrão	1,83		1,05	
identificação de rima				
média ²	3,0		4,81	< 0,001*
desvio padrão	1,56		0,62	
exclusão fonêmica				
média ²	1,91		4,26	< 0,001*
desvio padrão	1,67		0,98	
síntese fonêmica				
média ²	3,30		4,85	< 0,001*
desvio padrão	1,36		0,46	
processamento temporal auditivo				
teste 1 - média ³	34,64		38,72	< 0,05*
teste 2 - média ³	31,2		37,48	< 0,05*
teste 3 - média ⁴	18,8		23,44	< 0,05*
teste 4 - média ⁴	17,15		23,11	< 0,05*
teste 5 - média ³	25,24		34,7	< 0,05*
teste 6 - média ³	23,28		32,44	< 0,05*
teste 7 - média ⁴	18,55		23,15	< 0,05*
teste 8 - média ⁴	17,08		23,59	< 0,05*

Legenda: ¹n = 30; ²n = 4; ³n = 40; ⁴n = 30; *significante.

TABELA 2. Correlação dos desempenhos para os testes de leitura, consciência fonológica e processamento temporal auditivo.

Testes	Leitura		Consciência Fonológica		Discriminação de Frequência		Discriminação de Duração		Ordenação de Frequência	
	Dislexia	Controle	Dislexia	Controle	Dislexia	Controle	Dislexia	Controle	Dislexia	Controle
consciência fonológica	83,7%	45,7%								
discriminação de frequência	13,8%	25,5%	29,50%	12,50%						
discriminação de duração	23,3%	28,5%	24,70%	31,10%	40,10%	18,20%				
ordenação de frequência	18,4%	0,5%	30,30%	17,50%	24,60%	30,10%	-0,40%	23,10%		
ordenação de duração	26,6%	31,3%	35,60%	16,30%	14,50%	8,30%	41,80%	35,70%	12,40%	-0,60%

Conforme a afirmação de Temple et al.²⁵, esta habilidade é essencial para o aprendizado da leitura e, ao mesmo tempo, uma das principais queixas dos distúrbios de aprendizagem da leitura e escrita.

Curiosamente e, diferentemente do grupo estudo, grupo controle apresentou correlação considerada apenas regular (45,7%). Uma das hipóteses para este achado talvez seja a diferença entre o desvio padrão de ambos os grupos no teste de leitura.

Diferentemente do grupo estudo que, através da prova de leitura, demonstrou apresentar integrantes com diferentes níveis de dificuldade, todos os integrantes do grupo controle apresentaram desempenho bastante similar nesta prova. Isto pode ter dificultado o traçado de uma correlação entre os testes, já que todos obtiveram o mesmo desempenho.

Em relação aos testes de processamento temporal auditivo, o fraco desempenho obtido pelo grupo estudo nas tarefas envolvendo esta habilidade indica a existência de uma relação entre a leitura e o processamento temporal auditivo e também corrobora diversos estudos já realizados^{1-3-5,26-27}. Apesar disso, a correlação encontrada entre estas duas habilidades foi considerada fraca (13 a 26%), assim como para os testes envolvendo processamento fonológico (24 a 35%). Este resultado, portanto, demonstra não haver relação direta entre as habilidades testadas.

Uma das hipóteses é a de que o pior desempenho do grupo estudo, nos testes de processamento temporal auditivo, seja conseqüência de outros fatores não considerados, e que, de alguma maneira, também possam ter interferido no desempenho para as habilidades fonológicas, como a atenção, as habilidades cognitivas e a memória de trabalho.

Marshal⁹, em pesquisa semelhante, também não encontrou correlação entre o processamento temporal auditivo e o fonológico, e atribuiu este resultado ao nível de atenção possivelmente reduzido em crianças disléxicas. Em relação às habilidades cognitivas, e de acordo com pesquisa de Ben-Yehudah et al.¹⁰, excelentes habilidades cognitivas, em grupo de disléxicos, podem interferir no desempenho em testes de processamento temporal auditivo. Na pesquisa atual, todas as crianças do grupo estudo realizaram prova envolvendo habilidades cognitivas, na qual não foram encontrados resultados abaixo da média

esperada. Entretanto, não foi considerada a hipótese de alguns participantes apresentarem habilidades cognitivas acima da média. Isto poderia levar a uma diferença significativa entre as médias de QI de cada grupo. Em relação à memória de trabalho, Banai e Ahissar¹¹, por exemplo, analisaram o processamento temporal auditivo, memória de trabalho e a leitura em um grupo de indivíduos com dislexia e descobriu que somente o subgrupo que apresentou fraco desempenho nos testes de processamento auditivo também apresentou baixo desempenho nas tarefas envolvendo memória de trabalho. Além disso, o pesquisador obteve alta correlação entre os desempenhos nas tarefas envolvendo memória de trabalho, habilidades cognitivas e leitura.

A relação ainda não explicada entre os transtornos de leitura e os transtornos de linguagem também pode ter influenciado os resultados obtidos. Heath et al.⁸, por exemplo, verificaram, em sua pesquisa, que apenas grupo de crianças com transtorno de leitura e linguagem, concomitante, apresentou resultados piores do que o grupo controle, em testes envolvendo processamento temporal auditivo; o grupo com apenas transtornos de leitura, como na pesquisa atual, não apresentou resultados diferentes do grupo controle. Assim, ainda é discutível se a dislexia e o transtorno específico de linguagem representam, simplesmente, diferentes manifestações do mesmo transtorno subjacente⁴. Galaburda et al.²⁸ argumentam que, como na maioria dos déficits do desenvolvimento, os sintomas apresentados pelo indivíduo com dislexia podem sofrer mudanças no decorrer do desenvolvimento (maturação), com alguns sintomas sendo modificados, e outros permanecendo inalterados. Isto dificultaria o estabelecimento de correlações entre os sintomas, bem como o estabelecimento de uma relação causal.

Um dos problemas discutidos por Tallal¹, seria a possível existência de sub-grupos de disléxicos, que justificaria a grande variação no desempenho destes para os testes envolvendo processamento temporal auditivo. Esta hipótese também pode ser considerada para explicarmos a não-correlação encontrada nesta pesquisa. Apesar de adotarmos critérios para selecionar o grupo estudo, tornando-o mais homogêneo possível, talvez a etiologia do problema em questão não seja a mesma para todas as crianças do grupo, o que justificaria o grande desvio padrão obtido no grupo estudo.

Conclusão

Concluindo, esta pesquisa indica que crianças com dislexia apresentam dificuldades em tarefas envolvendo processamento temporal auditivo, mas esta dificuldade não foi correlacionada com o desempenho em tarefas de leitura e consciência

fonológica. É necessária uma avaliação de cada um dos processos cognitivos envolvidos na habilidade de ler, para podermos melhor compreender a aquisição normal e anormal das habilidades de leitura, o qual deve continuar a ser investigado em pesquisas futuras.

Referências Bibliográficas

- Tallal P. Auditory temporal perception, phonics and reading disabilities in children. *Brain Lang.* 1980;9:182-98.
- Tallal P, Miller S, Fitch RH. Neurobiological basis of speech: a case for the preeminence of temporal processing. *Ann N Y Acad Sci.* 1993;682:27-47.
- Ingelghem MV, Wieringen A, Wouters J, Vendenbussche E, Onghena P, Ghesquiere P. Psychophysical evidence for a general temporal processing deficit in children with dyslexia. *Cogn Neurosci Neuropsychol.* 2001;12:3603-6.
- Clark MG, Rosen GD, Tallal P, Fitch RH. Impaired two-tone processing at rapid rates in male rats with induced microgyria. *Brain Res.* 2000;871:94-7.
- Share D, Jorm AF, MacLean R, Matthews R. Temporal processing and reading disabilities. *Reading Writing: Interdisciplinary J.* 2002;15:151-78.
- Habib M. The neurological basis of developmental dyslexia. An overview and working hypothesis. *Brain.* 2000;123:2373-99.
- Bishop DV, Carlyon RP, Deeks JM, Bishop SJ. Auditory temporal processing impairment: neither necessary nor sufficient for causing language impairment in children. *J Speech Lang Hear Res.* 1999;42(6):1295-310.
- Heath SM, Hogben JH, Clark CD. Auditory temporal processing in disabled readers with and without oral language delay. *J Child Psychol Psychiatry.* 1999;40(4):637-47.
- Marshall CM. Auditory and phonological processing in dyslexic and normal readers. 2001 Dphil Thesis: University of York.
- Ben-Yehudah G, Banai K, Ahissar M. Patterns of deficit in auditory temporal processing among dyslexic adults. *Auditory vestibular systems.* 2004;15:4-22.
- Banai K., Ahissar M. Auditory processing deficits in dyslexia: task or stimulus related? *Cereb Cortex.* 2006;16(12):1718-28.
- Salles JF. O uso das rotas de leitura fonológica e lexical em escolares: relações com compreensão, tempo de leitura e consciência fonológica. (dissertação). Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 2001.
- Fernandes F, Andrade CRF, Befi-Lopes DM, Wertzner HF Manual de avaliação de linguagem do Centro de Saúde Escola Samuel B. Pessoa. Publicação Interna; 1988. 50p.
- Murphy CFB, Schochat E. Influência de paradigmas temporais em testes de processamento temporal auditivo. *Pro-Fono Rev de Atualização Científica.* 2007;19(3):259-66.
- Tallal P, Piercy M. Developmental aphasia: impaired rate of non-verbal processing as a function of sensory modality. *Neuropsychologia.* 1973;11:389-98.
- Fox B, Routh DK. Phonemic analysis and severe reading disability in children. *Psycholinguist Res.* 1980;9:115-9.
- Bradley L, Bryant PE. Categorizing sounds and learning to read: a causal connection. *Nature.* 1983;310:419-21.
- Wagner RK, Torgesen JK. The nature of phonological processing and its causal role in the acquisition of reading skills. *Psychol Bull.* 1987;101:192-212.
- Pratt AC, Brady S. Relation of phonological awareness to reading disability in children and adults. *Ed Psychol.* 1988;80:319-23.
- Gathercole SE, Baddlery AD. Phonological memory deficits in language disordered children: is there a causal connection? *Mem Lang.* 1990;29:336-60.
- Pennington BF, Van Orden GC, Smith SD, Green PA, Haith MN. Phonological processing skills and deficits in adult dyslexics. *Child Dev.* 1990;61:1753-78.
- Goswami U, Bryant P. *Phonological skills and learning to read.* Hillsdal: Erlbaum; 1990.
- James D, Van Steenbrugge W, Chiverall K. Underlying deficits in language-disordered children with central auditory processing difficulties. *Appl Psycholinguistics.* 1994;15:311-28.
- Mody M, Studdert-Kennedy M, Brady S. Speech perception deficits in poor readers: auditory processing or phonological coding? *Exp Child Psychol.* 1997;64:199-231
- Temple E, Poldrack R., Salids J, Deutsch G, Tallal P, Merzenich M, Gabrieli J. Disrupted neural responses to phonological and orthographic processing in dyslexic children: an fMRI study. *Neuroreport.* 2001;12:299-307.
- Birch HG, Belmont L. Auditory-visual integration in normal and retarded readers. *Am Orthopsychiatry.* 1964;34:852-61.
- Talcott JB, Witton C, McLean MF, Hansen PC, Rees A, Green GGR, Stein JF. Dynamic sensory sensitivity and children's word decoding skills. *Proc Natl Acad Sci USA.* 2000;97:2952-7.
- Galaburda AM, LoTurco J, Ramus F, Fitch R, Rosen G. From genes to behaviour in developmental dyslexia *Nature Neurosci.* 2006;9(10):1213-7.