

Memória operacional fonológica e suas relações com o desenvolvimento da linguagem infantil***

Phonological working memory and its relationship with language development in children

Amalia Rodrigues*
Debora Maria Befi-Lopes**

*Fonoaudióloga. Doutora em Semiótica e Linguística Geral pela Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo (FFLCH-USP). Fonoaudióloga Assistente do Curso de Fonoaudiologia do Departamento de Fisioterapia, Fonoaudiologia e Terapia Ocupacional da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (FMUSP). Endereço para correspondência: Rua Cipotânea, 51 - São Paulo - SP - CEP 05560-160 (amalia@usp.br).

**Fonoaudióloga. Livre-Docente em Fonoaudiologia pela FMUSP. Professora Associada do Departamento de Fisioterapia, Fonoaudiologia e Terapia Ocupacional da FMUSP.

***Trabalho Realizado no Laboratório de Investigação Fonoaudiológica em Desenvolvimento da Linguagem e suas Alterações da FMUSP. Fontes de Auxílio à Pesquisa: Bolsa CAPES do Departamento de Linguística da FFLCH-USP. A Revisão da Literatura é Parte da Introdução Teórica da Tese de Doutorado¹ da Primeira Autora.

Artigo de Revisão de Literatura e Revisão Sistemática

Artigo Submetido a Avaliação por Pares

Conflito de Interesse: não

Recebido em 26.06.2008.
Revisado em 23.11.2008.
Aceito para Publicação em 03.02.2009.

Abstract

Background: phonological working memory and typical language development in children. Aim: to describe and discuss findings of researches concerning the assessment of phonological working memory in normally developing children undertaken since the 1980's. Aim: to present a systematic literature review regarding the phonological working memory and its relationship with normal language development. Method: A systematic review of the literature on phonological working memory and its relationship with language development skills of normal children was made. The used material involved books, monographs, thesis, dissertations and articles stored in Lilacs, Pubmed, Scielo and Medline databases. An analysis was made considering the applied tests and the results regarding the effects of extension and age and the relationship of these variables with phonological working memory for speakers of English and the Brazilian Portuguese language. Conclusion: according to the consulted literature, studies indicate a relationship between the phonological and lexical knowledge and the phonological working memory in children with normal language development.

Key Words: Working Memory; Normal Language Development; Child Language; Review Literature.

Resumo

Tema: memória operacional fonológica e desenvolvimento de linguagem em crianças com desenvolvimento normal de linguagem. Objetivo: descrever e discutir os achados encontrados sobre a avaliação da memória operacional fonológica em crianças em desenvolvimento normal desde a década de oitenta. Foi realizada uma revisão sistemática da literatura sobre memória operacional fonológica e sua relação com o desenvolvimento das habilidades de linguagem em crianças normais. As fontes utilizadas foram livros, monografias, teses, dissertações e artigos publicados nas bases de dados Lilacs, Pubmed, Scielo e Medline. Foram analisados nessas pesquisas a constituição dos testes e os resultados referentes aos efeitos de extensão e idade em relação à memória operacional fonológica para falantes do Inglês e do Português do Brasil. Conclusão: de acordo com a literatura consultada, esses estudos demonstraram uma relação entre o conhecimento fonológico e lexical e a memória operacional fonológica em crianças em desenvolvimento normal de linguagem.

Palavras-Chave: Memória de Trabalho; Desenvolvimento Normal de Linguagem; Linguagem Infantil; Literatura de Revisão.

Referenciar este material como:



Rodrigues A, Befi-Lopes DM. Memória operacional fonológica e suas relações com o desenvolvimento da linguagem infantil. Pró-Fono Revista de Atualização Científica. 2009 jan-mar;21(1):63-8.

Introdução

Essa revisão tem como objetivo principal descrever o modelo inicial proposto para o funcionamento dessa memória e as atualizações desse modelo a partir de pesquisas experimentais ao longo dos últimos 20 anos. Além disso, propõe-se uma breve revisão da literatura internacional e nacional sobre os estudos sobre memória fonológica e sobre a relação entre a memória operacional fonológica (MOF) e crianças em desenvolvimento normal de linguagem.

A revisão foi realizada a partir de livros, monografias, teses, dissertações e artigos, em sua maioria, publicados pelo Lilacs, Pubmed, Scielo e MEDLINE. Foram utilizados os estudos mais relevantes relacionados a modelos, formas de avaliação e resultados de testes para verificação da MOF. Também foram utilizadas pesquisas que relacionaram habilidades de linguagem e MOF em crianças em desenvolvimento normal de linguagem¹. Não foi estabelecido um período para o levantamento bibliográfico.

Modelos de memória operacional fonológica

Memória operacional é a memória responsável pelo armazenamento temporário da informação para o desempenho de uma série de tarefas cognitivas². Esse termo, muitas vezes, é tratado como sinônimo de memória de curta duração, memória curto-termo ou memória de trabalho, porém essa terminologia demonstrou-se inadequada a partir dos resultados de estudos experimentais, pois representava um sistema muito simples para lidar com os diferentes tipos de informação em curtos períodos de tempo. Neste trabalho foi utilizado pelas autoras o termo memória operacional fonológica (MOF), com enfoque específico no sistema de natureza fonológica.

A MOF consiste em um sistema de capacidade limitada, pois há um espaço finito para o armazenamento temporário do material verbal enquanto ocorrem as tarefas de processamento da informação. Esta memória possui um controlador de atenção, o sistema executivo central, auxiliado por dois sistemas de suporte, responsáveis pelo armazenamento e manipulação temporária da informação, um de natureza visuo-espacial e outro de natureza fonológica³.

O sistema executivo central seria responsável, por exemplo, pela regulação do fluxo de informações na MOF, pelo gerenciamento do processamento e armazenamento da informação e pela conexão entre

os sistemas visuo-espacial e fonológico. Essa memória também estaria relacionada a outros componentes cognitivos como seleção de estratégias de recuperação, atenção seletiva, inibição, pensamento lógico e matemática mental, além da conexão com a memória de longo prazo⁴.

O circuito fonológico compreenderia o armazenamento fonológico da informação (*buffer* fonológico) e o sistema de controle articulatório (processo ou ensaio subvocal). O armazenamento fonológico representa um depósito temporário dos códigos fonológicos dos itens verbais que ocorre por volta de um a dois segundos. Esse armazenador corresponde a uma janela mnemônica onde as seqüências de entrada são mantidas em ordem serial enquanto seus itens são processados e armazenados. O sistema de controle articulatório é responsável em manter o material fonológico armazenado na MOF para que eles sejam codificados fonologicamente, utilizando-se de um processo de ensaio subvocal, que permite que os códigos fonológicos sejam refrescados através de um processo cíclico de repetição⁵⁻⁶. Esses códigos fonológicos são armazenados na MOF e convertidos seqüencialmente em programas motores articulatórios e vocalizados (mental ou verbalmente) um após o outro⁷.

As implicações entre linguagem e MOF podem ter sua etiologia relacionada ao processo de ensaio subvocal e fatores relacionados ao planejamento da fala (*output* fonológico)⁸. Nesse sistema ainda se encontra a habilidade para formar e reter uma seqüência fonológica precisa da fala, permitindo ao ouvinte processar o input verbal, especialmente quando a ordem da seqüência é importante para a compreensão⁹.

Em estudos mais recentes, com o objetivo de explicar o funcionamento do sistema executivo central, foi adicionado um quarto componente no modelo de MOF¹⁰⁻¹¹, chamado de retentor episódico, que corresponderia a um sistema de capacidade limitada para que a informação evocada da memória de longa duração torne-se consciente. Esse retentor episódico constitui um sistema atencional que supervisiona os estímulos a serem processados, direcionando a atenção, regulando e selecionando o fluxo de informações dentro do sistema da MOF para que a tarefa solicitada seja cumprida em tempo adequado¹².

Existem alguns fatores que afetam a MOF quanto ao seu armazenamento fonológico: o efeito de similaridade fonológica e o efeito de extensão da palavra³. As pesquisas envolvendo o efeito de similaridade fonológica demonstraram que

seqüências de palavras similares fonologicamente são menos lembradas do que seqüências de palavras não similares¹³⁻¹⁴, sugerindo que a informação verbal é representada através de um armazenamento fonológico específico, ao invés de um outro sistema de armazenamento, como o visual ou semântico¹⁵. Assim, ou os códigos fonológicos decaem mais rapidamente quando são similares ou decaem na mesma velocidade de códigos não similares, porém, a sua reconstrução ou reintegração é mais difícil¹⁶.

Quanto ao efeito de extensão, alguns autores¹⁷⁻¹⁸ observaram melhor desempenho na repetição de seqüências de palavras cujo tempo de articulação para pronunciar fonemas, sílabas, palavras ou pseudopalavras era menor. Esse efeito ocorreria porque itens que são pronunciados mais rapidamente são menos prováveis de decair da MOF antes que a sua repetição total seja realizada, facilitando o processo de reverberação.

Para crianças em fase pré-escolar, a MOF pode ser avaliada a partir de testes que incluam tarefas de repetição de dígitos (*digit span*), de palavras (*word span*) e de não-palavras (*non word span*)^{5,19-20}. Nas crianças em fase escolar, além dos testes anteriormente citados, pode-se avaliar a capacidade da MOF a partir de testes que exijam tanto o armazenamento como o processamento da informação²¹⁻²³.

Memória operacional fonológica e desenvolvimento da linguagem

O desenvolvimento da MOF possui um papel determinante no desenvolvimento da linguagem oral e da comunicação infantil, pois permite a recordação e repetição de eventos passados na ausência de seus estímulos. Além disso, permite o aprendizado formal e informal, a aquisição de novos conhecimentos e a integração das informações. A linguagem e a memória são sistemas que se desenvolvem juntos com a idade, interagem e dependem um do outro. A MOF é transitória e está mais vinculada aos componentes sintáticos e fonológicos da linguagem.

A MOF, durante a aquisição da linguagem, permite à criança, em aprendizado, analisar as propriedades estruturais da linguagem as quais ela está exposta. Conforme o desenvolvimento da linguagem percorre seus estágios iniciais, a MOF tem um papel crítico no processamento lingüístico³.

A MOF apresenta relação com a sintaxe, pois mantém de forma ativa os principais itens lexicais que formarão a oração, até que sejam aplicadas as

regras sintáticas (inerentes à língua) e a programação articulatória para a produção da fala. Logo, déficits nessa memória, que comprometam a manutenção temporária da informação lingüística, acarretam em orações menos complexas sintaticamente, como orações mais curtas e com menor diversidade lexical²⁴.

O conhecimento lingüístico e a MOF operam de forma interativa, assim, déficits nas habilidades dessa memória podem acarretar em dificuldades na compreensão e no aprendizado da linguagem, pois a criança não consegue lembrar a informação lingüística ou processá-la rápido o bastante. Há também crianças com conhecimento lingüístico deficitário que podem demonstrar dificuldades na compreensão de orações ou na aprendizagem de novas palavras. Devido ao conhecimento lingüístico insuficiente, a criança não consegue processar a informação devidamente. Portanto, há uma influência bi-direcional da linguagem na MOF²⁵.

A repetição de não-palavras também pode avaliar as habilidades de processamento de fala, incluindo a discriminação e memória auditiva, formação das representações das informações auditivas e/ou planejamento motor de fala, que também podem justificar um baixo desempenho em tarefas de repetição de não-palavras²⁶.

O bom desempenho na repetição de não-palavras depende das habilidades fonológicas do indivíduo e de um sistema de armazenamento temporário da informação fonológica preservado²⁷. As habilidades articulatórias, medidas a partir da velocidade de produção em repetição de palavras e não-palavras, associado a um teste que minimizou a demanda articulatória, sugerem que as habilidades motoras orais e articulatórias não estariam associadas ao desempenho da MOF^{22,28}.

A verificação das habilidades de repetição de não-palavras de crianças normais, falantes do Inglês, de quatro anos de idade também demonstrou maior índice de repetições corretas com a idade. Além disso, os autores demonstraram correlação entre o desenvolvimento de linguagem dos sujeitos normais e a MOF, já que as crianças com maiores índices de acerto no teste de repetição apresentaram também maior repertório de palavras e enunciados mais extensos e complexos sintaticamente⁸.

Foram realizadas a adaptação e validação do *Children's Test of Nonword Repetition* (CNRep) em 182 crianças brasileiras, de 4:0 a 10:0 anos, com desenvolvimento normal de linguagem. Os autores verificaram efeitos de idade, de extensão, de escolaridade e de lexicalidade. O efeito de extensão

foi observado a partir do decréscimo na repetição dos itens de duas a cinco sílabas, em todas as idades. O efeito de escolaridade foi observado apenas em crianças a partir de cinco anos. Tal fato deve-se à influência do aprendizado da leitura e escrita e a aquisição dos princípios ortográficos que podem modular o processamento e a consciência fonológica sublexical. Quanto ao efeito de lexicalidade, os autores observaram que a repetição correta esteve mais associada ao conhecimento lexical do que à extensão da pseudopalavra²⁹.

Outros estudos têm demonstrado uma correlação positiva entre o desempenho em testes de MOF e o desenvolvimento lingüístico em relação

ao aprendizado de novas palavras. Esta correlação existiria, pois o ouvinte deveria armazenar a forma fonológica do novo item lexical na MOF e associar a essa forma seus referentes semânticos e sintáticos³⁰.

O vocabulário receptivo estaria mais relacionado com a habilidade de repetição de não-palavras do que com tarefas de repetição de dígitos, embora as evidências apontem para uma origem comum dentro da MOF para a realização das duas atividades. Isso ocorreria, pois a repetição de não-palavras necessitaria da percepção, codificação, armazenamento, recuperação e produção da informação fonológica nova para posterior transferência dessa informação para a memória de longo prazo²⁷.

Conclusão

Os estudos citados neste trabalho demonstraram que tanto para o Inglês como para o Português do Brasil, ocorre uma melhora de desempenho em testes de MOF com o aumento da idade. Os testes de MOF, a partir da repetição de não palavras ou pseudopalavras, verificaram o efeito de extensão com o acréscimo do número de sílabas para todas as idades estudadas, confirmando, primeiramente, a capacidade limitada de armazenamento temporário dessa memória e, o

aumento da retenção da informação fonológica com o desenvolvimento. O aumento da capacidade de armazenamento e processamento dessa memória facilita a aquisição de novos vocábulos e a compreensão de sentenças mais complexas sintaticamente e de maior extensão, contendo informações lingüísticas redundantes. Além disso, a memória operacional fonológica permite que a criança possa adquirir habilidades metalingüísticas, como tarefas de julgamento gramatical de sentenças e de consciência fonológica.

Muitos estudos comprovaram a existência da correlação entre o conhecimento lingüístico, principalmente fonológico e lexical, e a memória operacional fonológica em crianças em desenvolvimento normal de linguagem, falantes do Inglês e do Português do Brasil.

Dessa forma, quanto maior o vocabulário da criança, maior o conhecimento sublexical e morfológico da língua, que facilitará seu desempenho em atividades de repetição de palavras e pseudopalavras.

A memória fonológica também se encontra relacionada ao desenvolvimento fonológico da criança e à aquisição e acesso rápido das propriedades fonológicas e articulatórias da língua. Assim, quanto melhor as habilidades articulatória da criança, maior será a facilidade em produzir a não-palavra alvo antes que se exceda o tempo em que o item a ser repetido possa ficar armazenado na memória.

A partir dos resultados de estudos com crianças normais e com alterações de fala e/ou linguagem, pode-se verificar que a capacidade da memória operacional fonológica depende da conversão do sinal acústico em fonológico, da identificação dos sons falados para posterior representação fonológica em uma seqüência correta e do armazenamento dessa informação no buffer fonológico. Para a informação fonológica ser mantida ativa, ela deve ser refrescada a partir do processo de reverberação ou ensaio subvocal, até que a produção articulatória, precisa, ocorra. Dessa forma, alterações no desenvolvimento de qualquer uma dessas habilidades podem acarretar em dificuldades na memória operacional fonológica.

Referências Bibliográficas

1. Rodrigues A. Memória Operacional Fonológica e Compreensão de Orações em crianças com desenvolvimento típico de linguagem entre 3:0 e 6:11 anos. [tese]. São Paulo: Universidade de São Paulo; 2007.
2. Xavier GF. Memória: correlatos anátomo-funcionais. In: Nitrini R, Caramelli P, Mansur LL. Neuropsicologia: das bases anatômicas à reabilitação. São Paulo: Clínica Neurológica do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo; 1996. p. 107-29.
3. Baddeley AD. Working memory and comprehension. In: Broadbent D et al. Working memory. Oxford: Oxford University Press; 1986.
4. Gathercole SE. Is nonword repetition a test of phonological memory or long term knowledge? It all depends on the nonwords. *Mem Cognit*. 1995;23(1):83-94.
5. Gathercole SE, Baddeley AD. Introduction to working memory. In: _____; _____. Working Memory and Language. Hove: Lawrence; 1995. p. 1-39.
6. Gonçalves CS. O processo de assimilação na aquisição fonológica. *Pro Fono*. 2002 set-dez;14(3):291-300.
7. Larsen JD, Baddeley A. Disruption of verbal STM by irrelevant speech, articulatory suppression, and manual tapping: do they have a common source? *Q J Exp Psychol A*. 2003 nov;56(8):1249-68.
8. Adams AM, Gathercole SE. Limitations in working memory: implications for language development. *J Commun Disord*. 2000 jan-mar;35(1):95-116.
9. Baddeley AD, Gathercole SE, Papagno C. The phonological loop as a language learning device. *Psychol Rev*. 1998 jan;105(1):158-73.
10. Baddeley AD. The episodic buffer: a new component of working memory? *Trends Cogn Sci*. 2000;4(11):417-23.
11. Baddeley AD. Working memory and language: an overview. *J Commun Disord*, 2003. Review;36(3):189-208.
12. Helene AF, Xavier GF. A construção da atenção a partir da memória. *Rev Bras Psiquiatr*. 2003 dez;25(2):12-20.
13. Hulme C, Thompson N, Muir C, Lawrence A. Speech rate and the development of short-term memory span. *J Exp Child Psychol*. 1984;38(2):241-53.
14. Repovs G, Baddeley A. Multi-component model of working memory: explorations in experimental cognitive psychology. *Neuroscience*. 2006;39:5-21.

15. Andrade ER. Verbal memory in children with attention-deficit/hyperactivity disorder [dissertação] São Paulo: Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo; 2002.
16. Hulme C, Roodenrys S, Schweickert R, Brown GD, Martin M, Stuart G. Word-frequency effects on short-term memory tasks: evidence for a reintegration process in immediate serial recall. *J Exp Psychol Learn Mem Cogn*. 1997 sep;23(5):1217-32.
17. Longoni AM, Richardson JT, Aiello A. Articulatory rehearsal and phonological storage in working memory. *Mem Cognit*. 1993 jan;21(1):11-22.
18. Mueller ST, Seymour TL, Kieras DE, Meyer DE. Theoretical Implications of Articulatory Duration, Phonological Similarity, and Phonological Complexity in Verbal Working Memory. *J Exp Child Psychol*. 2003;29(6):1353-80.
19. Dollaghan C, Campbell TF. Nonword repetition and child language impairment. *J Speech Lang Hear Res*. 1998 oct.;41(5):1136-46.
20. Bishop DVM, Adams C, Norbury CF. Using nonword repetition to distinguish genetic and environmental influences on early literacy development: a study of 6-year-old twins. *Am J Med Genet B Neuropsychiatr Genet*. 2004 aug;15(1):94-6.
21. Conti-Ramsden G, Hesketh A. Risk markers for SLI: a study of young language-learning children. *J Commun Disord*. 2003 jul-sep;38(3):251-63.
22. Van der Lely HKJ, Howard D. Children with specific language impairment: linguistic impairment or short-term memory deficit? *J Speech Lang Hear Res*. 1993 dec;36(6):1193-207.
23. Gaulin CA, Campbell TF. Procedure for assessing verbal working memory in normal school-age children: some preliminary data. *Percept Mot Skills*. 1994 aug;79(1):55-64.
24. Adams AM; Gathercole SE. Phonological working memory and speech production in preschool children. *J Speech Lang Hear Res*. 1995 april;38(2):403-14.
25. Montgomery JW. Understanding the language difficulties of children with specific language impairments: does verbal working memory matter? *Am J Speech Lang Pathol*. 2002 feb;11:77-91.
26. Shriberg LD. A nonword task for speech-involved speakers: the syllable repetition task. *ASHA Convention [abstract]*, 2006 nov; 140.
27. Montgomery JW. Sentence comprehension in children with specific language impairment: the role of phonological working memory. *J Speech Lang Hear Res*. 1995 feb;38:187-99.
28. Gathercole SE, Willis CS, Baddeley AD, Emslie H. The Children's Test of Nonword Repetition: a test of phonological working memory. *Memory*. 1994 jun; 2(2):103-27.
29. Santos FH, BUENO OF. 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(11):1533-47.
30. Rice ML, Cleave PL, Oetting JB. The use of syntactic cues in lexical acquisition by children with specific language impairment. *J Speech Lang Hear Res*. 2000 june;43(3):582-94.