

Artigo de Revisão

Importância da variabilidade na aquisição de habilidades motoras

Importance of variability in the acquisition of motor's abilities

Denise Campos¹, Denise Castilho Cabrera Santos², Vanda Maria Gimenes Gonçalves³

RESUMO

Este estudo, realizado a partir de revisão da literatura, teve como objetivo descrever as teorias que embasam o desenvolvimento motor normal e mostrar a importância da variabilidade motora. Pesquisadores de diferentes abordagens teóricas concordam que a variabilidade é um aspecto fundamental do desenvolvimento motor. No entanto, eles divergem quanto à explicação da origem da variabilidade. Pesquisadores da Teoria Neuromaturacional afirmam que a variabilidade se origina ao nascimento e espelha o desenvolvimento do sistema nervoso normal. Em contrapartida, estudiosos da Teoria de Sistemas Dinâmicos relacionam a variabilidade motora às influências ambientais. A partir da combinação entre a perspectiva Neuromaturacional e de Sistemas Dinâmicos, admite-se que o desenvolvimento motor normal é caracterizado por duas fases de variabilidade. A variabilidade primária é determinada por informações genéticas e a variabilidade secundária é gerada para adaptar a *performance* motora a situações específicas. Sendo assim, inicialmente os movimentos são altamente variáveis e a seguir os padrões de movimento com maior valor adaptativo são selecionados. Nesse sentido, a variabilidade tem sido relacionada com diferentes resultados, dependendo do estágio de desenvolvimento motor. Nos primeiros meses de vida, a baixa variabilidade de movimentos pode apontar para déficits motores, enquanto que em fase mais tardia representaria um comportamento estabilizado.

Unitermos: *Desenvolvimento Infantil, Atividade Motora, Diversidade Genética, Meio Ambiente.*

Citação: Campos D, Santos DCC, Gonçalves VMG. Importância da variabilidade na aquisição de habilidades motoras. *Rev Neurociencias* 2005; 13(3): 152-157.

SUMMARY

This study, accomplished from revision of the literature, was aimed at describing the theories that base the normal motor development and to show the importance of motor variability. Researchers from different theoretical approaches agree that the variability is a fundamental aspect of motor development. However, they diverge as for the explanation of variability origin. Researchers of Maturational Theory affirm that variability originates at birth and reflects the development of normal nervous system. On the other hand, the Dynamic Systems Theory relates the motor variability to environmental influences. Starting from the combination between the Maturational and of Dynamic Systems perspective is admitted that the normal motor development is characterized by two variability phases. The primary variability is determined for genetic information and the secondary variability is generated to adapt the motor performance to specific situations. Being like this, initially the movements are highly variable and to follow the movement patterns with larger adaptative value are selected. In that sense, the variability has been related with different results, depending on the stages of motor development. In the first months of life, the low movements' variability can point to motor disabilities, while in later phase it would represent a stabilized behavior.

Keywords: *Child Development, Motor Activity, Genetics Variation, Environment.*

Citation: Campos D, Santos DCC, Gonçalves VMG. Importance of variability in the acquisition of motor's abilities. *Rev Neurociencias* 2005; 13(3): 152-157.

Trabalho realizado: Universidade Metodista de Piracicaba (UNIMEP).

1 - *Mestre em Fisioterapia, Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia FACIS/UNIMEP, Fisioterapeuta.*

2 - *Profa. Dra. do Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia FACIS/UNIMEP, Fisioterapeuta.*

3 - *Livre Docente do Departamento de Neurologia e Centro de Investigação em Pediatria, FCM/UNICAMP, Neurologista Infantil.*

Endereço para Correspondência: Denise Castilho Cabrera Santos
Universidade Metodista de Piracicaba (UNIMEP)
Rodovia do Açúcar Km 156, Bloco 07 Sala 46
CEP 13400-911, Piracicaba/SP.
Tel. (19) 3124-1558 / Fax (19) 3124-1503
Email: dcsantose@unimep.br

Trabalho recebido em 12/07/05. Aprovado em 15/09/05

INTRODUÇÃO

O primeiro ano de vida da criança é caracterizado por grandes mudanças. O termo desenvolvimento, quando aplicado à evolução da criança, significa constante observação no crescimento das estruturas somáticas e aumento das possibilidades individuais de agir sobre o ambiente¹.

Os primeiros estudos sobre desenvolvimento motor surgiram no século 20, e os pioneiros foram Shirley, McGraw e Gesell. Esses pesquisadores acreditavam que as mudanças nas habilidades motoras resultavam da maturação do sistema nervoso central (SNC), mais especificamente de um controle do córtex cerebral².

Esta visão de habilidades motoras dependentes da maturação do SNC foi denominada Teoria Neuromaturacional, na qual as transformações motoras ocorrem em razão das propriedades intrínsecas do organismo, ou seja, sem interferência das influências ambientais³.

Recentemente, as novas perspectivas teóricas no vasto campo da ciência da motricidade, aumentaram nossos conhecimentos sobre o desempenho motor. Admite-se que as etapas de desenvolvimento motor têm uma base genética, mas as potencialidades inatas só se desenvolvem na medida em que o recém-nascido encontra um ambiente favorável⁴.

O desenvolvimento neural é fundamental para que a criança adquira habilidades⁵, porém outros fatores como a prática e a oportunidade para interagir com o ambiente também parecem exercer influência decisiva sobre o desenvolvimento motor.

Frente a esses achados, o foco das avaliações que tradicionalmente priorizava o comportamento reflexo, atualmente está voltado para a observação do desempenho funcional do lactente, enfatizando sua movimentação espontânea no ambiente^{6,7}.

Acredita-se que a habilidade do lactente para ajustar e variar as atividades motoras representa um marco para o desenvolvimento motor normal⁸. Ao passo que a estereotipia ou diminuição da variabilidade dos movimentos muitas vezes aponta para alterações no desenvolvimento⁹.

Pretende-se com este artigo discutir a importância da variabilidade motora à luz das principais teorias que embasam o desenvolvimento motor normal.

Teoria Neuromaturacional

A Teoria Neuromaturacional pressupõe que o ritmo e a seqüência de desenvolvimento motor são invariáveis e dependentes da maturação neural⁹. Nesse sentido, frente à avaliação do desenvolvimento motor, é esperado que um lactente classificado no percentil 75, na avaliação de quatro meses, permaneça nessa faixa de percentil nas avaliações seguintes, refletindo assim uma constância na taxa de aquisição motora¹⁰.

A Teoria Neuromaturacional aplica os conceitos de controle motor da Teoria Reflexo-Hierárquica para explicar a evolução do comportamento motor da criança¹¹. O modelo reflexo-hierárquico pressupõe que o SNC é organizado numa hierarquia vertical, na qual um centro superior comanda, planeja e delega o programa motor para os centros subordinados o executarem. Seguindo essa linha de

pensamento, a Teoria Neuromaturacional oferece interpretações sobre as mudanças no comportamento motor ao longo da vida, baseando-se na maturação dos centros cerebrais superiores¹².

A idéia que os padrões motores emergem numa ordem genética resultou na distinção de regras para a evolução motora, sendo a seqüência de desenvolvimento descrita como céfalo-caudal e próximo-distal¹³.

Considerando essa progressão, estima-se que inicialmente, por volta do 3º mês, apareça o controle de cabeça, a seguir a habilidade para sentar sem apoio no 8º mês e a marcha por volta do 12º mês¹⁴. A partir dessa concepção, os movimentos de chute, normalmente vistos nos lactentes durante os primeiros meses de vida, são considerados expressão de padrões de movimentos simples e não intencionais, controlados pelos centros medulares¹⁵.

Acredita-se que as atividades precoces criam as condições necessárias para as atividades consecutivas, ou seja, constituem um requisito indispensável para os atos subseqüentes. Sendo assim, qualquer variação no tempo ou na ordem de surgimento dos padrões motores está associada com desenvolvimento motor anormal. Illingworth (1966) *apud* Touwen⁹ sugere que a variabilidade na seqüência ou no ritmo de desenvolvimento indica pior prognóstico.

De maneira geral, a Teoria Neuromaturacional contribuiu muito para a compreensão e descrição do desenvolvimento normal e patológico. No entanto, as explicações das mudanças comportamentais baseadas na dependência da maturação neural não foram suficientes para definir a complexidade do desenvolvimento motor¹⁶.

Teoria de Sistemas Dinâmicos

A Teoria de Sistemas Dinâmicos contrasta com essa visão tradicional e propõe novos fundamentos sobre como o lactente aprende a se mover e manipular objetos. Enquanto a Teoria Neuromaturacional afirma que os reflexos primitivos precisam ser inibidos para que os movimentos voluntários se estabeleçam, a abordagem de Sistemas Dinâmicos considera esse comportamento como pré-funcional, o qual se aperfeiçoaria em direção à ação motora adequada à tarefa e ao contexto¹⁷.

Existe inter-relação entre maturação neurológica e experiências ambientais, sendo que uma favorece o desenvolvimento da outra¹⁸. Como resultado da experiência, profundas mudanças maturacionais podem ocorrer no tecido neural. Paralelamente, as mudanças maturacionais podem por sua vez, alterar a prontidão do organismo para assimilar os estímulos ambientais.

Particularmente no primeiro ano de vida observa-se uma seqüência progressiva, no que se refere à aquisição das habilidades motoras. O lactente vai aumentando seu repertório motor e os movimentos tornam-se mais eficientes, adequando-se às intenções da criança. No entanto, embora a capacidade para executar determinados movimentos surja à medida que ocorre a maturação neural, não significa obrigatoriamente que, apenas porque um certo ato motor precede outro, aquele deva sempre ser anterior a este ou que a sua instalação em época mais precoce facilite a aquisição do outro ato motor. O engatinhar, por exemplo,

não é uma condição indispensável para a aquisição da marcha, pois se trata de um ato biomecânico muito diferente, no que se refere à função muscular, mais especificamente aos ajustes posturais¹⁹.

Lactentes com dois meses de idade alcançaram os brinquedos inicialmente usando os pés e após um mês ou mais realizaram o alcance com as mãos²⁰. A maior estabilidade da articulação do quadril proporciona menor grau de liberdade da perna²¹ e, portanto diminui a quantidade de movimento que precisa ser controlado ativamente. Esses resultados sugerem que o aparecimento dos comportamentos motores não necessariamente segue um padrão céfalo-caudal.

Bernstein (1967) *apud* Shumway-Cook e Woollacott²² reconheceu que não era possível compreender o controle motor sem compreender as características de um sistema em movimento e que forças externas e internas estão agindo sobre o corpo. O corpo foi considerado como um sistema mecânico, com massa corporal, sujeito a forças externas, como a gravidade e forças internas tal como a inércia. Portanto, esta perspectiva considera que não apenas o sistema nervoso atua no controle motor, mas também os músculos, o sistema esquelético, a força da gravidade e inércia.

Acredita-se que os padrões motores dos lactentes resultam da interação dinâmica entre vários fatores que facilitam ou dificultam os movimentos. Esses fatores podem ser internos como, o estado cognitivo, a habilidade de percepção, o peso do corpo, a força muscular, a biomecânica; e externos tais como as condições ambientais e a tarefa²³.

Alguns estudos mostram os efeitos de fatores externos no comportamento motor. Lactentes posicionados em prona, aumentaram a frequência e o tempo de permanência do comportamento mão-boca, em relação à postura supina²⁴. Lactentes de seis meses de vida produziram um padrão mais adequado de alcance, quando o controle postural foi facilitado por cadeira com apoio na região pélvica e suporte nas pernas²⁵.

Portanto, na Abordagem de Sistemas Dinâmicos não existem níveis superiores e inferiores, mas uma interação entre percepção, cognição e ação. Desta forma, o SNC é visto como um dos sistemas que interage para produzir o movimento²⁶.

Os atos de percepção e ação estão intimamente ligados e não há separação no desenvolvimento motor². Admite-se que os impulsos sensoriais e perceptivos contribuem para a aprendizagem de habilidades motoras. Sendo assim, o lactente refina o padrão de agarrar baseando-se nas informações táteis, sinestésicas e visuais de como os objetos são manuseados e transferidos de uma mão para outra²⁷.

As informações visuais, vestibulares e proprioceptivas permitem ao lactente orientar a cabeça e o corpo para o equilíbrio e a marcha²². Cabe destacar, entretanto, que não somente a percepção conduz a ação, mas também o movimento origina a percepção de mundo ao lactente.

Adicionalmente a Teoria de Sistemas Dinâmicos preconiza que a emergência de comportamentos motores se dá a partir de processos de auto-organização. Um exemplo que retrata o processo de auto-organização está asso-

ciado ao engatinhar. Trata-se de um comportamento coerente que o lactente utiliza para se mover quando ele tem força e coordenação suficiente para assumir a posição de quatro apoios, mas ainda não tem condições para manter a posição ortostática. Sendo assim, o engatinhar prevalece durante muitos meses, no entanto, quando o lactente aprende a andar, ocorre a substituição do primeiro comportamento (engatinhar) pelo segundo (andar), uma solução mais eficiente²⁸.

Admite-se, portanto que, o organismo evolui de um estado menos organizado para um mais organizado, cujos sub-sistemas tais como muscular, esquelético, nervoso e circulatório se reúnem em cooperação para que novos comportamentos possam se manifestar¹⁶.

Estes sub-sistemas estão em constante flutuação, mudando ao longo do tempo²⁹. Como resultado desta instabilidade, os padrões de comportamento emergem quando um ou mais sub-sistemas atingem "pontos críticos", fazendo com que o sistema entre em um novo estado de organização.

Considerando que os sub-sistemas podem se desenvolver em períodos distintos, a evolução do organismo é vista como uma série de estados de estabilidade e instabilidade. Nesse sentido, os lactentes em desenvolvimento não apresentam surgimento estável das habilidades motoras, havendo períodos em que poucas habilidades são adquiridas e outros marcados por grande quantidade de aquisições acontecendo simultaneamente³⁰.

Durante os períodos de estabilidade, os lactentes não aprendem muitas habilidades novas, portanto, a classificação na faixa de percentil diminui¹⁰. Para os autores essa diminuição na faixa de percentil não significa que as habilidades motoras foram perdidas, mas que a taxa de aquisição de novas habilidades não ocorreu de maneira uniforme. Sendo assim, embora o desenvolvimento seja comum a todas as crianças, a idade para o surgimento de novas habilidades varia, visto que a evolução é determinada por fatores genéticos e ambientais³¹.

Acredita-se que a utilização de brinquedos inapropriados para a faixa etária e a baixa condição sócio-econômica da família podem exercer influências negativas sobre o desenvolvimento de crianças biologicamente saudáveis³².

Além disso, alguns estudos, que comparam lactentes de diferentes grupos culturais, têm demonstrado que o padrão de desenvolvimento motor não é universal^{33, 34}. Foi observada diferença significativa entre os lactentes brasileiros e norte-americanos nas avaliações de 3^o, 4^o e 5^o meses. Nesses períodos, os lactentes brasileiros apresentaram baixo desempenho nas provas que envolviam as habilidades de sentar e preensão³³.

Outro estudo comparando lactentes brasileiros e canadenses³⁴ demonstrou diferença no desenvolvimento motor dos dois grupos, principalmente nas posições prono e em pé. Acredita-se que os lactentes brasileiros vivenciam poucas experiências nessas posições.

Variabilidade de Movimentos

O desenvolvimento sensorio-motor é um processo de seleção de movimentos. Ao nascimento a criança apresenta repertório de movimentos específicos, o qual tende

a se modificar com o desenvolvimento e a demanda de tarefas. Portanto, o sistema motor mostra grande capacidade de adaptação e flexibilidade³⁵.

Nos primeiros meses de vida, passam grande parte do tempo explorando o próprio corpo, observando como se movem e agindo sobre o ambiente³⁶. Inicialmente, seus movimentos parecem carecer de controle e coordenação. As diferentes partes do corpo, tais como cabeça, tronco e membros parecem mover-se de forma independente uma da outra, demonstrando considerável variabilidade nos movimentos³⁷.

Estudos verificaram que o comportamento motor de fetos e recém-nascidos é caracterizado pela abundante variação na trajetória e nos aspectos temporal e quantitativo dos movimentos³⁸. Essa variabilidade pode ser ilustrada pelos movimentos gerais, os quais constituem parte do repertório de movimentos espontâneos, variam quanto à intensidade, força e velocidade e estão presentes desde o período fetal até o sexto mês de vida pós-natal. Trata-se de movimentos complexos, que ocorrem freqüentemente e envolvem o corpo todo numa seqüência variável de movimentos de braços, pernas, pescoço e tronco³⁹.

Acredita-se que a qualidade dos movimentos gerais pode ser indicadora da integridade funcional do sistema nervoso central dos recém-nascidos. Vários padrões anormais em sua expressão estão relacionados à evolução neurológica insatisfatória, sugerindo que os movimentos gerais podem ser uma ferramenta importante no diagnóstico de lesão cerebral⁴⁰. Por volta dos três meses de idade os movimentos gerais adquirem seu maior valor preditivo^{41,42}.

A rica variação no comportamento motor também tem sido documentada nas primeiras fases do controle postural, alcance, engatinhar e andar⁴³⁻⁴⁶. Pesquisadores de diferentes abordagens teóricas concordam que essa variabilidade é um aspecto fundamental do desenvolvimento motor^{9,47}. O entanto, eles divergem quanto à explicação da origem da variabilidade.

A origem da variabilidade motora foi atribuída às propriedades do sistema nervoso normal e na presença de lesão cerebral ocorre redução da variabilidade⁹. Semelhante a esses achados, foi observado em lactentes de alto risco, movimentos monótonos e estereotipados⁴⁷. Ambos pesquisadores, adeptos da Teoria Neuromaturacional, afirmam que a variabilidade se origina ao nascimento e espelha o desenvolvimento do sistema nervoso normal.

Em contrapartida, para os pesquisadores adeptos da Teoria de Sistemas Dinâmicos a variabilidade é vista como uma medida de estabilidade do movimento. Dessa maneira, o grau de variabilidade se modifica conforme o estágio de aprendizagem de uma habilidade específica. Novos comportamentos são instáveis e representados por considerável variabilidade, ao passo que os comportamentos praticados e selecionados apresentam diminuição da variabilidade⁴⁸.

Foi observado diminuição na quantidade de movimentos fetais gerais entre 28 e 38 semanas de gestação⁴⁹. Esse resultado foi atribuído não somente a diminuição do espaço intra-uterino, mas também a maturação neurológica do feto.

Todos os movimentos observados nos fetos também estão presentes nos lactentes⁵⁰. Entretanto, os lactentes possuem maior variedade de tipos de movimentos. De acordo com a perspectiva de Sistemas Dinâmicos, esse aumento da variabilidade seria justificado pela redução dos fatores físicos limitantes no ambiente extra-uterino. A perspectiva Neuromaturacional atribuiria o aumento da variabilidade ao desenvolvimento do sistema nervoso, sendo que o aumento das conexões neurais resultaria em aumento dos padrões de movimentos disponíveis.

Nesse sentido, a variabilidade no desenvolvimento motor normal pode ser explicada a partir da combinação entre as perspectivas Neuromaturacional e de Sistemas Dinâmicos. É referido que existem duas fases de variabilidade, denominadas como primária e secundária¹³. A variabilidade primária pode ser verificada no comportamento de fetos e lactentes, os quais apresentam variação na trajetória e nos aspectos temporal e quantitativo dos movimentos. Cabe destacar, que essa variação não é aleatória, mas determinada por informações genéticas. Durante esse período, ocorre exploração de todas as possibilidades motoras disponíveis para a execução de uma determinada função. Com relação à variabilidade secundária, esta é produzida para adaptar a *performance* motora de acordo com as diferentes condições externas. Segundo o autor, ambos os tipos de variabilidade, por meio de informações aferentes, selecionam o padrão de movimento mais eficiente.

Foi observado que, antes dos lactentes adquirirem o sentar sem apoio, já existia um complexo de respostas posturais altamente variáveis⁵¹. Sendo assim, acredita-se que inicialmente esses ajustes posturais se desenvolvem através de repertório congênito, e a seguir, a experiência da postura contribui para a seleção do padrão de resposta mais eficiente com relação a estabilização.

O processo de exploração-seleção é definido como repetidos ciclos de percepção e ação em relação à meta estabelecida²³. O princípio de exploração-seleção baseia-se na perspectiva de que o ser humano está percebendo e participando ativamente do movimento, no qual múltiplos sistemas sensoriais (visual, vestibular e somatosensorial) contribuem para percepção do movimento, postura e interação com ambiente. De modo geral, pode-se inferir que o lactente recebe informações da periferia e pode modificar sua ação de acordo com a percepção⁵². Portanto, a idéia central do processo de exploração-seleção é que o lactente realiza determinado movimento motivado por uma tarefa, admitindo várias possibilidades de execução, o que lhe permite escolher a melhor maneira para executar aquela ação⁵³.

A integração de novas estratégias motoras ocorre por meio de um processo de seleção neuronal, no qual as conexões de neurônios associadas aos padrões de movimento mais eficientes são fortalecidas por meio do uso repetido⁵⁴. Sendo assim, inicialmente os movimentos gerados são espontâneos e altamente variáveis. A seguir, as informações sensoriais são recebidas e os padrões de movimento com maior valor adaptativo são selecionados.

A partir dessa linha de pensamento, a baixa variabilidade de movimentos tem sido relacionada a diferentes mecanismos. Nos primeiros meses de vida, pode apon-

tar para déficits motores, enquanto que numa fase mais tardia representaria um comportamento mais estabilizado ou aprimorado⁵⁵.

A lesão cerebral durante os primeiros meses de vida resulta em perda ou redução da variabilidade motora e prejuízo nos processos de seleção dos padrões de movimento eficientes⁵⁶.

Acredita-se que a seleção seja dificultada em virtude de prejuízos no processamento das informações proprioceptivas, táteis ou visuais⁵⁷. Corroborando com esses achados, foi observado⁵⁸ que as crianças com grau moderado de paralisia cerebral manifestam um repertório limitado de estratégias motoras e processamento sensorial prejudicado, o qual interfere nos processos de seleção da melhor solução motora para tarefas específicas. Portanto, a variação reduzida nos primeiros meses de vida continua sendo indicadora de anormalidade no desenvolvimento.

Lactentes com paralisia cerebral apresentam pouca variação na mobilidade e postura; e em idades mais avançadas o comportamento motor dessas crianças é caracterizado pela estereotipia, havendo dificuldade para adaptar o ato motor as diferentes condições ambientais⁹.

Complementando esse aspecto, em revisão sistemática recente sobre os efeitos da intervenção no desenvolvimento motor⁵⁹ foi concluído que o tratamento neuroevolutivo não tem efeito benéfico sobre o desenvolvimento motor, e indicaram que aqueles programas que atuam sobre o desenvolvimento geral ou específico, estimulando a exploração do comportamento motor ativo, podem ter efeito mais positivo.

CONCLUSÃO

Este estudo descreveu as principais teorias que fundamentam o desenvolvimento motor normal e mostrou a importância da variabilidade motora, através de revisão da literatura. Concluiu-se que o desenvolvimento motor resulta da interação contínua entre potenciais biológicos, geneticamente determinados e circunstâncias ambientais.

Tendo em vista os inúmeros fatores que atuam em cada indivíduo, uma das características do desenvolvimento motor normal é a variabilidade. Pôde-se notar que pesquisadores de diferentes abordagens teóricas concordam que a variabilidade é um aspecto fundamental do desenvolvimento motor. No entanto, os adeptos da Teoria Neuromaturacional atribuem a origem da variabilidade às propriedades do sistema nervoso normal; e os adeptos da Teoria de Sistemas Dinâmicos defendem que a variação motora se deve às influências ambientais.

A partir da combinação entre a perspectiva Neuromaturacional e de Sistemas Dinâmicos foram estabelecidas duas fases de variabilidade denominadas: primária e secundária. Na fase primária, a variação no comportamento motor é determinada por informações genéticas. Na fase secundária, a variação surge para adaptar a *performance* motora as diferentes condições externas. Ambos os tipos de variabilidade, a partir das informações aferentes, selecionam o padrão de movimento mais eficiente. Nesse sentido, a baixa variabilidade nos primeiros meses de vida tem sido associada com déficits motores e numa fase mais tardia tem sido relacionada ao comportamento aprimorado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Vayer P, Roicin C. Psicologia atual e desenvolvimento da criança. São Paulo: Manole, 1990: 9-71.
- Lockman JJ, Thelen E. Developmental biodynamics: brain, body, behavior connections. *Child Dev* 1993; 64: 953-59.
- Thelen E, Kelso JAS, Fogel JAS. Self-organizing systems and infant motor Development. *Dev Review* 1987; 7: 39-65.
- Le Boulch JO. Indicações educativas do nascimento até 3 anos. In: Le Boulch JO. Desenvolvimento psicomotor do nascimento até 6 anos: a psicocinética na idade pré-escolar. Porto Alegre: Artes Médicas, 1984: 72-81.
- Shepherd RB. Desenvolvimento da motricidade e da habilidade motora. In: Shepherd RB. Fisioterapia em pediatria. 3. ed. São Paulo: Santos, 1998: 9-42.
- Piper MC, Darrah JM. Motor assessment of the developing infant. Philadelphia: W.B. Saunders Company, 1994.
- Cioni G, Prechtl HF, Ferrari F, Paolicelli PB, Einspieler C, Roversi MF. Which better predicts later outcome in fullterm infants: quality of general movements or neurological examination? *Early Hum Dev* 1997; 50: 71-85.
- Case-Smith J. Analysis of current motor development theory and recently published infant motor assessment. *Infants and Young Children* 1996; 9: 29-41.
- Touwen B. Variability and stereotypy in normal and deviant development. *Clin Dev Med* 1978; 67: 99-110.
- Darrah J, Hodge M, Magill-Evans J, Kembhavi G. Stability of serial assessment of motor and communication abilities in typically developing infants - implications for screening. *Early Hum Dev* 2003; 72: 97-110.
- Woolacott MH, Shumway-Cook A. Changes in posture control across the life span: a systems approach. *Phys Ther* 1990; 70: 799-806.
- Newton RA. Controle motor. In: Umphred AD. Fisioterapia Neurológica. 2.ed. São Paulo: Manole, 1994: 876.
- Hadders-Algra M. Variability in infant motor behavior: a hallmark of the healthy nervous system. *Infant Behav Dev* 2002; 25: 433-51.
- Van Der Fits IBM, Klip AWJ, Van Eykern LA, Hadders-Algra M. The development of postural adjustments during reaching in 6 to 18 months old infants. *Exp Brain Res* 1999; 126: 517-28.
- Lamb T, Yang JF. Could different directions of infant stepping be controlled by the same locomotor central pattern generator? *J Neurophysiol* 2000; 83: 2814-24.
- Kamm K, Thelen E, Jensen J. A dynamical system approach to motor development. *Phys Ther* 1990; 70: 763-75.
- Zelazo PR. The development of walking: new finding and old assumptions. *J Motor Behav* 1983; 15: 99-137.
- Lipsitt LP. Learning in infancy: cognitive development in babies. *J Pediatr* 1986; 109: 172-82.
- Abitbol MM. Quadrupedalism and the acquisition of bipedalism in human children. *Gait Post* 1993; 1: 189-95.

20. Galloway JC, Thelen E. Feet first: object exploration in young infants. *Infant Behav Dev* 2004; 27: 107-12.
21. Angulo-Kinzler RM. Exploration and selection of intralimb coordination patterns in three-month-old infants. *J Motor Behav* 2001; 33: 363-76.
22. Shumway-Cook A, Woollacott MH. The growth of stability: postural control from a developmental perspective. *J Motor Behav* 1985; 17: 131-47.
23. Thelen E. Motor development: a new synthesis. *Am Psychol* 1995; 50: 79-95.
24. Rocha NACF, Tudella E. A influência da postura sobre o estado comportamental e a coordenação mão-boca do bebê. *Rev Bras Fisio* 2002; 6: 1-7.
25. Hopinks B, Ronnqvist L. Facilitating postural control: effects on the reaching behavior of 6-month-old infants. *Develop Psychobiol* 2002; 40: 168-82.
26. Morris M, Summers JJ, Matyas TA, Iansek R. Current status of the motor program. *Phys Ther* 1994; 74: 738-48.
27. Rochat P. Object manipulation and exploration in 2 to 5 month-old infants. *Dev Psychol* 1989; 25: 871-84.
28. Smith LB, Thelen E. Development as a dynamic system. *Trends Cognitive Sciences* 2003; 7: 343-48.
29. Barela JA. Perspectiva dos sistemas dinâmicos: teoria e aplicação no estudo de desenvolvimento motor. In: Pellegrini JAM. *Coletânea de Estudos: comportamento motor*. São Paulo: Movimento, 1997: 11-28.
30. Darrah J, Redfern L, Maguire TO, Beaulne AP, Watt J. Intra-individual stability of rate of gross motor development in full-term infants. *Early Human Dev* 1998; 52: 169-79.
31. Flehming I. Evolução normal da motricidade e suas variações. In: Flehming I. *Desenvolvimento normal e seus desvios no lactente: diagnóstico e tratamento precoce do nascimento até o 18º mês*. 2ªed. São Paulo: Atheneu, 2002. 9-12.
32. Barros KMFT, Fragoso AGC, Oliveira ALB, Cabral Filho JE, Castro RM. Do environmental influences alter motor abilities acquisition? A comparison among children from day-care centers and private schools. *Arq Neuropsiquiatr* 2003; 61 (2A): 170-75.
33. Santos DCC, Gabbard C, Gonçalves VMG. Motor development during the first year: a comparative study. *J Genet Psychol* 2001; 162: 143-53.
34. Lopes VB. *Desenvolvimento motor de bebês segundo a "Alberta Infant Motor Scale"*. 2003. 176 f. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.
35. Rocha NACF, Tudella E. Teorias que embasam a aquisição das habilidades motoras do bebê. *Temas sobre Desenvolvimento* 2003; 11 (66): 5-11.
36. Rochat P. Self-perception and action in infancy. *Exp Brain Res* 1998; 123: 102-9.
37. Thelen E, Skala KD, Kelso JAS. The dynamic nature of early coordination: evidence from bilateral leg movements in young infants. *Dev Psychol* 1987; 23: 179-86.
38. Hadders-Algra M, Van Eykern LA, Klip van den Nieuwendijk AWJ, Prechtl HFR. Developmental course of general movements in early infancy. II. EMG correlates. *Early Human Dev* 1992; 28: 231-52.
39. Einspieler C, Prechtl HFR. Prechtl's assessment of general movements: a diagnostic tool for the functional assessment of the young nervous system. *Mental Retard Dev Disabil Res Reviews* 2005; 11: 61-7.
40. Hadders-Algra M, Mavinkurve-Groothuis AM, Groen SE, Stremmelaar EF, Martijn A, Butcher PR. Quality of general movements and the development of minor neurological dysfunction at toddler and school age. *Clin Rehabil* 2004; 18: 287-99.
41. Hadders-Algra M. Evaluation of motor function in young infants by means of the assessment of general movements: a review. *Pediatric Phys Ther* 2001; 13: 27-36.
42. Prechtl HFR. General movement assessment as a method of developmental neurology: new paradigms and their consequences. *Dev Med Child Neurol* 2001; 43: 836-42.
43. Hadders-Algra M, Brogren E, Forssberg H. Ontogeny of postural adjustments during sitting in infancy: variation, selection and modulation. *J Physiol* 1996; 493: 273-88.
44. Thelen E, Cobertta D, Kamm K, Spencer JP, Schneider K, Zernicke RF. The transition to reaching: mapping intention and intrinsic dynamics. *Child Dev* 1993; 64: 1058-98.
45. Adolph KE, Vereijken B, Denny MA. Learning to crawl. *Child Dev* 1998; 69: 1299-1312.
46. Forssberg H. Ontogeny of human locomotor control. I. Infant stepping supported locomotion and transition to independent locomotion. *Exp Brain Res* 1985; 57: 480-93.
47. Prechtl HFR. Qualitative changes of spontaneous movements in fetus and preterm infant are a marker of neurological dysfunction. *Early Hum Dev* 1990; 23: 151-8.
48. Haehl V, Vardaxis V, Ulrich B. Learning to cruise: Bernstein's theory applied to skill acquisition during infancy. *Hum Mov Sci* 2000; 19: 685-715.
49. D'Elia A, Pighetti M, Moccia G, Santangelo N. Spontaneous motor activity in normal fetuses. *Early Hum Dev* 2001; 65: 139-147.
50. Prechtl HFR. Principles of early motor development in the human the human. In: Kalverboer AF, Hopkins B, Geuze R. *Motor development in early and later childhood: longitudinal approaches* Cambridge: Cambridge University Press, 1993: 35-50.
51. Hedberg A, Forssberg H, Hadders-Algra M. Postural adjustments due to external perturbations during sitting in one-month-old infants: evidence for the innate origin of direction specificity. *Exp Brain Res* 2004; 157: 10-17.
52. Svejstrup H, Woollacott MH. Systems contributing to the emergence and maturation of stability in postnatal. In: Savelsbergh GJP. *The Development of Coordination in Infancy*. Amsterdam: Elsevier, 1993: 319-36.
53. Ferreira JN, Barela JA. Passadas desencadeadas por esteira rolante em crianças portadoras de paralisia cerebral. *Revista da SOBAMA* 2000; 5: 39-44.
54. Spoms O, Edelman GM. Solving Bernstein's problem: a proposal for the development of coordinated movement by selection. *Child Dev* 1993; 64: 960-81.
55. Piek JP. The role of variability in early motor development. *Infant Behav Dev* 2002; 25: 452-65.
56. Hadders-Algra M. The neuronal group selection theory: promising principles for understanding and treating developmental motor disorders. *Dev Med Child Neurol* 2000; 42: 707-15.
57. Nashner LM, Shumway-Cook A, Marin O. Stance posture control in select group of children with cerebral palsy: deficits in sensory organization and muscular coordination. *Exp Brain Res* 1983; 49: 393-409.
58. Hadders-Algra M, Van der Fits IBM, Stremmelaar EF, Touwen BCL. Development of postural adjustments during reaching in infants with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 1999; 41: 766-76.
59. Blauw-Hosper CH, Hadders-Algra M. A systematic review of the effects of early intervention on motor development. *Dev Med Child Neurol* 2005; 47: 421-32.