

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/273754842>

# Desenvolvimento da Memória Operacional

Chapter · January 2005

DOI: 10.13140/RG.2.1.1497.8080

---

CITATIONS

5

READS

1,060

1 author:



**Flávia Heloísa Dos Santos**

University College Dublin

119 PUBLICATIONS 498 CITATIONS

SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



working memory processes and interactions [View project](#)



Dementia / Autonomy in people with intellectual disabilities. [View project](#)

*Referência:*

SANTOS, F.H. Desenvolvimento da Memória Operacional In: Neuropsicologia do Desenvolvimento: Conceitos e Abordagens. Em: Mello CB, Miranda MC, Muszkat M. ed. Memnon: São Paulo :, 2005, v.1, p. 77-92.

*Página de rosto*

a) título: Desenvolvimento da Memória Operacional

b) autora: Flávia Heloísa Dos Santos

c) mini-CV: Psicóloga, Especialista em Psicologia da Infância pela Universidade Federal de São Paulo - UNIFESP, Doutora em Ciências pela UNIFESP, Pesquisadora do Departamento de Psicobiologia da UNIFESP, Professora do Departamento de Psicologia da Universidade Estadual Paulista - UNESP/Assis. Membro da Federação Mundial de Neuro-Reabilitação - WFNR

d) endereço para correspondência

**Profa. Dra. Flávia Heloísa Dos Santos**

Universidade Estadual Paulista - UNESP

Departamento de Psicologia Experimental

Avenida Dom Antônio 2100

cep 19806-173, Assis – SP, Brazil

E-mail: [flaviahs@assis.unesp.br](mailto:flaviahs@assis.unesp.br)

Texto

## **Desenvolvimento da Memória Operacional**

Dentre os vários sistemas de memória, a memória operacional destaca-se por participar ativamente da aquisição de novos conhecimentos em domínios como linguagem, planejamento e solução de problemas (Baddeley, 1986). Como parte das funções executivas, contribui para a regulação do comportamento em situações cotidianas. Neste capítulo serão abordados aspectos históricos, conceituais, teóricos e clínicos, com destaque para o desenvolvimento desta função cognitiva e a sua reabilitação, raramente discutida.

### **Da memória primária à memória operacional**

Em 1890, William James\* introduziu o conceito de memória primária à psicologia, referindo-se à informação que forma o foco da atenção corrente e que ocupa o fluxo do pensamento, uma descrição similar a do influente filósofo do século XVII, John Locke\* (citados respectivamente por Squire, 1987; Logie, 1996).

O termo memória de curto prazo<sup>1</sup>, difundido por Broadbent (1957) em sua teoria dos filtros atencionais, tornou-se corrente a partir dos modelos teóricos das décadas de 60 e 70. Por exemplo, segundo o Modelo Modal de Atkinson e Shiffrin (1971), a memória seria constituída de três armazenadores unitários e uniformes - sensorial, de curto prazo e de longo prazo - qualitativamente diferenciados entre si por duração temporal, capacidade de armazenamento, mecanismo de esquecimento e susceptibilidade a lesões cerebrais diferentes. O armazenador de curto prazo (memória primária) mediará a transferência de conteúdos para a memória de longo prazo (memória secundária) e apresentaria uma taxa de esquecimento rápida em função dos efeitos da interferência e da distração.

O modelo modal era teoricamente compatível com o padrão exibido por pacientes como HM e outros amnésicos, isto é, déficit de memória de longo prazo com preservada memória de curto prazo (para revisão ver Bueno e Oliveira, 2004), mas não poderia explicar pacientes que exibiam um padrão oposto (déficit de memória de curto prazo e memória de longo prazo preservada), tal como o paciente KF (Warrington e Shallice, 1969; Shallice e Warrington, 1970).

Na década de sessenta, Elizabeth Warrington avaliou o paciente KF, que possuía uma lesão em região parieto-occipital esquerda, pela Escala Wechsler de Inteligência para Adultos. Em contraste com o desempenho relativamente normal nos demais testes da escala, o paciente exibiu um escore baixo no teste *span* de dígitos. De uma seqüência de dois dígitos KF não conseguia recordar o segundo número apresentado. KF, também apresentava dificuldades para memorizar uma lista de palavras e sua incapacidade se intensificava em listas de letras. Com isto configurou-se uma clara dificuldade em repetição, possivelmente devida a um problema de memória e não a um déficit de produção ou percepção de fala (Warrington e Shallice, 1969). Este resultado foi consistente em diversas avaliações, mesmo com o passar dos anos (Shallice e Warrington, 1970).

Nas décadas de 70 e 80 outros casos similares foram descritos na literatura. Alguns destes pacientes foram avaliados com instrumentos diferentes, porém todos eles apresentavam um marcante prejuízo em tarefas de *span*, com desempenho normal em tarefas de linguagem e inteligência (Shallice, 1998).

Estas evidências de dissociação com o comprometimento da memória de curto prazo e preservação da memória de longo prazo renderam críticas ao modelo modal. Duas possibilidades explicariam os resultados de pacientes como KF: 1) a memória de curto prazo não seria unitária e acessaria a memória de longo prazo através de diferentes componentes ou 2) haveria uma rota alternativa para o acesso a memória de longo prazo, que não a memória de curto prazo. Para Logie (1996) estas alternativas, representariam respectivamente duas visões deste sistema: a primeira como um estágio de transição, isto é, o sistema seria um portal de transferência da entrada sensorial para a memória de longo prazo (*gateway*) e a segunda, como uma representação projetada que seria ativada após o acesso a memória de longo prazo ter ocorrido (*workspace*).

Baddeley e Hitch (1974) solicitaram a universitários que realizassem simultaneamente o teste *span* de dígitos (carga de memória de 6 dígitos) e uma tarefa de raciocínio verbal, ou de compreensão de prosas, ou de memória de longo prazo. Ao contrário do que se esperava, o desempenho simultâneo das tarefas causou apenas um prejuízo parcial, mas não total, aos universitários. Os autores, então, consideraram que a memória de curto prazo não seria um armazenador unitário, tal como proposto no modelo modal, mas sim um sistema de estocagem dotado de múltiplos componentes (ver próximo tópico), a memória operacional ou memória de trabalho (*working memory*).

---

<sup>1</sup>Inicialmente adotado por Joseph Jacobs em 1887 em seus estudos com o teste *span* de dígitos.

Este modelo recebeu suporte de casos como o de KF, uma vez que poderia ser argüido que estes pacientes tinham sofrido dano em um dos componentes da memória operacional (no caso, a alça fonológica), enquanto os componentes preservados poderiam manter a ligação (*gateway*) com a memória de longo prazo.

Nos últimos trinta anos, o Modelo de Múltiplos Componentes de Baddeley e Hitch (1974) tem sido o mais estudado nas abordagens cognitiva, neuropsicológica e de neuroimagem. Contudo, outros modelos de memória operacional surgiram nas décadas seguintes, mais preocupados com a capacidade do sistema - em função do tempo decorrido (Daneman e Carpenter, 1980) ou em função do controle atencional (Engle, Kane e Tuholski, 1999). A discussão sobre processamento, mais adiante neste capítulo, é relevante para estes modelos.

Antes de discutir e aprofundar determinadas questões, é necessário registrar que a representação transitória da informação não ocorre somente em humanos, a Psicologia Experimental serve-se da investigação do desempenho de roedores, felinos e primatas, etc. em tarefas cognitivas e tem evidenciado similaridades e diferenças anátomo-funcionais entre espécies. Tais estudos têm colaborado para a compreensão de fenômenos subjacentes ao funcionamento normal e patológico da memória humana, bem como auxiliado na investigação de possíveis tratamentos.

## **Memória Operacional**

A memória operacional é entendida como um sistema de capacidade flexível que armazena e manipula informações por um curto período de tempo, necessário para o funcionamento cognitivo efetivo nas atividades coloquiais, incluindo o rendimento escolar e profissional (Gathercole, 1999).

O modelo de múltiplos componentes de Baddeley e Hitch (1974) é dotado de um controlador atencional – executivo central (*central executive*) - e dois subsistemas especializados no armazenamento de quantidades limitadas de informações em domínios altamente específicos: a alça fonológica (*phonological loop*) e o esboço visuo-espacial (*visuospatial sketchpad*).

A alça fonológica armazena material baseado na fala, e possui dois subcomponentes: o armazenador fonológico que recebe informação tanto por via direta (apresentação auditiva) quanto por via indireta (apresentação visual); e o processo de reverberação ou ensaio subvocal (*rehearsal*) que ocorre serialmente e em tempo real, e atua

para inibir o decaimento natural das informações no armazenador fonológico (Gathercole, 1998). A Alça fonológica pode ser avaliada por: teste *span* de dígitos em ordem direta (Thorndike, Hagen e Sattler, 1986) e o Teste Brasileiro de Repetição de Pseudopalavras para Crianças - BCPR (Santos e Bueno, 2003).

O esboço vívido-espacial tem domínio sobre as propriedades visuais e espaciais dos objetos e é dotado dos seguintes subcomponentes: o armazenador visual (*visual cache*) em que as características físicas dos objetos podem ser representadas, e um mecanismo espacial (*inner scribe*) usado para planejamento de movimentos e refrescamento da informação armazenada (Logie, 1996). O esboço vívido-espacial é avaliado por tarefas como a recordação de padrões visuais (Della Sala, Gray, Baddeley, Allamo e Wilson, 1999) e blocos de Corsi (Milner, 1971); ambos envolvem a apresentação de informação vívido-espacial abstrata na recordação imediata e no reconhecimento.

No final do século XX, Baddeley (2000) incluiu um outro componente ao modelo, o “*buffer*” episódico, com o objetivo de retratar as relações entre a memória operacional e a memória de longo prazo. Tal componente é um armazenador responsável pela integração de informações, tanto dos componentes verbal e visual quanto da memória de longo prazo, em uma representação episódica única, porém de códigos multidimensionais. Atualmente têm sido desenvolvidas algumas tarefas na tentativa de se avaliar este componente da memória operacional, porém estas ainda não são consensuais entre os pesquisadores; um exemplo é o teste de repetição de frases desordenadas (Gathercole, 2002; comunicação pessoal).

Nesta revisão estabeleceu que o executivo central, além de controlador atencional, realizaria o resgate das informações integradas no *buffer* na forma de “consciência”, bem como manipularia e modificaria essas informações quando necessário para formar episódios coerentes (Baddeley, 2000). Processos executivos são avaliados por tarefas que referem a manipulação da informação como: teste de *span* de dígitos em ordem inversa (Thorndike, Hagen e Sattler, 1986), Blocos de Corsi ordem inversa (Milner, 1971), *span* de contagem (Gathercole e Pickering, 2000) e teste de Stroop noite/dia (Diamond *et al*, 1997).

Estudos por técnicas de neuroimagem funcional<sup>2</sup>, como PET e IRMf, em indivíduos normais evidenciaram sistemas anátomo-funcionalmente distintos servindo o armazenamento temporário de informações de modalidades específicas. Santos e Mello (2004) resumem os substratos neuroanatômicos observados em estudos desta natureza: Para alça fonológica, córtex parietal posterior, área de Broca, córtex premotor e área motora suplementar do hemisfério esquerdo (AB<sup>3</sup> 40, 44 e 6). Para esboço visuo-espacial, córtex prefrontal inferior, occipital anterior, parietal posterior e ainda, córtex premotor do hemisfério direito (AB 47, 19, 40 e 6). Já os processos executivos tem representação bilateral no córtex prefrontal dorsolateral (AB 9, 10, 44, 45 e 46).

O estudo de Santos, Nogueira e Bueno (2004)<sup>4</sup> comparou exames de imagem por ressonância magnética e avaliação neuropsicológica de crianças brasileiras pré-escolares portadoras de Paralisia Cerebral. Os autores demonstraram que o lobo frontal foi determinante para o desempenho em testes como o *span* de dígitos e Blocos de Corsi, e ainda, porções do lobo parietal em se tratando dos blocos de Corsi, ordem inversa. Neste estudo foi possível identificar modularidade, isto é, uma especialização funcional de áreas cerebrais, similar à observada em adultos, apesar das lesões congênitas. Consistentes com os estes achados, estudos de IRMf em crianças normais dão suporte à modularidade da memória operacional e demonstram que crianças normais ativam regiões cerebrais análogas às regiões ativadas no organismo maduro quando executando tarefas destas competências (Casey *et al* 1995; Thomas *et al* 1999; Nelson *et al* 2000; Klingberg *et al* 2002).

## **Desenvolvimento da Memória Operacional**

---

<sup>2</sup>As técnicas de neuroimagem funcional possuem alta magnitude de resolução espacial para visualizar ação de massa relacionada à função cerebral, porém, baixa resolução temporal oferecendo limitada informação quanto à dinâmica da atividade cortical. Estudos por neuroimagem funcional raramente utilizam tarefas clássicas como *span* de dígitos e os blocos de Corsi (modelo de memória operacional baseado em modalidades), mas privilegiam paradigmas que visam atender às demandas tecnológicas do exame de imagem funcional como as tarefas ‘n-back’ (modelo baseado em processos). Estas ferramentas são úteis na investigação cognitiva, mas dadas as limitações tecnológicas devem sempre ser contrastadas com a avaliação neuropsicológica, método que neste contexto representa o padrão-ouro.

<sup>3</sup>AB - Áreas de Brodmann. O anatomista alemão Korbinian Brodmann (1868-1918) mapeou 52 áreas corticais funcionalmente distintas.

<sup>4</sup>Este trabalho foi apresentado e premiado por seu mérito científico com uma *scholarship* na 58<sup>th</sup> Annual Meeting of the American Academy for Cerebral Palsy and Developmental Medicine - AACPD (Califórnia, 2004).

Há evidências de aprendizagem demonstradas já no período fetal em paradigmas de condicionamento clássico, habituação etc. A memória, então, se inicia durante o período pré-natal e se desenvolve quantitativa e qualitativamente de acordo com a maturação (para revisão ver Hepper, 1996). O recém nascido é predisposto a registrar e recordar importantes sinais biológicos, tais como sinais faciais e a fala. Recém-nascidos, com apenas algumas horas de exposição para a mãe olham mais profundamente à face de sua mãe do que a de estranhos (Field *et al* 1984). DeCasper e Fifer (1980) demonstraram recém-nascidos preferindo ouvir a voz da própria mãe à de qualquer outra mulher, e ainda, apresentando respostas diferentes para a língua nativa em oposição às línguas estrangeiras. Carolyn Rovee-Collier realizou uma série de estudos com bebês através do paradigma de resposta de chute para movimentação do móvel suspenso. Seus estudos demonstraram os sistemas implícito e explícito - memória de longo prazo - se desenvolvem no mesmo período de tempo e não seqüencialmente (Rovee-Collier, 1997).

Um paradigma utilizado para avaliação da memória operacional em bebês é a tarefa de escolha não pareada ao modelo após intervalo (*delayed nonmatching-to-sample, DNMS*). Por exemplo, apresenta-se à criança um triângulo que pode ser encaixado nos campos à direita ou à esquerda de um tabuleiro, após o encaixe um intervalo é dado sem que o tabuleiro possa ser visto e os dois campos são cobertos por cartões. A tarefa da criança consiste em apontar o cartão oposto ao que o triângulo foi encaixado. Tarefas desta natureza são difíceis para bebês de 12 meses, mas após esta idade o desempenho é similar tanto em intervalos de 5 quanto de 30 segundos. Outras manipulações demonstraram que o desempenho é influenciado por velocidade de processamento, dedução da regra e resistência à interferência ou por distração (Diamond, Towle e Boyer, 1994).

Contudo, dada a riqueza das habilidades de memória em fetos, neonatos e em bebês torna-se intrigante a existência de amnésia sobre a própria infância (*childhood amnesia*), isto é, uma incapacidade para recordar na idade adulta, eventos que ocorreram durante os primeiros três ou quatro anos de vida. A amnésia sobre a própria infância é um fenômeno natural que ocorre em indivíduos adultos e deve ser diferenciada de outras formas de amnésia (orgânica ou psicogênica) ocorridas em crianças, adultos ou idosos, as quais caracterizam incapacidade grave, como por exemplo, na Síndrome Amnésica da Infância (Vargha-Khadem *et al* 1997).

A memória operacional, tal como outros sistemas de memória, também se modifica da infância para a adolescência (Gathercole, 1998). Para ilustrar, veja na **Tabela 1** dados normativos de crianças brasileiras nos testes BCPR, *span* de dígitos e blocos de Corsi. No entanto, é necessário compreender os fatores determinantes destas mudanças.

## **Fatores Subjacentes ao Desenvolvimento**

### Mecanismos

Diversos mecanismos estão relacionados ao desenvolvimento deste sistema: análise perceptual, memória sensorial, ordem serial, taxa de decaimento, interferência e a qualidade da codificação (para revisão ver Santos, 2002; Santos e Mello, 2004).

Além destes mecanismos, o desenvolvimento da memória operacional é demonstrado pelo *span* de memória, isto é, pelo número máximo de itens lembrados ou repetidos imediatamente. O aumento do *span* com a idade é influenciado por fatores como a expansão de vocabulário e a capacidade atencional. A expansão de vocabulário permite um melhor conhecimento sobre as propriedades estruturais da língua, permitindo um uso mais efetivo das representações das estruturas sonoras das palavras (Gathercole, 1998). Já a capacidade atencional e de controle inibitório não alcançam maturidade antes da adolescência (Majovski, 1997).

### Processamento

Durante a infância, a capacidade de processamento da informação permanece constante enquanto a sua eficiência de processamento aumenta (Case, Kurland e Goldberg, 1982). Por exemplo, o desempenho de crianças brasileiras no BCPR foi melhor na repetição de estímulos curtos (2-sílabas) do que de longos (5-sílabas), independente da idade, revelando constância da capacidade. No entanto, o número de erros - principalmente substituições - decaiu em crianças maiores, demonstrando o aumento da eficiência (Santos, 2002). Para ilustrar veja no **gráfico 1** os erros cometidos por crianças brasileiras no teste BCPR.

Além disso, o tempo de ativação que a criança necessita para armazenar itens na memória operacional influencia o desempenho de tarefas complexas em diversos domínios de conhecimento, de forma que o aumento do

intervalo de memória é associado com o decréscimo no armazenamento (Towse, Hitch e Hutton, 1998). Também a velocidade de processamento da informação, a qual inclui a taxa de reverberação e a taxa de recuperação, contribui para o aumento no *span* de memória; tais mudanças parecem ser influenciadas por fatores intrínsecos e pela maturação neurológica (Cowan *et al*, 1998).

A taxa de articulação do BCPR - medida em segundos - foi menor para estímulos de 2 sílabas (Santos e Bueno, 2003). Isto sugere que pseudopalavras curtas são processadas mais rapidamente, pois, sua repetição demanda menos tempo. Os erros ocorrem predominantemente em pseudopalavras de 5 sílabas, pois, estímulos longos requerem maior tempo de ativação para compensar a menor velocidade de processamento (Santos, 2002).

#### Reconstrução do traço de memória

Entende-se por reintegração (*redintegration*) o uso da memória de longo prazo para a reconstrução parcial de traços de memória (Roodenrys, Hulme e Brown, 1993). A reintegração é aparente já em crianças de seis anos de idade e esta reconstrução toma como base informações léxicas e fonéticas da língua nativa (Gathercole *et al*, 1999). A análise dos erros cometidos no BCPR indicou que a criança procura por alguma informação disponível em seu sistema léxico para reconstruir os estímulos, ou seja, busca regularizar a fala em função de algo familiar, por exemplo, na pseudopalavra cabajucaba, o erro de repetição mais freqüente foi cabaticaba por sua similaridade com a palavra jabuticaba (Santos, 2002). Também em estímulos visuais há contribuição da memória de longo prazo. Em uma tarefa de reconhecimento visual de padrões abstratos, Santos e colaboradores (2004) observaram que crianças brasileiras menores tentavam 'nomear' as figuras na fase de estudo e utilizam estas pistas verbais na tarefa de reconhecimento.

Os dados apresentados na tabela e no gráfico, bem como na análise qualitativa dos erros no BCPR destacam outro fator determinante das mudanças ocorridas no funcionamento mnésico durante a infância: a escolaridade. A educação formal exerce um papel fundamental no desenvolvimento cognitivo, devendo ser continuamente estimulada e acessível.

#### **Déficit de Memória Operacional**

Estudos têm revelado que o componente verbal da memória operacional contribuiria para o aprendizado de novas palavras (Gathercole *et al* 1991) e para a automatização da produção de fala (Adams e Gathercole, 1995) durante a infância. Já o componente visuo-espacial contribuiria para a aprendizagem de novas coordenadas visuais e espaciais (Gathercole, 1998). Em contraste, o seu funcionamento ineficiente foi associado a um baixo rendimento escolar (Gathercole e Pickering, 2000).

Défices seletivos em componentes da memória operacional são observados em crianças com transtorno do déficit de atenção e hiperatividade - TDA/H (Norrelgen *et al* 1999), prejuízos específicos de linguagem (Bishop *et al* 1996), lesões cerebrais congênitas (Santos, 2002) e ainda, em crianças com deficiência mental, independente da gravidade da deficiência ou de sua etiologia.

Por exemplo, crianças entre 11 e 12 anos cronológicos (IM=6a4m) portadoras de deficiência mental inespecífica memorizam até 4 dígitos ou 3.5 palavras (Henry, 2001). Há evidências de que o déficit em alça fonológica estaria relacionado ao ensaio subvocal (Rosenquist *et al.*, 2003). Segundo Conners e colaboradores (2001) o ensaio subvocal é o fator determinante da aprendizagem de leitura, sendo nestes casos mais importante do que inteligência, consciência fonológica e habilidade de linguagem.

Crianças com síndrome de Down são prejudicadas em tarefas envolvendo a alça fonológica (Laws, 1998), mas as explicações são controversas. Para uns, a taxa de articulação não determina o déficit em alça fonológica e sim conhecimento lexical de longo prazo (por exemplo Kano & Ikeda, 2002). Para outros, a incapacidade é devida a uma disfunção do executivo central (Vicari *et al.*, 2004; Conners *et al.*, 1998).

Em um estudo longitudinal de 4 anos, crianças com fenilcetonúria exibiram dificuldades na memória operacional e em funções de controle inibitório, mesmo quando os níveis plasmáticos de fenilalanina eram de 3-5 vezes normais (Diamond, 1998). Níveis elevados de fenilalanina são tóxicos, dose-dependentes e compatíveis com TDA/H tipo desatento e dificuldades em funções executivas (Antshel & Waisbren, 2003). Tais incapacidades são evidentes em crianças maiores, mas não em crianças menores, portanto, haveria um déficit e não um atraso no desenvolvimento cognitivo (White *et al*, 2002).

Crianças com síndrome de Williams apresentam déficit em esboço visuo-espacial (Vicari *et al.*, 1996). Vicari e colaboradores (2003) discriminaram a natureza deste comprometimento: Crianças com síndrome de Williams são afetadas em *span* espacial, bem como em localização espacial (Nakamura *et al.*, 2001).

Em relação a síndrome do x-frágil (FXS), mais estudos serão necessários para confirmar dissociação relacionada ao gênero, no entanto, há evidências de que meninos (FXS) têm déficit de executivo central (Cornish *et al.*, 2001). Em contraste, o paradigma *n-back*<sup>5</sup> para IRMf evidenciou prejuízo no esboço visuo-espacial de meninas com FXS associado a baixos níveis de expressão do gene FMRP (Kwon *et al.*, 2001). Para Bennetto *et al.* (2001), porém, a função executiva é melhor marcador neuropsicológico do que habilidades visuo-espaciais em meninas com FXS.

No entanto, défices da memória operacional na infância podem não estar associados a fatores neuroquímicos, neuroanatômicos ou genéticos. Baddeley e Wilson (1993) descreveram o caso de QU, um menino de 8 anos de idade que apresentava déficit na alça fonológica (baixos escores no *span* de dígitos, *span* de palavras e repetição de pseudopalavras) combinado com escores normais de memória de longo prazo, inteligência não-verbal, bem como de esboço visuo-espacial. Suas dificuldades tinham um caráter quantitativo e não puderam ser explicadas por défices perceptuais, auditivos (audiometria e timpanometria) ou articulatórios. QU apresentou ainda dificuldades em vocabulário, leitura e outros comprometimentos compatíveis com dislexia. Quanto à etiologia, QU possuía uma história de otitis média (*middle-ear infections*). É possível que estas infecções durante um período crítico de desenvolvimento tenham causado uma falha no sistema responsável pelo processamento e armazenamento fonológico.

### **Reabilitação Neuropsicológica da Memória Operacional**

Não se poderia iniciar uma discussão sobre reabilitação sem antes tratar de aspectos que regem o desenvolvimento cognitivo e que estão subjacentes à neuroplasticidade.

---

<sup>5</sup>Em tarefas *n-back* respostas são requeridas apenas quando o estímulo (auditivo, visual ou espacial) é igual ao alvo apresentado “n” vezes atrás. Por exemplo, na seqüência de letras K,S,**K**,M,R,T,L,**T**,A,P quando n=2 as letras em negrito correspondem as respostas esperadas do participante.

As funções cognitivas se desenvolvem a partir dos processos de maturação. Segundo Kagan (1985) a maturação das habilidades cognitivas segue a uma seqüência que se completa nos dois primeiros anos de vida. Primeiro, a criança demonstra a capacidade de memória para experiências passadas; segundo, ocorre uma formação ativa de memórias; a seguir, estruturas simbólicas tomam forma; depois, a criança torna-se hábil para inferir causalidade e por fim, a criança exhibe autoconsciência.

Tais seqüências seriam concomitantes ao desenvolvimento das estruturas cerebrais. As áreas de processamento visual no cérebro desenvolvem-se no início do primeiro ano de vida. As áreas límbicas também se desenvolvem no primeiro ano, porém, tardiamente. As áreas sensório-motoras apresentam maior ganho no segundo ano de vida, enquanto as áreas auditivas estendem o seu desenvolvimento até o quarto ano de vida. Já as áreas relacionadas ao pensamento, abstração, raciocínio e solução de problemas continuam a maturar até a adolescência e talvez até a terceira década (Majovski, 1997).

Portanto, mudanças com o desenvolvimento representam uma organização e reorganização seqüencial de funções cognitivas subjacentes aos processos de maturação em interação com as experiências ambientais (Bernstein e Waber, 1997). Este desenvolvimento, porém, pode ser influenciado tanto por fatores endógenos quanto exógenos, a saber, deficiência nutricional, anóxia e/ou asfixia perinatal, fatores teratogênicos, defeitos metabólicos ou hereditários congênitos e lesões cerebrais (Majovski, 1997).

Conceitua-se neuroplasticidade a capacidade para alterar a função, o perfil neuroquímico e a estrutura de neurônios em processos como habituação, aprendizado e memória, e na recuperação de células após lesões (Woolf e Salter, 2000). Na habituação, as alterações são imediatas na liberação de neurotransmissores e na sensibilidade dos receptores pós-sinápticos, levam a uma resposta diminuída a estímulos específicos. No aprendizado e memória, as alterações são duradouras, incluindo a síntese de novas proteínas e o estabelecimento de novas conexões sinápticas, as quais acarretam uma resposta mantida e a memória de estímulos repetidos. As alterações sinápticas após lesões encefálicas incluem a recuperação da eficácia sináptica, hipersensibilidade de denervação, hipereficácia sináptica e a desinibição (*unmasking*) de sinapses silenciosas (Lundy-Ekman, 2004).

Do ponto de vista clínico, o progresso no funcionamento que ocorre espontaneamente (plasticidade neural) pode ser separado da recuperação atribuída à reabilitação neuropsicológica (plasticidade funcional), isto é, a

evolução do paciente também está alicerçada num ambiente favorável à sua melhora: inclui o afeto, compreensão e apoio familiar, autoconsciência, motivação, orientação para atividades diárias, escolares e vocacionais, treino cognitivo.

Portanto, além de inferir o prejuízo (*impairment*), tal como uma lesão em lobo temporal direito, por meio de testes neuropsicológicos; o neuropsicólogo deve reabilitar a incapacidade (*disability*) decorrente, como uma dificuldade para reconhecer faces familiares. Considerando, porém, a desvantagem (*handicap*) imposta pelas contingências sócio-ambientais ao paciente, por exemplo, em nossa cultura não se tem por hábito usar crachás de identificação em festas, o que embora pudesse facilitar o convívio para pessoas com propasognosia.

Em outras palavras, a reabilitação de qualquer função cognitiva deve estar inserida num contexto maior. A principal referência para a reabilitação neuropsicológica pediátrica é o Modelo Holístico do Neurodesenvolvimento, idealizado por Yehuda Ben-Yishay e Leonard Diller, que caracteriza-se por um conjunto de atividades intensivamente aplicadas que incluíam psicoterapia individual ou em grupo, treino cognitivo, grupos para familiares e equipe, além de (re)orientação vocacional.

No V Congresso Mundial de Lesões Cerebrais algumas experiências de reabilitação foram apresentadas. O programa de Honkinen e colaboradores (2003), por exemplo, era destinado a crianças de diferentes estágios de recuperação e de desenvolvimento, bem como a seus familiares. Incluía encontros intensivos, nos quais eram oferecidos aconselhamento, informações sobre as lesões cerebrais, treinamento e vídeos para uso domiciliar, atividades recreativas e culturais (teatro, artes plásticas, música, atividades ao ar livre, etc) complementares à reabilitação multidisciplinar diária.

Uma crítica necessária às diversas abordagens é que estudos aleatoriamente controlados e preferencialmente multicêntricos sejam complementares à prática, para que se possam avaliar os seus benefícios de um lado, os quais aparentemente incluem a ampliação da autoconsciência infantil e a aderência familiar ao tratamento, e minimizar inconsistências, de outro.

Há uma vasta gama de publicações descrevendo estratégias para reabilitação da memória de longo prazo (por exemplo, Santos, 2004). Em contrapartida, a reabilitação da memória operacional embora fundamental para a

aquisição de novos aprendizados é menos discutida. Assim, vamos aqui tratar do treinamento cognitivo para memória operacional.

Case, Kurland e Goldberg (1982) sugerem que é importante ganhar espaço de armazenamento na memória operacional, portanto, o uso de tarefas que aumentem a velocidade de processamento e a eficiência. Valendo-se deste conhecimento, o neuropsicólogo deve propor inicialmente tarefas compatíveis com o *span* do paciente, e gradativamente ampliar o número de estímulos (palavras, figuras, objetos, etc). Na etapa seguinte, uma vez ampliada a capacidade do armazenador de curto prazo, o neuropsicólogo deve realizar tarefas que combinem armazenamento e manipulação para desta forma melhorar o funcionamento da memória operacional propriamente dita.

Entre os anos 80 e 90 Rosamond Gianutsos publicou uma série de artigos abordando diversos aspectos da reabilitação cognitiva, dentre os quais seu programa de reabilitação da memória de curto prazo (Gianutsos, 1981), o qual demonstrou uma melhora significativa deste sistema de memória após o início do treino cognitivo. Na área infantil, Wright e Limond (2004), em uma interessante revisão, ressaltam que a chave para restaurar o uso estratégico da memória operacional consiste em fornecer as informações mais lentamente, sobretudo em crianças menores. Contudo, chamam a atenção para o fato de que quando disfunções executivas estão presentes, como nos casos de fenilcetonúria, precisam ser reabilitadas paralelamente. Nestas condições, pistas externas devem ser introduzidas para que o uso estratégico da memória operacional seja recuperado. Ao contrário de adultos, crianças se beneficiam de treinamento com um procedimento único do que de múltiplas etapas.

O objetivo da equipe interdisciplinar de reabilitação é auxiliar o paciente a obter autonomia na vida diária, atividades acadêmicas ou profissionais, habilidades interpessoais e sócio-emocionais. Por esta razão, a meta final do plano de tratamento é a generalização da resposta comportamental frente a um estímulo em outras situações apropriadas. Para tanto, o treino cognitivo deve ser apoiado por técnicas de autocontrole cognitivo e de auto-monitoramento, as quais permitem reduzir a dependência da criança frente ao professor/familiar e melhorar o seu autocontrole. Estas técnicas têm sido efetivas para défices perceptivos, de atenção e de memória (McCoy *et al*, 1997).

## **Considerações Finais**

O uso de técnicas de neuroimagem funcional em amostras pediátricas recentemente vem sendo empregado para localização de funções críticas (Logan, 1999), avaliação de correlatos neurais da plasticidade cerebral (Hertz-Pannier *et al.*, 2000), bem como para examinar a relação entre função e estrutura no decorrer do desenvolvimento cognitivo cerebral (Nelson *et al.*, 2000).

Estudos comparativos entre etapas de treinamento cognitivo relacionados a memória operacional através de IRMf começam a se propagar (Olesen, Westerberg e Klingberg, 2004). No futuro, a aplicação destas técnicas de neuroimagem funcional na compreensão dos mecanismos subjacentes aos fenômenos plásticos cerebrais, na construção de pressupostos teóricos, e ainda na avaliação dos programas de reabilitação cognitiva implantados será uma prática comum em neuropsicologia (Andrade e Santos, 2004).

Na década de 90, surgiram os tratamentos para casos graves ou refratários à medicação como a estimulação encefálica profunda, transplantes de células produtoras de neurotransmissores, implantes neuronais de tecidos fetais e cirurgias esterotáxicas para destruição de células em regiões específicas. Tais intervenções visam a restauração de níveis normais de neurotransmissão e de atividade neuronal (Lundy-Ekman, 2004). Contudo, estudos longitudinais são necessários para a completa compreensão de seus efeitos, bem como de sua aplicabilidade em outras desordens neurológicas e em populações pediátricas.

## **Agradecimentos**

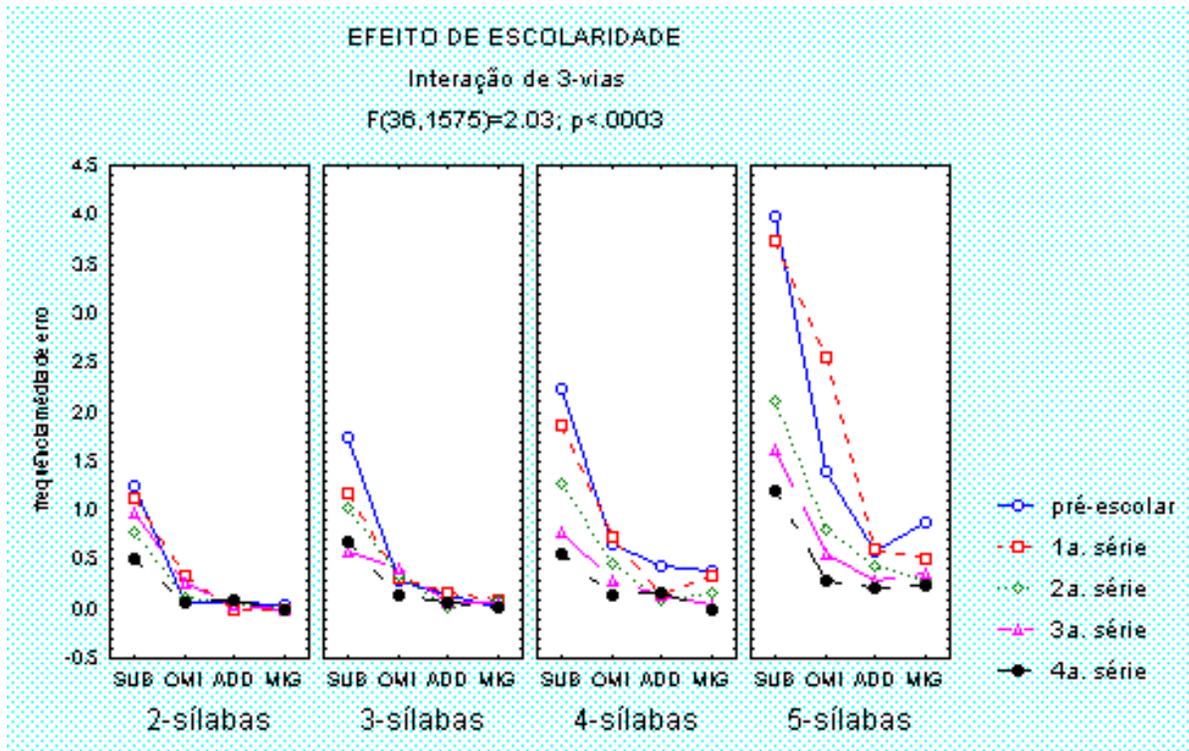
À FAPESP, que subsidiou minha tese de doutorado, cujos resultados parciais foram mencionados no manuscrito. À Academia Americana de Paralisia Cerebral e Medicina do Desenvolvimento (AACPDM) pelo reconhecimento do mérito científico desta pesquisa.

**Tabela 1.** Escores de crianças brasileiras nos testes BCPR, Span de Dígitos e Blocos de Corsi

	N	BCPR*	Span de Dígitos*	Blocos de Corsi#
Pré-escolares**	22	31.0 (4.8)	3.7 (0.8)	3.7 (1.1)
1ª série	22	32.0 (3.9)	3.7 (0.7)	4.2 (0.6)
2ª série	38	33.9 (3.8)	4.2 (0.9)	4.4 (0.8)
3ª série	32	35.6 (2.8)	4.5 (0.7)	4.7 (0.9)
4ª série	35	37.0 (2.9)	4.8 (0.9)	4.5 (0.6)

\*\*Santos (2002); Santos e Bueno (2003)\*; Santos *et al.*, (2004)#; N= 149

Gráfico 1. Tipos de Erros no BCPR por extensão silábica



Erros: SUB=substituição, OMI=omissão, ADD=adição e MIG=migração (Santos, 2002).

## Referências:

- Adams AM, Gathercole SE. Phonological working memory and speech production in preschool-children. *Journal of Speech and Hearing Research* 1995, 38, 403-414.
- Andrade VM, Santos, FH. *Neuropsicologia Hoje*. Em: Andrade VM, Santos FH, Bueno OFA, editores. *Neuropsicologia Hoje*. São Paulo: Artes Médicas; 2004
- Antshel KM, Waisbren SE. Timing is everything: executive functions in children exposed to elevated levels of phenylalanine. *Neuropsychology* 2003, 17(3):458-68.
- Atkinson RC, Shiffrin RM. The control of short-term memory. *Sci Am.* 1971; 225:82-90.
- Baddeley AD. *Working Memory*. Oxford: Oxford University Press; 1986.
- Baddeley AD. The episodic buffer: a new component of working memory? *Trends Cog Sci* 2000;4:417-23.
- Baddeley AD, Hitch GJ. Working memory. In: Bower G. *The Psychology of Learning and Motivation*. London: Academic Press; 1974. p 47-90.
- Bennetto L, Pennington BF, Porter D, Taylor AK, Hagerman RJ. Profile of cognitive functioning in women with the fragile X mutation. *Neuropsychology*. 2001, 15(2):290-9
- Bishop DV, North T, Donlan C. Nonword repetition as a behavioural marker for inherited language impairment: evidence from a twin study. *J Child Psychol Psychiat* 1996;37:391-403.
- Broadbent DE. A mechanical model of human attention and immediate memory. *Psychological Review* 1957, 64, 205-15
- Bueno, O.F.A., Oliveira, M.G.M. *Memória e Amnésia* Em: Andrade VM, Santos FH & Bueno OFA (eds.) *Neuropsicologia Hoje*. São Paulo: Artes Médicas; 2004.
- Case RD, Kurland M, Goldberg J. Operational efficiency and the growth of short-term memory span. *J Exp Child Psychol* 1982;33:386-404.
- Casey B, Cohen JD, Jezzard P, Turner R, Noll DC, Trainor RJ, Giedd J, Kaysen D, Hertz-Pannier L, Tapoport JL. Activation of prefrontal area cortex in children during nonspatial working memory task with functional MRI. *Neuroimage*. 1995; 2, 221-229
- Conners, F.A., Carr, M.D., Willis, S. Is the phonological loop responsible for intelligence-related differences in forward digit span? *Am J Ment Retard*. 1998, 103(1):1-11.
- Conners, F.A., Atwell, J.A., Rosenquist, C.J. & Sligh, A.C. Abilities underlying decoding differences in children with intellectual disability. *J Intellect Disabil Res*. 2001, 45(Pt 4):292-9
- Cornish, K.M., Munir, F. & Cross, G. Differential impact of the FMR-1 full mutation on memory and attention functioning: a neuropsychological perspective. *J Cogn Neurosci*. 2001, 1;13(1):144-50
- Cowan N, Wood NL, Wood PK, Keller TA, Nugent LD, Keller CV. Two separate verbal processing contributing to short-term memory span. *J Exp Psychol Gen* 1998;127:141-60.

Daneman M, Carpenter PA. Individual differences in working memory and reading. *J Verb Learn Verb Behav* 1980;19:450-66.

DeCasper AJ, Fifer WP. Of human bonding: newborns prefer their mothers' voices. *Science* 1980;208:1174-6.

Della Sala S, Gray C, Baddeley AD, Allamano N, Wilson LS. Pattern span: a tool for unwelding visuo-spatial memory. *Neuropsychologia* 1999;37:1189-99.

Diamond A, Towle C, Boyer K. Young children's performance on a task sensitive to the memory functions of the medial temporal lobe in adults--the delayed nonmatching-to-sample task--reveals problems that are due to non-memory-related task demands. *Behav Neurosci.* 1994 Aug;108(4):659-80.

Diamond A. Evidence for the importance of dopamine for prefrontal cortex functions early in life In: Roberts AC, Robbins TW, Weiskrantz L. *The prefrontal cortex.* New York: Oxford University Press;1998. p. 144-64.

Engle RW, Kane MJ, Tuholski, SW. Individual differences in working memory capacity and what they tell us about controlled attention, general fluid intelligence, and functions of the prefrontal cortex. In: Miyake A, Shah P. *Models of Working Memory.* Cambridge: University Press; 1999. p.102-34.

Field TM, Cohen D, Garcia R, Greenberg R. Mother and stranger face discrimination by newborn. *Infant Behav Dev* 1984;7:19-25.

Gathercole SE. The development of memory. *J Child Psychol Psychiat* 1998;39: 3-27.

Gathercole SE. Cognitive approaches to the development of short-term memory. *Trends Cognit Sci* 1999;3:410-9.

Gathercole SE, Pickering SJ. Working memory deficits in children with low achievements in national curriculum at 7 years of age. *Br J Educ Psychol* 2000;70:177-94.

Gathercole SE, Willis CS, Baddeley AD, Emslie H. The influences of number of syllables and wordlikeness in children's repetition nonwords. *Appl Psycholinguist* 1991;12:349-67.

Hepper, PG. Fetal memory: Does it exist? What does it do? *Acta Paediatr Suppl* 1996;416:16-20.

Henry, L.A. How does the severity of a learning disability affect working memory performance? *Memory.* 2001, 9, 233-247.

Hertz-Pannier L, Chiron C, Jambaqué I, Renaux-Kieffer V, Van de Moortele P-F, Delalande O, et al. Late plasticity for language in child with non-dominant hemisphere. A pre- and post-surgery fMRI study. *Brain* 2000;125(Pt2):361-72.

Kanno, K., Ikeda, Y. Word-length effect in verbal short-term memory in individuals with Down's syndrome. *J Intellect Disabil Res.* 2002, 46(Pt 8):613-8.

Klingberg T, Forssberg H, Westerberg H. Increased brain activity in frontal and parietal cortex underlies the development of Visuospatial working memory capacity during childhood. *J. Cognit. Neurosci.* 2002; 14, 1-10

Kwon, H., Menon, V., Eliez, S., Warsofsky, I.S., White, C.D., Dyer-Friedman, J., Taylor, A.K., Glover, G.H. & Reiss, A.L. Functional neuroanatomy of visuospatial working memory in fragile X syndrome: relation to behavioral and molecular measures. *Am J Psychiatry.* 2001, 158(7):1040-51.

- Laws G. The use of nonword repetition as a test of phonological memory in children with Down syndrome. *J Child Psychol Psychiatry* 1998;39:1119-30.
- Logan, W.J. Functional magnetic resonance imaging in children *Seminars in Pediatric Neurology*. 1999, 6:78-86
- Logie RH. The seven ages of working memory. In: Richardson JTE, Engle RW, Hasher L, Logie RH, Stoltzfus ER, Zacks RT. *Working memory and human cognition*. New York: Oxford University Press; 1996.
- Lundy-Ekman L. *Neurociência: Fundamentos para a Reabilitação*. 2004.
- Majovski LV. Development of higher brain functions in children neural, cognitive and behavioural perspectives In: Reynolds CR, Fletcher-Janzen E. *Handbook of clinical child neuropsychology*. New York: Plenum; 1997. p.63-101.
- Milner B. Interhemispheric differences in the localisation of psychological processes in man. *Br Med Bull* 1971;27:272-7.
- Nelson CA, Monk CS, Lin J, Carver LJ, Thomas KM, Truwit CL. Functional neuroanatomy of spatial working memory in children. *Dev Psychol* 2000;36:109-116.
- Nakamura M, Watanabe K, Matsumoto A, Yamanaka T, Kumagai T, Miyazaki S, Matsushima M, Mita K. (2001) Williams syndrome and deficiency in visuospatial recognition. *Dev Med Child Neurol*.43(9):617-21.
- Norrelgen F, Lacerda F, Forssberg H. Speech discrimination and phonological working memory in children with ADHD. *Dev Med Child Neurol* 1999;41:335-9.
- Olesen, P.J.; Westerberg, H.; Klingberg, T. Increased prefrontal and parietal activity after training of working memory. *Nat Neurosci*. 2004, 7(1):75-9.
- Roodenrys S, Hulme C, Brown G. The development of short-term memory *span*: Separable effects of speech rate and long-term memory. *J Exp Child Psychol* 1993;56:431-42.
- Rosenquist C, Connors FA, Roskos-Ewoldsen B. Phonological and visuo-spatial working memory in individuals with intellectual disability. *Am J Ment Retard*. 2003,108(6): 403-13.
- Rovee-Collier CR. Dissociation in infant memory: rethinking the development of implicit and explicit memory. *Psychol Rev* 1997, 3:467-98.
- Santos, F.H. *Memória operacional de crianças normais e com lesões congênitas: desenvolvimento cognitivo e reorganização cerebral*. São Paulo. [Tese – Doutorado – Universidade Federal de São Paulo – Escola Paulista de Medicina] 2002.
- Santos FH, Nogueira RG; Bueno OFA. Working memory in children with Cerebral Palsy: Neuropsychological and neuroimaging approaches. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 2004.
- Santos, F.H.; Mello, C.B. Bueno, O.F.A. Dellatolas, G. Developmental norms and rural/urban differences for three visual memory tasks in Brazilian children. *Perceptual and Motor Skills*, submitted. 2004
- Santos, F.H.; Bueno, O.F.A. Validation of the Brazilian Children's Test of Pseudoword Repetition in Portuguese speakers aged 4-10 years. *Brazilian J. Med. Biol. Res.*2003, (36): 1533-1547.

Santos, F.H. Reabilitação Neuropsicológica Pediátrica. Em: Andrade VM, Santos FH & Bueno OFA (eds.) Neuropsicologia Hoje. São Paulo: Artes Médicas, 2004.

Shallice T, Warrington EK. Independent functioning of memory stores: A neuropsychological study. *Quarterly J Exp Psychol* 1970;22:261-73.

Squire LR. Short-term and long-term memory processes. In: Squire LR. *Memory and Brain*. 1987. p.134-50.

Thomas KM, King SW, Franzen PL, Welsh TF, Berkowits AL, Noll DC, Birmarher V, Casey BJ. A developmental fMRI study of spatial working memory *NeuroImage* 1999;10, 327-338

Thorndike RL, Hagen EP, Sattler JM. Technical manual for the fourth edition Stanford-Binet intelligence scale The riverside publishing company Chicago: Riverside; 1986.

Towse JN, Hitch G, Hutton U. A re-evaluation of working memory capacity. *Children. J Memo Lang* 1998;39:195-217.

Vargha-Khadem F, Gadian, DG, Watkins, KE, Connelly A, Van Paesschen W, Mishkin M. Differential effects of early hippocampal pathology on episodic and semantic memory. *Science* 1997;277:376-80.

Vicari, S., Bellucci, S., Carlesimo, G.A. Visual and spatial working memory dissociation: evidence from Williams syndrome. *Dev Med Child Neurol*. 2003, 45(4):269-73.

Vicari, S., Marotta, L., Carlesimo, G.A. Verbal short-term memory in Down's syndrome: An articulatory loop deficit? *J Intellect Disabil Res*. 2004,48(Pt 2):80-92.

Warrington EK, Shallice T. The selective impairment of auditory verbal short-term memory. *Brain* 1969;92:885-96.

Woolf CJ, Salter MW. Neuronal Plasticity: Increasing the Gain in Pain. *Science*, Vol 288, Issue 5472, 1765-1768, 9 June 2000

White DA, Nortz MJ, Mandernach T, Huntington K, Steiner RD. Age-related working memory impairments in children with prefrontal dysfunction associated with phenylketonuria. *J Int Neuropsychol Soc*. 2002 Jan;8(1):1-11

Baddeley AD, Wilson BA. A developmental deficit in short-term phonological memory: implications for language and reading. *Memory* 1993;1:65-78.

Kagan J. The human infant. In: Rogers AM, Scheirer CJ. The G. Stanley Hall lecture series. Washington DC: American Psychological Association; 1985.

Bernstein J.H. & Waber D.P. Pediatric Neuropsychological Assessment. In: Feinberg TE and Farah MJ *Behavioural Neurology and Neuropsychology*. McGraw-Hill. 1997.

Ben-Yishay, Y. and Diller, L. Cognitive remediation. In: M. Rosenthal, R.R. Griffith, M.R. Bond, & J.D. Douglas (Eds.) *Rehabilitation of the head-injured adult*. Philadelphia: F.A. Davis. p. 367-380

McCoy, K.D., Gelder, B.C., VanHorn, R.E. & Dean, R.S. Approaches to the cognitive rehabilitation of children with neuropsychological impairment. In: Feinberg, T.E. & Farah, M.J. *Behavioural Neurology and Neuropsychology*. McGraw-Hill. 1997.

Honkinen O, HS Mäki, Melamies N, Miller H, Kaipio M, vonWendt L (2003) Holistic pediatric rehabilitation program (HOPE) for brain injured children *Brain Injury* 17 (suppl 1) p.89.

Santos FH, Bueno OFA, Gathercole SE. Errors in nonword repetition: bridging short- and long-term memory. *Brazilian J. Med. Biol. Res.* 2005 (*in press*).