

Processamento temporal auditivo: relação com dislexia do desenvolvimento e malformação cortical*****

Temporal auditory processing: correlation with developmental dyslexia and cortical malformation

Mirela Boscarior*
Catarina Abraão Guimarães**
Simone Rocha de Vasconcellos Hage***
Fernando Cendes****
Marilisa Mantovani Guerreiro*****

*Fonoaudióloga. Pós-Doutoranda pelo Departamento de Neurologia da Faculdade de Ciências Médicas da Universidade Estadual de Campinas (FCM - Unicamp). Bolsista de Pós-Doutorado pela Fapesp. Endereço para correspondência: R. Argentina, 197 - Piracicaba - SP CEP 13420-516 (miboscariol@yahoo.com.br).

**Neuropsicóloga. Pós-Doutoranda pelo Departamento de Neurologia da FCM - Unicamp. Bolsista de Pós-Doutorado pela Fapesp.

***Fonoaudióloga. Doutora em Ciências Médicas pela FCM - Unicamp. Professora do Curso de Fonoaudiologia da Faculdade de Odontologia de Bauru da Universidade de São Paulo (USP).

****Médico Neurologista. Livre-Docente pela Unicamp. Professor Associado do Departamento de Neurologia da FCM - Unicamp.

*****Médica. Neurologista Infantil. Professora Titular pela Unicamp. Professora Titular da Disciplina de Neurologia Infantil do Departamento de Neurologia da FCM - Unicamp.

****Trabalho Realizado no Ambulatório de Neurologia do Hospital das Clínicas da Unicamp.

Artigo Original de Pesquisa

Artigo Submetido a Avaliação por Pares

Conflito de Interesse: não

Recebido em 10.11.2009.
Revisado em 06.09.2010; 01.11.2010.
Aceito para Publicação em 16.11.2010.

Referenciar este material como:



Boscarior M, Guimarães CA, Hage SRV, Cendes F, Guerreiro MM. Processamento temporal auditivo: relação com dislexia do desenvolvimento e malformação cortical. Pró-Fono Revista de Atualização Científica. 2010 out-dez;22(4):537-42.

Introdução

Processamento temporal auditivo é a habilidade do sistema auditivo em processar as mudanças do sinal acústico que ocorrem ao longo do tempo e a habilidade em processar eventos acústicos transitórios¹.

O termo dislexia do desenvolvimento refere-se ao distúrbio que afeta as habilidades de leitura e escrita de origem neurogenética, caracterizada por déficit no processamento fonológico levando a dificuldades em decodificação e reconhecimento de palavras. Tais dificuldades ocorrem em presença de bom desempenho cognitivo e acadêmico, não resultantes de distúrbios desenvolvimentais generalizados ou alteração sensorial e representa o tipo mais prevalente dos distúrbios de aprendizagem²⁻³.

Há relatos de que os distúrbios de linguagem e aprendizagem podem ocorrer em presença de malformações do desenvolvimento cortical. Alterações em migração neuronal e organização cortical foram observadas em quatro cérebros de disléxicos pós-morte. Os achados mais consistentes foram ectopia e ocasional microgiria afetando preferencialmente a região perisylviana do hemisfério esquerdo⁴. Estudos com ressonância magnética também identificaram polimicrogiria perisylviana em famílias com distúrbios de linguagem e aprendizagem⁵⁻⁶.

Modelos animais mostraram que déficits fonológicos no distúrbio de linguagem podem ser decorrentes de falhas no processamento temporal auditivo. Microgiria bilateral foi associada a déficit no processamento temporal auditivo em experimentos com ratos⁷⁻⁸.

Várias teorias buscam compreender a dislexia e com suporte em estudos citoarquitetônicos, genéticos e de neuroimagem procuram definir causas, diagnóstico e intervenção terapêutica. A teoria fonológica relata ocorrer falha no processamento da informação fonológica, podendo haver déficits em funções cognitivas devido ao envolvimento dos processos de atenção e memória⁹. Outras teorias baseadas no déficit visual da via magnocelular¹⁰⁻¹¹, déficit do processamento temporal auditivo¹²⁻¹³, déficit cerebelar¹⁴ ou disfunção sensoriomotora generalizada³ relatam que o processamento fonológico nem sempre é suficiente para explicar as diversas alterações que ocorrem em leitura e escrita, sugerindo que as habilidades sensoriomotoras são importantes para a leitura^{3,15}.

Como nosso estudo refere-se ao processamento fonológico e auditivo, tivemos por objetivo caracterizar o processamento temporal auditivo em escolares com dislexia do desenvolvimento e correlacioná-los com as malformações do desenvolvimento cortical.

Método

O presente estudo foi realizado no Ambulatório de Neurologia, Hospital das Clínicas da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), tendo sido aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa da Faculdade de Ciências Médicas – Unicamp, sob protocolo 196/2003. A coleta de dados foi realizada no período de maio de 2007 a outubro de 2008.

Participaram do estudo 20 escolares, de ambos os gêneros, com idade entre oito e 14 anos, divididos em dois grupos. O Grupo Experimental (GE) foi composto por 11 escolares (sendo oito do gênero masculino) com o diagnóstico de dislexia do desenvolvimento e o Grupo Controle (GC) composto por nove escolares (sendo seis do gênero masculino) sem alterações neuropsicolinguísticas. Para se obter o diagnóstico acima referido, os escolares do GE foram submetidos a avaliações neurológica, neuropsicológica e fonoaudiológica.

Primeiramente, os pais ou responsáveis responderam questionário a respeito do desenvolvimento neuropsicomotor do escolar, história familiar para dislexia, além de dados sobre o comportamento auditivo como dificuldade em compreender a fala em presença de ruído, solicitar repetição com frequência e dificuldade em seguir instruções orais.

Os escolares do GE foram submetidos à avaliação neurológica, realizada por neurologista infantil, segundo o protocolo da Disciplina de Neurologia Infantil do Departamento de Neurologia do Hospital das Clínicas da Unicamp, com investigação dos sinais pseudobulbares (histórico de sialorréia, dificuldade em deglutição e movimentação de língua nos primeiros anos de vida). Realizou-se também exame de ressonância magnética de acordo com o protocolo do Laboratório de Neuroimagem da Instituição, analisado por especialistas. O aparelho utilizado foi o *Elscint Prestige* de 2.0 T e as imagens foram analisadas com técnicas de pós-processamento de imagens, como a reconstrução multiplanar e reformatação curvilínea.

O coeficiente de inteligência foi avaliado segundo o *Wechsler Intelligence Scale for Children (WISC-III)*¹⁶ e o critério de inclusão considerado foi QI de execução > 80, por melhor representar a habilidade cognitiva desses escolares.

A avaliação da linguagem foi realizada de acordo com os aspectos da linguagem: fonológico, morfossintático, semântico e pragmático. Os testes e protocolos utilizados foram:

- . amostra de fala espontânea: a fim de se observar os aspectos da linguagem (fonológico, morfossintático, semântico e pragmático) e associar as informações obtidas aos dados dos testes padronizados;
- . teste de linguagem infantil ABFW - subteste fonologia: realizado sob imitação e nomeação¹⁷, com o objetivo de analisar as regras e processos fonológicos utilizados pelos escolares. Os vocábulos foram transcritos foneticamente e analisados por processos fonológicos.

A avaliação da leitura e escrita incluiu:

- . escrita espontânea: sob tema livre, foi utilizada a fim de se avaliar a produção textual dos escolares, incluindo trocas, inversões, omissões e traçado dos grafemas, aspectos gramaticais e qualidade do texto escrito;
- . consciência fonológica: avaliada por meio da prova Perfil de Habilidades Fonológicas¹⁸. A prova consiste em 10 subtestes, sendo cada um deles composto por quatro itens referentes às habilidades de: análise (inicial, final e medial), adição (sílabas e fonemas), segmentação (frasal e vocabular), subtração (sílabas e fonemas), substituição, recepção de rimas, rima sequencial, reversão silábica e imagem articulatória;
- . consciência sintática: avaliada por meio da Prova de Consciência Sintática (PCS). Composta por 4 subtestes: julgamento gramatical, correção gramatical, correção gramatical de frases com incorreções gramatical e semântica e categorização de palavras, tem por objetivo avaliar a habilidade metassintática¹⁹;
- . leitura oral, escrita sob ditado e aritmética: utilizou-se o Teste de Desempenho Escolar – TDE²⁰. Foram utilizados os subtestes de escrita, leitura e aritmética, de acordo com idade e escolaridade;

. leitura oral e escrita sob ditado de pseudopalavras: realizado sob a forma de leitura oral e escrita sob ditado de 40 pseudopalavras, de uma lista composta por dissílabos, trissílabos e polissílabos, com baixo, médio e alto grau de semelhança com palavras reais²¹;

. velocidade de leitura oral: para avaliação da leitura oral e posterior compreensão textual²².

Os escolares foram submetidos à avaliação audiológica periférica, a qual incluiu audiometria tonal limiar, logaudiometria e medidas de imitância acústica. A avaliação foi realizada em cabine acústica, com audiômetro modelo AC-30, Interacoustics e impedanciômetro AT235h, Interacoustics. O teste do processamento temporal auditivo foi aplicado nos escolares que apresentaram audição periférica dentro da normalidade.

Após constatado o diagnóstico de dislexia, QI > 80 e audição periférica dentro da normalidade no GE e ausência de alterações neuropsicolinguísticas no GC, foram aplicados testes temporais auditivos, considerando a faixa etária e o desenvolvimento da audição, realizado por meio de audiômetro de dois canais AC-30, Interacoustics, acoplado ao CD *player* Phillips, utilizando cabina acústica. Os testes temporais auditivos selecionados foram: *Random Gap Detection Test* (RGDT) e/ou *Random Gap Detection Test Expanded* (RGDT-Exp).

O RGDT trata-se de um teste de resolução temporal em que se verifica a habilidade do sistema auditivo em detectar mudanças rápidas no estímulo sonoro ou o menor intervalo de tempo necessário para discriminar entre dois estímulos acústicos. Utilizado para determinar a duração em milissegundos em que o ouvinte pode detectar um breve intervalo de silêncio entre dois tons e relatar se ele ouviu um ou dois tons²³. Este intervalo de tempo varia de zero a 40 milissegundos e a apresentação do sinal é randomizada. O teste inclui estímulos tonais em quatro frequências (500Hz, 1000Hz, 2000Hz e 4000Hz).

O RGDT-Exp é aplicado em indivíduos cuja detecção exceder 40 milissegundos. Ele inclui intervalo de tempo entre 50 milissegundos e 300 milissegundos e é administrado da mesma forma que o RGDT²³.

Para análise estatística, aplicou-se o Teste de Mann-Whitney, a fim de verificar diferenças estatisticamente significantes entre os dois grupos estudados. Adotou-se o nível de significância de 0,05.

Resultados

Dentre os 11 escolares com dislexia, o exame de ressonância magnética mostrou polimicrogiria perisylviana bilateral em sete deles (Figura 1). As características dos 11 escolares como: idade, gênero, história familiar para dislexia e dados de ressonância magnética encontram-se na Tabela 1.

A média de idade entre os grupos apresentou-se homogênea. A média de idade para o GE foi de 126,64 meses (dp = 22,36) e para o GC foi de 131,22 meses (dp = 26,30), sem diferença estatisticamente significativa ($p = 0,7$).

Referente aos 11 escolares do GE, oito eram do gênero masculino, todos os escolares eram destros e os casos 1, 2, 3 e 4 apresentaram história prévia de sinais pseudobulbares. Os casos 2, 4, 6, 7, 8, 9, 10 e 11 apresentaram história familiar para dislexia.

A análise das habilidades de leitura e escrita encontra-se na Tabela 2. Observamos diferença estatisticamente significativa em consciência fonológica e sintática, leitura e escrita de palavras reais e pseudopalavras, além de velocidade de leitura oral. Apenas o caso 5 apresentou compreensão textual adequada. Não houve diferença estatisticamente significativa em aritmética.

FIGURA 1. Figura ilustrativa de uma ressonância magnética mostrando polimicrogiria perisylviana bilateral.

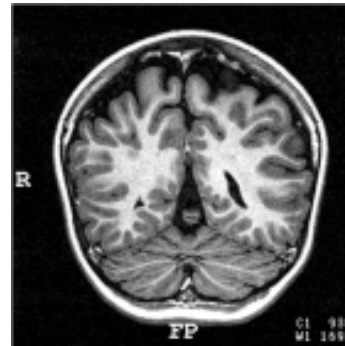


TABELA 1. Características dos escolares com dislexia.

Caso	Idade (Anos) / Gênero	História Familiar para Dislexia	Ressonância Magnética
1	8 / masculino	-	polimicrogiria perisylviana
2	8 / masculino	+	polimicrogiria perisylviana
3	8 / feminino	-	polimicrogiria perisylviana
4	10 / masculino	+	polimicrogiria perisylviana
5	10 / masculino	-	normal
6	10 / masculino	+	normal
7	11 / feminino	+	normal
8	11 / feminino	+	polimicrogiria perisylviana
9	12 / masculino	+	polimicrogiria perisylviana
10	12 / masculino	-	normal
11	14 / masculino	+	polimicrogiria perisylviana

TABELA 2. Resultados das habilidades de leitura, escrita e testes auditivos temporais.

Habilidades	Grupo	N	Média	Desvio-Padrão	(p)
perfil de habilidades fonológicas	GE	11	62,36	9,56	0,016*
	GC	9	70,33	4,15	
	Total	20	65,95	8,48	
prova de consciência sintática	GE	11	40,91	5,47	0,016*
	GC	9	47,89	5,06	
	Total	20	44,05	6,26	
TDE (escrita)	GE	11	12,09	6,12	< 0,001*
	GC	9	27,78	5,19	
	Total	20	19,15	9,76	
TDE (leitura)	GE	11	42,73	20,98	< 0,001*
	GC	9	65,56	3,47	
	Total	20	53,00	19,30	
TDE (aritmética)	GE	11	19,09	5,82	0,361
	GC	9	23,33	9,39	
	Total	20	21,00	7,73	
pseudopalavras (escrita)	GE	11	19,45	10,41	0,001*
	GC	9	36,11	2,32	
	Total	20	26,95	11,47	
pseudopalavras (leitura)	GE	11	21,64	8,41	0,001*
	GC	9	36,56	2,24	
	Total	20	28,35	9,86	
velocidade de leitura oral (ppm)	GE	11	48,40	30,19	0,008*
	GC	9	96,69	35,10	
	Total	20	70,13	40,07	
RGDT/RGDT-Exp (ms)	GE	11	32,39	23,79	0,006*
	GC	9	13,00	3,50	
	Total	20	23,66	20,02	

Legenda: GE = Grupo Experimental; GC = Grupo Controle; TDE = teste de desempenho escolar; ppm= palavras por minuto; RGDT = random gap detection test; RGDT-Exp = random gap detection test expanded; ms = milissegundos; * = diferença estatisticamente significativa.

Os escolares do GE apresentaram baixo desempenho tanto em leitura de palavras irregulares quanto em pseudopalavras, contudo, ao relacionar maior prejuízo em pseudopalavras, baixo desempenho no processamento fonológico e auditivo e também a região acometida pela malformação cortical (casos 1, 2, 3, 4, 8, 9 e 11) consideramos que estes escolares apresentam quadro compatível com dislexia do tipo fonológico.

Quanto ao processamento temporal auditivo, também verificamos diferença estatisticamente significativa entre os grupos (Tabela 2), evidenciando prejuízo nas habilidades temporais auditivas dos escolares com dislexia.

Discussão

Nossos achados mostraram alteração na região perisylviana bilateral (Figura 1) na maioria dos nossos pacientes. Exames de neuroimagem (*positron emission tomography* e ressonância magnética funcional) realizados em crianças com dislexia mostraram redução na atividade da região perisylviana esquerda. Além disso, parece haver desconexão funcional e estrutural entre as regiões da linguagem frontal e temporal em adultos disléxicos²⁴.

Segundo Galaburda e Cestnick²⁵, a dislexia fonológica relaciona-se a dificuldades no processamento fonológico, dificuldade em leitura de palavras irregulares e pseudopalavras, com maior prejuízo em pseudopalavras e também déficit no processamento da informação auditiva verbal e não-verbal, em concordância com nosso estudo. Além disso, para os autores, a dislexia fonológica mostra danos em giro temporal superior e região temporoparietal, compatível com áreas atingidas pela polimicrogira perisylviana.

Verificamos déficit em consciência fonológica e consciência sintática nos escolares disléxicos. Estas habilidades são importantes no reconhecimento de sílabas e vocábulos durante a leitura, pois neste processo o conhecimento sintático associado ao fonológico permite a decodificação de palavras não familiares à criança. Estas dificuldades associadas a menor velocidade de leitura oral, prejudicam a identificação fonemagrafema, interferindo no reconhecimento de palavras e na compreensão textual^{19,22}.

Em nosso estudo, os escolares do GE apresentaram déficit em resolução temporal auditiva. Acreditamos que estes escolares apresentam déficit fonológico decorrente de déficit do processamento auditivo, à medida que a alteração no processamento temporal auditivo possa dificultar a percepção de sinais sutis na fala resultando nas dificuldades observadas no processamento fonológico, em concordância com

os estudos de Tallal¹³. Contudo, nem todas as crianças com dislexia apresentam alterações no processamento da informação auditiva, visual ou motora. Mas estas alterações quando presentes devem ser consideradas fatores de risco para tais distúrbios²⁶.

Muitos pesquisadores acreditam que exista déficit fonológico, mas ele pode ser secundário a disfunção sensoriomotora mais generalizada. A dificuldade em caracterizar a origem das dificuldades em leitura e escrita deve-se ao fato de que as tarefas utilizadas requerem diferentes tipos de processamento (fonológico, auditivo, visual e cognitivo) que ocorrem de forma simultânea e sincronizada^{3,15}.

Sete crianças do GE apresentaram alteração estrutural na região perisylviana e quatro crianças não apresentaram lesão. Para Eckert²⁷, diferentes indivíduos com dislexia podem apresentar déficit no processamento fonológico decorrente de diferentes anormalidades estruturais devido à ação de diferentes genes. A interação destes genes pode influenciar a variabilidade anatômica e fenotípica da dislexia.

Podemos considerar também que, devido às conexões cerebrais, as áreas comprometidas podem estar um pouco mais distantes do foco de origem da lesão, comprometendo diversas funções sob diferentes formas. Poldrack et al²⁸ relataram que regiões como o córtex frontal inferior esquerdo, envolvidas no processamento fonológico também foram ativadas em tarefas de processamento temporal auditivo, sugerindo que áreas não consideradas tipicamente auditivas podem desempenhar importante papel no processamento auditivo, além do fato de o processamento fonológico e auditivo estarem estritamente relacionados.

Conclusão

Os nossos achados mostraram que escolares com dislexia do desenvolvimento podem apresentar alterações no processamento temporal auditivo com prejuízo no processamento fonológico. Os nossos dados também apontaram para a presença de malformação cortical como o substrato anatômico das alterações.

Da mesma forma que os distúrbios de linguagem, busca-se entender as alterações estruturais e funcionais nas regiões corticosubcorticais que poderiam originar a dislexia. Contudo, nem todas as crianças com dislexia apresentam alterações cerebrais, passíveis de serem vistas com as atuais técnicas de ressonância magnética. Com o avanço da tecnologia em neuroimagem e com estudos genéticos talvez seja possível compreender melhor os diferentes achados.

Agradecimentos: Mirela Boscarriol - apoio CNPq (132461/2007-2) e Fapesp (07/00806-4). Catarina A. Guimarães - apoio Fapesp (06/56257-6).

Referências Bibliográficas

1. Banai K, Kraus N. Neurobiology of (central) auditory processing disorder and language-based learning disability. In: Handbook of (Central) Auditory Processing Disorder: Auditory Neuroscience and Diagnosis. Musiek FE, Chermak GD. San Diego: Singular Publishing Group; 2007. p. 89-116.
2. Lyon GR, Shaywitz SE, Shaywitz SA. Defining dyslexia, comorbidity, teachers' knowledge of language and reading. A definition of dyslexia. *Ann Dyslexia*. 2003;53:1-15.
3. Ramus F. Developmental dyslexia: specific phonological deficit or general sensorimotor dysfunction? *Curr Opin Neurobiol*. 2003;13:212-8.
4. Galaburda AM, Sherman GF, Rosen GD, Aboitiz F, Geschwind N. Developmental dyslexia: four consecutive patients with cortical anomalies. *Ann Neurol*. 1985;18:222-33.
5. Guerreiro MM, Hage SR, Guimarães CA, Abramides DV, Fernandes W, Pacheco PS, et al. Developmental language disorder associated with polymicrogyria. *Neurology*. 2002;59:245-50.
6. Brandão-Almeida IL, Hage SRV, Oliveira EPM, Guimarães CA, Teixeira KCS, Abramides DVM, et al. Congenital bilateral perisylvian syndrome: familial occurrence, clinical and psycholinguistic aspects correlated with MRI. *Neuropediatrics*. 2008;39:139-45.
7. Fitch RH, Tallal P. Neural mechanisms of language-based learning impairments: insights from human populations and animal models. *Behav Cogn Neurosci Rev*. 2003;2:155-78.
8. Peiffer AM, Friedman JT, Rosen GD, Fitch RH. Impaired gap detection in juvenile microgyric rats. *Brain Res Dev Brain Res*. 2004;152:93-8.
9. Snowling MJ. From language to reading and dyslexia. *Dyslexia*. 2001;7:37-46.
10. Lovegrove WJ, Bowling A, Badcock B, Blackwood M. Specific reading disability: differences in contrast sensitivity as a function of spatial frequency. *Science*. 1980;210:439-40.
11. Stein J. The magnocellular theory of developmental dyslexia. *Dyslexia*. 2001;7:12-36.
12. Tallal P, Piercy M. Defects of non-verbal auditory perception in children with developmental aphasia. *Nature*. 1973;241:468-9.
13. Tallal P. Auditory temporal perception, phonics, and reading disabilities in children. *Brain Lang*. 1980; 9:182-98.
14. Nicolson RI, Fawcett AJ, Dean P. Dyslexia, development and the cerebellum. *Trends Neurosci*. 2001;24:515-6.
15. Lopes-Escribano C. Contribuciones de la neurociencia al diagnóstico y tratamiento educativo de la dislexia del desarrollo. *Rev Neurol* 2007; 44:173-80.
16. Wechsler D. WISC III: Wechsler intelligence scale for children - manual. 3ed. 1991. Adaptação e padronização de uma amostra brasileira. 1ed; Figueiredo VLM. São Paulo: Casa do Psicólogo; 2002.
17. Wertzner HF. Fonologia (Parte A). In: Andrade CRF, Befi-Lopes DM, Fernandes FDM, Wertzner HF. ABFW - Teste de linguagem infantil nas áreas de fonologia, vocabulário, fluência e pragmática. 2ed. Barueri: Pró-Fono; 2004. p. 5-31.
18. Alvarez AMMA, Carvalho IAM, Caetano AL. Perfil de habilidades fonológicas. São Paulo: Via Lettera; 1998.
19. Capovilla FC, Capovilla AGS. Prova de consciência sintática (PSC) normatizada e validada. Para avaliar a habilidade metassintática de escolares de 1ª a 4ª séries do ensino fundamental. São Paulo: Memnon, 2006.
20. Stein LM. TDE - Teste de desempenho escolar. São Paulo: Casa do psicólogo; 1994.
21. Santos FH, Bueno OFA. Validation of the Brazilian children's test of pseudoword repetition in Portuguese speakers aged 4 to 10 years. *Braz J Med Biol Res*. 2003; 36:1533-47.
22. Capellini AS, Cavalheiro LG. Avaliação do nível e da velocidade de leitura em escolares com e sem dificuldade na leitura. *Temas sobre desenvolvimento*. 2000; 9:5-12.
23. Keith RW. Random Gap Detection Test. Missouri (USA): Auditec of Saint Louis, 2000.
24. Temple E, Poldrack RA, Protopapas A, et al. Disruption of the neural response to rapid acoustic stimuli in dyslexia: evidence from functional MRI. *Neurobiol* 2000;97:13907-12.
25. Galaburda AM, Cestnick L. Dislexia del desarrollo. *Rev Neurol*. 2003;36:S3-S9.
26. Bailey PJ, Snowling MJ. Auditory processing and the development of language and literacy. *Br Med Bull* 2002; 63:135-46.
27. Eckert M. Neuroanatomical markers for dyslexia: a review of dyslexia structural imaging studies. *Neuroscientist* 2004;10:362-71.
28. Poldrack RA, Temple E, Protopapas A, Nagarajan S, Tallal P, Merzenick M, et al. Relations between the neural bases of dynamic auditory processing and phonological processing: evidence of fMRI. *J Cogn Neurosci*. 2001; 13:687-97.