

Fisioter Bras 2021;22(1):25-36
doi: [10.33233/fb.v22i1.4387](https://doi.org/10.33233/fb.v22i1.4387)

ARTIGO ORIGINAL

Relação entre função motora e cognitiva na paralisia cerebral hemiplégica *Relationship between motor and cognitive function in hemiplegic cerebral palsy*

Cláudio Henrique Vieira Gusmão*, Esther Gonçalves Soares*, Larissa Stephanie Maria Moreira*, Bruno Fernandes Batista*, Deisiane Oliveira Souto, Ft., D.Sc.**

*Graduando curso de Fisioterapia, Faculdade de Santa Luzia – Grupo UNIESP, Santa Luzia/MG, Brasil, **Professora no departamento de Fisioterapia, Faculdade de Santa Luzia – Grupo UNIESP, Santa Luzia/MG, Brasil

Recebido em 25 de setembro de 2020; aceito em 17 de novembro de 2020.

Correspondência: Cláudio Henrique Vieira Gusmão, Avenida Beira Rio, 2000, Distrito Industrial Simão da Cunha, 33040-260 Santa Luzia MG

Cláudio Henrique Vieira Gusmão: claudiovgusmao@gmail.com

Esther Gonçalves Soares: esthergoncalvessoares@gmail.com

Larissa Stephanie Maria Moreira: larissalelis18@gmail.com

Bruno Fernandes Batista: brunofernandesbatista@gmail.com

Deisiane Oliveira Souto: deisiane.souto@gmail.com

Resumo

Introdução: Crianças com paralisia cerebral hemiplégica (PCH) exibem dificuldades funcionais na utilização do membro superior hemiparético, repercutindo negativamente no desempenho em realizar atividades de vida diária. Atualmente, os déficits motores nessa população são acompanhados por distúrbios sensoriais, dificuldades na aprendizagem, alterações de comportamento e comunicação e défices cognitivos gerais. **Objetivo:** Investigar a possível associação entre os déficits motores e cognitivos de crianças com PCH, verificando ainda a influência da lateralidade da hemiplegia. **Métodos:**

Participaram do estudo 30 crianças com PCH (idade média = 10,48 ± 2,46 anos). Os participantes foram submetidos aos seguintes testes: *Assisting Hand Assessment* (AHA), Matrizes Progressivas Coloridas de Raven, o Subteste cubos do *Wechsler Intelligence Scale for Children fourth Edition* - WISC IV e a fluência verbal semântica de animais. *Resultados*: Os grupos foram homogêneos em relação ao sexo e idade ($p > 0.05$). Os grupos não diferiram em relação ao nível de desempenho motor, memória de trabalho, inteligência e fluência verbal ($p > 0,05$). O desempenho motor correlacionou com todas as variáveis cognitivas. *Conclusão*: Em crianças com PCH o desempenho motor correlacionou fortemente com funções cognitivas. Além disso, a lateralidade da lesão cerebral não influenciou o desempenho em tarefas motoras e cognitivas.

Palavras-chave: paralisia cerebral, hemiplegia, desempenho motor, função cognitiva

Abstract

Introduction: Children with hemiplegic cerebral palsy (HCP) exhibit functional difficulties in using the hemiparetic upper limb, negatively impacting their performance in carrying out activities of daily living. Currently, motor deficits in this population are accompanied by sensory disorders, learning difficulties, changes in behavior and communication and general cognitive deficits. *Objective*: To investigate the possible association between motor and cognitive deficits in children with PCH, also verifying the influence of laterality in hemiplegia. *Methods*: Thirty children with PCH participated in the study (mean age = 10.48 ± 2.46 years). Participants were subjected to the following tests: *Assisting Hand Assessment* (AHA), *Raven's Colorful Progressive Matrices*, the *Wechsler Intelligence Scale for Children fourth Edition* - WISC IV Subtest and the semantic verbal fluency of animals. *Results*: The groups were homogeneous in relation to sex and age ($p > 0.05$). The groups did not differ in relation to the level of motor performance, working memory, intelligence and verbal fluency ($p > 0.05$). Motor performance correlated with all cognitive variables. *Conclusion*: In children with PCH, motor performance correlated strongly with cognitive functions. In addition, the laterality of the brain injury did not influence performance in motor and cognitive tasks.

Keywords: cerebral palsy, hemiplegia, motor performance, cognitive function

Introdução

A Paralisia Cerebral (PC) é uma das causas mais comuns de incapacidade motora em crianças [1], é ocasionada por uma lesão não progressiva que acomete o encéfalo em fase de maturação estrutural, de caráter não progressivo, que interfere no desenvolvimento motor normal da criança [2].

Dentre os principais comprometimentos observados na PC, destacam-se as alterações do movimento da postura, do equilíbrio, da coordenação, dentre outros [3]. Na observação clínica da PC deve-se levar em consideração a extensão e localização da lesão neurológica, sua gravidade e a caracterização semiológica dos distúrbios motores [4]. Por se tratar de um grupo heterogêneo, algumas classificações são utilizadas para descrever de maneira mais precisa o quadro clínico dos pacientes acometidos.

Na paralisia cerebral hemiplégica (PCH) apenas um dos hemisférios cerebrais é lesado, levando ao comprometimento das extremidades inferior e superior contralateral a lesão [5]. As crianças com PCH apresentam um atraso na aquisição dos marcos motores e um déficit na organização dos movimentos corporais [6]. Exibem ainda dificuldades funcionais na utilização do membro superior hemiparético, impactando negativamente seu desempenho na realização de atividades de vida diária [7].

Cockburn *et al.* [8] descreveram que o membro parético é menos utilizado durante a realização de tarefas diárias, levando a um desuso aprendido. A não utilização do membro pode acarretar um enfraquecimento da conectividade sináptica dos neurônios eventualmente preservados em torno da lesão, o que contribui para o agravamento das dificuldades no uso do membro [8].

A definição mais moderna de PCH ultrapassa as desordens motoras. Frequentemente os déficits motores são acompanhados por distúrbios sensoriais, dificuldades na aprendizagem, alterações de comportamento e comunicação e défices cognitivos gerais [6]. Tem sido proposto que as limitações motoras podem ocasionar alterações em funções cognitivas [9]. Dificuldades na comunicação, bem como, na construção do espaço e suas relações, podem estar relacionadas à deficiência motora. Dessa forma, não se pode descartar a hipótese de que o nível intelectual das crianças possa ser afetado pelas disfunções motoras [10].

Estudo anterior sugere que o domínio das próprias habilidades está fortemente relacionado com o desempenho em tarefas diárias [10]. Foi verificado em estudos anteriores que tanto o quadro motor quanto as dificuldades de aprendizagem foram preditores de bom desempenho nas atividades de vida diária [11]. Foi relatado que lesões cerebrais em crianças influenciam o desenvolvimento da emoção e na aquisição de competências avançadas [12]. Existe evidencia correlacionando a habilidade de andar de crianças com PC e o quociente de inteligência [13]. Além disso, crianças com PC apresentam desenvolvimento mais lento em diferentes tipos de tarefas, sugerindo um comprometimento geral na eficiência do processamento de informação [14]. Souto *et al.* [15] encontraram correlações significativas entre desempenho funcional dos membros superiores e memória de trabalho em crianças com PCH. Estes dados apontam para uma relação entre a capacidade cognitiva e a independência funcional de indivíduos com PC.

Em uma revisão de literatura realizada em 2010 por Vilibor e Vaz [16], os autores encontraram apenas quatro estudos que investigaram a correlação entre as funções motoras e cognitivas em crianças com PC. Além disso, os estudos revisados abordaram as crianças com PC diplégica ou quadriplégica. Sabe-se que nesses tipos de PC as lesões são bilaterais, apresentando, portanto, maior chance de acometimento de estruturas neurais ligadas às funções cognitivas. Até o momento, poucos estudos têm investigado a relação entre os déficits motores e as funções cognitivas de crianças com PCH, bem como o impacto dessas variáveis sobre a capacidade funcional das crianças. Diante do exposto, o presente estudo objetivou investigar a possível associação entre os déficits motores e cognitivos de crianças com PCH, verificando ainda a influência da lateralidade da hemiplegia.

Material e métodos

Design e participantes

Trata-se de um estudo transversal, descritivo e analítico, de caráter quantitativo. Um total de 30 participantes (idade média = 10,48 ± 2,46 anos) com diagnóstico de PCH foram incluídos no estudo, recrutados a partir de dois

centros de reabilitação localizados no Sudeste do Brasil (Belo Horizonte e Região Metropolitana, Minas Gerais). Os participantes foram alocados em dois grupos: paralisia cerebral hemiplégica à direita (PCHD) composto por 14 voluntários (idade média = $11,09 \pm 2,94$ anos) e paralisia cerebral hemiplégica à esquerda (PCHE) com 16 voluntários (idade média = $10,80 \pm 2,49$ anos). Todos os participantes concordaram em participar do estudo mediante assinatura de termo de assentimento. Os pais ou responsáveis assinaram o Termo de Consentimento Livre Esclarecido. Os procedimentos da pesquisa foram previamente aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa local (parecer:1.020.681).

Instrumentos de medida

Desempenho Motor: O *Assisting Hand Assessment (AHA)* foi utilizado para mensuração da funcionalidade do membro superior das crianças com PCH. Trata-se de um instrumento que descreve a eficácia com que uma criança com deficiência unilateral faz uso de sua mão afetada durante atividades bi-manuais [17]. O AHA é administrado em duas etapas. Primeiramente, uma sessão de jogo é gravada conduzida com brinquedos específicos do kit do teste AHA que requer a manipulação bi-manual (duração de 10 a 15 minutos) [17]. Posteriormente, a pontuação é dada através de uma análise do vídeo baseado em 22 itens predefinidos utilizando uma escala de classificação que varia de 1 a 4 pontos. A soma do escore bruto varia entre 22 (baixa capacidade) a 88 (alta capacidade) pontos [17].

Inteligência: A avaliação da inteligência foi realizada utilizando o teste das Matrizes Progressivas Coloridas de Raven [18] para as crianças de 7 a 11,9 anos. Para os adolescentes de 12 a 14 anos foi aplicado o Subteste cubos do *Wechsler Intelligence Scale for Children fourth Edition - WISC IV* [19]. Após a aplicação e definição da pontuação os valores foram transformados em escore z.

Memória de trabalho: Para avaliação da capacidade de memória de trabalho foi utilizado o teste Cubos de Corsi [20]. Esse teste envolve a manipulação da informação visuo-espacial abstrato na recordação imediata e no reconhecimento. O teste consiste em um tabuleiro com nove cubos numerados de 1 a 9 e distribuídos aleatoriamente. Para aplicação do teste, o comprimento

das séries varia de 2 até 9 e para cada nível de alcance são fornecidas duas séries. O examinador toca com o dedo indicador da mão direita o topo de cada bloco e imediatamente após a apresentação da série os participantes são instruídos a tocar os blocos indicados [21]. O nível máximo para o qual o indivíduo reproduziu corretamente uma das duas séries é um indicador da sua capacidade atencional.

Fluência verbal semântica: Para avaliar a fluência verbal foi utilizada a categoria animais do teste de fluência verbal [22]. Durante a aplicação do teste, a criança foi orientada a falar, o mais rápido possível, durante 60 segundos, o maior número de exemplos de animais. Todas as palavras foram registradas, inclusive as palavras incorretas e repetidas. Porém, para as análises do presente estudo, foram consideradas apenas as palavras corretas e sem repetições. As crianças que apresentaram variação de 3 desvios-padrão acima ou abaixo na média da tarefa foram excluídas das análises.

Análise estatística

Os dados foram analisados usando o software *Statistical Package for the Social Science* (SPSS), versão 20.0, adotando como significativo um alfa menor do que 5% (valor de $p < 0,05$). A homogeneidade dos grupos em relação ao sexo foi analisada pelo teste Qui-quadrado. A comparação das médias obtidas pelos grupos nos testes de desempenho funcional, inteligência, memória de trabalho e fluência verbal foi realizada pelo teste T de amostras independentes. Por fim, para verificar possíveis correlações entre desempenho funcional e as variáveis cognitivas foi utilizada a correlação de Pearson. Para interpretação dos resultados da análise de correlação, foram considerados os seguintes valores: r entre 0,5 a 1 correlação forte, 0,30 e 0,49 moderada e 0,10 e 0,29 é fraca (Jacob, 1998).

Resultados

Os grupos foram homogêneos em relação ao sexo ($\chi^2 = 1,60$; $p = 0,205$) e idade ($t = 0,356$, $p < 0,727$). Além disso, os grupos não diferiram em relação

ao nível de desempenho motor ($t = 0,356$, $p < 0,727$), memória de trabalho ($t = 0,356$, $p < 0,727$), inteligência ($t = 0,356$, $p < 0,727$) e fluência verbal ($t = 0,356$, $p < 0,727$). A média de pontuação obtida pelos grupos em todas as variáveis avaliadas é apresentada na tabela I.

Tabela I - Pontuação média dos participantes para as variáveis motoras e cognitivas

| | Desempenho motor | Memória de trabalho | Inteligência | Fluência verbal |
|-------------|------------------|---------------------|--------------|-----------------|
| PCHD (n=14) | 65,65 (3,51) | 3,18 (0,26) | 0,21 (0,10) | 12,18 (0,58) |
| PCHE (n=16) | 58,45 (4,14) | 3,01 (0,22) | 0,68 (0,94) | 11,01 (0,58) |

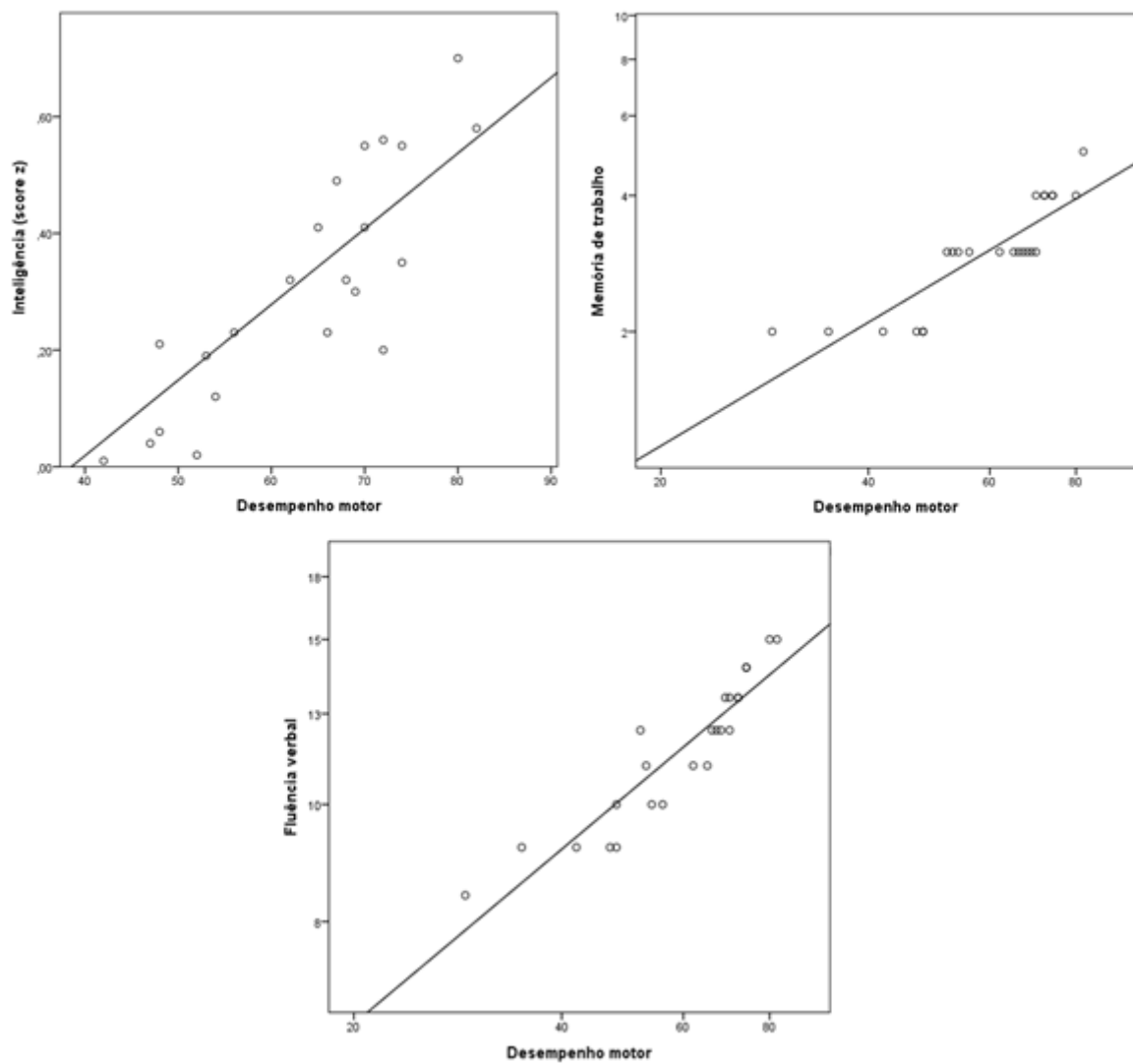


Figura 1 - Correlação entre desempenho motor e as variáveis inteligência, memória de trabalho e fluência verbal

Para as análises de correlação todos os indivíduos foram agrupados em um único grupo. A correlação de Pearson mostrou que o desempenho motor correlacionou com todas as variáveis cognitivas. Encontramos uma correlação forte entre desempenho motor e inteligência ($r = 0,879$, $p < 0,001$), desempenho motor e memória de trabalho ($r = 0,886$, $p < 0,001$) e desempenho motor com a fluência verbal ($r = 0,934$, $p < 0,001$). A figura 1 mostra as correlações expressas através dos gráficos de dispersão.

Discussão

O presente estudo foi desenhado para investigar a associação entre desempenho motor e cognitivo de crianças com PCH. Os resultados das nossas análises revelaram dois achados principais. Primeiro, em uma amostra de crianças com PCH, o desempenho motor correlacionou fortemente com a inteligência, memória de trabalho e fluência verbal. Segundo, não encontramos diferenças significativas entre o desempenho motor e cognitivo de crianças com PCH à direita quando comparado a PCH à esquerda. Esses resultados serão discutidos a seguir.

Nossos resultados evidenciaram correlação entre desempenho motor dos membros superiores e inteligência em crianças com PCH. Estudos anteriores corroboram nossos achados ao evidenciar correlações significativas entre alterações motoras e alterações de quociente de inteligência linguagem e funções executivas de crianças com PC [16]. Desde 1952, Piaget sugeriu que as habilidades motoras e cognitivas estavam intimamente relacionadas, apoiando nossos achados. O estudo de Dalvand *et al.* [23] analisou a relação entre a função motora grossa e a função intelectual de crianças com PC. Esses autores observaram que as crianças que apresentaram níveis mais baixos no GMFCS, ou seja, melhor função motora também obteve classificação mais alta nos testes de inteligência. Van der Fels *et al.* [24] sugeriram que as habilidades motoras finas mostraram correlações fortes com as habilidades cognitivas, enquanto a função motora grossa mostrou correlação fraca com habilidades cognitivas. Esses achados podem ser explicados pelo fato das habilidades motoras finas demandarem um maior nível de destreza, atenção e concentração.

Nossos resultados apontaram correlação forte entre desempenho motor e fluência verbal semântica em crianças com PCH. Esses resultados são suportados por pesquisas anteriores. Em uma amostra de 152 crianças com PC, Sigurdardottir & Vik [25] constataram que alterações não verbais e disartria foram associadas a maior comprometimento motor. Nossos resultados não mostraram diferenças no desempenho em fluência verbal das crianças com PCH à direita quando comparada as crianças com PCH à esquerda. Em contrapartida, Carlsson *et al.* [26] verificaram que os hemiplégicos à direita foram mais prejudicados na função verbal em relação ao grupo de hemiplégico esquerdo. Essa diferença de desempenho pode ser explicada pelo fenômeno de especialização hemisférica. Funções ligadas à fala são prioritariamente controladas pelo hemisfério esquerdo, o que explica pior desempenho das crianças com hemiplegia à direita.

Nossos resultados apontam para uma relação significativa entre desempenho motor e memória de trabalho. Embora sejam escassos os estudos que avaliam essa relação em crianças com PCH, em crianças com desenvolvimento típico essa relação é fortemente estabelecida. É consenso na literatura a importância da memória para o processo de aprendizagem motora [27]. Durante a realização de tarefas motoras, o indivíduo tende a resgatar informações da memória de trabalho sobre como realizar a atividade. Assim, a atividade realizada é desempenhada conforme desejado. Anguera *et al.* [27] mostraram que a maior capacidade de memória de trabalho está associada a uma maior tendência a usar processos explícitos durante o desempenho motor. Nossos resultados apoiam os resultados de estudos em populações saudáveis ao evidenciar a existência de uma relação entre desempenho motor e memória de trabalho.

Nossos resultados não evidenciaram diferenças significativas quando comparamos os indivíduos com PCH esquerda e direita, sobre o desempenho motor, memória de trabalho, inteligência e fluência verbal, sugerindo que a lateralidade da lesão não interfere nessas variáveis. Em indivíduos saudáveis, existem evidências de especialização hemisférica para determinadas funções. No entanto, acreditamos que a lesão cerebral precoce pode interromper o desenvolvimento típico do cérebro. Conforme Staudt [28], crianças com lesão cerebral precoce nem sempre apresentam um padrão típico de reorganização

contralateral. Assim, determinados padrões de projeção cortical também podem se reorganizar ipsilateralmente ou até mesmo de forma mista [27]. Para a função motora, por exemplo, a lesão cerebral pode enfraquecer a projeção contralateral e fortalecer o trato corticoespinal ipsilateral [29]. No entanto, só podemos especular correlações estrutura-função porque não temos dados de neuroimagem, o que constitui uma limitação de nosso estudo.

Conclusão

Em conclusão, descobrimos que em crianças com lesão cerebral precoce decorrente da PCH o desempenho motor dos membros superiores está associado com funções cognitivas tais como, inteligência, memória de trabalho e fluência verbal. Além disso, constatamos ainda que a lateralidade da lesão cerebral não influenciou o desempenho em tarefas motoras e cognitivas. Estes resultados têm implicações clínicas importantes para a reabilitação. Os programas de reabilitação atuais se concentram em tratar apenas os déficits motores. Programas de intervenção destinados a essa população devem levar em consideração a complexa interação entre as habilidades motoras e cognitivas. Dessa forma, previamente ao programa de tratamento, uma avaliação minuciosa das habilidades motoras e cognitivas deve ser realizada. É importante destacar ainda que o estudo atual foi desenvolvido com um tamanho amostral limitado. Estudos futuros com amostras maiores ainda são necessários.

Referências

1. Korzeniewski SJ, Slaughter J, Lenski M, Haak P, Paneth N. The complex aetiology of cerebral palsy. *Nature Reviews Neurology* 2018;14(9):528-43. <https://doi.org/10.1038/s41582-018-0043-6>
2. Rosenbaum P, Paneth N, Leviton A, Goldstein M, Bax M, Damiano D, et al. A report: the definition and classification of cerebral palsy April 2006. *Dev Med Child Neurol Suppl* 2007;109(suppl 109):8-14. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8749.2007.tb12610.x>
3. Mancini MC, Fiúza PM, Rebelo JM, Magalhães LC, Coelho ZA, Paixão ML et al. Comparação do desempenho de atividades funcionais em crianças com desenvolvimento normal e crianças com paralisia cerebral. *Arq Neuropsiquiatr* 2002;60(2-B):446-52. <https://doi.org/10.1590/S0004-282X2002000300020>

4. Rothstein JR, Beltrame TS. Características motoras e biopsicossociais de crianças com paralisia cerebral. *Rev Bras Ciênc Mov* 2013;21(3):118-26.
<https://doi.org/10.18511/0103-1716/rbcm.v21n3p118-126>
5. Morris C. Definition and classification of cerebral palsy: A historical perspective. *Dev Med Child Neurol Suppl* 2007;49:3-7. <https://doi:10.1111/dmnc.2007.49.issue-s109>
6. Bax M, Goldstein M, Rosenbaum P, Leviton A, Paneth N, Dan B, et al. Proposed definition and classification of cerebral palsy, April 2005. *Dev Med Child Neurol* 2005;47:571–6. <https://doi.org/10.1017/S001216220500112X>
7. Souto DO, Cruz TKF, Coutinho K, Julio-Costa A, Fontes PLB, Haase VG. Effect of motor imagery combined with physical practice on upper limb rehabilitation in children with hemiplegic cerebral palsy. *Neuro Rehabil* 2020;53-63. <https://doi.org/10.3233/NRE-192931>
8. Cockburn J, Haggard P, Cock J, Fordham C. Changing patterns of cognitive motor interference (CMI) over time during recovery from stroke. *Clin Rehabil* 2003;17(2):167-73. <https://doi.org/10.1191/0269215503cr597oa>
9. Piek JP, Dawson L, Smith LM, Gasson N. The role of early fine and gross motor development on later motor and cognitive ability. *Hum Mov Sci* 2008;27(5):668-81. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2007.11.002>
10. Vuijk PJ, Hartman E, Scherder E, Visscher C. Motor performance of children with mild intellectual disability and borderline intellectual functioning. *J Intellect Disabil Res* 2010;54(11):955-65. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2788.2010.01318.x>
11. Ostensjo S, Carlberg EB, Vollestad NK. Motor impairments in young children with cerebral palsy: relationship to gross motor function and everyday activities. *Dev Med Child Neurol* 2004;46:580-9. <https://doi.org/10.1017/S0012162204000994>
12. Snodgrass C, Knott F. Theory of mind in children with traumatic brain injury. *Brain Injury* 2006;20(8):825-33. <https://doi.org/10.1080/02699050600832585>
13. Beckung E, Hagberg G, Uldall P, Cans C. Probability of walking in children with cerebral palsy in Europe. *Pediatrics* 2008;121(1):e187-92. <https://doi.org/10.1542/peds.2007-0068>
14. Tabaquim MDLM, Lima MPD, Ciasca SM. Avaliação neuropsicológica de sujeitos com lesão cerebral: uma revisão bibliográfica. *Revista Psicopedagogia* 2013;30(92):149-56. <https://doi.org/10.1080/02699050600832585>
15. Souto DO, Cruz TKF, Fontes PL, Haase VG. Motor imagery in children with unilateral cerebral palsy: a case–control study. *Dev Med Child Neurol* 2020;62:1396-1405. <https://doi.org/10.1111/dmnc.14672>
16. Vilibor RHH, Vaz RH. Correlação entre a função motora e cognitiva de pacientes com paralisia cerebral. *Rev Neurociênc* 2010;18(3):380-5. <https://doi.org/10.34024/rnc.2010.v18.8462>

17. Krumlinde-Sundholm L, Holmefur M, Kottorp A, Eliasson A. The assisting hand assessment: current evidence of validity, reliability, and responsiveness to change. *Dev Med Child Neurol* 2007;49:259-64. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8749.2007.00259.x>
18. Angelini AL, Alves ICB, Custódio EM, Duarte WF, Duarte JLM. Manual: matrizes coloridas de Raven: Escala especial. São Paulo: Centro Editor de Testes e Pesquisas em Psicologia; 1999.
19. Figueiredo VD. WISC-III: Escala de Inteligência Wechsler para Crianças. Manual Adaptação e Padronização Brasileira; 2002.
20. Santos FH. Desenvolvimento da memória operacional. In: Mello CB, Miranda MC, Muszkat M, eds. *Neuropsicologia do desenvolvimento: conceitos e abordagens*. Memnon: São Paulo; 2005. p.77-92.
21. Dias NM, Maioli MCP, Santos CC, Mecca TP. Funções executivas e modelos explicativos de padrões comportamentais em pré-escolares. *Neuropsicologia Latinoamericana* 2018;10(1). <https://doi.org/10.5579/rnl.2016.0377>
22. Strauss SS. *A compendium of neuropsychological tests: administration, norms, and commentary*. 3 ed. New York: Oxford University Press; 2006.
23. Dalvand H, Dehghan L, Hadian MR, Feizy A, Hosseini AS. Relationship between gross motor and intellectual function in children with cerebral palsy: a cross-sectional study. *Arch Phys Med Rehabil* 2012;93(3):480-4. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2011.10.019>
24. van der Fels IM, Wierike SC, Hartman E, Elferink-Gemser MT, Smith J, Visscher C. The relationship between motor skills and cognitive skills in 4-16 years old typically developing children: A systematic review. *J Sci Med Sport* 2015;18(6):697-703. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2014.09.007>
25. Sigurdardottir S, Vik T. Speech, expressive language, and verbal cognition of preschool children with cerebral palsy in Iceland. *Dev Med Child Neurol* 2011;53(1):74-80. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8749.2010.03790.x>
26. Carlsson G, Uvebrant P, Hugdahl K, Arvidsson J, Wiklund LM, von Wendt L. Verbal and non-verbal function of children with right- versus left-hemiplegic cerebral palsy of pre- and perinatal origin. *Dev Med Child Neurol* 1994;36(6):503-12. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8749.1994.tb11880.x>
27. Anguera JA, Reuter-Lorenz PA, Willingham DT, Seidler RD. Contributions of spatial working memory to visuomotor learning. *J Cogn Neurosci* 2010;22(9):1917-30. <https://doi.org/10.1162/jocn.2009.21351>
28. Staudt M. Reorganization after pre- and perinatal brain lesions. *J Anat* 2010;217:469-70. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7580.2010.01262.x>
29. Eyre JA, Smith M, Dabydeen L, Clowry GJ, Petacchi E, Battini R et al. Is hemiplegic cerebral palsy equivalent to amblyopia of the corticospinal system? *Ann Neurol* 2007;62:493-503. <https://doi.org/10.1002/ana.21108>