

PESQUISA NA ÁREA DE COMPORTAMENTO MOTOR: MODELOS TEÓRICOS, MÉTODOS DE INVESTIGAÇÃO, INSTRUMENTOS DE ANÁLISE, DESAFIOS, TENDÊNCIAS E PERSPECTIVAS

RESEARCH IN THE AREA OF MOTOR BEHAVIOR: THEORETICAL MODELS, RESEARCH METHODS, INSTRUMENTS OF ANALYSIS, CHALLENGES, TRENDS AND PERSPECTIVES

Go Tani^{*}
Cássio de Miranda Meira Júnior^{**}
Herbert Ugrinowitsch^{***}
Rodolfo Novellino Benda^{****}
Suzete Chiviakowsky^{*****}
Umberto César Corrêa

RESUMO

O objetivo deste artigo foi apresentar um panorama geral da área de Comportamento Motor - sua trajetória histórica, tendências e perspectivas de investigação - com a preocupação de delinear um quadro organizado do seu desenvolvimento, tanto no domínio teórico quanto de experimentação. Espera-se que esse quadro possa contribuir para a construção de uma base de conhecimentos àqueles que têm a intenção de se especializar como pesquisadores na área e também para aqueles que pretendem utilizar esses conhecimentos na intervenção profissional.

Palavras-chave: Comportamento motor. Aprendizagem motora. Controle motor. Desenvolvimento motor.

INTRODUÇÃO

A área de Comportamento Motor (CoM) tem uma história de mais de um século de pesquisas, mas no Brasil essa sua trajetória é ainda relativamente curta, tendo-se iniciado praticamente no começo da década de 1980, com o retorno de alguns pesquisadores que foram ao Exterior para se especializar na área, entre eles Jefferson Tadeu Canfield, Ana Maria Pellegrini, Go Tani e Ricardo Demétrio de Souza Petersen. Apesar desse início relativamente tardio no nosso meio, o seu

crescimento nessas três décadas de existência tem sido muito expressivo, o que é comprovado, entre outras realizações, pela implantação de laboratórios e grupos de estudo em várias instituições de Ensino Superior, pela ampla presença como disciplina tanto no ensino de graduação como de pós-graduação, pelo número significativo de dissertações e teses defendidas, pela inserção internacional de sua produção científica e pela criação da sua própria sociedade e veículo de publicação - respectivamente, Sociedade Brasileira de

* Professor Doutor da Escola de Educação Física da Universidade de São Paulo, Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq - Nível 1A.

** Professor Doutor da Escola de Educação Física da Universidade de São Paulo.

*** Professor Doutor da Escola de Educação Física da Universidade Federal de Minas Gerais, Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq - Nível 2.

**** Professora Doutora da Universidade Federal de Pelotas.

***** Professor Doutor da Escola de Educação Física da Universidade de São Paulo, Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq - Nível 1D.

Comportamento Motor e *Brazilian Journal of Motor Behavior*. Não seria exagerado afirmar que, entre as várias subáreas de investigação da Educação Física e Esporte no país, CoM representa, certamente, uma das mais ativas, dinâmicas e produtivas. Por exemplo, dos 71 bolsistas atuais de Produtividade em Pesquisa do CNPq, oito têm envolvimento com a área (11,3%).

O objetivo deste artigo é apresentar um panorama geral da área de CoM - sua trajetória histórica, tendências e perspectivas de investigação - com a preocupação de delinear um quadro organizado do seu desenvolvimento, tanto no domínio teórico quanto no de experimentação. Espera-se que esse quadro possa contribuir para a construção de uma base de conhecimentos para os que têm a intenção de se especializar como pesquisadores na área e também para quem pretenda utilizar esses conhecimentos na intervenção profissional. É oportuno, porém, esclarecer que não é objetivo deste texto fazer uma revisão detalhada de cada um dos tópicos que compõem a agenda de investigações da área. Na realidade já existem na literatura contribuições recentes que, em maior ou menor grau, fizeram esse trabalho (CATTUZZO; TANI, 2009; CORRÊA, 2008b; MAGILL, 2000; SCHMIDT; WRISBERG, 2010; TANI, 2005a).

A área de CoM é constituída de três campos de investigação - Aprendizagem Motora (AM), Controle Motor (CM) e Desenvolvimento Motor (DM) - e congrega, atualmente, pesquisadores de diferentes formações e atuações profissionais, o que tornou as suas atividades de pesquisa um empreendimento eminentemente multidisciplinar, com a utilização de conceitos, metodologias e tecnologias de áreas como a Neurofisiologia, a Neurociência Cognitiva, a Psicologia Experimental, a Bioengenharia, a Educação Física e outras.

Historicamente, cada um desses campos tem se debruçado sobre problemas relativamente específicos de investigação. Os mecanismos responsáveis pela produção do movimento têm sido abordados pelo CM e a AM tem procurado desvendar os mecanismos e processos subjacentes às mudanças no comportamento motor que resultam da prática (processo de aquisição de habilidades motoras) e os fatores

que as influenciam. As mudanças que ocorrem no comportamento motor de um indivíduo ao longo do seu ciclo de vida têm sido, por sua vez, objeto de investigação do DM (TANI, 2005b).

É importante ressaltar que os problemas abordados por esses três campos de investigação estão profundamente inter-relacionados. Isso não poderia ser diferente, pois a aprendizagem, o controle e o desenvolvimento, como fenômenos, são muito difíceis de separar. A aprendizagem implica, em última análise, uma melhoria no controle de movimento e é também uma mudança de comportamento que deve estar devidamente contextualizada num processo mais longo, denominado desenvolvimento. Dessa forma, é fundamental, especialmente quando se pensa na intervenção, a compreensão de que, apesar de AM, CM e DM terem identidades próprias como campos de investigação, os fenômenos por eles estudados devem ser vistos como fortemente associados e interdependentes (TANI, 2005b).

Os estudos em CoM podem ser realizados em diferentes níveis de análise, desde o mais microscópico - por exemplo, o bioquímico - até o mais macroscópico - por exemplo, o sociológico. Os níveis de análise devem ser vistos como diferentes "lupas" para se observar e estudar um dado fenômeno (TANI, 2006). Quando se aproxima a lupa, faz-se uma análise mais microscópica e, quando se afasta, uma análise mais macroscópica. Essa estratégia de investigação baseia-se num importante princípio que não pode ser esquecido: os níveis de descrição são irredutíveis, mas os conhecimentos adquiridos pelos estudos em diferentes níveis de análise podem ser complementares (PATTEE, 1978, 1982); ou seja, pode-se pensar que os conhecimentos num nível de análise ao menos preparam o terreno que possibilita estudos no nível imediatamente superior. Por exemplo, os conhecimentos produzidos pelos estudos neurofisiológicos preparam o terreno para estudos na Neurociência Cognitiva e os conhecimentos por estes gerados preparam o terreno para estudos comportamentais, e assim sucessivamente. Acredita-se que o conjunto desses conhecimentos gerados em diferentes níveis de análise permite uma visão mais abrangente do fenômeno estudado (TANI, 2005b, 2006).

A maioria dos estudos em AM e DM tem sido realizada num nível de análise denominado de comportamental, mas observa-se uma tendência cada vez mais acentuada de investigações que integram esse nível com o neurofisiológico, o que já ocorre em CM há mais tempo. No plano metodológico, é cada vez mais comum e intensa a integração entre CoM, Neurofisiologia e Biomecânica. O nível comportamental é um nível intermediário de análise, em que se focalizam o movimento observável e os fatores que afetam a qualidade de sua execução, o que envolve a identificação das variáveis que determinam a precisão do movimento ou o padrão de ação. Por esse motivo, pensa-se que os conhecimentos adquiridos por pesquisas nesse nível de análise guardam maior correspondência com os conhecimentos utilizados na intervenção profissional, porque é exatamente observando o comportamento motor das pessoas que os profissionais fazem a avaliação e a prescrição dos movimentos.

Em tese, os conhecimentos sobre os fenômenos de aprendizagem motora, controle motor e desenvolvimento motor produzidos em CoM têm um potencial de contribuição em todas as áreas de intervenção profissional em que existe a preocupação com a recuperação e melhoria da qualidade de movimento das pessoas (por exemplo, educação física escolar, educação física não escolar, educação física adaptada, esporte de rendimento, além de áreas correlatas da Educação Física como a Fisioterapia e a Terapia Ocupacional). Todavia, cabe esclarecer que esses conhecimentos não indicam, evidentemente, como deve ser a intervenção. Eles podem sim representar importantes subsídios para uma tomada de decisão mais coerente e consistente acerca dos projetos, programas e procedimentos de intervenção (para maiores detalhes, vejam-se, por exemplo, TANI, 2006, 2008; TANI; CORRÊA, 2004; TANI et al., 2004); mais especificamente, eles podem contribuir fornecendo uma estrutura para interpretar comportamentos, uma orientação para ação, novas ideias e hipóteses operacionais para a intervenção.

Essa relação entre a produção de conhecimentos científicos acerca de um

fenômeno e a aplicação desses conhecimentos na intervenção constitui um eterno desafio para pesquisadores que conduzem pesquisas básicas estando vinculados a áreas de conhecimento de natureza aplicada ou profissionalizante. É o que sucede, por exemplo, com os pesquisadores da área de Medicina que fazem pesquisa básica de biologia celular e com os pesquisadores da Engenharia Química que fazem pesquisa básica de novos materiais. Nesse cenário de reflexões, a área de CoM, que se caracteriza como uma área de pesquisa básica, apesar de avanços e conquistas inegáveis já experimentados, defronta-se ainda com alguns dilemas, conflitos e desafios (TANI, 1992, 2001, 2006) que emanam da própria indefinição da identidade da Educação Física e Esporte como áreas de conhecimento (TANI, 1996). Certamente, a solução para esses problemas só virá com o próprio amadurecimento da área como um todo, mediante amplas reflexões e discussões acerca da sua base epistemológica (para maiores detalhes acerca desse tema, ver, por exemplo, TANI, 1988, 1989, 1996, 1998).

Feitos esses esclarecimentos introdutórios, será realizada a seguir uma breve síntese dos desdobramentos teóricos e metodológicos em CoM, abordando-se os principais problemas de investigação, os tipos e os métodos de pesquisa, além dos instrumentos de análise historicamente desenvolvidos pela área. Em seguida serão apresentados os principais desafios e perspectivas de investigação em cada um dos campos que compõem a área, respectivamente, AM, CM e DM.

MODELOS TEÓRICOS

Nas últimas três décadas a área de CoM tem sido dominada por duas teorias ou perspectivas teóricas diferentes, chamadas por Meijer e Roth (1988), entre outras denominações, de *perspectiva dos sistemas motores* (teoria motora) e *perspectiva dos sistemas de ação* (teoria da ação). Enquanto a primeira dá ênfase ao sistema nervoso central (SNC) no controle dos movimentos, utilizando alguma forma de representação na memória - por exemplo, o programa motor - a fim de fornecer a base para a organização e execução de ações motoras, a segunda atribui mais importância às informações

especificadas pelo ambiente, mediante interação dinâmica dessa informação com o próprio corpo.

Evidentemente, as duas perspectivas teóricas perseguem o mesmo objetivo, ou seja, tentam explicar como são aprendidos e executados os movimentos bem coordenados e organizados espacial e temporalmente, considerando os numerosos graus de liberdade a serem controlados e as condições ambientais em constante mudança; porém se diferenciam radicalmente na importância que atribuem ao tipo de informação mais utilizado no controle de movimentos, aquele proveniente de componentes centrais ou do meio ambiente.

Teoria motora

A teoria motora, que tem como base a perspectiva representacional aplicada ao comportamento motor, surgiu no início do século XX. Ela assume que o movimento é controlado de forma *top-down* ou prescritiva, em que os músculos desempenham um papel de “servomecanismos” do SNC e os movimentos são realizados pela utilização de representações de padrões de movimento encontrados no cérebro (GLENCROSS; WHITING; ABERNETHY, 1994). O homem é visto, nessa perspectiva, como um sistema complexo que processa informações, ou seja, que recebe, armazena, transforma e transmite informações para poder perceber, pensar, decidir e agir. Essa abordagem de processamento de informações, quando aplicada ao estudo do comportamento motor humano, deu origem a importantes teorias motoras de controle e aprendizagem, entre as quais se destacam, por exemplo, a de Adams (1971) e Schmidt (1975).

A abordagem de processamento de informações pode ser considerada como uma forma de interpretação da maneira como o ser humano interage com o meio ambiente (SCHMIDT, 1988a). Uma importante aplicação dessa abordagem teórica no estudo do comportamento motor humano foi concretizada por Marteniuk (1976), quando propôs o seu modelo de *performance* humana. O indivíduo deve realizar um número de operações mentais para que possa executar uma habilidade motora - utilizar informações que se encontram disponíveis no ambiente, armazená-las na memória e processá-las de várias formas. Nesse

modelo são identificados cinco mecanismos responsáveis pela execução do movimento, além de circuitos de *feedback*, interligados pelo fluxo de informações.

De acordo com o modelo, os órgãos dos sentidos são responsáveis por transformar os diferentes estímulos, na forma de energias físicas, em algo que possa ser transmitido através do sistema nervoso humano, ou seja, impulsos nervosos. Esse mecanismo tem também a função de codificar as informações contidas no estímulo em forma de variações nos padrões espaciais e temporais dos impulsos nervosos. Esses impulsos nervosos são então transmitidos, por vias aferentes, até o SNC, onde são processados. Quando esses impulsos nervosos começam a ser interpretados, inicia-se a percepção. O mecanismo de percepção é responsável por discriminar, identificar e classificar as informações contidas nos impulsos nervosos e enviar o produto dessa operação ao mecanismo de decisão e, ao mesmo tempo, ao sistema de memória, para serem armazenadas e utilizadas na predição de situações futuras. O mecanismo de decisão, com base nas informações recebidas pelo mecanismo perceptivo, é responsável pela escolha do plano motor mais adequado aos objetivos pretendidos, levando em conta as demandas do ambiente. Tal escolha é informada ao mecanismo efetor, que tem como função detalhar o plano, isto é, organizar de forma hierárquica (do geral para o específico) e sequencial (ordem correta) os componentes do plano motor. Esse processo implica a transformação do plano motor em programa motor, denominado na literatura de programação motora, que resulta na geração dos comandos motores. Os comandos motores são enviados ao sistema muscular num padrão espacial e temporal adequado, quando acontece o movimento propriamente dito. Nesse momento, os músculos estão sob o controle dos comandos motores e, após um tempo correspondente ao tempo de reação, informações produzidas pelo próprio movimento começam a ser enviadas de volta aos mecanismos, informando sobre a sua execução para possibilitar o processo de detecção e correção dos erros de execução.

Informações relacionadas ao movimento, recebidas pelo executante durante ou após sua

realização, são denominadas de *feedback*. Com base nessas informações, o indivíduo avalia o seu movimento, ou seja, detecta as diferenças entre o seu desempenho real e o desempenho esperado (erro), e por meio de novo processamento decide quais mudanças devem ser feitas ainda durante o movimento, para corrigir o erro cometido e alcançar a meta estabelecida. Muitas vezes o alcance da meta demanda a repetição desse processo em sucessivas tentativas, em que um novo plano motor é elaborado, executado e avaliado até se atingirem *performances* bem-sucedidas. Esse processo gradual de redução do erro é denominado de aprendizagem motora.

O conceito de programa motor refere-se, primariamente, a uma estrutura de memória em forma de representação sequencial dos componentes que é fundamental na execução de habilidades motoras. As habilidades motoras em geral envolvem uma série complexa de movimentos e o executante habilidoso difere do não habilidoso principalmente na capacidade de coordenar movimentos sucessivos de forma suave e ordenada. O executante que ainda não adquiriu a habilidade realiza um movimento, avalia seu resultado, realiza outro movimento, reavalia e assim por diante, sendo a sua *performance* bastante irregular. Quando finalmente a habilidade é adquirida, a sequência de movimentos torna-se armazenada no sistema de memória, de forma a poder ser executada sem correção constante (KEELE; SUMMERS, 1976). Essa estrutura de memória, chamada por Keele (1968, p. 387) de programa motor, foi definida como uma série de comandos musculares que são estruturados antes que uma sequência de movimentos seja iniciada e fazem com que ela possa ser executada sem influência do *feedback* periférico.

Existem algumas habilidades e situações em que o programa motor é mais empregado. Podem ser assim consideradas aquelas habilidades de duração muito curta (menos de 200 m), em que o *feedback*, apesar de presente, não pode ser utilizado para modificar o movimento durante a sua execução (SCHMIDT, 1980). Também são consideradas como habilidades controladas centralmente aquelas que não exigem um controle refinado, as quais possuem um forte componente inato, como o

andar (KEELE, 1982). Em relação às condições ou situações em que as tarefas são desempenhadas, pode-se dizer que quanto menor o nível de atenção e de precisão requerido pela tarefa, mais a habilidade poderá ser controlada por programas motores, com menor auxílio de *feedback* periférico. O mesmo acontece em relação ao nível de aprendizagem da habilidade, em que o programa motor é mais utilizado nos níveis mais avançados (SCHMIDT, 1980).

O conceito de programa motor originalmente proposto por Keele (1968) foi interpretado de diferentes formas, e essas diferenças levaram a um desenvolvimento posterior muito distinto (para maiores detalhes desse desenvolvimento, TANI, 2000b, 2005d). Por exemplo, a sua interpretação como uma entidade central capaz de especificar todos os detalhes do movimento foi fortemente criticada pelos proponentes da teoria da ação (REED, 1982), sendo usada como um importante ponto de partida para a polarização entre essa teoria e a teoria motora. Como foi mencionado, a existência do programa motor e a sua utilidade prática são negadas pela teoria da ação (KUGLER; KELSO; TURVEY, 1980, 1982).

Não obstante, a interpretação do programa motor como uma alternativa teórica à explicação do controle de movimentos via *feedback* sensorial, especialmente em razão da sua limitação no que se refere ao tempo de processamento, possibilitou uma melhor elaboração desse conceito, com a incorporação de novas ideias e evidências empíricas. Como consequência, o conceito de programa motor continua a desempenhar um papel fundamental na área de CoM, especialmente no estudo da natureza de representações cognitivas da sequência de movimentos executados para atingir ações direcionadas à meta (KEELE; COHEN; IVRY, 1990; REQUIN, 1992; SUMMERS; ANSON, 2009; WRIGHT, 1990). Na realidade, houve uma mudança de ênfase na conceituação de programa motor. Se, inicialmente, o programa motor era concebido como um conjunto de comandos musculares específicos, agora é visto mais como uma representação central que possibilita, de alguma forma, a organização da sequência de movimentos anteriormente à sua execução (KEELE, 1981; ROSENBAUM, 1985). O

conceito de programa de ação em vez de programa motor tem sido proposto como mais adequado para expressar essa nova interpretação (TANI, 2005d).

Persistem, todavia, importantes problemas de organização e controle de movimentos que o conceito de programa motor é incapaz de solucionar. Um dos principais desafios tem sido a questão da variabilidade presente nas ações habilidosas, que resulta no problema de armazenamento e de novidade na execução de ações motoras. O conceito de programa motor, que enfatiza a execução de movimentos na ausência de *feedback*, implica a existência de um programa separado para cada movimento executado. Considerando-se o vasto número de movimentos que o ser humano é capaz de executar, é compreensível que o conceito é restrito para responder adequadamente aos problemas básicos de controle motor anteriormente mencionados.

Uma tentativa para solucionar esses problemas tem sido a ideia de programa motor generalizado proposta no contexto da teoria de esquema (SCHMIDT, 1975). Basicamente, o programa motor generalizado é uma representação abstrata de uma classe de movimentos que requer um padrão comum de movimento. As variações, dentro da classe de movimentos, são produzidas pela aplicação de certos parâmetros ao programa motor generalizado, antes da sua execução. Esses parâmetros são fornecidos por uma estrutura de memória chamada memória de lembrança, que é uma regra desenvolvida pelas experiências passadas na aplicação dos programas (SHAPIRO; SCHMIDT, 1982).

De acordo com a visão de programa motor generalizado, a consistência do movimento é possível devido a alguns aspectos invariantes que são representados no programa. O *timing* relativo, o sequenciamento e a força relativa têm sido identificados como aspectos que permanecem inalterados ao longo das tentativas. Por outro lado, o tempo de movimento, a força total e a seleção de músculos têm sido propostos como parâmetros que são adicionados ao programa motor generalizado para atender às demandas específicas da tarefa, dando uma configuração única a cada padrão de movimento. Os parâmetros não são representados no

programa e são responsáveis pela variabilidade de ações motoras (SCHMIDT, 1980, 1985).

A característica generalizada do programa motor é entendida como uma solução aos problemas de armazenamento e novidade no controle motor, mas existem também indicações de alguns problemas e limitações, como a ambiguidade relativa à definição dos limites para identificar uma classe de movimentos (SUMMERS, 1989) e a incapacidade para explicar a gênese dos programas motores generalizados (BRINKER et al., 1985). Além disso, assumindo-se que os valores dos parâmetros são adicionados *a posteriori* para completar o programa selecionado, surge o problema relacionado à maneira como os parâmetros são decididos e fica aberta a questão da necessidade ou não de outro tipo de programa para realizar essas decisões. Naturalmente, isso provoca o problema de regressão infinita. Apesar dessas limitações, o conceito de programa motor generalizado continua a ser um dos pilares da teoria motora, recebendo a atenção de muitos pesquisadores, especialmente daqueles que conduzem pesquisas em nível neurofisiológico de análise.

Teoria da ação

A teoria da ação aplicada ao comportamento motor surgiu no início da década de 1980, assumindo, entre outros conceitos, que o movimento é controlado de forma *bottom-up*, já que, ao contrário da teoria motora, dá mais importância às informações especificadas pelo ambiente, por meio da interação dinâmica dessa informação com o próprio corpo.

De forma geral, essa abordagem surgiu como uma crítica à ênfase excessiva aos aspectos cognitivos na organização e execução de movimentos dada pela teoria motora, a qual colocava em segundo plano as características e propriedades inerentes ao sistema efetor físico (não confundir com o mecanismo efetor no modelo de Marteniuk). Também importante é o fato de a abordagem anterior não fornecer uma resposta satisfatória ao problema da coordenação ou do controle dos graus de liberdade, levantado por Bernstein (1967), na execução de movimentos (TANI, 2005b).

A teoria da ação nasceu da união de várias ideias e proposições, como a de Bernstein

(1967) sobre a coordenação de movimentos, a de Gibson (1979) sobre a percepção direta e a aplicação dos conceitos da termodinâmica do não equilíbrio para a auto-organização dos sistemas biológicos proposta principalmente por Kugler (1986) e Kugler e Turvey (1988), e a dos conceitos de sinérgica referentes à formação de padrões em sistemas complexos (HAKEN; KELSO; BUNZ, 1985; SCHÖNER; KELSO, 1988a, 1988b).

Essa teoria diferencia-se amplamente da teoria motora em relação a aspectos tanto filosóficos e conceituais quanto metodológicos, e, apesar de muito debate ter sido realizado na área (ABERNETHY; SPARROW, 1992; MEIJER; ROTH, 1988; SUMMERS, 1992, 1998; BARREIROS; GODINHO; CHIVIACOWSKY, 1997), ainda não se sabe se essa divergência será resolvida pela emergência de uma das abordagens como dominante (ABERNETHY; SPARROW, 1992; BEEK; MEIJER, 1988) ou pela reconciliação entre as duas (DAVIDS; HANDFORD; WILLIAMS, 1994; GLENCROSS; WHITING; ABERNETHY, 1994; SUMMERS, 1992; TANI, 2005b).

A essência da teoria da ação é que o sistema tem como base princípios de auto-organização que restringem ou impõem possibilidades e impossibilidades nas respostas de movimento, sem a necessidade de intermediação por parte de representações no SNC. Para Abernethy e Sparrow (1992), a teoria da ação fundamenta-se no entendimento de que a cinemática do movimento não está representada centralmente (na forma de programa motor, plano, esquema, ou qualquer outra forma abstrata), mas sim, é uma propriedade emergente da dinâmica dos sistemas motores básicos, que deve ser compreendida quanto às propriedades físicas de grupos musculares funcionais envolvidos em uma ação particular. Da mesma forma, Glencross, Whiting e Abernethy (1994) colocam que, ao invés de cognitivamente representadas e prescritas em um plano de ação organizado de forma hierárquica, como na teoria motora, as propriedades elementares do movimento emergem como uma consequência das dinâmicas subjacentes ao sistema, sendo o controle motor considerado como resultado da dinâmica e

autorreunião muscular de estruturas coordenativas formadas de forma heterárquica.

Summers (1998) aponta que uma divergência entre os principais proponentes da teoria da ação quanto à relação entre a percepção e a ação levou ao surgimento de três perspectivas relacionadas, mas distintas: percepção direta, termodinâmica do não equilíbrio e sistemas dinâmicos.

A abordagem da percepção direta tem como base o trabalho de Gibson (1979), ao tentar explicar o comportamento motor sem se apoiar em estruturas como a memória ou em estruturas que envolvam representações simbólicas, como o programa motor. São considerados conceitos fundamentais o de “invariantes” e o de *affordances*. Invariantes referem-se a propriedades de alta ordem do arranjo ótico que se mantêm constantes durante as mudanças associadas com o observador, com o ambiente ou com ambos; no entanto, essas invariantes não são percebidas diretamente, o que se percebe são as *affordances* de objetos e eventos ao nosso redor. As *affordances* representam as possibilidades para ação no ambiente (GIBSON, 1979), portanto não são uma propriedade do organismo nem do ambiente, mas refletem a interação entre capacidades particulares de um organismo e as propriedades particulares do ambiente/objeto em questão. Como as *affordances* podem ser diretamente percebidas, não existe a necessidade de representações armazenadas. Com respeito à aprendizagem, a questão crucial para os proponentes da perspectiva da percepção direta tem sido a identificação dos invariantes de alta ordem disponíveis no fluxo perceptivo (ótico, acústico) que atuam como informação para a coordenação de movimentos em unidades relacionadas às dimensões do organismo que percebe, sendo que a maior parte dos estudos está preocupada com a visão (SUMMERS, 1998).

A abordagem da termodinâmica do não equilíbrio procura aplicar conceitos ou princípios da termodinâmica ao estudo do controle de movimentos (KUGLER; TURVEY, 1987) e foi motivada pela tentativa de responder à famosa questão apontada por Bernstein (1967) de como os vários graus de liberdade do corpo podem ser regulados sistematicamente em contextos variados por meio de um sistema

executivo, intervindo de forma mínima. Para resolver o problema dos graus de liberdade, os pesquisadores introduziram o conceito de acoplamento muscular ou estrutura coordenativa. A estrutura coordenativa refere-se a um grupo de músculos, frequentemente envolvendo ou atravessando várias articulações, que são restringidos para agir como uma unidade funcional única (TULLER; TURVEY; FITCH, 1982).

O conceito de auto-organização ou emergência de ordem aparece para tratar do problema de como a ordem nos sistemas complexos pode ser alcançada sem a influência de um agente externo (KUGLER; TURVEY, 1988). Kugler, Kelso e Turvey (1980) propuseram que os sistemas biológicos podem ser modulados como máquinas termodinâmicas e as estruturas coordenativas como estruturas dissipativas longe do equilíbrio. Sistemas termodinâmicos trocam energia com o ambiente e manifestam auto-organização espaçotemporal. Nessa abordagem, a formação de padrão ocorre espontaneamente quando um ou mais parâmetros de controle mudam e guiam o sistema através de seus vários estados estáveis, sendo que tal emergência de ordem também não requer representação simbólica (BEEK; PEPPER; VAN WIERINGEN, 1992). A aprendizagem de movimentos colocada por esta abordagem é vista, de acordo com Newell (1991), como um processo de procura pela solução motora ótima para realizar a tarefa em questão. O processo de prática é visto como a repetição da solução de um problema motor ao invés da repetição de uma determinada solução para o problema. É considerada como a coordenação do ambiente perceptivo com o ambiente da ação de uma forma consistente com as restrições da tarefa. Segundo o autor, um ambiente de ação enriquecido possui várias formas de coordenação que podem fornecer soluções estáveis às restrições da tarefa. A premissa colocada é que variáveis globais em nível macro, com poucos graus de liberdade, acabam por organizar os muitos graus de liberdade em nível micro na realização da ação.

Já a perspectiva dos sistemas dinâmicos está preocupada com a aplicação dos conceitos e ferramentas da dinâmica não linear e da sinérgica - área que trata como as sinergias são

criadas, mantidas e dissolvidas - à coordenação de movimentos (KELSO, 1995). Essa linha de pesquisa, inicialmente desenvolvida por Haken, Kelso, Schöner e colegas (HAKEN, 1991; SCHÖNER; KELSO, 1988a, 1988b), tem por objetivo modelar matematicamente a estabilidade e a perda de estabilidade, fenômeno denominado de transição de fase, evidente na formação de padrões em sistemas de movimento, e, assim como as outras perspectivas, fazê-lo sem utilizar o conceito de representação ou programa na explicação do comportamento motor. Essa perspectiva tem focado o fenômeno de transições de fase como um aspecto-chave para compreender o movimento coordenado. Segundo Kelso (1995), as transições de fase referem-se a situações em que o comportamento do sistema muda qualitativamente e representa a forma mais simples de auto-organização conhecida em Física. Mediante experimentos com a coordenação bimanual, o autor comprovou a existência dos seguintes comportamentos: a presença de apenas duas fases relativas ou atratores estáveis entre as mãos ("*in-phase*" e "*anti-phase*"), a presença de transição de um atrator para outro numa frequência cíclica crítica e a existência de apenas um atrator estável após a transição, fornecendo um forte suporte para a aplicação da dinâmica não linear ao comportamento motor humano. Assim, um problema central da abordagem é como identificar as variáveis-chaves da coordenação, definidas como o ordenamento funcional entre componentes que interagem no espaço e no tempo, e as suas dinâmicas, na forma de regras que governam a estabilidade e a mudança nos padrões de coordenação (KELSO, 1999).

Com relação à aprendizagem, a abordagem dos sistemas dinâmicos considera-a, de forma geral, como mudanças na dinâmica da coordenação, ou seja, como mudanças persistentes no comportamento da coordenação em direção a um padrão a ser aprendido (SCHÖNER; ZANONE; KELSO, 1992). Os pesquisadores distinguem entre dinâmica intrínseca, a qual se refere aos padrões de movimento existentes, e dinâmica extrínseca, que são os padrões de movimento a serem aprendidos. Segundo Kelso (1995), a informação a ser aprendida deve ser estruturada

em relação às restrições já existentes, as quais podem ser identificadas e medidas, e a aprendizagem pode tomar a forma de instabilidades ou de transições de fase, dependendo da relação entre o que é para ser aprendido e as tendências de coordenação já existentes no organismo. O autor ainda coloca que os mecanismos hipotéticos que governam a aprendizagem são a competição e a cooperação, as quais determinam essencialmente os resultados comportamentais a qualquer ponto no tempo. Os mecanismos competitivos operam quando requerimentos extrínsecos não coincidem com um estado estável das dinâmicas do padrão corrente; no entanto, quando estes coincidem, processos cooperativos parecem dominar o processo. Para avaliar a aprendizagem, Schöner, Zanone e Kelso (1992) propõem que devem ser monitoradas as propriedades dinâmicas do padrão de coordenação, particularmente a sua estabilidade temporal. Mudanças na estabilidade podem ser um indicativo da aprendizagem, mesmo quando nenhuma mudança no desempenho pode ser detectada.

Futuros desdobramentos

Apesar de a teoria da ação ser recente, algumas críticas começam a ser colocadas, principalmente no que se refere a sua posição concernente ao processamento de informações e ao programa motor. Pesquisadores como Wulf et al.; (1999) exemplificam fenômenos da aprendizagem motora que dificilmente podem ser explicados pela teoria da ação, que nega a representação como parte integrante do comportamento motor, como, por exemplo, métodos de prática mental e de observação, manipulações da prática que resultam em reversões no desempenho entre as fases de aquisição e retenção, casos encontrados nos estudos sobre frequência de *feedback* e interferência contextual, assim como em manipulações experimentais com base na intenção dos sujeitos, caso de pesquisas sobre aprendizagem com autocontrole, estabelecimento de metas, etc.

De fato, começaram a aparecer vários estudos experimentais na teoria da ação, que envolvem fatores cognitivos como a utilização de *feedback* (SWINNEN et al., 1997; HUET et

al., 2009), a atenção (MONNO et al., 1999; WUYTS et al.; 1996), a instrução (LEE; BLANDIN; PROTEAU, 1996), assim como a identificação dos processos cognitivos relacionados com a intenção, que possuem como função a manutenção de padrões de coordenação dentro de regiões de instabilidade (BYBLOW et al., 1999; SUMMERS et al., 1998; TEMPRADO, 1999).

Há algum tempo, Summers (1998) identificou como problemática a contínua negação de alguns investigadores da teoria da ação acerca da existência de alguma forma de representação no controle de movimentos. O autor considera importante estudar a mudança, seja aprendizagem ou desenvolvimento, incorporando fatores como motivação, memória, atenção e estratégias cognitivas dentro da teoria. Também coloca que a teoria da ação ainda não fornece uma alternativa completa para substituir a abordagem cognitiva ou de processamento de informações. Segundo o autor, as duas abordagens possuem diferentes objetivos, conceitos, métodos e resultados esperados, portanto é duvidosa a possibilidade de tentar distinguir empiricamente entre as duas. Sua visão do controle motor é a de um sistema de vários níveis, que incorpora um sistema cognitivo de nível superior, responsável pelo planejamento, representação e controle estratégico da ação, e um sistema dinâmico de nível inferior, responsável pela execução do movimento (SUMMERS, 1992). A noção de controle distribuído também é enfatizada pelo autor, ao sugerir que o controle é trocado de um nível para outro, dependendo de fatores como demandas da tarefa, restrições ambientais e intenção do sujeito.

Tal noção também é bem fundamentada no estudo de Keele, Cohen e Ivry (1990), segundo cuja proposta os planos ou programas que guiam as ações podem ser considerados hierárquicos e modulares. Glencross, Whiting e Abernethy (1994) também sugerem que a aprendizagem e o controle motor envolvem um sistema de nível inferior, dirigido dinamicamente, integrado a um sistema superior organizado cognitivamente. Não existe dúvida, na visão dos autores, de que quando se fala em controle e aprendizagem motora se está lidando com processos computacionais complexos, nos quais a carga computacional coloca sérias restrições

operacionais sobre o sistema. As propriedades dinâmicas e de auto-organização inerentes ao sistema reduzem essa carga computacional, de forma que seria contraproducente considerar um sem o outro. Os autores enfatizam a necessidade de compreender as propriedades emergentes, assim como a arquitetura cognitiva do sistema como um todo, a fim de fornecer uma descrição adequada do desempenho e da aprendizagem de habilidades motoras. Mais importante ainda seria tentar compreender como esses dois níveis de organização interagem e que níveis de interação estão mais implicados nos diferentes estágios do processo de aprendizagem.

Mais recentemente, Summers e Anson (2009), ao revisarem a literatura atual sobre o conceito de programa motor, ressaltam que este se encontra bem-estabelecido. Para os autores, o programa motor alcançou um *status* de entidade fisiológica com localização específica no cérebro humano, estando envolvido diretamente na produção de muitas, se não de todas as ações habilidosas. Se por um lado o construto de uma representação central sob a ideia geral de um programa motor ainda não foi negada, por outro lado ainda não se observa uma noção de representação abstrata de modo a acomodar problemas recorrentes como o da novidade e o do armazenamento.

O modelo de processo adaptativo (TANI, 2005c) tem sido proposto como uma visão que contempla aspectos importantes das duas teorias, contribuindo, principalmente, para o entendimento do processo de aprendizagem de habilidades motoras. Como um sistema aberto, o ser humano, em constante interação com o meio ambiente, realiza uma permanente troca de matéria-energia e informação. Por estar em interação, possíveis mudanças no ambiente poderão afetar diretamente o comportamento humano, o que implica na necessidade de uma resposta adequada, ou seja, a adaptabilidade. Com base nessa premissa, não se compreende a automatização como fase final da aquisição de habilidades motoras. A automatização resulta da aquisição e manutenção de uma estrutura, o que implica diminuição do erro por meio de *feedback* negativo visando à consistência e precisão. Por se fundamentar em processos homeostáticos (redução da discrepância), teorias de aprendizagem que culminam com a

automatização podem ser caracterizadas como de equilíbrio.

No modelo de processo adaptativo, a aprendizagem é considerada contínua, com um aumento crescente de complexidade, em que duas fases são propostas: a de estabilização e a de adaptação (TANI, 1982). Na fase de estabilização ocorre um aumento da consistência devido à eliminação do erro mediante *feedback* negativo. A partir de uma inconsistência e falta de coordenação iniciais, os movimentos tornam-se, com a prática, consistentes e coordenados, atingindo uma padronização espaçotemporal. Quando há uma estabilização funcional, assume-se que uma estrutura é formada (formação de padrão).

Na fase de adaptação, o sistema se ajusta às perturbações tanto do ambiente quanto do próprio sistema. A adaptação pode ser paramétrica se utilizar da flexibilidade da estrutura, mantendo-a intacta. No caso de a perturbação ultrapassar os limites da estrutura, há a necessidade de reorganização da própria estrutura, o que poderá resultar na formação de novas estruturas em um nível superior de complexidade, denominada adaptação estrutural. Uma terceira forma de adaptação, a auto-organizacional, diz respeito à emergência de uma estrutura completamente nova diante de perturbação de grande magnitude, em que é estabelecido um padrão de interação totalmente diferente entre os componentes (TANI, 1995).

No modelo de processo adaptativo considera-se a desordem como fonte organizadora, pois a formação de novas estruturas implica uma desestabilização para posterior estabilização. Observa-se, assim, um ciclo contínuo de instabilidade-estabilidade, no qual o ser humano continua a aprender uma habilidade que já domina, em direção a estados crescentemente complexos (CATTUZZO, 2007).

Nessa perspectiva, novas questões são suscitadas, por exemplo: a) a adaptação pressupõe estabilização do sistema? ; b) a estrutura - um programa de ação - é organizada hierarquicamente? ; c) a variabilidade, um dos fatores de instabilidade, pode refletir flexibilidade do sistema? ; d) qual o tipo de prática que melhor promove a aquisição de estruturas flexíveis? ; e) seria a liberdade na

escolha de ações um importante fator na aquisição de estruturas flexíveis? ; f) fatores relacionados com a desordem, como incerteza e aleatoriedade, são fontes de ordem no processo adaptativo?

É possível que uma excessiva ênfase na consistência leve o sistema a uma organização rígida, reduzindo a sua capacidade de adaptar-se a novas situações, pois a adaptação pressupõe flexibilidade do sistema (CORRÊA; TANI, 2005; TANI, 1982, 2005c). Por outro lado, considerando que a adaptação implica a reorganização de estruturas existentes, supõe-se que não há como reorganizar uma estrutura que ainda não foi formada, isto é, a adaptação pressupõe estabilização do sistema (TANI, 1995, 2005c; UGRINOWITSCH, 2003; UGRINOWITSCH; TANI, 2005).

Uma característica marcante das habilidades motoras diz respeito à presença de consistência e flexibilidade simultaneamente (BARTLETT, 1932). Como uma representação central poderia ser organizada de forma a contemplar essas duas características aparentemente contraditórias? Uma possível proposição seria a noção de um programa de ação organizado hierarquicamente (TANI, 2000b, 2005d). Quando uma habilidade motora é aprendida, assume-se que um programa de ação é formado. Uma mesma estrutura se responsabilizaria tanto pela consistência quanto pela flexibilidade. Este programa seria organizado de forma hierárquica, com uma estrutura macro, responsável pela consistência (relacionada à ordem) e uma estrutura micro responsável pela flexibilidade (relacionada à desordem). Mas o que realmente compõe a macro e a microestrutura? A microestrutura refere-se aos componentes e a macroestrutura ao padrão que emerge a partir da interação dos componentes. Consistência diz respeito à invariância e flexibilidade àquilo que pode ser variado. Assim, os aspectos invariantes, como sequenciamento, força relativa e tempo relativo (SCHMIDT, 1977, 1982a, 1982b, 1988a; SHAPIRO; SCHMIDT, 1982), são medidas que refletiriam a macroestrutura, e os aspectos variáveis (tempo total, força total, grupamento muscular), as medidas que refletiriam a microestrutura.

Nos primeiros contatos com a habilidade a ser aprendida, tanto a macro quanto a

microestrutura apresentar-se-iam desordenadas. Com a prática, a macroestrutura tornar-se-ia ordenada, enquanto a microestrutura permaneceria desordenada, garantindo a flexibilidade que permitiria a adaptação às condições de execução. A macroestrutura emergiria a partir da interação dos componentes, e à medida que se tornasse bem-definida, passaria a restringir a microestrutura, não a controlando, mas condicionando-a (TANI, 1995, 2000b, 2005d). A microestrutura seria simultaneamente causa e efeito da macroestrutura (TANI, 2000b).

A variabilidade tem sido tradicionalmente entendida como ruído no sistema, isto é, algo que traz prejuízo para a estabilidade do sistema. No modelo do processo adaptativo, esse fator de instabilidade, considerando o estado de organização do sistema, pode ser o ponto de partida para a formação de uma nova estrutura, ou seja, a desordem organizadora (BENDA, 2001; BENDA et al., 2000; BENDA; TANI, 2005; TANI, 2000b).

A formação de estrutura na aquisição de habilidades motoras implica, evidentemente, a prática. Considerando-se que a flexibilidade é uma importante característica dessa estrutura para efeito de adaptação, fatores relacionados a desordem - como incerteza (MEIRA JÚNIOR, 2005), aleatoriedade (CORRÊA, 2001; PAROLI, 2004) e liberdade na escolha de ações (BASTOS, 2007; WALTER, 2007) - podem ser vistos, na prática, como construtivo, ou seja, como fontes de ordem.

Enfim, o modelo do processo adaptativo aponta que alguns dos pressupostos da teoria motora podem ser reinterpretados e apresentados num enfoque fundamentado em uma visão que também contempla a teoria da ação. Os desdobramentos da controversia teoria motora *versus* teoria da ação (MEIJER; ROTH, 1988) mostram a prevalência do debate entre presença/ausência de representação central, consequência das diferenças entre distintas abordagens na psicologia (cognitiva x ecológica), bem como a necessidade da adoção de *background* teórico para a compreensão de sistemas adaptativos complexos (GELL-MANN, 1997; HOLLAND, 1992, 1997). O modelo do processo adaptativo apresenta uma proposta fundamentada numa visão de sistemas

dinâmicos adaptativos, ao mesmo tempo em que incorpora a noção de representação central mais abstrata, e deste modo constitui uma alternativa a esse embate dicotômico entre teoria motora e teoria da ação.

MÉTODOS DE INVESTIGAÇÃO

Abordagem descritiva e explicativa

É amplamente reconhecido que a descrição de fenômenos é um processo fundamental em ciência, pois fornece a base para sua compreensão e explicação. Estudos descritivos são muito comuns na área de CoM. Por exemplo, em DM, a utilização desse método pode ser vista em estudos como os de Robertson (1982), Seefeldt e Haubenstriker (1982), Robertson e Konzack (2001), Oliveira (1997), Oliveira e Manoel (2002), Langendorfer (1990), Thelen (1995), Vaillancourt, Sosnoff e Newell (2004), Vaillancourt e Newell (2002, 2003), entre tantos outros. Relativamente à CM, são ilustrativos os estudos de Ajiboye e Weir (2009), Altenmuller e Jabusch (2009), Barela, Stolf e Duarte (2006), Barela e Duarte (2008), Braun et al. (2007), Burke e Barnes (2006), Busichio et al., (2004), Lamontagne, Malouin, Richards (2001), Rosecrance, Giuliani (1991), Schneck, Henderson (1990), Williams, Fisher, Tritschler (1983). Na AM exemplos de estudos podem ser vistos, por exemplo, em Schöner, Zanone e Kelso (1992), Zanone, Kelso (1991, 1997), Vereijken et al. (1992), Vereijken, Whiting e Beek, (1992), Vereijken et al. (1997), Liu, Mayer-Kress, Newell (2006), Newell, Vaillancourt (2001), Newell, Liu e Mayer-Kress (2001). Todos esses estudos procuram responder à pergunta “o que” acontece no comportamento motor em uma situação específica, sem se preocupar com o “como” nem o “porquê” desse comportamento. Nem por isso deixam de ser importantes, visto que quando não existem informações suficientes para manipular uma variável independente e buscar uma relação causal, isto é, explicação, a descrição é o procedimento recomendado.

Cumpra, por outro lado, manter-se atento para o fato de que a distinção entre descrição e explicação é tênue em se tratando de estudo do comportamento motor. Por exemplo, poder-se-ia

dizer: tudo o que tinha de ser descrito no desenvolvimento motor já o foi, agora é preciso explicar como essas mudanças ocorrem. Sem dúvida, os estudos descritivos clássicos oferecem um rico conjunto de dados que possibilitam especular acerca dos mecanismos e processos envolvidos no desenvolvimento motor, mas quando se considera que esses estudos foram conduzidos com base na hipótese maturacional (GESELL, 1929), que dava pouca importância ao contexto, pode-se questionar até que ponto essas descrições são robustas. O comportamento apresentado não é uma função do ambiente, mas se molda às suas características. Assim, variações na sequência de desenvolvimento que no passado foram atribuídas à velocidade particular da maturação podem também resultar de variações específicas do contexto em que o indivíduo age. Não se trata de abolir a ideia de sequência, mas de considerar que a sua direção e as suas fases estão condicionadas ao histórico de interações que se estabelecem em diferentes níveis (GOTTLIEB, 1992; LEWONTIN, 1997): no nível interno do indivíduo (gene-gene, gene-célula, célula-célula, célula-órgão, órgão-órgão) e no nível externo (indivíduo-indivíduo, indivíduo-grupo, grupo-grupo).

Considerando-se a infinidade de variáveis orgânicas e do contexto e, igualmente, o número astronômico de interações daí resultante, pode parecer uma tarefa quixotesca e imponderável mapear o universo de variáveis intervenientes nos processos de aprendizagem, controle e desenvolvimento motor, mas não é por isso que se deixará de realizar pesquisas.

Abordagem integrada: comportamental, neurofisiológica e biomecânica

A execução de ações motoras envolve atividades como estabelecimento de metas, tomadas de decisão, processos de organização e controle de respostas que finalmente resultam num movimento desejado. Para um melhor entendimento de todo esse processo, uma estratégia metodológica utilizada é o estudo da ação motora em diferentes níveis de análise, de forma integrada: o comportamental, o neurofisiológico e o biomecânico. Ela possibilita a compreensão do comportamento observável quanto a fatores que afetam a qualidade de sua

execução, bem como das ações elétricas que ocorrem no grupo de células, ou seja, estruturas neurais e suas interações funcionais que possibilitam o surgimento do comportamento motor e dos efeitos de variáveis físicas e mecânicas na execução de movimentos.

A abordagem integrada é uma tendência recente, mas muito forte em pesquisas de CoM, principalmente em razão dos avanços nas técnicas de observação e análise em Neurociência e na instrumentação em Biomecânica. Em CM, trabalhos como o de Cauraugh, Summers (2005), Decety, Ingvar (1990), Hiraga et al., (2009), Kagerer et al., (2003), Meesen et al., (2006) e Vasil'eva (2007) podem ser vistos como ilustrativos dessa tendência, da mesma forma como os trabalhos de Carey, Bhatt e Nagpal (2005), Ljubisavljevic (2006), Luu, Tucker e Stripling (2007), Mitra et al., (2005), Schiltz et al., (2001), Shepherd (2001), Sidorov (1991), Vasil'eva (2007), Walker et al.; (2002) em AM. Em DM, exemplos ilustrativos de trabalhos que utilizaram essa abordagem metodológica são os de Frolov et al., (1991), Fujiyama, (2009), Piek, Gasson e Summers (2008), Walker et al.; (2003), entre outros.

De posse dos dados obtidos mediante o uso dessa análise integrada em diferentes níveis e, conseqüentemente, com a utilização de diferentes instrumentos de análise, o desafio que se coloca é como utilizá-los para responder à pergunta do estudo mantendo-se a coerência interna com o referencial teórico utilizado. Os estudos realizados na abordagem dinâmica utilizam ferramentas estatísticas não lineares, como a *Approximate Entropy*, a *Relative Phase* e a *Cross-Correlation* (STERGIOU, 2004). Exemplos de estudos que utilizaram a *Approximate Entropy* são os de Slifkin e Newell (1998, 1999). Eles buscaram investigar a estrutura da variabilidade no comportamento, e para isso utilizaram uma tarefa de força isométrica, pois para o cálculo dessa medida é necessário um grande número de observações.

A *Relative Phase* é um instrumento muito utilizado na Teoria da Ação, pois permite investigar mudanças de estados e os fatores que podem influenciá-los. Por exemplo, o estudo de Haken, Kelso e Bunz (1985) foi um dos pioneiros que impulsionaram a abordagem dinâmica. Estudos de Wallenstein e Kelso

(1995) e de Ruggy, Reik e Carson (2006) são outros exemplos. A *Cross Correlation* é um método que avalia com que grau de similaridade duas séries de valores podem ser quantificadas. Exemplos podem ser identificados no estudo de Holdefer e Miller (2009), que calculou a similaridade entre a descarga e a atividade muscular pelo cálculo entre a taxa de descarga e a EMG corrigida. Outro exemplo é o estudo de Alibiglou et al. (2009), o qual, a partir do conhecimento de que o estado sensorio-motor de um membro pode influenciar o outro, investigou a contribuição do padrão intermembros para modificar os padrões de ativação muscular em relação às fases.

Abordagem centrada no processo e no produto

A abordagem centrada no processo e no produto se apresenta de forma peculiar em cada campo de investigação. Em DM, a abordagem centrada no produto refere-se, por exemplo, à análise das características do estágio alcançado (padrão maduro) numa determinada habilidade, e também dos resultados do desempenho motor (RARICK, 1982) - por exemplo, os ganhos na velocidade de corrida, na distância com que uma bola é arremessada, na altura obtida num salto, na precisão (acertos e erros ou magnitude do erro) de um arremesso ao alvo.

A abordagem centrada no processo implica o estudo das mudanças nos estágios de desenvolvimento dessa habilidade desde o inicial até o maduro. Podem-se citar como exemplo as mudanças no padrão de movimento (RARICK, 1982), como aquelas que ocorrem nos componentes do arremessar: preparação para o arremesso, ação do úmero, ação do antebraço, ação do tronco e ação dos pés (ROBERTON, 1982). Esse tipo de descrição é denominado de qualitativo e pode ser complementado, ou mesmo ampliado, com o registro de variáveis cinemáticas como velocidade angular do punho durante o arremesso, trajetória espaçotemporal de articulação do punho, ombro e quadril, entre outras (OLIVEIRA; MANOEL, 2002).

Na abordagem orientada ao produto em DM o que importa é o tipo de pergunta: "O que está mudando?" e "Quando está mudando?". Connolly (1970) afirma que essas questões foram as que mais preocuparam os

pesquisadores no período de 1930 a 1960. Esse autor vai além e aponta que a questão “como ocorre a mudança?” deveria ser central no estudo do desenvolvimento motor. Um estudo que buscasse responder à questão “como” caracterizaria uma abordagem orientada ao processo e possibilitaria uma explicação do desenvolvimento.

Em AM, por sua vez, a abordagem centrada no produto implica a análise das características do comportamento habilidoso (produto final) e a abordagem centrada no processo, a análise do processo de aquisição da habilidade, desde o iniciante até o habilidoso. Evidentemente, do ponto de vista metodológico, a abordagem centrada no processo demanda uma análise mais demorada e um tratamento de dados muito mais numerosos. É por esse motivo que muitos estudos buscam compreender o processo mediante a análise do produto acabado. São estudos que analisam o produto final da aprendizagem, ou seja, um comportamento altamente habilidoso, e a partir daí pretendem inferir o processo de aquisição. Apesar de o uso dessa abordagem ser inevitável em determinadas circunstâncias, é importante reconhecer que os resultados obtidos necessitam ser analisados com o devido cuidado, especialmente no que se refere a sua generalização numa situação real, visto que a aplicação dos conhecimentos produzidos mediante esse processo não possibilita a reprodução do produto. A título de ilustração, a eventual análise das habilidades de Pelé não produziriam conhecimentos que, ao serem aplicados, possibilitassem a reprodução de novos “Pelés”. O estudo do processo pelo qual Pelé foi adquirindo e aperfeiçoando suas habilidades certamente produziria conhecimentos mais ricos para essa finalidade.

Por fim, em CM, a abordagem centrada no produto implica a análise do comportamento observável (movimento), enquanto a abordagem centrada no processo procura estudar os processos internos responsáveis pela produção desse movimento. Na realidade, o comportamento motor humano envolve uma ação efetora que resulta num deslocamento do corpo ou dos membros num determinado padrão espacial e temporal (movimento), portanto é algo observável e mensurável; mas, essa ação efetora nada mais é do que um produto final de

todo um processo interno que ocorre no SNC. O processo interno, por não ser diretamente observável, é frequentemente desconsiderado ou negligenciado, dando origem a visões distorcidas e parciais do comportamento motor humano.

Abordagem transversal e longitudinal

Como estudos em DM envolvem investigar as mudanças no comportamento ao longo do tempo, dois delineamentos de pesquisa têm sido utilizados: a) estudos longitudinais, em que o mesmo sujeito é acompanhado e avaliado em diferentes momentos; b) estudos transversais, em que diferentes sujeitos de diferentes faixas etárias são avaliados em um mesmo momento (THOMAS; NELSON; SILVERMAN, 2005). Se por um lado, em estudos longitudinais há maior fidedignidade, menor efeito de diferenças individuais e características que envolvem o contexto de cada sujeito voluntário, por outro lado, em estudos transversais, o estudo pode ser concluído mais rapidamente, com menor risco de perda amostral. Uma opção entre eles dependerá fundamentalmente do problema que se queira investigar, considerando-se as vantagens e desvantagens anteriormente apresentadas; porém um estudo longitudinal, apesar de mais trabalhoso, permite mais confiabilidade.

Essa dicotomia entre estudos longitudinais e transversais não é exclusiva do DM. Ela se encontra em diversos temas de estudo do desenvolvimento humano, tais como inteligência e funções mentais em adultos e crianças, doenças cardíacas e lesões cerebrais, e comportamento psicossocial (RICE, 1995). Em DM, vários estudos foram conduzidos com o objetivo de verificar as mudanças em crescimento físico e alguns deles com foco nos padrões fundamentais de movimento (GALLAHUE; OZMUN, 1998). Apesar de exigir uma decisão do pesquisador, há ainda uma terceira possibilidade de delineamento, a translongitudinal, em que o acompanhamento de um sujeito não envolve um longo período de tempo, mas algum período de tempo com outros sujeitos de outras faixas etárias que também são acompanhados. Esse delineamento minimiza o custo de tempo presente em estudos

longitudinais, como também minimiza os efeitos das diferenças individuais.

Abordagem centrada no grupo e no indivíduo

Estudos em CoM podem seguir duas abordagens: a centrada no grupo e a centrada no indivíduo. A abordagem centrada no indivíduo teve sua origem em meados dos anos 1800, nos estudos em Psicologia, Fisiologia e Psiquiatria (STERGIOU, 2004), com o seu ponto forte nos estudos de aprendizagem realizados por Pavlov (1928). Nessa abordagem são feitas diversas medições, que podem ser resultantes de diferentes condições experimentais. Quando os estudos são replicados fornecem dicas para a formulação de afirmações generalizáveis. Foi em virtude desse tipo de estudo que Pearson desenvolveu a ideia de correlação. Essa abordagem propõe que, ao invés de testar dez pessoas 100 vezes, é possível testar uma única pessoa mil vezes. Em outras palavras, ela enfatiza a necessidade de utilizar medidas repetidas. Posteriormente, Skinner (1966) enfatizou a necessidade de utilizar uma abordagem centrada no grupo e buscar uma distribuição normal agrupada ao redor de uma média (STERGIOU, 2004). Um ponto forte dessa abordagem é que a variabilidade entre indivíduos ou o erro pode ser dispersa se o grupo observado for grande o suficiente.

Essas diferentes abordagens têm implicações diretas na robustez dos resultados obtidos, assim como na qualidade e pertinência das questões formuladas e dos procedimentos metodológicos adotados para resolvê-las (GODINHO et al., 2000). A questão da abordagem centrada no grupo e no indivíduo insere-se na temática de um aspecto metodológico crucial que afeta diretamente a validade dos resultados: a característica da amostra. Esse assunto é de grande importância, porque está inserido num valor científico básico, qual seja, o da generalização. A título de exemplo, é possível obter resultados divergentes de dois estudos com procedimentos idênticos, mas com dimensões amostrais diferentes. Assim, fica claro que a questão da constituição da amostra é um ponto importante a ser considerado na definição metodológica de qualquer trabalho.

Particularmente na área do CoM, tanto a seleção como a dimensão da amostra são pontos de preocupação dos pesquisadores. Normalmente, estudos de CM contam com a participação de poucos sujeitos, porém empregam instrumentação sofisticada, que exige muito esforço de análise de captação, filtragem e organização de dados. As medidas (geralmente é utilizado um conjunto de variáveis) tendem a ser de processo e de captação “*on line*”, o que justifica amostras pequenas. Outro fator que justifica a utilização de um número amostral pequeno é a fidedignidade das variáveis dependentes utilizadas. Uma característica, nos estudos de CM, é a facilidade de se obter amostra, pois os sujeitos podem participar de diferentes experimentos, visto que o que se busca é entender o efeito de diferentes variáveis em uma tarefa específica ou ainda como acontece o controle de ações motoras em diferentes tarefas.

O sujeito da pesquisa de CM tende a comparecer apenas uma vez no ambiente de coleta e permanece lá por muito tempo. Estudos que investigam mudanças ao longo do tempo (aprendizagem motora e desenvolvimento motor), por sua vez, empregam intervalos entre as medições - na maior parte das vezes com medidas de produto - e tendem a possuir amostras maiores. Outro fator que exige um número amostral maior é que existem estudos conduzidos com habilidades do dia-a-dia, os quais revelam uma maior dificuldade de utilizar medidas com fidedignidade similar àquelas utilizadas em laboratório. Outro ponto é que, salvo raras exceções, o sujeito da pesquisa em AM e DM comparece ao ambiente de coleta várias vezes, porque entre as medições existem períodos de não prática - por exemplo, entre o final da fase de aquisição e os testes de retenção e transferência. Pode-se dizer que a pesquisa de CM tende a ser mais centrada no indivíduo e a pesquisa de AM e DM mais centrada no grupo, embora ambas valorizem a generalização, objetivando a criação de valores de referência da amostra para a população escolhida.

Outra diferença entre os campos de investigação é que as pesquisas em CoM raramente lançam mão de procedimento de seleção aleatória da amostra. Thomas, Nelson e Silverman (2005) ilustram bem esse problema

afirmando que “às vezes é um milagre ter um voluntário!”, e complementam que é necessário que a amostra seja boa o suficiente para os objetivos da pesquisa. Na maior parte das vezes, o pesquisador justifica *post hoc* que a amostra representa algum grupo maior. Esse é um procedimento aceitável, mas não é equivalente à seleção aleatória, que permite a suposição de que a amostra não difere da população nas variáveis analisadas e em outras variáveis não analisadas que podem interferir nos resultados. O importante é ter um princípio de amostragem com boa base teórica, que permitirá minimamente generalizações para a população da qual a amostra foi retirada. A declaração conclusiva mais provável acerca dos resultados nesse caso é afirmar que os achados são “plausíveis” na população.

Ainda quanto à seleção da amostra, Barreiros, Carita e Godinho (2001) reforçam a ideia de que a sua escolha tem enorme importância e deve merecer atenção cuidadosa e criteriosa em estudos de CoM, especialmente de AM. Eles colocam em cheque a integridade dos resultados quando os indivíduos da pesquisa carregam experiências que podem enviesar o percurso individual e dos grupos experimentais. Sugerem, por isso, o controle desses aspectos, uma vez que nem todos aprendem da mesma maneira. Eles também chamam a atenção para o cuidado com o nível inicial de desempenho na tarefa, que pode ser uma variável interveniente importante. Os pesquisadores resolvem esse problema com a homogeneização dos grupos experimentais com base em valores de tendência central, igualdade de variâncias ou resultados de pré-testes. O encaminhamento sugerido pelos autores acerca dessa temática envolve contemplar a diferenciação inicial entre indivíduos e entre grupos com soluções experimentais e estatísticas que incorporem a diferença e centrar a análise não no percurso dos grupos, mas nos percursos individuais dos aprendizes.

Tal encaminhamento traz à tona a discussão sobre as técnicas estatísticas que refletem abordagens centradas no indivíduo e no grupo. A Estatística tem sido uma área que tenta acomodar em seu seio técnicas centradas no indivíduo. As análises de variância, campeãs de popularidade na ciência e na área de CoM em

particular, desprezam as diferenças individuais, uma vez que exigem requisitos básicos centrados no grupo, tais como, a eliminação de “*outliers*” (indivíduo que se afasta significativamente da média do grupo), a igualdade de variâncias e a normalidade da distribuição dos dados.

Por outro lado, novas técnicas estatísticas centradas no percurso individual têm sido utilizadas. Por exemplo, Maia et al., (2007) sugerem que as análises devem ir mais longe do que a simples análise de médias, e propõe a utilização de técnicas de *tracking*, que permitem um escrutínio da estabilidade e da mudança em dados longitudinais e podem ser uma alternativa para a análise conjunta do grupo e do indivíduo. *Tracking* é um termo genérico que pretende descrever um padrão regular de mudança num conjunto de padrões que se alteram no tempo; a ideia genérica de seu conteúdo é a tendência de um indivíduo ou conjunto de indivíduos a permanecer num determinado curso ou canal de mudança, o que reflete estabilidade no seu padrão de mudança.

O estudo do *tracking* é relevante, na medida em que permite atribuir significado àquilo que é ou não estável nos indivíduos em função do tempo - no caso da AM e do DM, em razão das medidas repetidas (tentativas) ao longo do tempo. Vale ressaltar que estabilidade não significa ausência de mudança, salvo quando o valor das médias ou os valores de cada sujeito não se alteram significativamente no tempo. Em AM, o *tracking* pode ser utilizado para verificar a magnitude e o padrão de resposta de grupos de indivíduos submetidos a tratamentos distintos ou avaliar condições distintas de aquisição em testes de retenção e transferência. A análise do *tracking* é normalmente centrada na definição da posição relativa dos indivíduos, baseada no cálculo do K de Cohen, que leva em consideração medidas de posição. O principal conceito subjacente à análise é o de canalização, que ocorre quando as medidas repetidas no tempo de uma variável (por exemplo, o erro) de um dado indivíduo permanecem entre um par de percentis adjacentes (por exemplo, P1-P33; P33-P66; P66-P100), ou não se desviam mais do que um determinado centil maior para o canal contíguo. A mudança de canal de desempenho acontece sempre que a alteração das medidas

repetidas no tempo implique uma transição para canais não adjacentes - por exemplo, passar do canal P1-P33 para o canal P33-P66. O K de Cohen estipula a presença de *tracking* se os indivíduos tenderem a permanecer no mesmo canal (*track*) da distribuição. O valor do K é diretamente proporcional ao número de vezes em que o valor de desempenho permanece no canal. Como se trata de uma estatística não paramétrica, não há qualquer exigência acerca da normalidade da distribuição. Os valores de K têm as seguintes interpretações: $K \geq 0,75$: excelente; $0,75 < K \leq 0,40$: de moderado a bom; $K < 0,40$: ruim (MAIA et al., 2002).

Denomina-se de normativa a orientação voltada ao indivíduo médio. Essa orientação reforça os pressupostos da ciência clássica, porque visa à formulação de normas gerais, enfatizando a generalidade e a abstração. Uma alternativa a essa orientação é a voltada ao indivíduo particular, denominada diferencial, centrada nas diferenças individuais. Se pensarmos que a *performance* motora é o resultado de uma complexa relação entre muitas variáveis influenciadas por diferenças individuais, que variam de pessoa para pessoa, fica fácil optar por essa orientação mais individual. Hoje em dia há uma forte tendência de voltar a atenção às necessidades do indivíduo. Em ciência, o cerne dos estudos em diferenças individuais é o estudo da variância e de como são evidentes as diferenças entre os indivíduos; mas isso não exclui o registro das tendências centrais, porque talvez a principal questão em diferenças individuais seja a confrontação das diferenças entre indivíduos com as diferenças que os indivíduos manifestam ao longo do tempo ou em situações diferentes (GODINHO, 2004; KERLINGER, 1980).

Segundo Kerlinger (1980), na ciência clássica, grupal por natureza, há falta de preocupação com o indivíduo. A formalidade de uma equação, por exemplo, não considera a individualidade dos sujeitos da pesquisa, pois é uma expressão média, uma abstração dos dados originais, de cada indivíduo. O autor ilustra o problema com duas abordagens: a nomotética e a ideográfica. Em poucas palavras, a primeira estabelece leis universais e a segunda descreve individualmente. Embora não seja consenso, Kerlinger (1980) afirma que as ciências

comportamentais são geralmente nomotéticas e as ciências clínicas são ideográficas. Para profissionais que trabalham na linha predominantemente ideográfica, o interesse na ciência está em como ela pode ajudá-los nas intervenções junto aos indivíduos. Isso por vezes ocorre em AM, CM e DM, mas a grande maioria dos pesquisadores procura leis que expliquem o comportamento motor. O indivíduo é considerado apenas como um exemplo da expressão de uma teoria. Talvez uma saída para acomodar as ideias de Kerlinger (1980) seria combinar as duas abordagens para que o paradoxo indivíduo-grupo possa ser superado. Por exemplo, na área de CoM, as curvas de desempenho individuais e de grupos poderiam cumprir essa função. Curvas de desempenho são representações gráficas dos níveis de desempenho motor ao longo do tempo, e têm-se constituído como meios de organização de dados bastante populares na análise do processo de aprendizagem motora. Elas são originárias de valores registrados em todas as tentativas e traçadas a partir de médias ou a partir de valores absolutos obtidos em tentativas consecutivas ou blocos consecutivos de tentativas. Assim, as curvas podem ser usadas para ilustrar a evolução de um indivíduo ou de grupos de indivíduos: as curvas individuais mostram irregularidades, períodos de estabilidade e deterioração da resposta; as curvas de grupos atenuam e mascaram as variações individuais, mas representam bem o comportamento das médias de grupos experimentais (GODINHO; BARREIROS; CORREIA, 1997; MAGILL, 2000).

INSTRUMENTOS DE ANÁLISE

Os movimentos podem ser medidos e analisados de diferentes formas. Uma das mais comuns em CoM é a quantificação da extensão em que um dado movimento alcançou o objetivo pretendido (SCHMIDT, 1999) - por exemplo, se o movimento teve sucesso em acertar um alvo ou se ele foi realizado no tempo correto. Essas medidas estão geralmente relacionadas a alguma meta a ser alcançada no meio ambiente externo ou ao padrão de movimento.

A análise do padrão de movimento envolve variáveis como velocidade, deslocamento,

ângulo e aceleração, e a do resultado do movimento no meio ambiente inclui, por exemplo, número de erros, número de tentativas bem-sucedidas, tempo para realizar um movimento completo, tempo dentro ou fora do alvo, distância percorrida, entre outras.

Com a intensificação da interação com a Biomecânica, o estudo de habilidades motoras tem sido facilitado pela utilização de técnicas de análise de movimento que permitem investigar a relação entre o padrão de movimento e o desempenho, a emergência de padrões motores e as estratégias de controle utilizadas durante a execução de ações habilidosas.

Análise descritiva dos padrões de movimento

A análise descritiva dos padrões de movimento, quando relacionada mais especificamente ao estudo do desenvolvimento motor, tem suas origens nos trabalhos de Robertson (1982) e também na proposta de Gallahue (1982) de criar uma forma de ajudar os professores de Educação Física a avaliarem o nível de desenvolvimento motor dos alunos. Nessas análises, a avaliação é feita mediante uma lista de checagem em que o observador relaciona o movimento executado a critérios de desempenho, sendo a moda do comportamento observado usado como o nível de desenvolvimento dos avaliados.

Apesar de a lista de checagem proposta por Gallahue (1982) não ter sido concebida para finalidade de pesquisa, ela passou a ser utilizada também para esse fim. Alguns exemplos podem ser encontrados na investigação do nível de desenvolvimento de habilidades fundamentais de crianças (FERREIRA et al., 2006). Posteriormente, passou também a ser utilizada em pesquisas de aprendizagem motora, em que são eleitos *experts* na tarefa a ser estudada e uma lista de checagem é elaborada. Essa lista é validada (MEIRA JÚNIOR, 2003) e usada para verificar as mudanças no padrão de movimento ocorridas durante o processo de aprendizagem. A análise do padrão de movimento constitui, muitas vezes, uma importante medida complementar às medidas de desempenho (BRUZI et al., 2006).

Não obstante, têm sido apontadas algumas limitações em relação a esses procedimentos e técnicas de análise qualitativa. Essa forma de

avaliação qualitativa do padrão de movimento é feita por categorização e exige a utilização de estatística não paramétrica. Tais procedimentos podem dificultar a detecção das diferenças. Além disso, garantir a objetividade e fidedignidade das medidas, mesmo quando é tomado todo o cuidado no controle intra e interavaliadores proposto por Thomas, Nelson e Silverman (2005), não tem sido uma tarefa simples. Esses questionamentos levaram à busca de novos instrumentos que permitissem a avaliação do padrão de movimento de forma quantitativa. Atualmente se emprega uma ampla gama de instrumentos de análise biomecânica, a fim de estudar variados aspectos dos padrões de movimento, entre os quais podemos citar o Optotreck, Simi-Motion, dentre outros.

Análise comportamental do resultado do movimento

A análise comportamental dos resultados do movimento inclui como variável dependente, por exemplo, o número de erros ou o número de tentativas bem-sucedidas de realizar um movimento, o tempo para completar um movimento, o tempo dentro ou fora do alvo, a distância percorrida, o número de acertos, entre outras.

As medidas mais utilizadas são os erros absoluto, constante e variável (SCHMIDT, 1999). O erro absoluto refere-se a uma medida da precisão global no desempenho, ou seja, ao desvio ou à diferença entre o resultado alcançado na execução de cada tentativa em relação ao objetivo buscado, sem considerar a direção do erro. O erro constante diz respeito ao mesmo valor do erro absoluto, porém nele considera-se a direção do erro, ou seja, ele mede a tendência do erro para uma ou outra direção. Já o erro variável mede a inconsistência do desempenho, ou seja, a dispersão de cada execução em relação à meta da tarefa. Nos experimentos, os resultados são analisados normalmente em blocos de tentativas, os quais podem variar, por exemplo, em três, cinco, dez ou mesmo 15 tentativas. Isso significa que cada medida apresentada é a média do erro absoluto, constante ou variável daquele bloco de tentativas realizado.

A utilização da média, bem como do número de tentativas por bloco, varia entre os diferentes

campos do CoM. Por exemplo, um estudo de CM que investiga a lateralidade utiliza poucas tentativas e, em alguns casos, pode até ser feita a análise tentativa a tentativa. Por outro lado, existem estudos com maior número de tentativas (particularmente em AM), em que uma análise tentativa a tentativa inviabilizaria detectar qualquer diferença, porque o número de graus de liberdade do teste estatístico subiria enormemente.

Outras variáveis dependentes de desempenho também podem ser utilizadas, as quais são específicas à tarefa utilizada. Por exemplo, em uma tarefa de lançamento a um alvo, não somente a pontuação atingida no alvo serve de variável dependente, mas também a distância de cada lançamento em relação ao centro do alvo também pode ser uma medida de desempenho (MARINHO, 2009). Contudo, apesar de nos permitir fazer inferências sobre o controle da ação motora, ou ainda das mudanças decorrentes da aprendizagem ou do desenvolvimento, a análise do desempenho não fornece informações sobre o padrão de movimento em si executado para atingir a meta estabelecida. Para responder essa questão, técnicas de análise de movimento utilizadas nos estudos de Biomecânica passaram a fazer parte de muitos estudos em CoM.

Análise cinemática do movimento

A cinemática consiste na análise de parâmetros que descrevem as variações de posição de um objeto (deslocamento), sua velocidade e as variações na sua velocidade (aceleração), sem levar em conta a força ou a massa (MAGILL, 2000). Na análise cinemática do movimento humano, a medida de deslocamento consiste na posição espacial de um membro ou articulação durante o intervalo de tempo do movimento. A medida de velocidade se refere à taxa de variação da posição do membro em função do tempo, ou seja, à rapidez com que essa posição varia. Já a aceleração descreve a variação da velocidade durante o movimento.

Essas medidas são obtidas, principalmente, por meio de gravações de imagens do movimento, as quais são analisadas em momento posterior. Normalmente, segmentos corporais são marcados por placas refletoras

especiais, LEDs ou mesmo fita adesiva, a fim de analisar e calcular as medidas cinemáticas.

De acordo com Amadio e Serrão (2007), a partir das variáveis trajetória e decurso de tempo gasto para executar o movimento, observam-se indicadores cinemáticos de importância estrutural para a avaliação do rendimento esportivo, como, por exemplo, variações lineares e angulares de posição, velocidades lineares e angulares, velocidade do centro de gravidade, dos segmentos e das articulações, determinação das variações da aceleração do movimento, tempo de reação e tempo de movimento, entre outras variáveis a serem selecionadas conforme os propósitos da análise e as necessidades indicadas.

Outros equipamentos utilizados para a análise cinemática são, por exemplo, os goniômetros, os velocímetros e os acelerômetros, cujas vantagens consistem na disponibilidade quase simultânea e direta dos resultados de medição. Esses métodos podem ser aplicados, portanto, durante o treinamento técnico baseado no princípio de informação objetiva complementar, que viabiliza um *feedback* simultâneo na aprendizagem e no aperfeiçoamento da técnica de movimento.

Estudos recentes têm utilizado métodos de análise cinemática em suas observações de movimento, na maioria das vezes em conjunto com outros tipos de análise. Stoquart, Detrembleur e Lejeune (2008) estudaram o padrão da marcha em esteira com o objetivo de fornecer valores cinéticos, cinemáticos, e eletromiográficos referentes à marcha estendida em esteira, com múltiplos passos, mediante gravação constante do movimento em sujeitos jovens saudáveis. O estudo forneceu valores de referência no andar normal e patológico em esteira, o que proporciona comparações minuciosas entre sujeitos.

Mais especificamente relacionado à aprendizagem motora, o estudo de Vereijken et al.; (1992) foi um dos primeiros a utilizar a análise cinemática com o objetivo de demonstrar as modificações no controle dos graus de liberdade (BERNSTEIN, 1967) do movimento de “slalom” do esqui. Os autores analisaram a amplitude e a frequência dos movimentos da plataforma, além de relações tridimensionais entre os ângulos corporais (articulações),

utilizando análises ângulo-ângulo. A partir desse estudo, um número cada vez maior de pesquisas tem sido realizado com o uso dessa análise, sendo um exemplo típico aquela realizada por Konczak, Vander Velden e Jaeger (2009) sobre a aprendizagem motora relacionada a tocar violino.

Essas análises cinemáticas envolvem um sofisticado instrumental tecnológico, que inclui câmeras de alta velocidade (no geral, pelo menos 200Hz) e diversos programas computacionais. Tais aparatos possibilitam entender melhor como as variáveis cinemáticas mudam após um período de prática (SHEMMELL et al., 2005), ou ainda como a manipulação de alguma variável (ex. distância a que uma bola deve ser rebatida) influencia as variáveis cinemáticas (CALJOUW; VAN DER KAMP; SAVELSBERGH, 2006). Outros estudos ainda verificam como a variabilidade de medidas cinemáticas (ex. velocidade do quadril, da perna, do pé), ou ainda a relação entre os ângulos de duas articulações, mudam ao longo do processo de aprendizagem, quando é utilizada, por exemplo, a tarefa de chutar uma bola de futebol (CHOW et al., 2007). As variáveis dependentes obtidas são utilizadas para avaliar mudanças ou formas de controle do movimento, tanto para inferir uma estrutura interna que controla a ação como para mostrar que o controle é dinâmico e não existe uma representação mental para controlar as ações realizadas.

Análise cinética do movimento

O estudo das forças aplicadas ao movimento é chamado de análise cinética ou dinâmica (AMADIO; SERRÃO, 2007). A cinética trata a força como causa do movimento, enquanto a cinemática descreve os movimentos sem se preocupar com suas causas (MAGILL, 2000).

No estudo do desempenho de habilidades motoras destacam-se a força de reação do solo, as forças de reação das articulações, força muscular, resistência viscosa, força elástica e força inercial, além das rotações de segmentos do corpo em torno dos eixos das articulações (MAGILL, 2000).

A medição é normalmente realizada por plataformas de força, as quais fornecem a força de reação do solo na superfície de contato

durante a fase de apoio do movimento, considerando-se a sua ação tridimensional (componente vertical, anteroposterior e médio-lateral). Mais especificamente, a plataforma quantifica a variação dinâmica da força de reação do solo durante a fase de contato entre corpos, na qual ocorre a transferência dessas forças externas para o corpo, determinando alterações nas condições do movimento. Por meio dessas medidas, parâmetros são gerados e assumem a indicação do controle e coordenação de movimento, equilíbrio, etc.

Ainda, a interpretação das componentes ortogonais da força permite o entendimento das condições do movimento estudado, que respondem por funções de transferência de forças às estruturas do aparelho locomotor, técnicas de estabilidade do apoio, ou ainda alterações no padrão técnico que identificam possíveis disfunções no comportamento motor durante a fase de contato do pé com o solo (AMADIO; SERRÃO, 2007).

Estudos recentes utilizam medidas cinéticas para investigar diferentes fatores. Alguns exemplos são a investigação de como ocorre a adaptação a perturbações no movimento de tração do tronco quando existe o aumento da resistência (VAN DER BURG et al.; 2005), os efeitos da magnitude e posição da adição de massa na dinâmica da extensão da perna (VAN SOEST; PEPPER; SELLES, 2004a), na coordenação entre membros (VAN SOEST; PEPPER; SELLES, 2004b) e no controle postural (GODOI; BARELA, 2008).

Também existem estudos que combinam as variáveis de desempenho, cinemáticas e cinéticas. Esses estudos são importantes por terem diferentes níveis de análise, o que pode ser assumido como o princípio da complementaridade nas medidas, que fornece maiores informações sobre a organização da ação. Um exemplo dessa classe de estudos é o de Timmann et al. (2006), que investigou como a informação sobre uma perturbação externa em um momento próximo influencia a cinemática e as respostas musculares em uma tarefa de preensão.

Outras análises

Entre outras medidas encontradas nos estudos em CoM é possível citar a

eletromiografia (EMG), a análise de imagem cerebral e a eletroencefalografia (EEG). A EMG tem sido utilizada, por exemplo, para detectar fatores que estão relacionados à variabilidade na produção de força (TRACY; MEHOUDAR; ORTEGA, 2007), o comportamento da variabilidade ou ainda as estratégias utilizadas para manter o equilíbrio (BARELA et al. 2009). As medidas de EEG são utilizadas para explicar qual área e qual tipo de onda cerebral são responsáveis pela execução de diferentes tarefas. Em outras palavras, existe uma aproximação cada vez maior entre os estudos de CoM, Neurofisiologia e Biomecânica na busca de explicações sobre os processos subjacentes à aquisição e controle das ações motoras.

CONTROLE MOTOR: DESAFIOS E PERSPECTIVAS

Os estudos sobre o controle motor humano ganharam força após o artigo de Pew (1970), que mostrou a importância de conhecer os processos subjacentes à execução de ações motoras. Desde então têm recebido atenção cada vez maior dos pesquisadores em CoM, tendo, em determinado momento, inibido as pesquisas em outros campos de investigação, especialmente em AM. Atualmente, os estudos são realizados numa perspectiva eminentemente interdisciplinar. Em recente congresso organizado pela Sociedade Internacional de Controle Motor (*Progress in Motor Control VII* – Marseille, França), a própria Sociedade procurou localizar o Controle Motor na interface da Neurociência, Cinesiologia, Neurofisiologia, Psicologia, Biomecânica, Ciências Clínicas e Robótica.

Como campo de investigação, o CM está preocupado em compreender como os movimentos são coordenados e regulados e quais as estruturas neurais responsáveis por esses mecanismos e processos (TANI, 2005b). Para Fischman (2007), os estudos em CM têm ênfase nas estruturas e funções do sistema neuromotor, tais como o sistema nervoso central e periférico, proprioceptores, entre outros. Ainda, CM pode ser visto como o estudo da postura e do movimento, e dos mecanismos que os envolvem (ROSE, 1997). Para atingir esses objetivos, os estudos devem responder a três

perguntas fundamentais (LATASH, 1993): a) quais são as variáveis usadas pelo sistema nervoso central para controlar os movimentos voluntários; b) como essas variáveis interagem com os reflexos musculares; e c) como essas variáveis são traduzidas em padrões motores periféricos.

A elucidação desses mecanismos é importante não apenas para CM em si, mas também para a AM, visto que, em última análise, o que muda com a aprendizagem motora é a forma de controlar os movimentos. As teorias de aprendizagem motora são usualmente construídas com base em teorias de controle motor (SCHMIDT; FITZPATRICK, 1996).

A ideia de uma estrutura interna responsável pelo controle de movimentos (uma espécie de programa) teve início com Lashley (1951) na discussão do problema da ordem seriada (*serial order*) na execução de ações motoras. No entanto, a teorização sobre uma forma de controle central na execução de ações motoras ganhou força de fato com a proposição do conceito de programa motor feita por Keele (1968), e posteriormente, de programa motor generalizado, feita por Schmidt (1975), como já foi mencionado. Por longo tempo, esses conceitos dominaram a agenda de discussões em CM, mas o resgate do questionamento de Bernstein (1967) sobre “como é possível controlar centralmente todos dos graus de liberdade do corpo, considerando ainda a variabilidade existente no contexto e no sistema neuromotor?” e a proposição de Gibson (1966) de que não é necessário um controle central, pois as informações necessárias para executar as ações já estão disponíveis no ambiente, introduziram uma nova abordagem em CM, particularmente a partir do texto seminal de Turvey (1977). Com isso, iniciou-se o embate acerca da existência e necessidade ou não de uma representação central para controlar ações motoras que ficou mais conhecido como a controvérsia entre a Teoria Motora e a Teoria da Ação (ABERNETHY; SPARROW, 1992; MEIJER; ROTH, 1988).

Nesses quase 20 anos que se passaram desde a instalação da controvérsia, novos métodos de investigação foram propostos, utilizando-se de ferramentas da Física e da Matemática como também das Neurociências, e o panorama atual é

bastante promissor para o surgimento de novas ideias. Em uma análise das direções assumidas pelos representantes da Teoria Motora e Teoria da Ação, Turvey e Fonseca (2008) avaliam que há atualmente quatro diferentes linhas de pensamento que explicam como um movimento é controlado.

Na primeira linha, originária no século XIX, é feita uma analogia humana entre o sistema executivo, que funcionaria como uma biblioteca das ações motoras, com controles precisos sobre todas as possibilidades de unidades fisiológicas que poderiam ser realizadas. Essa linha é inspirada na neuroanatomia.

Na segunda há um acoplamento entre a computação de Turing e a mecânica newtoniana, na qual o envolvimento explícito da computação de Turing *top-down* diminui, o mesmo acontecendo com o explícito envolvimento dos mecanismos newtonianos *bottom-up*. Essa linha é inspirada na robótica.

Na terceira linha há uma influência mútua de três sistemas dinâmicos: o sistema nervoso, o corpo e o ambiente, que descentraliza a responsabilidade pelo controle da ação. A personificação do sistema nervoso é feita explicitamente (dinâmica neural-corpo), como mutualismo do sistema nervoso (dinâmica neural-ambiente) e corpo (dinâmica corpo-ambiente) no ambiente da tarefa. Essa linha é inspirada na auto-organização.

Na quarta linha há uma distribuição sobre o sistema animal-ambiente, e não algo especificamente no animal ou no ambiente, no qual ambos, animal e ambiente, são coparticipantes. Os movimentos executados são intrinsecamente funcionais, e não intrinsecamente mecânicos e somente extrinsecamente ou secundariamente funcionais. Em outras palavras, os movimentos e posturas são controlados e coordenados para ações específicas baseadas na percepção das *affordances*. Essa linha é inspirada nas realidades ecológicas.

O embate ainda continua sem uma solução definitiva, com o foco principal da discórdia na noção de representação central. Mais recentemente, pesquisadores da Teoria Motora têm apresentado uma série de estudos que sugerem a presença de um planejamento ou representação interna (INGEN SCHENAU et al.,

1995; REQUIN, 1990, 1992; ROSENBAUM; JORGENSEN, 1992; SCHMIDT, 1988b; WADMAN et al.; 1979). A proposta original de programa motor (KEELE, 1968) sofreu modificações e, atualmente, os pesquisadores adeptos da existência de um programa estão mais preocupados em testar ações motoras que facilitam a identificação de algum tipo de programa para controlá-la do que em explicar qual “a estrutura” desse programa. O outro grupo, de pesquisadores que seguem o referencial da Teoria da Ação, continua a investigar como os padrões motores emergem e quais as variáveis que podem influenciar esse processo, seja da percepção direta seja do sistema dinâmico (vejam-se, por exemplo, entre pesquisadores brasileiros, BARELA; JEKA; CLARK, 1999; BARELA; JEKA; CLARK, 2003; BARELA et al, 2000; BARELA et al, 2009; MAUERBERG-DE CASTRO; ADRIAN, 1995; MORAES; LOPES; BARELA, 2009, OLIVEIRA; SHIM, 2008; PEROTTI et al., 2007; RODRIGUES; VICKERS; WILLIAMS, 2002; RODRIGUES et al., 2006; DENARDI; FERRACIOLI; RODRIGUES, 2008).

Nas duas abordagens, diferentes tarefas e variáveis dependentes têm sido utilizadas na busca do suporte empírico, porém algumas tarefas têm oferecido apoio para ambas. Por exemplo, em tarefas de interceptação, Tresilian e Lonergan (2002), Tresilian e Plooy (2006a, 2006b), Marinovic, Plooy e Tresilian (2009) têm encontrado resultados que dão suporte à proposta de que movimentos rápidos são programados. Para isso os autores manipularam o tamanho, a velocidade ou o *time window* (janela temporal pela qual o alvo a ser interceptado pode ser visualizado). Outra estratégia utilizada foi a de incluir mudanças na tarefa com diferentes lapsos de tempo antes de executá-la (posição do alvo, estímulo auditivo, etc.). Os resultados mostraram que quando esse tempo era menor que 200ms não havia possibilidade de ajustes, ou seja, de reprogramar o movimento iniciado. Contudo, em estudos com tarefas de rebater uma bola lançada, a qual poderia ter mudança de velocidade do lançamento ou ainda do alvo em que a bola seria rebatida, os resultados mostraram que os movimentos são organizados em função de mudanças no fluxo óptico, e não por

programação (CALJOUW; VAN DER KAMP; SAVELSBERGH, 2004a, 2004b, 2006). Tais resultados mostram que ainda é necessária uma melhor escolha da tarefa para testar qual das abordagens explica melhor o controle de ações motoras.

Outro ponto importante a se destacar é a busca de novos instrumentais que permitam a testagem, tanto na Teoria Motora quanto na Teoria da Ação. Um bom exemplo são os estudos com fundamentação na Neurociência, que apresentam evidências para o que tem sido denominado de “modelo interno”. Apesar de essa expressão ainda não ter um uso consensual, pois pode significar ao mesmo tempo uma rede de circuitos e comandos motores presente previamente à execução de determinado movimento, comandos motores encaminhados como preparação para o movimento resultando em *feedforward*, ou mesmo ativação de áreas encefálicas comuns para os mesmos movimentos, essa linha de pesquisa é promissora. É preciso, no entanto, ter maior clareza e distinção ao utilizar o termo “modelo interno”, caso contrário arrisca-se a confundir diferentes níveis de operação no sistema nervoso humano.

O controle de ações motoras também tem sido investigado em relação ao tipo de informação utilizado na sua realização: *feedforward* - antes de iniciar a ação e *feedback* - após o movimento ter sido iniciado. Os estudos têm empregado um delineamento em que se requer adaptação a alguma perturbação e os resultados têm mostrado que ela pode ocorrer via informação *feedforward* (KAREGER; CONTRERAS-VIDAL; STELMACH, 1997; WITNEY; WOLPERT, 2003); entretanto, quando a perturbação ocorre após o início do movimento é necessário utilizar a informação *feedback* disponível (RICHTER et al., 2004), indicando que, pelo menos para adaptação a perturbações imprevisíveis, ambos os tipos de informação podem ser utilizados para atingir a meta da ação. A utilização desses dois tipos de informação pode mostrar que existe uma interação entre modelos de controle, de forma que nenhuma das duas abordagens consegue, sozinha, explicar o controle da diversidade de ações motoras que o ser humano é capaz de executar.

Desenvolvimento motor: desafios e perspectivas

Um dos campos de investigação em que a visão que se tem do fenômeno a ser estudado exerce grande influência na teorização é DM. Existem duas concepções do fenômeno fundamentadas na relação entre maturação e experiência: uma dicotômica - maturação *versus* experiência - e uma integrativa - maturação e experiência. As perspectivas teóricas orientadas à dicotomia conferem maior valor a um desses dois fatores; as perspectivas integrativas, por sua vez, não consideram um fator mais importante que o outro.

A tarefa de escrever sobre desafios e perspectivas futuras é difícil e arriscada, correndo-se o risco de cair na autoarmadilha criada por nós mesmos. Pela revisão de artigos e livros dos principais pesquisadores da área é possível adiantar que o enfoque no estudo do fenômeno desenvolvimento motor já mudou daquele pensamento alicerçado numa visão clássica de ciência, adquirido ao longo de séculos em que as áreas de conhecimento diferenciaram-se e especializaram-se (valorizando a ordem e a causalidade), para um pensamento sistêmico - iniciado há algumas décadas e baseado na ideia de multidisciplinaridade e complementaridade - que estuda processos complexos, mutáveis e emergentes resultantes de ordem, desordem e auto-organização.

Para abordar os desafios e as perspectivas no estudo do desenvolvimento motor, serão apresentadas inicialmente as diferentes correntes teóricas para posteriormente se tomar posição. Será defendida uma perspectiva integrativa, orientada a uma visão dinâmica do fenômeno, cuja tese principal é que o processo de desenvolvimento motor se desenrola de maneira sistêmica, emergindo as mudanças da interação de vários componentes - o ambiente, a tarefa e o organismo. Essa perspectiva opera com a coexistência de características, em tese, dicotômicas e paradoxais (permanência e mudança, estabilidade e instabilidade, rigidez e flexibilidade, consistência e variabilidade, ordem e desordem) para abordar um mesmo fenômeno.

O fenômeno

O desenvolvimento motor tem sido definido como mudanças no comportamento motor que ocorrem desde a concepção até a morte. Essas mudanças se dariam na direção de movimentos inicialmente desordenados e inconsistentes para movimentos ordenados e consistentes (HAYWOOD, 1993; KUGLER, 1986), do geral para o específico e do simples para o complexo (GALLAHUE; OZMUN, 1998; TANI et al., 1988). Essas definições privilegiam “o que muda”, pois são descritivas. Em relação a definições explicativas, o desenvolvimento motor encerraria mudanças no comportamento resultantes de modificações internas moduladas pela maturação (GESELL, 1929). A inclusão do fator experiência como promotor de mudanças aconteceu na década de 1970, quando estudos e debates levaram esse fator ambiental a juntar-se com o fator maturacional. A partir de 1980 pode-se perceber a “guinada” em DM: o fenômeno passou a não ser mais exclusivamente atribuído a algo prescrito nos genes, mas construído da interação de inúmeros fatores, entre eles os genes.

Costuma-se dizer que DM é rico em dados, mas pobre em explicações. De fato, explicar um fenômeno complexo de um sistema aberto não é uma tarefa fácil. As perspectivas tradicionais tentaram explicar o fenômeno, mas recaíram em estratégias reducionistas de argumentação, visto que atribuíram a um fenômeno complexo uma única causa, maturação ou experiência. Essa corrente tradicional de DM pode ser dividida em três períodos históricos (CLARK; WHITALL, 1989): a) período precursor, do séc. XVIII até a década de 1930, marcado pela observação detalhada do comportamento de bebês e crianças e pela instituição da dicotomia maturação x experiência; b) período maturacional, de 1930 até o fim da II Guerra Mundial, em que a maturação foi vista como a causa primária do comportamento e se considerava que as mudanças no desenvolvimento motor eram universais; c) período normativo-descritivo, do fim da II Guerra Mundial até a década de 1970, em que o foco era o fenômeno em si e os pesquisadores tinham por objetivos descrever mudanças no comportamento de crianças e adolescentes, associar o desenvolvimento motor a mudanças antropométricas e enfatizar o

produto, ou seja, considerar como referência o estado final de desenvolvimento (por exemplo, os padrões maduros de habilidades motoras básicas de andar, saltar, arremessar, quicar, rebater, correr, ou os padrões culturalmente configurados de atletas de alto nível).

O período corrente, denominado de orientado ao processo, iniciado ainda na década 1970, pode ser caracterizado como um período de diversidade de perspectivas, notadamente a Teoria Motora e a Teoria da Ação. Nesse período, a preocupação maior tem residido na compreensão dos mecanismos de controle motor para entender as mudanças no desenvolvimento (como muda), por exemplo, a organização da resposta motora (atenção, memória, *feedback*) e o acoplamento percepção-ação (percepção direta, *affordances*).

É importante ressaltar que, embora o desenvolvimento motor implique mudança, a representação mais comum desse processo enfoca a estabilidade do comportamento (por exemplo, sequências de desenvolvimento ou descrição dos estágios inicial, elementar e maduro). A identificação de sequências de desenvolvimento motor tem a virtude de sintetizar os conhecimentos acumulados acerca do que muda e de quando muda no comportamento motor. Além disso, ela estimula a formulação de problemas e hipóteses sobre as mudanças e pode ser utilizada como referência tanto para a elaboração de currículos como para a identificação e avaliação de estados de desenvolvimento motor dos indivíduos ao longo do ciclo de vida (MANOEL, 1994, 2005; TANI et al., 1988). A sequência de desenvolvimento baseia-se num importante princípio, qual seja, que sistemas vivos tendem a se organizar em estados estáveis; todavia, para que ocorra o desenvolvimento (mudança), é preciso passar por estados instáveis para alcançar novos estados estáveis. Daí se depreende que a instabilidade é um aspecto importante a ser considerado no desenvolvimento, por exemplo, quando a criança demonstra um estado dual de estabilidade/instabilidade, apresentando tanto uma gama de comportamentos estáveis como comportamentos instáveis no padrão de movimento.

Perspectivas teóricas e desafios de investigação

Algumas perspectivas de desenvolvimento humano foram e têm sido fonte de influência para o delineamento de qualquer pesquisa, como também para a própria forma de intervenção do profissional, principalmente na infância e na adolescência. As principais perspectivas identificadas são: a pré-formationista, a pré-determinista, a ambientalista, a da recapitulação e a dinâmica. Essas perspectivas delimitam a compreensão sobre o que é desenvolvimento humano e quais são os aspectos por ele responsáveis. Agem assim como paradigmas científicos, porém em um nível de análise mais microscópico, e não no sentido original, isto é, num nível macroscópico de metateorias de ciência, como proposto por Kuhn (1991). Dessa forma, as diferentes concepções compreendem o desenvolvimento de modo próprio, em que a forma como a criança é vista praticamente define como ela será estimulada, exigida, enfim, como os profissionais que lidam com a infância irão intervir.

A perspectiva pré-formationista (MANOEL, 1998) entende que o desenvolvimento é definido pelos genes e que as características do ambiente em nada interferem no curso do desenvolvimento. Pelos aspectos genéticos, a criança recebe um “pacote” com todas as informações necessárias para suprir as suas demandas da vida adulta. O próprio termo desenvolvimento parece derivar, etimologicamente, dessa perspectiva pré-formationista. Quando se analisa o termo desenvolver, ou antes, seu antônimo envolver, entende-se “trazer para dentro algo que está fora”. Com efeito, desenvolver sugere, em oposição, “levar para fora algo que está dentro”, num sentido de desenrolar (BUENO, 1976; LEWONTIN, 1997). Esse sentido reflete a premissa básica da perspectiva pré-formationista de que o desenvolvimento é determinado geneticamente, de modo que gradativamente são expostas aquelas características que já estão presentes internamente (nos genes), porém ainda adormecidas. A partir dessa visão, foi assumida a ideia de que a criança é um adulto em miniatura, visto que a única diferença entre o adulto e a criança seria que o adulto já revela as características que ainda estão à espera de serem expostas na criança, mas que ela já possui. Essa

interpretação é extremamente perigosa, porque seria aceito intervir em ações com a criança visando à aceleração do desenvolvimento dela, isto é, exigir cada vez mais cedo da criança as mesmas competências e exigências de um adulto.

A perspectiva ambientalista (MANOEL, 1998), em contraponto à pré-formationista, entende que o aspecto ambiental é responsável pelo estado final de desenvolvimento e que os aspectos genéticos em nada contribuem para esse processo. Ao nascer, a criança é considerada uma tábula rasa, que nada traz consigo. O processo de desenvolvimento irá esculpir na “madeira lisa” o adulto que esta criança se tornará. Assim, somente o ambiente (físico e sociocultural) será responsável por determinar o estado final. Essa perspectiva sofreu influência da corrente da psicologia behaviorista (GARDNER, 1995), a qual assume que a resposta observada depende do modo de manipulação dos estímulos. Um comportamento observável só acontece em função de um estímulo presente no ambiente. Dessa maneira, estabelece-se um valor ao tipo e forma de estimulação que o ambiente exerce. O indivíduo não se desenvolve fora de um contexto, seja este físico (características da região em que vive) ou sociocultural (características dos grupos sociais, costumes e tradição de um povo). Um exemplo utilizado para ilustrar e justificar essa perspectiva é o caso registrado de duas crianças encontradas numa floresta que parecem ter sobrevivido por terem sido criadas por uma matilha de lobos (MATURANA; VARELA, 1995). As duas crianças, com idade aproximada de 5 e 8 anos, respectivamente, apresentavam comportamento característico de lobos. A locomoção acontecia por quadrupedia, a comunicação ocorria por urros e ruivos e a alimentação era carnívora, com a boca sempre indo ao alimento. Se houvesse uma influência genética na forma proposta pela perspectiva pré-formationista essas crianças deveriam locomover-se em bipedia, falar, alimentar-se não somente de carne e levar o alimento até a boca. Nesse caso, o contexto social da matilha de lobos determinou um comportamento distinto daquele esperado em seres humanos. Seguindo na história das duas meninas, quando elas foram levadas para um mosteiro, a mais nova não

conseguiu se adaptar à vida no ambiente novo. A criança mais velha começou a apresentar um pouco do comportamento esperado pelo ser humano, mas, da mesma forma que a irmã mais nova, também não conseguiu se adaptar ao novo ambiente e veio a falecer.

De fato, uma opção entre as perspectivas pré-formacionista ou ambientalista levaria a abandonar preceitos presentes em cada uma das perspectivas que parecem importantes. Por um lado, a perspectiva pré-formacionista despreza o contexto ambiental, o que não parece razoável, porque é visível a influência do meio no nosso comportamento - por exemplo, o papel exercido pelos pais na escolha da profissão do filho, ou mesmo o próprio processo educacional. Por outro lado, os efeitos de determinadas características genéticas podem estabelecer a adaptabilidade do ser humano; alguns comportamentos é possível que o ser humano apresente, outros não. Como o exemplo já citado das meninas criadas pelos lobos, pode-se argumentar que elas somente sobreviveram nas condições oferecidas pela “sociedade dos lobos” por causa de suas características genéticas - por exemplo, seres humanos são capazes de locomover-se em quadrupedia ou mesmo apresentar uma alimentação carnívora. Resta então recusar tanto a perspectiva pré-formacionista como a ambientalista, pois ambas são limitadas para explicar o fenômeno do desenvolvimento humano.

Uma terceira perspectiva, a pré-determinista (MANOEL, 1998), já considera que tanto aspectos genéticos quanto aspectos ambientais estão presentes no desenvolvimento humano, porém se observa uma hierarquia: enquanto os aspectos genéticos são considerados essenciais, o ambiente pode exercer alguma influência. Nessa perspectiva, os aspectos genéticos são responsáveis pela direção e sequência e os aspectos ambientais influenciam a velocidade do desenvolvimento. Direção e sequência são variáveis consideradas mais importantes que a velocidade, visto que uma alteração, por exemplo, na sequência, levaria a uma interpretação de algum problema no desenvolvimento. Por isso uma das preocupações tem sido evitar “queimar” etapas, que seria passar por determinada etapa de desenvolvimento sem passar pela etapa anterior.

Quando essa preocupação se torna exagerada, estabelecem-se momentos específicos para que se passe por cada etapa, o que pode resultar em entender o processo de desenvolvimento como uma redução à apresentação do comportamento esperado. Com efeito, o que decorre dessa interpretação é o estabelecimento de rótulos que nem sempre são indicadores de normalidade. Muito é comentado sobre os possíveis prejuízos de aprender a andar antes de apresentar o comportamento de engatinhar. Na verdade, não se têm indícios de que esta inversão anormal (estatisticamente falando-se) seja indicador de patologia. Nem toda criança que apresenta um comportamento fora daquele esperado o fez por mau funcionamento do organismo; ou seja, diferença não significa doença. Este argumento parece ser suficiente para a rejeição desta perspectiva.

Uma quarta visão é a da recapitulação (MICHEL; MOORE, 1995), segundo a qual a série de mudanças - ordenadas e previsíveis - observada no desenvolvimento é reflexo das mudanças progressivas no passado filogenético do embrião, que durante seu desenvolvimento percorre de forma abreviada todas as mudanças evolucionárias pelas quais seus ancestrais passaram. A mesma visão foi ampliada para o desenvolvimento ao longo do ciclo de vida.

É razoável assumir que tanto aspectos genéticos como aspectos ambientais são importantes para o desenvolvimento humano. Dentre as perspectivas apresentadas, apenas a pré-determinista considera que ambos os aspectos participam do processo, mesmo assim de uma maneira ainda tímida, no caso dos aspectos ambientais. A perspectiva dinâmica inicia-se a partir de uma nova tendência no estudo do desenvolvimento, passando da preocupação em descrever o comportamento para a o interesse em explicar por que este comportamento muda, isto é, a pergunta principal deixa de ser “o que muda?” e passa a ser “por que muda?” (CLARK; WHITALL, 1989). Nesse contexto, Connolly (1986) propõe o rompimento da dicotomia existente entre a influência dos aspectos genéticos e a dos aspectos ambientais, visto que não há como dar maior valor a apenas um - ou estabelecer uma hierarquia - porque o desenvolvimento humano resulta de ambos - os eventos externos e os

programas genéticos estão unidos em um processo comum. A emergência de fenótipos não deve ser pensada como originada das interações entre genes e ambiente, ou entre o organismo e sua experiência, porque isso implica uma separação, confundindo a interpretação (BENDA; UGRINOWITSCH, 1999). Sobre esse tema em especial, Fonseca et al., (2007, p. 6) acrescentam que “abandonar o dualismo significa assumir o mutualismo (impossibilidade de separação) entre animal-ambiente e entre percepção-ação”. Em síntese, “a distinção entre organismo e meio é difícil de manter, dada a complementaridade e mutualidade entre corpo e meio ambiente” (BARREIROS; KREBS, 2007, p. 16). A compreensão desse processo como algo integrado envolve entender o desenvolvimento não da pessoa, mas da interação pessoa-ambiente-tarefa (NEWELL, 1986), como num sistema desenvolvimentista (BARELA, 1997; MANOEL, 1998, 2000). Essa interação representa a dinâmica do processo de desenvolvimento, em que quando componentes interagem, “podem surgir características inteiramente novas que os componentes em separado não possuíam” (MANOEL, 1998, p. 119), isto é, comportamentos não previstos a partir dos elementos isolados. Em suma, no desenvolvimento humano um mais um não é igual a dois: $1 + 1 \neq 2$ (WEISS, 1967). Assim, pela perspectiva dinâmica, os comportamentos resultantes do processo de desenvolvimento não estão previamente estabelecidos, aguardando apenas o momento - definido por um “relógio despertador” biológico - para sua apresentação. Pelo contrário, esses comportamentos emergem como consequência da interação entre os elementos constituintes desse sistema desenvolvimentista, sem que o padrão de movimento, por exemplo, esteja pronto *a priori*.

Nesse contexto, como então explicar a sequência de desenvolvimento motor? Por que praticamente todas as crianças apresentam comportamentos de andar, correr, saltar numa sequência comum? Um modo de responder a essas perguntas talvez seja uma metáfora apresentada por Lewontin (1997): não se espera que um filhote de leão se torne uma zebra adulta, entretanto não se encontram dois leões iguais. Como coloca Manoel (1998, p. 124), o

processo de desenvolvimento não é preciso, mas probabilístico, pois cada indivíduo apresenta uma relação pessoa-ambiente distinta. Por sua vez, “isto não significa que o desenvolvimento se torna um processo aleatório, onde nunca se sabe o que vai acontecer”. É preciso lembrar que, mesmo considerando-se que as pessoas são diferentes entre si, elas apresentam também muita similaridade. A estrutura anatomofisiológica do ser humano já é uma restrição que nos leva a uma limitação de comportamento (BARELA, 1997, 1999; THELEN; FISHER, 1982; THELEN; SMITH, 1994). Assim sendo, os comportamentos observados na sequência de desenvolvimento motor parecem estar adequados à estrutura física das crianças.

Outra característica da perspectiva dinâmica que contribui para uma melhor explanação do processo de desenvolvimento motor é o princípio da equifinalidade, que representa a competência de sistemas de conseguir atingir um mesmo objetivo por diferentes meios (BERTALANFFY, 1977). Isto significa que o ser humano, nesse caso, pode buscar atingir sua meta por meio de vários padrões de movimento (assim como podemos chegar a nosso destino numa cidade grande e caótica por variadas rotas o que não significa chegar mais rapidamente ou gastar menos combustível). Por exemplo, quando se inicia o deslocamento por quadrupedia, o qual contribui para a exploração do ambiente ao seu redor, uma criança que não segue um padrão da forma esperada não necessariamente é um possível problema. Há a possibilidade de a criança optar por um padrão que, para ela, tenha maior efetividade. Todavia, como ressaltado anteriormente, por restrições do organismo da pessoa, do objetivo da tarefa e do próprio ambiente, um determinado padrão de movimento emerge e torna-se comum em diferentes pessoas. Apesar de diferenças individuais, há certa estabilidade na execução desses movimentos. Ainda, o próprio ser humano opta por aquelas ações que apresentam economia. Mesmo considerando que as pessoas têm condições de saltar, correr, saltar num pé só, saltitar, engatinhar, dentre outros padrões, quando elas se deslocam no seu cotidiano fazem uso, na grande maioria das vezes, do andar, ou seja, a maioria das pessoas apresenta aquele

padrão que é mais confortável, efetivo, econômico. É também em virtude dessa característica que surge a sequência de desenvolvimento motor: as ações mais confiáveis e efetivas em função das alterações que ocorrem no organismo ao longo do tempo.

No nosso entender, a perspectiva dinâmica parece oferecer um instrumental mais interessante, porque a interpretação dos fenômenos observados no cotidiano sob sua ótica é mais abrangente, de forma a explicar um conjunto maior de eventos. Dentro desse contexto, alguns desafios de investigação podem ser apontados, mas antes se apresentará uma análise das tendências atuais de pesquisa, com o intuito de melhor contextualizar esses desafios.

Estudos sobre desenvolvimento motor seguindo a perspectiva de sistemas dinâmicos, com vista a buscar explicações sobre o processo de desenvolvimento (vejam-se, por exemplo, entre pesquisadores brasileiros, RINALDI; POLASTRI; BARELA, 2009; PRIOLI et al., 2006; TOLEDO; RINALDI; BARELA, 2006; PRIOLI; FREITAS; BARELA, 2005), constituem um avanço significativo em relação às descrições antes concebidas como suficientes para conhecer esse fenômeno.

Clark e Oliveira (2006) propuseram que atualmente um novo período se aproxima, qual seja a era da Neurociência aplicada ao DM. Nesse período, dois eixos se destacarão: o estudo das funções cerebrais de crianças típicas e atípicas (mediante avanço tecnológico de métodos não invasivos) e o uso da modelação computacional para compreender o desenvolvimento, especialmente em crianças; porém, a análise de estudos recentes na área mostra que 4essa “nova” era vislumbrada pelos referidos autores parece ainda estar por vir.

No tocante a publicações, numa busca na base de dados *Scopus*, encontrou-se nos anos de 2008 e 2009 um total de 44 artigos com a expressão “desenvolvimento motor” contida no título. De diversos periódicos e áreas de conhecimento (Ciências do Esporte, Medicina, Reabilitação, Psicologia, Educação), nessas publicações, 17 artigos tiveram como objeto de investigação populações atípicas, 14 realizaram diagnósticos de DM com crianças, sete realizaram algum tipo de intervenção (motora, nutricional, social) com um período de

tratamento experimental, três estudaram a correlação entre o DM e outros fatores presentes no ciclo de vida, dois indicaram predição de desempenho futuro com base em diagnóstico motor e um investigou o comportamento de bebês. Quando a busca foi realizada por palavra-chave (desenvolvimento motor), também na base *Scopus*, 331 estudos foram encontrados, dos quais 142 investigaram populações atípicas, 54 diagnosticaram desenvolvimento motor em crianças, 42 estabeleceram alguma relação de causa-efeito com algum tipo de intervenção, 17 caracterizaram algum tipo de tratamento clínico, 15 investigaram desenvolvimento em modelo animal, 11 pesquisaram as funções neurais, quatro avaliaram o período pré-natal, três realizaram acompanhamento longitudinal, outros três estabeleceram correlação entre o desenvolvimento motor e outros fatores presentes no ciclo de vida, dois investigaram bebês, outros dois estabeleceram relação com a robótica e um estudo realizou diagnóstico com jovens. Outros 35 estudos não apresentaram relação clara com DM.

Ao analisar os trabalhos apresentados sobre desenvolvimento motor no tradicional congresso da NASPSPA (Sociedade Norte Americana de Psicologia do Esporte e Atividade Física) dos anos de 2008 e 2009, encontrou-se um total de 77 estudos, distribuídos da seguinte forma: 41 diagnósticos de desenvolvimento motor com crianças, 25 sobre populações atípicas, nove com algum tipo de intervenção em delineamento experimental clássico (com utilização de pré e pós-teste), um investigando comportamento motor com bebês e outro com idosos.

No Brasil, um levantamento sobre os grupos de pesquisa cadastrados no CNPq em que o desenvolvimento motor é uma das temáticas de investigação declaradas encontrou-se um total de 46 grupos registrados; no entanto, numa avaliação mais detalhada, descobriu-se que onze desses grupos não estão diretamente relacionados ao DM, pois se referem a outras temáticas (Biomecânica, Pedagogia do Esporte, Psicologia do Esporte e Neurociências). Ademais, dos 35 grupos restantes, apenas 18 têm participado efetivamente de eventos científicos da área com publicação de seus estudos. Esses grupos estão localizados em apenas seis estados

brasileiros, cinco deles nas regiões Sul e Sudeste.

Nos congressos realizados no Brasil na área de CoM a partir de 1998, Pellegrini et al. (2006) demonstraram que foram apresentados, entre 1998 e 2006, cerca de 130 estudos de DM. Em 2008, no IV Congresso Brasileiro de CoM, foram apresentados 52 estudos de DM, distribuídos em 20 pesquisas sobre populações atípicas, 14 diagnósticos de desenvolvimento motor com crianças, dez trabalhos com alguma intervenção, quatro estudos com idosos, três com bebês e um estudo sobre predição de desempenho futuro com base em diagnóstico.

Em geral, observa-se forte tendência de entender o processo de desenvolvimento com base no estudo de populações atípicas (vejam-se, por exemplo, entre pesquisadores brasileiros, CAETANO et al., 2009; CHRISTOFOLETTI et al., 2008; OLIVEIRA et al., 2006; POLASTRI; BARELA, 2005; VELDE et al.; 2003; VITÓRIO et al.; 2009). Se por um lado esse perfil pode ser justificado pelo fato de que, ao conhecer um determinado déficit e seu respectivo efeito no comportamento motor, pode-se melhor conhecer o processo de desenvolvimento motor, por outro o perfil do estudo de populações atípicas também pode ser explicado pelo aumento de pesquisadores advindos de áreas relacionadas à reabilitação (FONSECA et al., 2001), em que tais populações caracterizam seus próprios pacientes para intervenção profissional.

No tocante aos desafios, o primeiro deles é a relação entre desenvolvimento motor e programas de Educação Física e Esporte. Talvez seja necessário ter mais clareza sobre qual é exatamente o comportamento esperado em cada etapa do ciclo de vida, de modo a estabelecer que tipo de atividade motora planejar ou que ambiente preparar. Por exemplo, se por um lado é esperado que crianças de sete anos de idade apresentem padrões fundamentais de movimento em estágio maduro (GALLAHUE; OZMUN, 1998; TANI et al., 1988), por outro, os estudos não se apoiam nesta faixa etária como aquela em que os padrões fundamentais de movimento já se apresentam como os de adultos (LANGENDORFER, 1987; OLIVEIRA, 2006; ROBERTON, 1982, 1989; ULRICH, 1985). Conforme a expectativa do nível de desenvolvimento a ser atingido, é possível

pensar em programas bem-elaborados de Educação Física/Esporte, no que concerne a objetivos e conteúdos. A partir do momento em que DM busca explicar como esse fenômeno ocorre, tomando como referência uma perspectiva dinâmica, há um afastamento desses problemas práticos. É importante destacar que, segundo essa perspectiva, não há predominância absoluta de fatores genéticos ou ambientais, mas sim, da interação de ambos. Alguns estudos têm demonstrado essa relação, concluindo que o estado final depende tanto de características internas ao organismo quanto de influências do meio (MANOEL, 1998, 2000, 2005, MANOEL; OLIVEIRA, 2000; MATOSO et al., 2005; NEWELL, 1986; OLIVEIRA; MANOEL, 2002, 2005; THELEN, 1995; THELEN; FISHER, 1982; WHITALL, 1995). Nessa perspectiva, o desenvolvimento motor é um processo complexo, em que não há como isolar seus elementos componentes, tal como destaca Lewin (1994) ao tratar de sistemas complexos. Da mesma forma, não há como assumir relações de causa-efeito, em que um fator seja responsável por determinado comportamento. O comportamento final observado é resultante da interação de todos os aspectos envolvidos. Mesmo que a Educação Física (escolar ou não escolar) seja de boa qualidade (o que nem sempre acontece), essa atividade parece não ser a única responsável pelo desenvolvimento, isto é, persiste a dúvida se aulas formais de Educação Física e Esporte influenciam de forma decisiva esse processo ou se, independentemente da participação nessas aulas, o desenvolvimento ocorreria da mesma forma ou até melhor. Por enquanto, essa questão continua em aberto.

Uma maior precisão na mensuração das variáveis críticas de desenvolvimento motor também poderia ser apontada como outro desafio. A melhora na instrumentação de análise guarda relação íntima com a tecnologia, que nesse ponto é uma importante aliada. Áreas como Biomecânica, Neurociências e Estatística podem contribuir diretamente para uma melhor compreensão do fenômeno. Por exemplo, ao diagnosticar o desenvolvimento de padrões fundamentais de movimento, eventualmente se conclui que as crianças não se apresentaram no nível esperado. Uma explicação plausível sugere que o ritmo de desenvolvimento, aliado às

experiências das crianças, conduziu à emergência mais tardia de tal comportamento. Ao buscar explicações para tal fato, questiona-se se outros aspectos que não foram considerados na análise, como estilo de vida, tipo de moradia e níveis de atividades diárias, poderiam interferir no processo. Para tanto, seria necessário dispor não somente de instrumentais mais precisos de mensuração, mas também de potentes ferramentas estatísticas para integrar informações relevantes de um sistema complexo.

Outro “calcanhar de Aquiles” em DM, o qual precisa ser melhor “protegido”, é que a maioria das pesquisas realizadas utiliza habilidades motoras filogeneticamente determinadas. Avançar para a explicação de habilidades ontogeneticamente determinadas seria um passo importante no sentido de maior generalização do escopo de habilidades. Nesse caso, as fronteiras entre as diferentes áreas do CoM estariam ameaçadas, pois ao se questionar como novas habilidades são adquiridas, surgiria um *overlap* do DM com a AM. Por vezes somos desafiados a responder à seguinte questão: existe mesmo esse fenômeno desenvolvimento, ou estamos tratando de aprendizagens ao longo do ciclo de vida? Uma das vantagens da perspectiva dinâmica é que ela transcende a dissociação entre desenvolvimento e aprendizagem motora. É difícil dissociar esses dois fenômenos quando se pretende entender mudanças que ocorrem em sistemas abertos, que buscam estados mais complexos mediante interação com o ambiente.

Outro desafio é o aperfeiçoamento de teorias. Uma tendência que parece ser comum em estudos atuais refere-se à adoção da orientação ao processo, e não ao produto. Pesquisas orientadas ao produto privilegiam comparações entre estados anteriores e estados posteriores, ou seja, enfatizam o resultado do comportamento, o padrão de movimento que caracteriza o comportamento, o que e quando muda no eixo temporal de vida de um indivíduo. Pesquisas atuais em DM têm interesse primário no processo, isto é, nas transições e transformações entre estados anteriores e estados posteriores nos padrões de comportamento motor (CONNOLLY; DALGLEISH, 1993). Em outras palavras, o foco atual reside no padrão de movimento que

caracteriza o comportamento e leva o indivíduo a um dado resultado, ou seja, em mecanismos e agentes que causam mudanças na produção de movimentos, no porquê e como o comportamento muda ao longo do tempo.

O aperfeiçoamento de sequências de desenvolvimento motor - por exemplo, que refletissem a existência de estados de organização motora distintos - é também um dos grandes desafios para DM. Manoel e Connolly (1997) propuseram dois modos de descrição essenciais para caracterizar o processo de desenvolvimento motor: o modo dinâmico e o modo simbólico. No primeiro, as partes interagem de forma autônoma, sem a necessidade de uma prescrição de ordem superior que governe suas ações; no segundo, há o estabelecimento de níveis de controle com um controlador (nível superior) e um controlado (nível inferior). A prescrição ocorre no sentido de delimitar a ação dos elementos no nível inferior. É nesse sentido que se diz que o nível superior condiciona, mas não determina o comportamento individual dos elementos. Para Manoel e Connolly (1997), o desenvolvimento motor compreenderia uma relação complementar entre os modos de descrição dinâmico e simbólico. O simbólico emerge do modo dinâmico, o qual, por sua vez, passa a ser influenciado pelo simbólico. Por exemplo, movimentos pré-natais (movimentos fetais) e pós-natais (movimentos reativos e espontâneos) são resultantes da dinâmica do sistema (interação dinâmica de suas partes). Uma vez que o bebê percebe as consequências da execução de movimentos espontâneos, começa a estabelecer-se em seu sistema nervoso uma relação meio-fim que “catalisa” a sua intenção. Assim, o bebê intencionalmente busca efetuar esses movimentos novamente. A partir desse momento, os movimentos originalmente espontâneos são condicionados por um nível superior, o da intencionalidade. Manoel e Connolly (1997) propõem que a interação entre os modos dinâmico e simbólico está na raiz do aumento da complexidade motora.

Outro desafio, apontado por Manoel (2005), é diferenciar um estado de organização do outro e o que caracteriza a transição entre eles. Alguns estudos já ousaram nesse sentido (WIMMERS et al.; 1998a; WIMMERS et al.; 1998b), lançando

mão da Teoria da Catástrofe (THOM, 1975) para identificar períodos de estagnação, transição e de novidade comportamental.

Dentro dessa sugestão de aprofundamento teórico, a perspectiva dinâmica permite acomodar diferentes níveis de análise, como o biológico, o psicológico, o social e o cultural. Esse é outro grande desafio, já que integrar os diferentes tipos de conhecimento repousa num problema mais fundamental apontado originariamente por Bohr (1995): o da complementaridade, isto é, modos de descrição incompatíveis acabam por atuar de forma complementar para explicar o mesmo fenômeno. Pattee (1973, 1987) tem reforçado a necessidade de se aplicar o princípio da complementaridade no estudo de sistemas complexos e, em particular, no estudo das ações motoras (Pattee, 1982). A considerar que uma das características do desenvolvimento motor é o surgimento de soluções originais, talvez essa integração seja uma solução original para o problema da complementaridade.

No domínio metodológico, como foi discutido, pode parecer uma tarefa aparentemente impossível mapear o universo de variáveis intervenientes no processo de desenvolvimento - variáveis orgânicas e do contexto e, igualmente, o número astronômico de interações daí resultante. Uma estratégia para identificar como algumas dessas variáveis se correlacionam relativamente ao estado de desenvolvimento motor do indivíduo pode ser a análise desenvolvimentista da tarefa. Herkowitz (1978) propõe essa análise para tarefas consideradas básicas e comuns ao desenvolvimento da criança, como andar, receber, chutar, correr, quicar, entre outras. Desta forma é possível verificar em que dimensão cada componente da tarefa pode variar. O conhecimento que nos falta é o impacto que essas variações teriam na organização da resposta motora. Ainda hoje, o profissional que busca intervir no desenvolvimento da criança não possui critérios para estruturar a tarefa; só lhe resta a intuição para escalonar as variáveis da tarefa com o propósito de facilitá-la ou dificultá-la (ROBERTON, 1989). Logo, a exploração dos efeitos da manipulação de componentes da tarefa enseja um grande potencial de aplicação

prática. Há outros ainda, como a investigação dos possíveis efeitos dessas variações no curso do desenvolvimento. A manipulação de elementos da tarefa pode engendrar mudanças qualitativas no comportamento, a permanência das mudanças, a resistência à alteração da tarefa, bem como pode indicar a natureza e o grau de estabilidade do comportamento. Posto dessa forma, o estudo do impacto que as variações nas características da tarefa exercem sobre o comportamento reveste-se de uma relevância teórica. Ele pode revelar elementos com potencial para desencadear mudanças qualitativas no padrão de movimento. Finalmente, a aplicação da análise desenvolvimentista pode, ainda, permitir uma avaliação mais realista do estado de desenvolvimento motor de indivíduos, como foi argumentado por Davis e Burton (1991) e Ulrich (1988) no âmbito da Educação Física Adaptada, bem como por Manoel e Oliveira (2000) na análise de padrões fundamentais de movimento.

Outro ponto que merece atenção como desafio diz respeito à combinação das duas abordagens: processo e produto. O cruzamento entre as mudanças que acontecem como resultado do desempenho (produto) e aquelas que acontecem no padrão de movimento (processo) permite um mapeamento dos aspectos que atuam na organização do sistema de ação e têm impacto no desenvolvimento. Por exemplo, Di Rocco, Clark e Philips (1987) usam as duas orientações para analisar o padrão fundamental de saltar em crianças portadoras de deficiência mental e crianças normais, quais sejam, o padrão de saltar e a distância alcançada. Embora as crianças portadoras de deficiência mental tenham mostrado um padrão de coordenação similar ao das crianças normais, houve diferenças significativas na distância do salto, com saltos maiores das crianças normais em relação às crianças portadoras de deficiência mental. Di Rocco, Clark e Philips (1987) sugerem uma diferença na parametrização do padrão de movimento, indicando ainda um desenvolvimento mais lento do controle motor.

Para finalizar, o DM atravessou um período com poucos avanços teóricos, mas agora pode-se vislumbrar um modo original de abordar o fenômeno, com base numa perspectiva dinâmica. A comunidade de pesquisadores da

área parece estar se acostumando com essa nova forma de pensar, sistêmica, integrativa, complexa, em que é mais focalizada a compreensão de um fenômeno multifatorial, e não unifatorial, atribuído à maturação ou à experiência, como durante muito tempo ocorreu. Essa nova forma de pensar inova em relação ao que era apenas descrição de seqüências com explicações simplistas, para desaguar em experimentos elegantemente desenhados de modo a sustentar forte arcabouço teórico.

APRENDIZAGEM MOTORA: DESAFIOS E PERSPECTIVAS

A aprendizagem é uma parte do comportamento humano muito importante para a sua existência. É difícil imaginar como o ser humano estaria se não pudesse tirar proveito da prática e da experiência nas quais se encontra constantemente engajado. A aprendizagem motora, como fenômeno, é definida como um conjunto de processos, associados com a prática ou experiência, que levam às mudanças relativamente duradouras na capacidade de se movimentar (SCHMIDT, 1988b).

Um dos principais objetivos da AM é procurar compreender quais são e como atuam as variáveis relacionadas à otimização do processo de aquisição de habilidades motoras. Historicamente, três períodos característicos de investigação podem ser identificados (ADAMS, 1987): a) o período inicial, que vai de 1880 a 1940 e no qual, a partir dos estudos pioneiros realizados na Psicologia, observa-se uma quebra subsequente da visão tradicional de comportamento, frequentemente relacionada com a "introspecção", incluindo autoavaliações de sensações que não eram observáveis, para conduzir estudos numa abordagem mais objetiva e sistemática sobre as habilidades motoras; b) o período médio, de 1940 a 1970, em que fatores que influenciam a aquisição de habilidades motoras com ênfase no produto eram as principais preocupações e os estudos tiveram influência direta das demandas das guerras e da indústria, influenciando e direcionando fortemente as pesquisas realizadas; c) o período presente, de 1970 em diante, em que houve a troca definitiva da orientação estímulo-resposta (behaviorismo), a qual teve forte apoio durante

quase um século, pela abordagem cognitiva de processamento de informações.

Conforme foi discutido, a abordagem de processamento de informações centra as suas preocupações de pesquisa nos processos internos (SNC) que resultam no movimento, juntamente com o desenvolvimento de procedimentos e métodos para poder desvendá-los. Nessa abordagem foram popularizados estudos para investigar temas como seleção da resposta e a programação do movimento, inferidas a partir de uma observação cuidadosa do comportamento motor do indivíduo. Baseada nessa abordagem, a AM experimentou em suas pesquisas uma transição da orientação à tarefa ou produto, com foco primariamente nos efeitos de variáveis no desempenho de certas tarefas motoras, para a orientação ao processo, com atenção nos processos mentais ou neurais subjacentes à produção do movimento (PEW, 1970). Nessa perspectiva, entre outros assuntos, procurou-se compreender como informações relativas ao movimento eram codificadas e armazenadas, como ações eram representadas na memória e como a informação acerca dos erros era processada de forma que a aprendizagem pudesse ocorrer. Tudo isso possibilitou a proposição de teorias de aprendizagem motora como as de Adams (1971) e de Schmidt (1975), gerando um grande e renovado interesse no estudo de habilidades motoras.

Mais recentemente, acrescentado a esses três períodos destacados por Adams (1987), um novo período se iniciou, especificamente a partir da década de 1980, em que a abordagem de processamento de informações sofre o ataque de uma nova abordagem, denominada genericamente de ecológica ou da ação, conforme já recorrentemente discutido no presente texto; no entanto, passadas três décadas de pesquisas, há um consenso de que essa abordagem ainda não produziu na AM os avanços que esperavam os seus proponentes e seguidores, ao contrário do que ocorreu com CM e DM, em que interessantes resultados foram e têm sido alcançados.

Temas atuais de investigação

As pesquisas sobre aprendizagem motora têm sido publicadas atualmente em inúmeros periódicos de diferentes níveis de análise. Basta

um simples acesso à Internet para se verificar a quantidade de artigos e de periódicos existentes. Foge ao escopo deste artigo, evidentemente, uma revisão detalhada das publicações em todos os possíveis periódicos, mesmo porque caberia um artigo exclusivamente para essa finalidade. Em se tratando de perspectivas atuais, foram revisadas as principais publicações sobre aprendizagem motora, selecionadas de acordo com um critério adotado na própria literatura (BARELA; CORRÊA; PELLEGRINI, 1993; CORRÊA, 2008b; FISCHMAN, 2007; NEWELL, 2007; TANI, 2006; THOMAS, 2006), ou seja, periódicos reconhecidamente identificados como tradicionais e de impacto no desenvolvimento histórico da AM, num período correspondente aos últimos cinco anos. Isto resultou na definição de uma amostra constituída de quatro periódicos internacionais: *Journal of Motor Behavior*, *Human Movement Science*, *Research Quarterly for Exercise and Sport* e *Perceptual and Motor Skills* - e dois nacionais - *Revista Brasileira de Educação Física e Esporte* (antiga *Revista Paulista de Educação Física*) e o *Brazilian Journal of Motor Behavior*. Este último, apesar de recente, foi considerado em virtude de sua especificidade.

A revisão das publicações possibilitou o agrupamento dos artigos de acordo com os temas investigados, obtendo-se como primeira constatação o fato de os temas atuais serem, na verdade, aqueles considerados tradicionais na AM, embora as hipóteses explicativas para os fenômenos observados tenham se renovado. Os principais grupos temáticos identificados são: memória e complexidade da tarefa, atenção, processo de aprendizagem, prática, *feedback*, modelação e correlatos neurais e doenças.

É possível dizer que memória e complexidade da tarefa formam uma díade de desafios para o entendimento da aprendizagem motora, portanto podem ser colocadas em perspectiva conjunta de investigação. Embora perguntas estejam sendo feitas a partir de cada uma delas, observa-se uma relação de dependência entre ambas. As proposições de Franklin Henry (HENRY, 1959; HENRY; ROGERS, 1960), por exemplo, acerca da relação entre processos de memória e complexidade da tarefa, têm sido revisitadas

para uma análise crítica de seus fundamentos (FISCHMAN; CHRISTINA; ANSON, 2008).

Dentro dessa díade, perguntas têm sido feitas em relação à interferência na aprendizagem de tarefas complexas. Especificamente, os efeitos da interferência na memória têm sido revisitados em relação à ordem de aprendizagens, ou seja, efeitos pró- e retroativos de diferentes sequências complexas (PANZER; WILDE; SHEA, 2006) e de tarefas similares (PANZER; SHEA, 2008). Outro fator de interferência na memória, o esquecimento, tem sido investigado, mas como uma variável dependente (TALLET; KOSTRUBIEC; ZANONE, 2008). O problema nesses estudos situa-se no papel da estabilidade na dinâmica de aprendizagem, memorização e esquecimento. Por fim, a robustez da memorização (retenção) em relação à quantidade de execuções e quanto ao tempo também tem sido um foco interessante de estudo (FAIRBROTHER; SHEA, 2005).

Outro desafio em AM remete ao entendimento da influência de processos de atenção na aquisição de habilidades motoras. Esse desafio refere-se à compreensão do tipo de informação capaz de direcionar a atenção do aprendiz (dica) e do aspecto da tarefa a que a atenção deve ser direcionada (WULF, 2007, 2008; WULF; SU, 2007; FORD, HODGES; WILLIAMS, 2005; LAUFER, 2008; LORSON; GOODWAY, 2007). A maioria dos estudos tem mostrado que focar a atenção a aspectos externos ao invés de aspectos internos (do próprio corpo) tem resultado em melhor aprendizagem de uma ampla gama de habilidades motoras em diferentes populações. Em menor quantidade de estudos, mas não de menor valor, a atenção tem sido investigada no que se refere aos níveis de controle - controlado e automático (BEBKO et al., 2005). Também no tocante ao controle, pesquisadores têm perguntado sobre os correlatos neurais da atenção (ZENTGRAF et al.; 2009).

Além de aspectos internos, há também uma forte tendência de investigação sobre o que muda com a aprendizagem motora e como muda em relação a aspectos observáveis do comportamento, por exemplo, como a coordenação articular, a variabilidade comportamental e as adaptações espaciais e temporais ocorrem em virtude da prática e

experiência (HASSON; CALDWELL; VAN EMMERIK, 2008; MAZYN et al., 2007; POOLTON; MASTERS; MAXWELL, 2005; SCHOLLHORN et al., 2009; STRATTON et al., 2007; TEULIER; DELIGNIERES, 2007; TEULIER; NOURRIT; DELIGNIERES, 2006) e, ainda, como tais mudanças acontecem em relação às diferentes populações (YAN; RODRIGUEZ; THOMAS, 2005).

Os principais desafios relativos à prática dizem respeito à sua variabilidade, sendo que na maioria dos estudos as perguntas remetem à compreensão dos efeitos da interferência contextual. A estrutura da variabilidade de prática tem sido estudada em relação a aspectos como: a) utilização de informações de diferentes fontes, tipos e frequências (COHEN; BLOOMBERG; MULAVARA, 2005; HAN; SHEA, 2008; ROLLER et al., 2009; TERTULIANO et al., 2008); b) aprendizagem implícita (SEKIYA, 2006); c) quantidade de prática (CORRÊA et al., 2007; CORRÊA et al., 2006; d) grau de generalização dos efeitos em relação ao tempo (durabilidade), à especificidade e características da tarefa e dos aprendizes (BRADY, 2008; CHOI et al., 2008; DOUVIS, 2005; HEITMAN et al., 2005; JABUSCH et al., 2009; JONES; FRENCH, 2007; MEIRA JÚNIOR; TANI, 2003; MEMMERT, 2006; PEREZ; MEIRA JÚNIOR; TANI, 2005; RUSSEL; NEWELL, 2007a; SILVA et al., 2006; SIMON, 2007; SIMON; LEE; CULLEN, 2008; VERA; ALVAREZ; MEDINA, 2008; ZETOU et al., 2007; WILDE; MAGNUSON; SHEA, 2005; WRIGHT; MAGNUSON; BLACK, 2005) e e) correlatos neurais da interferência contextual (LIN et al., 2008; LIN et al., 2009).

Outros desafios relativos à prática referem-se à compreensão dos efeitos do grau de liberdade na escolha de ações do aprendiz (BASTOS et al., 2007; GRANADOS; WULF, 2007; KEETCH; LEE, 2007), da segmentação ou não da tarefa, isto é, da prática das partes e do todo (HANSEN; TREMBLAY; ELLIOTT, 2005; VERWEY; ABRAHAMSE; JIMENEZ, 2009), da distribuição temporal das tentativas (GARCIA et al., 2008) e da prática mental e/ou imaginação (BROUZIYNE; MOLINARO, 2005; FONTANI et al., 2007; GOLOMER et al., 2008;

SPITTLE; MORRIS, 2007; STOTER et al., 2008).

Um aspecto importante, que tem sido foco de atenção em estudos recentes é o efeito do *feedback* extrínseco autocontrolado (CHIVIACOWSKY; WULF, 2005; CHIVIACOWSKY; MEDEIROS; KAEFER, 2007; CHIVIACOWSKY et al., 2008a; CHIVIACOWSKY et al., 2008c; CHIVIACOWSKY et al., 2008b; HARTMAN, 2007; HUET et al., 2009), no qual o aprendiz tem controle e decide as tentativas de prática em que o receberá. O conjunto dos resultados permite apontar que a prática com fornecimento de *feedback* controlado pelo aprendiz parece ser mais efetiva, comparativamente ao fornecimento de *feedback* controlado por uma fonte externa.

Outros aspectos não menos importantes acerca do *feedback* extrínseco, que também têm sido alvo de investigação, são as características dos aprendizes (HURLEY; LEE, 2006; CHIVIACOWSKY et al., 2009a), o conteúdo e a qualidade da informação do *feedback* (ATCHYDALAMA, et al., 2005; FORD; HODGES; WILLIAMS, 2007; MARCHAL CRESPO; REINKENSMeyer, 2008; HOLDERBAUM; GUIMARÃES; PETERSEN, 2009), a quantidade e a distribuição do fornecimento de *feedback* (ANDERSON et al., 2005; BARROCAL et al., 2006; CORRÊA et al., 2005; ISHIKURA, 2005, 2007; MASLOVAT et al., 2009; OLIVEIRA et al., 2009; PALHARES et al., 2006), o fornecimento após tentativas eficientes e ineficientes de prática (CHIVIACOWSKY; WULF, 2005; CHIVIACOWSKY et al., 2007; CHIVIACOWSKY et al., 2009b) e as funções em testes de aprendizagem (RUSSELL; NEWELL, 2007b).

Em relação à aprendizagem por observação, a compreensão dos efeitos do autocontrole na aprendizagem motora tem se constituído também em um interessante desafio (BARZOUKA; BERGELES; HATZIHARISTOS, 2007; WULF; RAUPACH; PFEIFFER, 2005). Além disso, pesquisadores têm especulado sobre aspectos como quantidade e distribuição temporal das observações (BADETS; BLANDIN, 2005; HAGUENAUER et al., 2005), aspectos observados que afetam a

aprendizagem e as formas dessa observação (ASHFORD; BENNETT; DAVIDS, 2006; BRESLIN et al, 2005; BRESLIN et al, 2006; BADETS, et al., 2006, BLACK et al., 2005), tipo de modelo (KERNODLE, MCKETHAN; RABINOWITZ, 2008; WANG; HART, 2005) e eficácia da modelação em comparação com outros tipos de informação (HAYES et al., 2006; HAGUENAUER et al., 2005).

Finalmente, identificar os correlatos neurais relativos a mecanismos e processos associados à aprendizagem motora como um todo ou a fatores específicos como prática, atenção e especificidade da tarefa tem sido foco de preocupação em várias pesquisas (HAYASHI; SHIMURA; KASAI, 2005, 2006; LIN et al., 2008; LIN et al., 2009; SHEMMELL et al., 2007; ZENTGRAF et al.; 2009). Esses aspectos têm também sido investigados em relação à aprendizagem de pessoas portadoras de necessidades especiais como, por exemplo, transtorno no desenvolvimento da coordenação, apraxia e dislexia (ALLOWAY; WARN, 2008; BALLARD; ROBIN, 2007; DE KLEINE; VERWEY, 2009).

Desafios e perspectivas

A leitura dos grupos temáticos anteriormente discutidos permite visualizar duas direções no que se refere aos desafios de investigação: a) estudos que utilizam o paradigma clássico, de forma semelhante à maioria dos estudos anteriormente mencionados; e b) estudos que modificam a forma de observar o mesmo fenômeno utilizando um novo paradigma, ou seja, um pano de fundo diferente do hegemonicamente praticado.

Na perspectiva da primeira direção, observa-se que o conhecimento gerado até o momento ainda não explorou suficientemente a ampla variedade de fatores que podem afetar o processo de aquisição de habilidades motoras, carecendo, principalmente, de estudos de interação entre as variáveis pesquisadas, geralmente presentes de forma conjunta em situações do mundo real. Ainda, sabe-se que na maioria das tarefas do mundo real é preciso preocupar-se tanto com o sucesso no alcance da meta ambiental quanto com a utilização de um padrão adequado de movimento. Em alguns casos a meta a ser alcançada e o padrão de

movimento a ser executado são parcialmente independentes, por exemplo, no arremesso do basquetebol, no lançamento de flechas em alvos ou mesmo na tacada do golfe; em outras habilidades, a meta a ser alcançada é a eficiência do próprio padrão de movimento, como no caso da dança e da ginástica artística. Não obstante, provavelmente por dificuldade no domínio da medição, ainda são poucos os estudos que se preocuparam em verificar se existe correlação entre os efeitos dos fatores que afetam a aprendizagem motora em relação ao alcance da meta ambiental e o padrão de movimento empregado. Os novos tipos de análise descritos no item anterior deste artigo podem auxiliar no ataque a esse particular desafio.

Outro desafio importante refere-se ao tipo de tarefa utilizado nos estudos. Na maioria das pesquisas realizadas, tarefas simples produzidas em laboratório têm sido empregadas. Existe a necessidade de mais pesquisas com tarefas mais complexas, especialmente do mundo real.

Também merece destaque o desafio de explorar a interação dos mecanismos e processos subjacentes com os fatores que afetam a aprendizagem motora, considerando os diferentes estágios de desenvolvimento motor, os níveis diferenciados de experiência e as diferentes fases da aprendizagem em que se encontra o aprendiz.

A segunda direção em que os desafios para o estudo do fenômeno aprendizagem motora estão colocados, tanto no que se refere aos processos subjacentes quanto a fatores que o afetam, tem como pano de fundo o paradigma das Ciências da Complexidade. Tal paradigma trata da organização e desenvolvimento de sistemas abertos, complexos, com capacidades de auto-organização, como foi visto anteriormente. Exemplos de sua aplicação à área de CoM podem ser visualizados nos estudos de Kelso (1995), abordando questões relacionadas ao controle motor, nos estudos de Thelen e Smith (1994) relacionados ao desenvolvimento motor, assim como nos estudos de Tani (2005a) sobre o processo adaptativo na aquisição de habilidades motoras, cujas principais ideias e proposições foram expostas no início deste artigo.

É de conhecimento geral que teorias, modelos e paradigmas são construídos e

utilizados de acordo com a necessidade de melhor compreender e explicar diferentes fenômenos. Apesar disso, por um longo período de tempo, não somente em AM, mas em CoM como um todo, os modelos e teorias foram usados muitas vezes como uma “camisa de força”, com o intuito de excluir ou até mesmo rebaixar abordagens e modelos concorrentes. No nosso entender, foi o que ocorreu em nosso meio no caso do embate entre a Teoria da Ação e a Teoria Motora. As posições radicais dos proponentes da Teoria da Ação na sua crítica à Teoria Motora (por exemplo, REED, 1982) foram incorporadas e utilizadas pelos seguidores contrários para tentar passar a ideia de que a Teoria Motora era ultrapassada, portanto, de segunda categoria. Para demonstrar o equívoco dessa postura, algumas mudanças de orientação ocorridas já no final do século passado são altamente didáticas, como aquela entre a aceitação da “ditadura” do modelo para uma postura que faz a devida apreciação crítica do poder explanatório do modelo e a utilização de abordagens híbridas, com instrumentação interdisciplinar. Essas mudanças ocorreram como consequência, justamente, das denúncias sobre a errônea utilização de modelos e teorias como ideologias e modismos, ou seja, sobre sua escolha e utilização negligenciando-se as limitações inerentes a qualquer abordagem para explicar fenômenos complexos, como é o processo de aquisição de habilidades motoras (LEE, 1998; SCHMIDT, 2003; WALTER; LEE; STERNARD, 1998).

Três principais perspectivas resultantes desses acontecimentos podem ser apontadas: a) a mudança de orientação da aceitação da “ditadura” do modelo para uma postura mais crítica e reflexiva do seu poder explanatório, tendo-se em conta que é o tema ou problema de investigação que clama por uma abordagem mais apropriada, e não a sua escolha *a priori* (tomem-se como exemplos os casos dos desafios já descritos dos estudos sobre a memória, a complexidade da tarefa e o processo de aprendizagem, nos quais se verificam pesquisadores de ambas as abordagens) b) a utilização de abordagens alternativas a essas duas já tradicionais, como, por exemplo, aquela do processo adaptativo em aprendizagem motora, em que conteúdos das duas abordagens

são incorporados e integrados com base na ideia de sistemas adaptativos complexos; c) o uso compartilhado de técnicas e tecnologias comuns, por exemplo, da Biomecânica e Neurofisiologia, não somente para descrever e analisar padrões de movimento, mas também para compreender estruturas internas abstratas.

Dentro dessas perspectivas destacam-se alguns desafios, como, por exemplo, a identificação dos correlatos neurais dos mecanismos e processos associados à aprendizagem motora, assim como dos fatores que os afetam, como a prática, a atenção e a especificidade da tarefa, os quais já têm sido foco de preocupação em várias pesquisas (HAYASHI; SHIMURA; KASAI, 2005, 2006; LIN et al., 2008; LIN et al., 2009; SHEMMELL et al., 2007; ZENTGRAF et al., 2009). Trata-se de estudos que utilizam, entre outras tecnologias, a ressonância magnética e a estimulação magnética transcraniana na identificação e explicação de estruturas neurais ou de bases neurofisiológicas dos efeitos de variáveis de aprendizagem já conhecidos comportamentalmente. A título de ilustração, pode-se citar o estudo de Zentgraf et al.; (2009), que mostrou que com a utilização do foco externo de atenção há alta ativação somatosensorial no córtex motor em comparação com a utilização do foco interno. Já Lin, Fischer, Wu, Ko, Lee e Winstein (2009) utilizaram a estimulação magnética transcraniana como fonte de perturbação do processamento de informações para investigar os efeitos das práticas aleatória e por blocos na aprendizagem de tarefas motoras específicas. Eles mostraram que tal perturbação foi mais prejudicial à aprendizagem de tarefas com demandas temporais sob prática aleatória do que com a prática por blocos, e também que isso não ocorreu com a aprendizagem de tarefas com exigências espaciais.

Estes últimos achados apontam também para um aspecto intrigante na área de CoM igualmente presente na investigação de outros temas, que é a questão da especificidade da tarefa. Os desafios encontram-se na necessidade de cuidados a serem tomados nas interpretações dos achados, visto que, se por um lado a utilização de técnicas como ressonância transcraniana magnética e aquelas da

Biomecânica tem possibilitado, respectivamente, acesso a estruturas neurais e medidas precisas de desempenho, por outro, ela tem ocorrido estritamente em estudos com tarefas simples e com pouca validade ecológica (BEKKERING; NEGGERS, 2002). O fato de a especificidade da tarefa se constituir como um dos aspectos críticos a serem considerados nas pesquisas em CoM tem um componente histórico, pois boa parte dos modelos e teorias de controle e aprendizagem motora propostos foi construída com base nela (BARROS, 2006).

Outro desafio importante, verificado em alguns temas de investigação antes revisados, diz respeito à necessidade de entendimento da aprendizagem motora a partir das características dos aprendizes. Na verdade, esse é um aspecto que propicia grande interação entre AM e DM. A perspectiva seria entender a aprendizagem de habilidades motoras considerando-se a fase de desenvolvimento motor, o nível de experiência, a fase de aprendizagem, o traço da personalidade, entre outras características dos aprendizes. Esses aspectos deveriam também ser cada vez mais valorizados e enfatizados em relação à aprendizagem de pessoas portadoras de certas doenças/deficiências como, por exemplo, transtorno no desenvolvimento da coordenação, doença de Parkinson, apraxia e dislexia (ALLOWAY; WARN, 2008; BALLARD; ROBIN, 2007; DE KLEINE; VERWEY, 2009).

Entender o papel de fatores relacionados à desordem na aprendizagem de habilidades motoras constitui outro interessante desafio. Essa perspectiva pressupõe uma concepção sistêmica de aprendiz e de aprendizagem, muito evidenciada na abordagem do processo adaptativo (TANI, 2005c). O fato de o aprendiz ser um sistema aberto implica a capacidade de lidar com instabilidades, ruídos e incertezas para alcançar estados mais elevados de organização. Um dos desafios a considerar é investigar o papel desses fatores relacionados à desordem na aprendizagem motora. Alguns passos importantes têm sido dados nessa direção, como demonstram os estudos sobre a frequência reduzida de *feedback* extrínseco e a prática sob condições de alta variabilidade ou interferência contextual (CHIVIACOWSKY, 2005; CORRÊA; TANI, 2005). Resultados têm mostrado que a falta de informação (incerteza,

aleatoriedade, variabilidade) pode causar instabilidade no sistema, mas ao mesmo tempo levar o sistema a se organizar de forma mais robusta, fazendo dela uma fonte de ordem. Torna-se, destarte, importante investigar questões relacionadas a quando e quanto de desordem (perturbação) inserir, durante o processo de aprendizagem, para que ela possa se constituir em elemento que detone o processo de levar o sistema a estados mais elevados de complexidade.

Finalmente, pode ser apontado como um grande desafio o estudo da aprendizagem autocontrolada, ou seja, explorar a capacidade que os seres humanos têm de aprender por conta própria, também denominada de autoaprendizagem motora (CORRÊA; WALTER, 2009). A perspectiva nesse caso está em entender a aprendizagem de habilidades motoras quando o aprendiz tem o controle sobre determinados aspectos da sua prática. Supõe-se que sujeitos expostos a contextos autocontrolados de aprendizagem engajam-se mais ativa e construtivamente em processos de geração de ordem, melhor adaptando seus comportamentos às necessidades do processo cognitivo e motivacional da aprendizagem em que eles se encontram envolvidos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A área de CoM já enfrentou várias “batalhas” teóricas, o que de certa forma ressalta o seu dinamismo. Na década de 70 do século passado tivemos a oportunidade de testemunhar um embate entre duas teorias de controle motor e aprendizagem motora: a de circuito aberto e a de circuito fechado. Esse embate centralista-periferalista, como é conhecido na literatura, foi solucionado pelo reconhecimento de que diferenças entre tarefas estudadas, mais do que de posições teóricas em si, poderiam explicar melhor os resultados discrepantes obtidos por estudos experimentais (ABERNETHY; SPARROW, 1992; BEEK; MEIJER, 1988). Desse modo, a confrontação teórica foi resolvida pela aceitação de uma visão integrada, em que assunções apoiando posições distintas foram apropriadamente acomodadas.

A partir da década de 1980 testemunha-se uma nova polarização de abordagens teóricas, a

qual se tornou conhecida como a “controvérsia entre a teoria motora e a da ação” (MEIJER; ROTH, 1988); mas dessa vez o quadro parece ser bem diferente em comparação com aquele do embate entre as visões centralista e periferalista (TANI, 2005b). Nesse caso, a divergência estava nas possíveis explicações sobre os mecanismos de controle motor e aprendizagem, mas o quadro teórico geral por trás das duas teorias era o mesmo, ou seja, a teoria de processamento de informações. Na controvérsia entre a Teoria Motora e Teoria da Ação, a divergência está exatamente nesse quadro teórico de fundo, em que residem diferenças filosóficas nítidas.

Não existe ainda uma tendência definitiva no desdobramento desse confronto teórico - reconciliação, integração ou capitulação - mas reconhece-se que, se comparadas com os estágios iniciais da controvérsia, algumas mudanças já aconteceram. Nas fases iniciais, as diferenças entre as duas teorias pareciam muito claras em razão da radicalização das posições, o que é um traço característico desses estágios na batalha teórica; mas com a evolução das discussões e a realização de estudos empíricos, algumas diferenças originalmente apontadas tornaram-se menos claras, apesar da permanência de diferenças filosóficas. Esses aspectos foram devidamente discutidos no texto.

Existe um reconhecimento de que a Teoria da Ação trouxe interessantes avanços na compreensão dos fenômenos de controle e de desenvolvimento motor, especialmente em movimentos rítmicos filogeneticamente determinados, mas pouca contribuição efetiva na elucidação do fenômeno de aprendizagem. Tudo indica que sem a noção de representação é difícil teorizar sobre aprendizagem, especialmente de tarefas complexas

ontogeneticamente definidas. A Teoria Motora tem, portanto, muita contribuição a dar nesse particular. Achados recentes em estudos neurofisiológicos vêm corroborar essa tendência (vejam-se, por exemplo, GRAFTON; HAMILTON, 2007; SHADMEHR; MUSSA-IVALDI, 1994; TANJI; SHIMA; MUSHIAKE, 2007), ao acumular evidências acerca da representação de ações no cérebro. A par desses desdobramentos envolvendo as duas abordagens teóricas, a possibilidade de uma “terceira via” - processo adaptativo - foi também apresentada e discutida.

Diante desse estado da arte, uma interessante estratégia investigativa parece ser a de observar com muito cuidado e carinho o fenômeno em questão, utilizando-se da mais adequada e sofisticada ferramenta de análise, para depois escolher a melhor abordagem teórica para interpretar e explicar os resultados obtidos. Nesse empreendimento, uma abordagem metodológica integrativa envolvendo estudos em nível comportamental, neurofisiológico e biomecânico de análise parece se constituir em importante chave para o sucesso.

Para finalizar, o objetivo deste artigo foi apresentar um panorama geral da área de CoM, com a intenção de delinear um quadro organizado do seu desenvolvimento, tanto no domínio teórico quanto no de experimentação, e traçar algumas perspectivas de pesquisa procurando identificar problemas e desafios de investigação que, no nosso entender, merecem estudos profundos e sistemáticos. O resultado é um quadro altamente estimulante e intelectualmente desafiador, que convida mais pessoas a se engajarem na área. De uma coisa estamos certos: há espaço para muita gente lançar mão da criatividade e se “divertir”.

RESEARCH IN THE AREA OF MOTOR BEHAVIOR: THEORETICAL MODELS, RESEARCH METHODS, INSTRUMENTS OF ANALYSIS, CHALLENGES, TRENDS AND PERSPECTIVES

ABSTRACT

The objective of this article was to present a general panorama of the area of Motor Behavior - its historical trajectory, trends and perspectives of research - with the intention to delineate an organized framework of its development both in the theoretical and methodological domain. It is expected that this framework may contribute to the construction of a knowledge base for those who want to specialize as a researcher in the area and to apply that knowledge in the professional intervention.

Keywords: Motor behavior. Motor learning. Motor control. Motor development.

REFERÊNCIAS

ABERNETHY, B.; SPARROW, W. A. The rise and fall of dominant paradigms in motor behavior research. In:

SUMMERS, J. J. (Ed.). **Approaches to the study of motor control and learning**. Amsterdam: Elsevier Science, 1992. p. 3-45.

- ADAMS, J. A. A closed-loop theory of motor learning. **Journal of Motor Behavior**, Washington, D.C., v. 3, p. 111-149, 1971.
- ADAMS, J. A. Historical review and appraisal of research on the learning, retention, and transfer of human motor skills. **Psychological Bulletin**, Washington, D.C., v. 101, p. 41-74, 1987.
- AJIBOYE, A. B.; WEIR, R. F. Muscle synergies as a predictive framework for the EMG patterns of new hand postures. **Journal of Neural Engineering**, Bristol, v. 6, p. 036004, 2009.
- ALIBIGLOU, L. et al. Bilateral limb phase relationship and its potential to alter muscle activity phasing during locomotion. **Journal of Neurophysiology**, Washington, D.C., v. 102, p. 2856-2865, 2009.
- ALLOWAY, T. P.; WARN, C. Task-specific training, learning, and memory for children with developmental coordination disorder: a pilot study. **Perceptual and Motor Skills**, Louisville, v. 107, p. 473-480, 2008.
- ALTENMULLER, E.; JABUSCH, H. C. Focal hand dystonia in musicians: phenomenology, etiology, and psychological trigger factors. **Journal of Hand Therapy**, Louisville, v. 22, p. 144-154, 2009.
- AMADIO, A. C.; SERRÃO, J. C. Contextualização da biomecânica para a investigação do movimento: fundamentos, métodos e aplicações para análise da técnica esportiva. **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte**, São Paulo, v. 21, p. 61-85, 2007.
- ANDERSON, D. I. et al. Support for an explanation of the guidance effect in motor skill learning. **Journal of Motor Behavior**, Washington, D.C., v. 37, p. 231-238, 2005.
- ASHFORD, D.; BENNETT, S. J.; DAVIDS, K. Observational modeling effects for movement dynamics and movement outcome measures across differing task constraints: a meta-analysis. **Journal of Motor Behavior**, Washington, D.C., v. 38, p. 185-205, 2006.
- ATCHY-DALAMA, P. et al. Movement-related sensory feedback mediates the learning of a new bimanual relative phase pattern. **Journal of Motor Behavior**, Washington, D.C., v. 37, p. 186-196, 2005.
- BADETS, A. et al. Error detection processes during observational learning. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, Washington, D.C., v. 77, p. 177-184, 2006.
- BADETS, A.; BLANDIN, Y. Observational learning: effects of bandwidth knowledge of results. **Journal of Motor Behavior**, Washington, D.C., v. 37, p. 211-216, 2005.
- BALLARD, K. J.; ROBIN, D. A. Influence of continual biofeedback on jaw pursuit-tracking in healthy adults and in adults with apraxia plus aphasia. **Journal of Motor Behavior**, Washington, D.C., v. 39, p. 19-28, 2007.
- BARELA, A. M. F. et al. Influence of imposed optic flow characteristics and intention on postural responses. **Motor Control**, Champaign, v. 13, p. 119-129, 2009.
- BARELA, A. M.; CORRÊA, U. C.; PELLEGRINI, A. M. Tendências recentes dos estudos de aprendizagem motora na literatura brasileira em educação física. In: SIMPÓSIO PAULISTA DE EDUCAÇÃO FÍSICA, 4., 1993, Rio Claro. **Anais...** Rio Claro: Unesp, 1993. p. 94.
- BARELA, A. M.; DUARTE, M. Biomechanical characteristics of elderly individuals walking on land and in water. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, Oxford, v. 18, p. 446-454, 2008.
- BARELA, A.M.; STOLF, S. F.; DUARTE, M. Biomechanical characteristics of adults walking in shallow water and on land. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, Oxford, v. 16, p. 250-256, 2006.
- BARELA, J. A. Aquisição de habilidades motoras: do inexperiente ao habilidoso. **Motriz**, Rio Claro, v. 5, p. 53-57, 1999.
- BARELA, J. A. et al. An examination of constraints affecting the intralimb coordination in hemiplegic gait. **Human Movement Science**, Amsterdam, v. 19, p. 251-273, 2000.
- BARELA, J. A. Perspectiva dos sistemas dinâmicos: teoria e aplicação no estudo de desenvolvimento motor. In: PELLEGRINI, A. M. (Ed.). **Comportamento motor I: coletânea de estudos**. São Paulo: Movimento, 1997. p. 11-28.
- BARELA, J.A.; JEKA, J. J.; CLARK, J. E. Postural control in children: coupling to dynamic somatosensory information. **Experimental Brain Research**, Berlin, v. 150, p. 434-442, 2003.
- BARELA, J.A.; JEKA, J. J.; CLARK, J. The use of somatosensory information during the acquisition of independent upright stance. **Infant Behavior & Development**, Norwood, v. 22, p. 89-104, 1999.
- BARREIROS, J.; CARITA, I.; GODINHO, M. R. Problemas teóricos e operacionais da medida da aprendizagem. In: GUEDES, M. G. S. (Ed.). **Aprendizagem motora: problemas e contextos**. Lisboa: Edições FMH, 2001.
- BARREIROS, J.; GODINHO, M.; CHIVIACOWSKY, S. Perspectivas contrastantes em aprendizagem motora. **Boletim da Sociedade Portuguesa de Educação Física**, Lisboa, v. 15/16, p. 11-24, 1997.
- BARREIROS, J.; KREBS, R. J. Desenvolvimento motor: a delimitação de uma subárea disciplinar. In: BARREIROS, J.; CORDOVIL, R.; CAVALHEIRO, S. (Ed.). **Desenvolvimento motor da criança**. Lisboa: Edições FMH, 2007. p. 7-23.
- BARROCAL, R. M. et al. Faixa de amplitude de conhecimento de resultados e processo adaptativo na aquisição de controle de força manual. **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte**, São Paulo, v. 20, p. 111-119, 2006.
- BARROS, J.A.C. **Estrutura de prática e processo adaptativo em aprendizagem motora**. 2006. Dissertação (Mestrado)-Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.
- BARTLETT, F. C. **Remembering**. Cambridge: Cambridge University Press.
- BARZOUKA, K.; BERGELES, N.; HATZIHARISTOS, D. Effect of simultaneous model observation and self-modeling of volleyball skill acquisition. **Perceptual**

- and **Motor Skills**, Missoula, v.104, p. 32-42, 1932, 2007.
- BASTOS, F. H. **Efeito do grau de liberdade na escolha da resposta no processo adaptativo em aprendizagem motora**. 2007. Dissertação (Mestrado)-Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.
- BASTOS, F. H. et al. Liberdade de escolha do aprendiz no processo adaptativo em aprendizagem motora. **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte**, São Paulo, v. 21, p. 67-76, 2007.
- BEBKO, J. M. et al. Transfer, control, and automatic processing in a complex motor task: an examination of bounce juggling. **Journal of Motor Behavior**, Washington, D.C., v. 37, p. 465-474, 2005.
- BEEK, P. J.; MEIJER, O. G. On the nature of "the" motor-action controversy. In: MEIJER, O. G.; ROTH, K. (Ed.). **Complex movement behavior: "the" motor-action controversy**. Amsterdam: North-Holland, 1988. p. 157-185.
- BEEK, P. J.; PEPPER, C. E.; VAN WIERINGEN, P. C. W. Frequency locking, frequency modulation, and bifurcations in dynamic movement systems. In: STELMACH, G. E.; REQUIN, J. (Ed.). **Tutorials in motor behavior II**. Amsterdam: North-Holland, 1992. p. 599-622.
- BEKKERING, H.; NEGGERS, S. F. Visual search is modulated by action intentions. **Psychological Science**, Oxford, v. 13, no. 4, p. 370-374, 2002.
- BENDA, R. N. et al. Variabilidade e processo adaptativo na aprendizagem de uma tarefa de controle da força manual. In: BARREIROS, F.; MELO, E. B.; SARDINHA, J. (Ed.). **Percepção & Ação III**. Lisboa: Faculdade de Motricidade Humana da Universidade Técnica de Lisboa, 2000. p.166-182.
- BENDA, R. N. **Variabilidade e processo adaptativo na aquisição de habilidades motoras**. 2001. Tese (Doutorado)-Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.
- BENDA, R. N.; TANI, G. (2005). Variabilidade e processo adaptativo na aquisição de habilidades motoras. In: TANI, G. (Ed.). **Comportamento motor: aprendizagem e desenvolvimento**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2005. p. 129-140.
- BENDA, R. N.; UGRINOWITSCH, H. Desenvolvimento motor e a perspectiva ecológica de Gibson. **Revista Universidade de Guarulhos**, Guarulhos, v. 4, p. 135-142, 1999.
- BERNSTEIN, N. **The co-ordination and regulation of movements**. Oxford: Pergamon Press, 1967.
- BERTALANFFY, L. V. **Teoria geral dos sistemas**. 3. ed. Petrópolis: Vozes, 1977.
- BLACK, C. B. et al. Learning to detect error in movement timing using physical and observational practice. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, Washington, D. C., v. 76, p. 28-41, 2005.
- BOHR, N. **Ciência e conhecimento**. Rio de Janeiro: Contraponto, 1995.
- BRADY, F. The contextual interference effect and sport skills. **Perceptual and Motor Skills**, Missoula, v. 106, p. 461-472, 2008.
- BRAUN, C. et al. Crossed cortico-spinal motor control after capsular stroke. **European Journal of Neuroscience**, Oxford, v. 25, p. 2935-2945, 2007.
- BRESLIN, G. et al. A comparison of intra- and inter-limb relative motion information in modelling a novel motor skill. **Human Movement Science**, Amsterdam, v. 25, p. 753-766, 2006.
- BRESLIN, G. et al. Modelling relative motion to facilitate intra-limb coordination. **Human Movement Science**, Amsterdam, v. 24, p. 446-463, 2005.
- BRINKER, B. P. L. M. et al. A multidimensional analysis of some persistent problems in motor learning. In: GOODMAN, D.; WILBERG, R. B.; FRANKS, I. M. (Ed.). **Differing perspectives in motor learning, memory, and control**. Amsterdam: North-Holland, 1985.
- BROUZIYNE, M.; MOLINARO, C. Mental imagery combined with physical practice of approach shots for golf beginners. **Perceptual and Motor Skills**, Louisville, v. 101, p. 203-211, 2005.
- BRUZI, A. T. et al. Efeito do número de demonstrações na aquisição de uma habilidade motora: um estudo exploratório. **Revista Portuguesa de Ciências do Desporto**, Porto, v. 6, p. 179-187, 2006.
- BUENO, F. S. **Dicionário escolar da língua portuguesa**. 10. ed. Rio de Janeiro: Fename, 1976.
- BURKE, M. R.; BARNES, G. R. Quantitative differences in smooth pursuit and saccadic eye movements. **Experimental Brain Research**, Berlin, v. 175, p. 596-608, 2006.
- BUSICHIO, K. et al. Neuropsychological deficits in patients with chronic fatigue syndrome. **Journal of International Neuropsychology Society**, Columbus, v. 10, p. 278-285, 2004.
- BYBLOW, W. D. et al. Spontaneous and intentional pattern switching in a multisegmental bimanual coordination task. **Motor Control**, Champaign, v. 3, p. 372-393, 1999.
- CAETANO, M. J. D. et al. Effects of postural threat on walking features of Parkinson's disease patients. **Neuroscience Letters**, Amsterdam, v. 452, p. 136-140, 2009.
- CALJOUW, S. R.; VAN DER KAMP, J.; SAVELSBERGH, G. J. P. Catching optical information for the regulation of timing. **Experimental Brain Research**, Berlin, v. 155, p. 427-438, 2004a.
- CALJOUW, S. R.; VAN DER KAMP, J.; SAVELSBERGH, G. J. P. The impact of task-constraints on the planning and control of interceptive hitting movements. **Neuroscience Letters**, Amsterdam, v. 392, p. 84-89, 2006.
- CALJOUW, S. R.; VAN DER KAMP, J.; SAVELSBERGH, G. J. P. Timing of goal-directed hitting: impact requirements change the information-movement coupling. **Experimental Brain Research**, Berlin, v. 155, p. 135-144, 2004b.
- CAREY, J. R.; BHATT, E.; NAGPAL, A. Neuroplasticity promoted by task complexity. **Exercise**

- Sport Science Review**, Hagerstown, v. 33, p. 24-31, 2005.
- CATTUZZO, M. T. **O ciclo instabilidade-estabilidade-instabilidade no processo adaptativo em aprendizagem motora**. 2007. Tese (Doutorado)-Escola de Educação Física e Esporte, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.
- CATTUZZO, M. T.; TANI, G. **Leituras em biodinâmica e comportamento motor: conceitos e aplicações**. Recife: Ed. da Universidade de Pernambuco, 2009.
- CAURAUGH, J. H.; SUMMERS, J. J. Neural plasticity and bilateral movements: a rehabilitation approach for chronic stroke. **Progress in Neurobiology**, Oxford, v. 75, p. 309-320, 2005.
- CHIVIACOWSKY, S. et al. Feedback auto-controlado: efeitos na aprendizagem de uma habilidade motora específica do golfe. **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte**, São Paulo, v. 22, p. 265-271, 2008a.
- CHIVIACOWSKY, S. et al. Aprendizagem motora em crianças: "feedback" após boas tentativas melhora a aprendizagem. **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte**, São Paulo, v. 21, p. 157-165, 2007.
- CHIVIACOWSKY, S. et al. Efeitos da frequência do conhecimento de resultados na aprendizagem de uma tarefa motora com demanda de controle espacial em deficientes visuais. **Brazilian Journal of Motor Behavior**, Rio Claro, v. 4, p. 22-29, 2009a.
- CHIVIACOWSKY, S. et al. Feedback after good trials enhances learning in the elderly. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, Washington, D.C., v. 80, p. 663-668, 2009b.
- CHIVIACOWSKY, S. et al. Learning benefits of self-controlled knowledge of results in ten-year old children. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, Washington, D.C., v. 79, p. 405-410, 2008c.
- CHIVIACOWSKY, S. et al. Self-controlled feedback in 10-year-old children: higher feedback frequencies enhance learning. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, Washington, D.C., v. 79, p. 122-127, 2008b.
- CHIVIACOWSKY, S. Frequência de conhecimento de resultados e aprendizagem motora: linhas atuais de pesquisa e perspectivas. In: TANI, G. (Ed.). **Comportamento motor: aprendizagem e desenvolvimento**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2005. p. 185-207.
- CHIVIACOWSKY, S.; MEDEIROS, F. L.; KAEFER, A. Feedback auto-controlado e aprendizagem de uma tarefa motora com demanda de força. **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte**, São Paulo, v. 21, p. 27-33, 2007.
- CHIVIACOWSKY, S.; WULF, G. Self-controlled feedback is effective if it is based on the learner's performance. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, Washington, D.C., v. 76, p. 42-48, 2005.
- CHOI, Y et al., Performance-based adaptive schedules enhance motor learning. **Journal of Motor Behavior**, Washington, D.C., v. 40, p. 273-280, 2008.
- CHOW, J. Y. et al. Variation in coordination of a discrete multiarticular action as a function of skill level. **Journal of Motor Behavior**, Washington, D.C., v. 39, p. 463-479, 2007.
- CHRISTOFOLETTI, G. et al. A controlled clinical trial on the effects of motor intervention on balance and cognition in institutionalized elderly patients with dementia. **Clinical Rehabilitation**, London, v. 22, p. 618-626, 2008.
- CLARK, J. E.; OLIVEIRA, M. A. Motor behavior as a scientific field: a view from the start of the 21st century. **Brazilian Journal of Motor Behavior**, Rio Claro, v. 1, p. 1-19, 2006.
- CLARK, J. E.; WHITALL, J. What is motor development? The lessons of history. **Quest**, Grand Rapids, v. 41, p. 183-202, 1989.
- COHEN, H. S.; BLOOMBERG, J. J.; MULAVARA, A. P. Obstacle avoidance in novel visual environments improved by variable practice training. **Perceptual and Motor Skills**, Missoula, v. 101, p. 853-861, 2005.
- CONNOLLY, K. J. A perspective on motor development. In: WADE, M. G.; WHITING, H. T. A. (Ed.). **Motor development in children: aspects of coordination and control**. Dordrecht: Martinus Nijhoff, 1986. p. 13-21.
- CONNOLLY, K. J.; DALGLEISH, M. Individual patterns in tool use by infants. In: KALVERBOER, A. F.; HOPKINS, B.; GEUZE, R. (Ed.). **Motor development in early and later childhood: longitudinal approaches**. Cambridge: Cambridge University, 1993.
- CONNOLLY, K. Skill development: problems and plans. In: Connolly, K. (Ed.), **Mechanisms of motor skill development**. London: Academic Press, 1970.
- CORRÊA, U. C. (Org.). **Pesquisa em comportamento motor: a intervenção profissional em perspectiva**. São Paulo: Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo, 2008b.
- CORRÊA, U. C. Apresentação. In:_____. (Ed.). **Pesquisa em comportamento motor: a intervenção profissional em perspectiva**. São Paulo: Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo, 2008b.
- CORRÊA, U. C. **Estrutura de prática e processo adaptativo na aquisição de habilidades motoras**. 2001. Tese (Doutorado)-Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.
- CORRÊA, U. C. et al. A prática constante-aleatória e o processo adaptativo de aprendizagem motora: efeito da quantidade de prática constante. **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte**, São Paulo, v. 21, p. 301-314, 2007.
- CORRÊA, U. C. et al. Efeitos da frequência de conhecimento de performance na aprendizagem de habilidades motoras. **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte**, São Paulo, v. 19, p. 127-141, 2005.
- CORRÊA, U. C. et al. Prática constante-aleatória e aprendizagem motora: efeitos da quantidade de prática constante e da manipulação de exigências motoras da

- tarefa. **Brazilian Journal of Motor Behavior**, Rio Claro, v. 1, p. 41-52, 2006.
- CORRÊA, U. C.; TANI, G. Estrutura de prática e processo adaptativo em aprendizagem motora: por uma nova abordagem de prática. In: TANI, G. (Ed.). **Comportamento motor: aprendizagem e desenvolvimento**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2005. p.141-161.
- CORRÊA, U. C.; WALTER, C. A auto-aprendizagem motora: um olhar para alguns dos fatores que afetam a aquisição de habilidades motoras. In: CATUZZO, M. T.; TANI, G. (Ed.). **Leituras em biodinâmica e comportamento motor: conceitos e aplicações**. Recife: Ed. da Universidade de Pernambuco, 2009. p. 231-261.
- DAVIDS, K.; HANDFORD, C.; WILLIAMS, M. The natural physical alternative to cognitive theories of motor behaviour: an invitation for interdisciplinary research in sports science? **Journal of Sports Sciences**, London, v. 12, p. 495-528, 1994.
- DAVIS, W.E.; BURTON, A.W. Ecological task analysis: translating movement behavior theory into practice. **Adapted Physical Activity Quarterly**, v. 8, p. 154-177, 1991.
- DE KLEINE, E.; VERWEY, W. B. Motor learning and chunking in dyslexia. **Journal of Motor Behavior**, Washington, D.C., v. 41, p. 331-338, 2009.
- DECETY, J.; INGVAR, D. H. Brain structures participating in mental simulation of motor behavior: a neuropsychological interpretation. **Acta Psychologica**, Amsterdam v. 73, p. 13-34, 1990.
- DENARDI, R. A.; FERRACIOLI, M. C.; RODRIGUES, S. T. Informação visual e controlo postural durante a execução da pirouette no ballet. **Revista Portuguesa de Ciências do Desporto**, Porto, v. 8, p. 241-250, 2008.
- DI ROCCO, P. J.; CLARK, J. E.; PHILLIPS, S. J. Jumping coordination patterns of mildly mentally retarded children. **Adapted Physical Activity Quarterly**, Champaign, v. 4, p. 178-191, 1987.
- DOUVIS, S. J. Variable practice in learning the forehand drive in tennis. **Perceptual and Motor Skills**, Missoula, v. 101, p. 531-545, 2005.
- FAIRBROTHER, J. T.; SHEA, J. B. The effects of a single reminder trial on retention of a motor skill. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, Washington, D.C., v. 76, p. 49-59, 2005.
- FERREIRA, C. R. et al. Análise dos padrões fundamentais de movimento em crianças de 3 a 8 anos de idade. **Revista Motricidade**, Vila real, v. 2, p. 134-142, 2006.
- FISCHMAN, M. G.; CHRISTINA, R. W.; ANSON, J. G. Memory drum theory's movement: revelations from Franklin Henry. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, Washington, D.C., v. 79, p. 312-318, 2008.
- FISCHMAN, M.G. Motor learning and control foundations of kinesiology: defining the academic core. **Quest**, Grand Rapids, v. 59, p. 67-76, 2007.
- FONSECA, S. T. et al. A dynamic model of locomotion in spastic hemiplegic cerebral palsy: influence of walking speed. **Clinical Biomechanics**, Oxford, v. 16, p. 793-805, 2001.
- FONSECA, S. T. et al. Abordagem ecológica à percepção e ação: fundamentação para o comportamento motor. **Brazilian Journal of Motor Behavior**, Rio Claro, v. 2, p. 1-10, 2007.
- FONTANI, G. et al. Effect of mental imagery on the development of skilled motor actions. **Perceptual and Motor Skills**, Missoula, v. 105, p. 803-826, 2007.
- FORD, P.; HODGES, N. J.; WILLIAMS, A. M. Examining action effects in the execution of a skilled soccer kick by using erroneous feedback. **Journal of Motor Behavior**, Washington, D.C., v. 39, p. 481-490, 2007.
- FORD, P.; HODGES, N. J.; WILLIAMS, A. M. Online attentional-focus manipulations in a soccer-dribbling task: implications for the proceduralization of motor skills. **Journal of Motor Behavior**, Washington, D.C., v. 37, p. 386-394, 2005.
- FROLOV, M. V. et al. The development of pursuit tracking skills. **Aviation Space Environment Medicine**, [S.l.], v. 62, p. 670-672, 1991.
- FUJIYAMA, H. et al. Age-related differences in inhibitory processes during interlimb coordination. **Brain Research**, Amsterdam, v. 1262, p. 38-47, 2009.
- GALLAHUE, D. L.; OZMUN, J. C. **Understanding motor development: infants, children, adolescents, adults**. 4th ed. Boston: McGraw Hill, 1998.
- GALLAHUE, D. **Understanding motor development**. New York: John Wiley & Sons, 1982.
- GARCIA, J. A. et al. Analysis of effects of distribution of practice in learning and retention of a continuous and a discrete skill presented on a computer. **Perceptual and Motor Skills**, Missoula, v. 107, p. 261-272, 2008.
- GARDNER, H. **A nova ciência da mente**. São Paulo: EDUSP, 1995.
- GELL-MANN, M. **O quark e o jaguar**. Lisboa: Gradiva, 1997.
- GESELL, A. Maturation and infant behaviour pattern. **Psychological Review**, Washington, D.C., v. 36, p. 307-319, 1929.
- GIBSON, J. J. **The ecological approach to visual perception**. Boston: Houghton Mifflin, 1979.
- GIBSON, J. J. **The senses considered as perceptual systems**. Boston: Houghton Mifflin, 1966.
- GLENCROSS, D. J.; WHITING, H. T. A.; ABERNETHY, B. Motor control, motor learning and the acquisition of skill: historical trends and future directions. **International Journal of Sport Psychology**, Rome, v. 25, p. 32-52, 1994.
- GODINHO, M. R. As diferenças que fazem a diferença. In: BARREIROS, J M. R.; GODINHO, F.; MELO NETO, C. (Ed.). **Desenvolvimento e aprendizagem: perspectivas cruzadas**. Lisboa: Edições FMH, 2004.
- GODINHO, M. R. et al. **Controle motor e aprendizagem: trabalhos práticos**. Lisboa: Edições FMH, 2000.

- GODINHO, M. R.; BARREIROS, J.; CORREIA, P. P. **Aprendizagem motora: teorias e modelos**. Lisboa: Edições FMH, 1997.
- GODOI, D.; BARELA, J. A. Body sway and sensory motor coupling adaptation in children: effects of distance manipulation. **Developmental Psychobiology**, New York, v. 50, p. 77-87, 2008.
- GOLOMER, E. et al. Effects of mental imagery styles on shoulder and hip rotations during preparation of pirouettes. **Journal of Motor Behavior**, Washington, D.C., v. 40, p. 281-290, 2008.
- GOTTLIEB, G. (1992). **The individual in the development and evolution**. Oxford: Blackwell.
- GRAFTON, S. T.; HAMILTON, A. F. Evidence for a distributed hierarchy of action representation in the brain. **Human Movement Science**, Amsterdam, v. 26, p. 590-616, 2007.
- GRANADOS, C.; WULF, G. Enhancing motor learning through dyad practice: contributions of observation and dialogue. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, Washington, D.C., v. 78, p. 197-203, 2007.
- HAGUENAUER, M. et al. Short-term effects of using verbal instructions and demonstration at the beginning of learning a complex skill in figure skating. **Perceptual and Motor Skills**, Missoula, v. 100, p. 179-191, 2005.
- HAKEN, H. Synergetics of movement coordination. **Human Movement Science**, Amsterdam, v. 10, p. 113-115, 1991.
- HAKEN, H.; KELSO, J. A. S.; BUNZ, H. A theoretical model of phase transitions in human hand movements. **Biological Cybernetics**, Berlin, v. 51, p. 347-356, 1985.
- HAN, D. W.; SHEA, C. H. Auditory model: effects on learning under blocked and random practice schedules. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, Washington, D.C., v. 79, p. 476-486, 2008.
- HANSEN, S.; TREMBLAY, L.; ELLIOTT, D. Part and whole practice: chunking and online control in the acquisition of a serial motor task. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, Washington, D.C., v. 76, p. 60-66, 2005.
- HARTMAN, J. M. Self-controlled use of a perceived physical assistance device during a balancing task. **Perceptual and Motor Skills**, Missoula, v. 104, p. 1005-1016, 2007.
- HASSON, C. J.; CALDWELL, G. E.; VAN EMMERIK, R. E. Changes in muscle and joint coordination in learning to direct forces. **Human Movement Science**, Amsterdam, v. 27, p. 590-609, 2008.
- HAYASHI, S.; SHIMURA, K.; KASAI, T. Modulations of use-dependent excitability changes of human motor cortex (M1) by practice condition. **Perceptual and Motor Skills**, Missoula, v. 103, p. 697-702, 2006.
- HAYASHI, S.; SHIMURA, K.; KASAI, T. Rapid plastic changes of human primary motor cortex with repetitive motor practice and transcranial magnetic stimulation. **Perceptual and Motor Skills**, Missoula, v. 101, p. 575-586, 2005.
- HAYES, S. J. et al. Scaling a motor skill through observation and practice. **Journal of Motor Behavior**, Washington, D.C., v. 38, p. 357-366, 2006.
- HAYWOOD, K. **Life span motor development**. 2nd ed. Champaign, Illinois: Human Kinetics, 1993.
- HEITMAN, R. J. et al. Effects of specific versus variable practice on the retention and transfer of a continuous motor skill. **Perceptual and Motor Skills**, Missoula, v. 100, p. 1107-1113, 2005.
- HENRY, F. M. Reaction time-movement time correlations. **Perceptual and Motor Skills**, Missoula, v. 12, p. 63-66, 1959.
- HENRY, F. M.; ROGERS, D. E. Increased response latency for complicated movements and a "memory drum" theory of neuromotor reaction. **Research Quarterly**, Washington, D.C., v. 31, p. 448-558, 1960.
- HERKOWITZ, J. Developmental task analysis: the design of movement experiences and evaluation of motor development status. In: M.V. RIDENOUR (Ed.). **Motor development: issues and applications**. New Jersey: Princeton Book Company, 1978.
- HIRAGA, C. Y. et al. Dual-task interference: attentional and neurophysiological influences. **Behavioral and Brain Research**, Amsterdam, v. 205, p. 10-18, 2009.
- HOLDEFER, R. N.; MILLER, L. E. Dynamic correspondence between Purkinje cell discharge and forelimb muscle activity during reaching. **Brain Research**, Amsterdam, v. 1295, p. 67-75, 2009.
- HOLDERBAUM, G. G.; GUIMARÃES, A. C. S.; PETERSEN, R. D. S. The use of augmented visual feedback on the learning of the recovering phase of pedaling. **Brazilian Journal of Motor Behavior**, Rio Claro, v. 4, p. 1-7, 2009.
- HOLLAND, J. H. **A ordem oculta**. Lisboa: Gradiva, 1997.
- HOLLAND, J. H. **Adaptation in natural and artificial systems**. Cambridge: The MIT Press, 1992.
- HUET, M. et al. Self-controlled concurrent feedback and the education of attention towards perceptual invariants. **Human Movement Science**, Amsterdam, v. 28, p. 450-467, 2009.
- HURLEY, S. R.; LEE, T. D. The influence of augmented feedback and prior learning on the acquisition of a new bimanual coordination pattern. **Human Movement Science**, Amsterdam, v. 25, p. 339-348, 2006.
- INGEN SCHENAU, G. J. V. et al. The control of multi-joint movements relies on detailed internal representations. **Human Movement Science**, Amsterdam, v. 14, p. 511-538, 1995.
- ISHIKURA, T. Average KR schedule in learning of timing: influence of length for summary knowledge of results and task complexity. **Perceptual and Motor Skills**, Missoula, v. 101, p. 911-924, 2005.

- ISHIKURA, T. Motor goal as a constraint on developmental status. In: CLARK, J. E.; HUMPHREY, J. (Ed.). **Advances in motor development research**. New York: AMS Press, 1990.
- ISHIKURA, T. Reduced relative frequency of knowledge of results without visual feedback in learning a golf-putting task. **Perceptual and Motor Skills**, Missoula, v. 106, p. 225-233, 2007.
- JABUSCH, H. C. et al. The influence of practice on the development of motor skills in pianists: a longitudinal study in a selected motor task. **Human Movement Science**, Amsterdam, v. 28, p. 74-84, 2009.
- JONES, L. L.; FRENCH, K. E. Effects of contextual interference on acquisition and retention of three volleyball skills. **Perceptual and Motor Skills**, Missoula, v. 105, p. 883-890, 2007.
- KAGERER, F. A. et al. Altered corticomotor representation in patients with Parkinson's disease. **Movement Disorder**, New York, v. 18, p. 919-927, 2003.
- KEELE, S. W. Behavioral analysis of movement control. In: BROOKS, V. (Ed.). **Handbook of physiology**: Section 1. Bethesda: American Physiological Society, 1981. The nervous system, Volume II, Motor Control.
- KEELE, S. W. Learning and control of coordinated motor patterns: the programming perspective. In: KELSO, J. A. S. (Ed.). **Human motor behavior: an introduction**. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, 1982.
- KEELE, S. W. Movement control in skilled motor performance. **Psychological Bulletin**, Washington, D.C., v. 70, p. 387-403, 1968.
- KEELE, S. W.; COHEN, A.; IVRY, R. Motor programs: concepts and issues. In: JEANNEROD, M. (Ed.). **Attention and performance XIII: motor representation and control**. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates, 1990. p. 77-110.
- KEELE, S. W.; SUMMERS, J. J. The structure of motor programs. In: STELMACH, G. E. (Ed.). **Motor control: issues and trends**. London: Academic Press, 1976. p. 109-142.
- KEETCH, K. M.; LEE, T. D. The effect of self-regulated and experimenter-imposed practice schedules on motor learning for tasks of varying difficulty. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, Washington, D.C., v. 78, p. 476-486, 2007.
- KELSO, J. A. S. **Dynamic patterns: the self-organization of brain and behavior**. London: MIT Press, 1995.
- KELSO, J. A. S. Foundations of human motor behavior. In: CONGRÈS INTERNATIONAL DE L'ASSOCIATION DES CHERCHEURS EN ACTIVITÉS PHYSIQUES ET SPORTIVES, 8, 1999, Macolin. **Actes...** Marcolin: [s.n.], 1999. p. 9-10.
- KERLINGER, F. N. **Metodologia da pesquisa em ciências sociais: um tratamento conceitual**. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária, 1980.
- KERNODLE, M. W.; McKETHAN, R. N.; RABINOWITZ, E.. Observational learning of fly casting using traditional and virtual modeling with and without authority figure. **Perceptual and Motor Skills**, Missoula, v. 107, p. 535-546, 2008.
- KONCZAK, J.; VANDER VELDEN, H.; JAEGER, L. Learning to play the violin: motor control by freezing, not freeing degrees of freedom. **Journal of Motor Behavior**, Washington, D.C., v. 41, p. 243-252, 2009.
- KUGLER, P. N. A morphological perspective on the origin and evolution of movement patterns. In: WADE, M. G.; WHITING, H. T. A. (Ed.). **Motor development in children: aspects of coordination and control**. Dordrecht: Martinus Nijhoff, 1986. p. 459-525.
- KUGLER, P. N.; KELSO, J. A. S.; TURVEY, M. T. On the concept of coordinative structures as dissipative structures: I. theoretical lines of convergence. In: STELMACH, G. E.; REQUIN, J. (Ed.). **Tutorials in motor behavior**. Amsterdam: North-Holland, 1980. p. 3-47.
- KUGLER, P. N.; KELSO, J. A. S.; TURVEY, M. T. On coordination and control in naturally developing systems. In: KELSO, J. A. S.; CLARK, J. E. (Ed.). **The development of movement control and coordination**. New York: Wiley, 1982.
- KUGLER, P. N.; TURVEY, M. T. **Information, natural law, and the self-assembly of rhythmic movement**. Hillsdale, New Jersey: Erlbaum, 1987.
- KUGLER, P. N.; TURVEY, M. T. Self-organization, flow fields, and information. **Human Movement Science**, Amsterdam, v. 7, p. 97-129, 1988.
- KUHN, T. **Estrutura das revoluções científicas**. São Paulo: Perspectiva, 1991.
- LAGE, G. M. et al. The combination of practice schedules: effects on relative and absolute dimensions of the task. **Journal of Human Movement Studies**, London, v. 52, p. 21-35, 2007.
- LAMONTAGNE, A.; MALOUIN, F.; RICHARDS, C. L. Locomotor-specific measure of spasticity of plantarflexor muscles after stroke. **Archives of Physiological Medical Rehabilitation**, Philadelphia, v. 82, p. 1696-1704, 2001.
- LANGENDORFER, S. A. Prelongitudinal test of motor stage theory. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v. 58, p. 21-29, 1987.
- LASHLEY, K. S. The problem of serial order in behavior. In: JEFFERS, L. A. (Ed.). **Cerebellar mechanisms in behavior: the Hixon Symposium**. New York: Wiley, 1951.
- LATASH, M. L. **Control of human movement**. Champaign; Illinois: Human Kinetics, 1993.
- LAUFER, Y. Effect of cognitive demand during training on acquisition, retention, and transfer of a postural skill. **Human Movement Science**, Amsterdam, v. 27, p. 126-141, 2008.
- LEE, T. D.; BLANDIN, Y.; PROTEAU, L. Effects of task instructions and oscillation frequency on bimanual coordination. **Psychological Research**, Berlin, v. 5, p. 100-106, 1996.
- LEE, T.D. Hot topics in motor control and learning: on the dynamics of motor control and learning. **Research**

- Quarterly for Exercise and Sport**, Washington, D. C., v. 69, p. 316-318, 1998.
- LEWIN, R. **Complexidade: a vida no limite do caos**. Rio de Janeiro: Rocco, 1994.
- LEWONTIN, R. C. Genes, ambientes e organismos. In: SILVERS, R. B. (Ed.). **Histórias esquecidas da ciência**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1997. p. 93-109.
- LIN, C. H. et al. Contextual interference effect: elaborative processing or forgetting-reconstruction? A post hoc analysis of transcranial magnetic stimulation-induced effects on motor learning. **Journal of Motor Behavior**, Washington, D.C., v. 40, p. 578-586, 2008.
- LIN, C. H. et al. Neural correlate of the contextual interference effect in motor learning: a kinematic analysis. **Journal of Motor Behavior**, Washington, D.C., v. 41, p. 232-242, 2009.
- LIU, Y. T, MAYER-KRESS, G.; NEWELL, K. Qualitative e quantitative change in the dynamics of motor learning. **Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance**, v. 32, p. 380-393, 2006.
- LJUBISAVLJEVIC, M. Transcranial magnetic stimulation and the motor learning-associated cortical plasticity. **Experimental Brain Research**, Berlin, v. 173, p. 215-222, 2006.
- LORSON, K. M.; GOODWAY, J. D. Influence of critical cues and task constraints on overarm throwing performance in elementary age children. **Perceptual and Motor Skills**, Missoula, v. 105, p. 753-767, 2007.
- LUU, P.; TUCKER, D. M.; STRIPLING, R. Neural mechanisms for learning actions in context. **Brain Research**, Amsterdam, v. 1179, p. 89-105, 2007.
- MAGILL, R. A. **Aprendizagem motora: conceitos e aplicações**. São Paulo: Ed. Blucher, 2000.
- MAIA, J. A. R. et al. Explorando a noção e significado de tracking: um percurso didático para investigadores. **Revista Portuguesa de Psicologia**. 2007. Disponível em: <<http://www.psicologia.com.pt>>. Acesso em: 22 jun. 2009.
- MAIA, J. A. R. et al. A importância do estudo do tracking (estabilidade e previsão) em delineamentos longitudinais: um estudo aplicado à epidemiologia da actividade física e à performance desportivo-motora. **Revista Portuguesa de Ciências do Desporto**, Porto, v. 2, p. 41-56, 2002.
- MANOEL, E. J. Desenvolvimento motor: implicações para a educação física escolar I. **Revista Paulista de Educação Física**, v. 8, p. 81-97, 1994.
- MANOEL, E. J. Desenvolvimento motor: padrões em mudança, complexidade crescente. **Revista Paulista de Educação Física**, v. 3, p. 35-54, 2000. Suplemento.
- MANOEL, E. J. O estudo do desenvolvimento motor: tendências e perspectivas. In: TANI, G. (Ed.). **Comportamento motor: aprendizagem e desenvolvimento**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2005. p. 34-44.
- MANOEL, E. J. O que é ser criança? Algumas contribuições de uma visão dinâmica do desenvolvimento motor. In: KREBS, R. J.; COPETTI, F.; BELTRAME, T. S. (Ed.). **Discutindo o desenvolvimento infantil**. Santa Maria: Pallotti, 1998. p. 109-130.
- MANOEL, E. J.; CONNOLLY, K. J. Variability and stability in the development of skilled actions. In: CONNOLLY, K. J.; H. FORSSBERG, H. (Ed.). **Neurophysiology and neuropsychology of motor development**. Cambridge: Cambridge University, 1997.
- MANOEL, E. J.; OLIVEIRA, J. A. Motor developmental status and task constraint in overarm throwing. **Journal of Human Movement Studies**, London, v. 39, p. 359-378, 2000.
- MARCHAL CRESPO, L.; REINKENSMAYER, D. J. Haptic guidance can enhance motor learning of a steering task. **Journal of Motor Behavior**, Washington, D.C., v. 40, p. 545-556, 2008.
- MARINHO, N. F. S. **Efeitos do nível de dificuldade da meta na aquisição de habilidades motoras em sujeitos orientados à tarefa**. 2009. Dissertação (Mestrado)-Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.
- MARINOVIC, W.; PLOOY, A.M.; TRESILIAN, J.R. Preparation and inhibition of interceptive actions. **Experimental Brain Research**, v.197, 311-319, 2009.
- MARTENIUK, R. G. **Information processing in motor skills**. New York: Holt, Rinehart & Winston, 1976.
- MASLOVAT, D. et al. Feedback effects on learning a novel bimanual coordination pattern: support for the guidance hypothesis. **Journal of Motor Behavior**, Washington, D.C., v. 41, p. 45-54, 2009.
- MATOSO, A. et al. Patterns of fundamental movements in kindergarten children. **FIEP Bulletin**, v. 75, p. 254-257, 2005.
- MATURANA, H.; VARELA, F. **A árvore do conhecimento**. Campinas: Editorial Psy.
- MAUERBERG-de CASTRO, E.; ADRIAN, M. Temporal coupling between external auditory information and the phases of walking. **Perceptual and Motor Skills**, Missoula, p. 851-861, 1995.
- MAZYN, L. I. N. et al. Spatial and temporal adaptations that accompany increasing catching performance during learning. **Journal of Motor Behavior**, Washington, D.C., v. 39, p. 491-502, 2007.
- MEESEN, R. L. et al. The coalition of constraints during coordination of the ipsilateral and heterolateral limbs. **Experimental Brain Research**, Berlin, v. 174, p. 367-375, 2006.
- MEIJER, O. G.; ROTH, K. **Complex movement behaviour: the motor-action controversy**. Amsterdam: North-Holland, 1988.
- MEIRA JÚNIOR, C. M. **Conhecimento de resultados no processo adaptativo em aprendizagem motora**. 2005. Tese (Doutorado)-Escola de Educação Física e Esporte, Universidade de São Paulo, 2005.

- MEIRA JÚNIOR, C. M. Validação de uma lista de checagem para análise qualitativa do saque do voleibol. **Motriz**, Rio Claro, v. 9, p. 153-160, 2003.
- MEIRA JÚNIOR, C. M.; TANI, G. Contextual interference effects assessed by extended transfer trials in the acquisition of the volleyball serve. **Journal of Human Movement Studies**, London, v. 45, p. 449-468, 2003.
- MEMMERT, D. Long-term effects of type of practice on the learning and transfer of a complex motor skill. **Perceptual and Motor Skills**, Missoula, v. 103, p. 912-916, 2006.
- MICHEL, G. F.; MOORE, C. L. **Developmental psychobiology: an interdisciplinary science**. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press, 1995.
- MITRA, S. et al. Cortical organization of sensory corrections in visuomotor skill acquisition. **Neuroscience Letters**, Amsterdam, 382, 76-81, 2005.
- MONNO, A. et al. Etude des modulations intentionnelles de la dynamique des coordinations bimanuelles. CONGRÈS INTERNATIONAL DE L'ASSOCIATION DES CHERCHEURS EN ACTIVITÉS PHYSIQUES ET SPORTIVES, 8, 1999. Macolin. **Actes...** Macolin: [s.n.], 1999. p. 430-431.
- MORAES, R.; LOPES, A. G.; BARELA, J. A. Monocular vision and increased distance reducing the effects of visual manipulation of body sway. **Neuroscience Letters**, Amsterdam, v. 460, p. 209-213, 2009.
- NEWELL, K. M. Kinesiology: challenges of multiples agendas. **Quest**, Grand Rapids, v. 59, p. 5-24, 2007
- NEWELL, K. M. Motor skill acquisition. **Annual Review of Psychology**, Palo Alto, v. 42, p. 213-237, 1991.
- NEWELL, K. M. Constraints on the development of coordination. In: WADE, M. G.; WHITING, H. T. A. (Ed.). **Motor development in children: aspects of coordination and control**. Dordrecht: Martinus Nijhoff, 1986. p. 341-360.
- NEWELL, K. M.; VAILLANCOURT, D. E. Dimensional change in motor learning. **Human Movement Science**, Amsterdam, v. 20, p. 695-715, 2001.
- NEWELL, K.; LIU, Y. T.; MAYER-KRESS, G. Time scales in motor learning and development. **Psychological Review**, Washington, D.C., v. 108, p. 57-82, 2001.
- OLIVEIRA, D. L. et al. Relative frequency of knowledge of results and task complexity in the motor skill acquisition. **Perceptual and Motor Skills**, Missoula, v. 109, p. 8-12, 2009.
- OLIVEIRA, J. A. **Aquisição de uma habilidade motora básica: a prática sistemática em foco**. 2006. Tese (Doutorado)-Escola de Educação Física e Esporte, Universidade de São Paulo, 2006.
- OLIVEIRA, J. A. **Estado de desenvolvimento no padrão fundamental de movimento arremessar frente a variações numa restrição da tarefa**. 1997. Dissertação (Mestrado)-Escola de Educação Física e Esporte, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.
- OLIVEIRA, J. A.; MANOEL, E. J. Análise desenvolvimentista da tarefa motora: estudos e aplicações. In: TANI, G. (Ed.). **Comportamento motor: aprendizagem e desenvolvimento**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2005. p. 273-284.
- OLIVEIRA, J. A.; MANOEL, E. J. Task constraint and developmental status in the temporal organisation of overarm throwing. **Journal of Human Movement Studies**, [S.l.], v. 42, p. 251-269, 2002.
- OLIVEIRA, M. A. et al. Effect of kinetic redundancy on hand digit control in children with DCD. **Neuroscience Letters**, Amsterdam, v. 410, p. 42-46, 2006.
- OLIVEIRA, M. A.; SHIM, J. K. Redundância motora: o problema de graus de liberdade na ciência do movimento humano. **Revista Brasileira de Ciências do Esporte**, São Paulo, v. 29, p. 9-25, 2008.
- PALHARES, L. R. et al. Efeitos da frequência relativa e intervalo de atraso de conhecimento de resultados (CR) na aquisição de habilidades motoras. **Brazilian Journal of Motor Behavior**, Rio Claro, v. 1, p.53-63, 2006.
- PANZER, S.; SHEA, C. H. The learning of two similar complex movement sequences: does practice insulate a sequence from interference? **Human Movement Science**, Amsterdam, v. 27, p. 873-887, 2008.
- PANZER, S.; WILDE, H.; SHEA, C. H. Learning of similar complex movement sequences: proactive and retroactive effects on learning. **Journal of Motor Behavior**, Washington, D.C., v. 38, p. 60-70, 2006.
- PAROLI, R. **Efeito da estrutura de prática na aquisição de uma habilidade motora**. 2004. Dissertação (Mestrado)-Escola de Educação Física e Esporte, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.
- PATTEE, H. H. Instabilities and information in biological self-organization. In: YATES, F. E. (Ed.). **The self-organizing systems: the emergence of order**. New York: Plenum Press, 1987.
- PATTEE, H. H. The need for complementarity in models of cognitive behavior: a response to Fowler and Turvey. In: WEIMER, W. B.; PALERMO, D. S. (Ed.). **Cognition and the symbolic processes**. New Jersey: Lawrence Erlbaum, 1982. v. 2.
- PATTEE, H. H. The complementarity principle in biological and social structures. **Journal of Social and Biological Structures**, London, v. 1, p. 191-200, 1978.
- PATTEE, H. H. The physical basis and origin of hierarchical control. In: PATTEE, H. (Ed.). **Hierarchy theory: the challenge of complex systems**. New York: George Braziller, 1993.
- PAVLOV, I. P. **Lectures on conditional reflexes**. New York: International, 1928.
- PELLEGRINI, A. M. et al. Comportamento motor no Brasil: um olhar para o passado pensando no futuro. **Brazilian Journal of Motor Behavior**, Rio Claro, v. 1, p. 32-40, 2006.
- PEREZ, C. R.; MEIRA JÚNIOR, C.; TANI, G. Does the contextual interference effect last over extended transfer trials? **Perceptual and Motor Skills**, Missoula, v. 100, p. 58-60, 2005.

- PEROTTI, A. J. et al. Influência de diferentes informações comportamentais na dinâmica intrínseca entre informação visual e oscilação corporal. **Brazilian Journal of Motor Behavior**, Rio Claro, v. 2, p. 40-50, 2007.
- PEW, R. W. Toward a process-oriented theory of human skilled performance. **Journal of Motor Behavior**, Washington, D.C., v. 2, p. 8-24, 1970.
- PIEK, J.; GASSON, N.; SUMMERS, J. J. Motor control and coordination across the lifespan. **Human Movement Science**, Amsterdam, v. 27, p. 665-677, 2008.
- POLASTRI, P. F.; BARELA, J. A. Perception-action coupling in infants with Down Syndrome: effects of experience and practice. **Adapted Physical Activity Quarterly**, Champaign, v. 22, p. 39-56, 2005.
- POOLTON, J. M.; MASTERS, R. S.; MAXWELL, J. P. The relationship between initial errorless learning conditions and subsequent performance. **Human Movement Science**, Amsterdam, v. 24, p. 362-378, 2005.
- PRIOLI, A. C.; FREITAS, J. P.; BARELA, J. A. Physical activity and postural control in the elderly: coupling between visual information and body sway. **Gerontology**, Basel, v. 51, p. 145-148, 2005.
- PRIOLI, A. et al. Task demand effects on postural control in older adults. **Human Movement Science**, Amsterdam, v. 25, p. 435-446, 2006.
- RARICK, L. Motor development - process oriented and product oriented research. In: KELSO, J. A. S. & CLARK, J. E. (Eds.). **The development of movement control and co-ordination**. Chichester: John Wiley & Sons, 1982.
- REED, E. S. An outline of a theory of action systems. **Journal of Motor Behavior**, Washington, D.C., v. 14, p. 98-134, 1982.
- REQUIN, J. From action representation to movement control. In: STELMACH, G. E.; REQUIN, J. (Ed.). **Tutorials in motor behavior II**. Amsterdam: North-Holland, 1992. p. 159-179.
- REQUIN, J. Neural basis of movement representation. In: REQUIN, J.; STELMACH, G. E. (Ed.). **Tutorials in motor neuroscience**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1990. p. 333-345.
- RICE, F.P. **Human development: a life span approach**. 2. ed. New Jersey: Prentice-Hall, 1995.
- RICHTER, S. et al. Motor adaptation to different dynamic environments is facilitated by indicative context stimuli. **Psychological Research**, Berlin, v. 68, p. 245-251, 2004.
- RINALDI, N. M.; POLASTRI, P. F.; BARELA, J. A. Age-related changes in postural control sensory reweighting. **Neuroscience Letters**, Amsterdam, v. 467, p. 225-229, 2009.
- ROBERTON, M. A.; KONZACK, J. Predicting children's overarm throw ball velocities from their developmental levels of throwing. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, Washington, D.C., v. 72, p. 91-103, 2001.
- ROBERTON, M.A. Describing "stages" within and across motor tasks. In: KELSO, J. A. S.; CLARK, J. E. (Ed.). **The development of movement control and co-ordination**. Chichester: John Wiley & Sons, 1982. p.293-308.
- ROBERTON, M.A. Motor development: recognizing our roots, charting our future. **Quest**, Grand Rapids, v. 41, p. 213-223, 1989.
- RODRIGUES, S. T. et al. Controle visual do início e da intensidade da freada em ciclistas: a velocidade não afeta o uso da informação de tempo para colisão. **Brazilian Journal of Motor Behavior**, [S.l.], p. 64-72, 2006.
- RODRIGUES, S. T.; VICKERS, J. N.; WILLIAMS, A. M. Head, eye and arm coordination in table tennis. **Journal of Sports Sciences**, London, v. 20, p. 187-200, 2002.
- ROLLER, C. A. et al. Improvement of obstacle avoidance on a compliant surface during transfer to a novel visual task after variable practice under unusual visual conditions. **Perceptual and Motor Skills**, Missoula, v. 108, p. 173-180, 2009.
- ROSE, D. J. **A multi-level approach to the study of motor control and learning**. Boston: Allyn and Bacon, 1997.
- ROSECRANCE, J. C.; GIULIANI, C. A. Kinematic analysis of lower-limb movement during ergometer pedaling in hemiplegic and nonhemiplegic subjects. **Physical Therapy**, Alexandria, v. 71, p. 334-343, 1991.
- ROSENBAUM, D. A. Motor programming: a review and scheduling theory. In: H. HEUER, H.; KLEINBECK, U; SCHMIDT K.H. (Ed.). **Motor behavior: programming, control, and acquisition**. Berlin: Springer-Verlag, 1985.
- ROSENBAUM, D. A.; JORGENSEN, M. J. Planning macroscopic aspects of manual control. **Human Movement Science**, Amsterdam v. 11, p. 61-69, 1992.
- RUGY, A.; RIEK, S.; CARSON, R. G. Influence of predominant patterns of coordination on the exploitation of interaction torques in a two-joint rhythmic arm movement. **Experimental Brain Research**, Alexandria, v. 175, p. 439-452, 2006.
- RUSSELL, D. M.; NEWELL, K. M. How persistent and general is the contextual interference effect? **Research Quarterly For Exercise and Sport**, Washington, D.C., v. 78, p. 318-327, 2007a.
- RUSSELL, D. M.; NEWELL, K. M. On No-KR tests in motor learning, retention and transfer. **Human Movement Science**, Amsterdam, v. 26, p. 155-173, 2007b.
- SCHILTZ, C. et al. A pet study of human skill learning: changes in brain activity related to learning an orientation discrimination task. **Cortex**, Milan, v. 37, p. 243-265, 2001.
- SCHMIDT, R. A. A schema theory of discrete motor skill learning. **Psychological Review**, Washington, D.C., v. 82, p. 225-260, 1975.
- SCHMIDT, R. A. More on motor programs. In: KELSO, J. A. S. (Ed.). **Human motor behavior: an**

- introduction. Hillsdale: Lawrence Erlbaum, 1982a. p. 189-217.
- SCHMIDT, R. A. Motor and action perspectives in motor behaviour. In: MEIJER, O. G.; ROTH, K. (Ed.). **Complex movement behaviour: the motor-action controversy**. Amsterdam: North-Holland, 1988a. p. 3-44.
- SCHMIDT, R. A. **Motor control and learning: a behavioral emphasis**. 2nd ed. Champaign, Illinois: Human Kinetics, 1988b.
- SCHMIDT, R. A. Motor schema theory after 27 years: reflections and implications for a new theory. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, Washington, D.C., v. 74, p. 366-375, 2003.
- SCHMIDT, R. A. Past and future issues in motor programming. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, Washington D.C., v. 51, p. 122-140, 1980.
- SCHMIDT, R. A. Schema theory: implications for movement education. **Motor Skills: Theory into Practice**, v. 2, p. 36-48, 1977.
- SCHMIDT, R. A. The schema concept. In: KELSO, J. A. S (Ed.). **Human motor behavior: an introduction**. Hillsdale: Lawrence Erlbaum, 1982b. p. 219-235.
- SCHMIDT, R. A. The search of invariance in skilled movement behavior. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, Washington, D.C., v. 56, p. 188-200, 1985.
- SCHMIDT, R. A.; LEE, T. D. **Motor control and learning: a behavioral emphasis**. Champaign, Illinois: Human Kinetics, 1999.
- SCHMIDT, R. A.; WRISBERG, C. A. **Aprendizagem e performance motora: uma abordagem da aprendizagem baseada na situação**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.
- SCHMIDT, R. C.; FITZPATRICK, P. Dynamical perspective on motor learning. In: ZELAZNIK, H. N. (Ed.). **Advances in motor learning and control**. Champaign, Illinois: Human Kinetics, 1996. p. 195-223.
- SCHNECK, C. M.; HENDERSON, A. Descriptive analysis of the developmental progression of grip position for pencil and crayon control in nondysfunctional children. **American Journal of Occupational Therapy**, Boston, v. 44, p. 893-900, 1990.
- SCHOLLHORN, W. I. et al. Time scales of adaptive behavior and motor learning in the presence of stochastic perturbations. **Human Movement Science**, Amsterdam, v. 28, p. 319-333, 2009.
- SCHÖNER, G.; KELSO, J. A. S. A synergetic theory of environmentally specified and learned patterns of movement coordination: 1. Relative phase dynamics. **Biological Cybernetics**, Berlin, v. 58, 71-80, 1988a.
- SCHÖNER, G.; KELSO, J. A. S. A synergetic theory of environmentally specified and learned patterns of movement coordination: 2. Component oscillator dynamics. **Biological Cybernetics**, Berlin, v. 58, p. 81-89, 1988b.
- SCHÖNER, G.; ZANONE, P. G.; KELSO, J. A. S. Learning as change of coordination dynamics: theory and experiment. **Journal of Motor Behavior**, Washington, D.C., v. 24, p. 29-48, 1992.
- SEEFELDT, V.; HAUBENSTICKER, J. Patterns, phases or stages: an analytical model for the study of developmental movement. In: KELSO, J. A. S.; CLARK, J. E. (Ed.). **The development of movement control and co-ordination**. Chichester: John Wiley & Sons, 1982.
- SEKIYA, H. Contextual interference in implicit and explicit motor learning. **Perceptual and Motor Skills**, Missoula, v. 103, p. 333-343, 2006.
- SHADMEHR, R.; MUSSA-IVALDI, F. A. Adaptive representation of dynamics during learning of a motor task. **The Journal of Neuroscience**, London, v. 14, p. 3208-3224, 1994.
- SHAPIRO, D. C.; SCHMIDT, R. A. The schema theory: recent evidence and developmental implications. In: KELSO, J. A. S.; CLARK, J. E. (Ed.). **The development of movement control and co-ordination**. Chichester: John Wiley & Sons, 1982. p. 113-150.
- SHEMMELL, J. et al. Neuromuscular adaptation during skill acquisition on a two degree-of-freedom target-acquisition task: dynamic movement. **Journal of Neurophysiology**, Washington, D.C., v. 94, p. 3058-3068, 2005.
- SHEMMELL, J. et al. The role of the primary motor cortex during skill acquisition on a two-degrees-of-freedom movement task. **Journal of Motor Behavior**, Washington, D.C., v. 39, p. 29-39, 2007.
- SHEPHERD, R. B. Exercise and training to optimize functional motor performance in stroke: driving neural reorganization? **Neural Plasticity**, New York, v. 8, p. 121-129, 2001.
- SIDOROV, B. M. Kinematic analysis of the formation of precise instrumental movements in cats. **Neuroscience Behavioral Physiology**, New York, v. 21, p. 215-222, 1991.
- SILVA, A. B. et al. O efeito da interferência contextual: manipulação de programas motores e parâmetros em tarefas seriadas de posicionamento. **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte**, São Paulo, v. 20, p. 185-194, 2006.
- SIMON, D. A. Contextual interference effects with two tasks. **Perceptual and Motor Skills**, Missoula, v. 105, p. 177-183, 2007.
- SIMON, D. A.; LEE, T. D.; CULLEN, J. D. Win-shift, lose-stay: contingent switching and contextual interference in motor learning. **Perceptual and Motor Skills**, Missoula, p. 407-418, 2008.
- SKINNER, B. F. Operant behavior. In: HNING, W. K. (Ed.). **Areas of research and applications**. New York: Appleton-Century-Crofts, 1996.
- SLIFKIN, A. B.; NEWELL, K. M. Is variability in human performance a reflection of system noise? **Current Directions in Psychological Science**, New York, v. 7, p. 170-177, 1998.
- SLIFKIN, A. B.; NEWELL, K. M. Noise, information transmission, and force variability. **Journal of Experimental Psychology: Human Perception and**

- Performance, Washington, D.C., v. 25, p. 837-851, 1999.
- SPITTLE, M.; MORRIS, T. Internal and external imagery perspective measurement and use in imagining open and closed sports skills: an exploratory study. **Perceptual and Motor Skills**, Missoula, v. 104, p. 387-404, 2007.
- STERGIOU, N. **Innovative analyses of human movement**. Champaign, Illinois: Human Kinetics, 2004.
- STOQUART, G.; DETREMBLEUR, C.; LEJEUNE, T. Effect of speed on kinematic, kinetic, electromyographic and energetic reference values during treadmill walking. **Neurophysiologie Clinique/Clinical Neurophysiology**, Amsterdam, v. 38, p. 105-116, 2008.
- STOTER, A. J. et al. Rehearsal strategies during motor-sequence learning in old age: execution vs motor imagery. **Perceptual and Motor Skills**, Missoula, v. 106, p. 967-978, 2008.
- STRATTON, S. M. et al. Snoddy (1926) revisited: time scales of motor learning. **Journal of Motor Behavior**, Washington, D.C., v. 39, p. 503-515, 2007.
- SUMMERS, J. J. et al. Bimanual circle drawing during secondary task loading. **Motor Control**, Champaign, v. 2, p. 106-113, 1998.
- SUMMERS, J. J. Has ecological psychology delivered what it promised? In: PIEK, J. J. (Ed.). **Motor behavior and human skill: a multidisciplinary approach**. Champaign, Illinois: Human Kinetics, 1998. p. 385-402.
- SUMMERS, J. J. Motor programs. In: HOLDING, D. H. (Ed.). **Human skills**. 2nd ed. Chichester: Wiley, 1989.
- SUMMERS, J. J. Movement behavior: a field in crisis? In: SUMMERS, J. J. (Ed.). **Approaches to the study of motor control and learning**. Amsterdam: Elsevier Science, 1992. p. 551-562.
- SUMMERS, J. J.; ANSON, J. G. Current status of the motor program: revisited. **Human Movement Science**, Amsterdam, v. 28, p. 566-577, 2009.
- SWINNEN, S. et al. Interlimb coordination: learning and transfer under different feedback conditions. **Human Movement Science**, Amsterdam, v. 16, p. 749-785, 1997.
- TALLET, J.; KOSTRUBIEC, V.; ZANONE, P. G. The role of stability in the dynamics of learning, memorizing, and forgetting new coordination patterns. **Journal of Motor Behavior**, Washington, D.C., v. 40, p. 103-116, 2008.
- TANI, G. (Ed.). **Comportamento motor: aprendizagem e desenvolvimento**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2005a.
- TANI, G. 20 anos de ciências do esporte: um transatlântico sem rumo? **Revista Brasileira de Ciências do Esporte**, São Paulo, p. 19-31, 1998. Número Especial Comemorativo dos 20 Anos de Fundação.
- TANI, G. **Adaptive process in perceptual-motor skill learning**. 1992. Doctoral (Dissertation)-Hiroshima University, Faculty of Education, Hiroshima, 1992.
- TANI, G. Aprendizagem motora no contexto da educação física e ciências do esporte: dilemas, conflitos e desafios. In: GUEDES, M. G. (Ed.). **Aprendizagem motora: problemas e contextos**. Lisboa: Edições FMH, 2001.
- TANI, G. Aprendizagem motora: tendências, perspectivas e problemas de investigação. In: TANI, G. (Ed.). **Comportamento motor: aprendizagem e desenvolvimento**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2005b. p.17-33.
- TANI, G. Cinesiologia, educação física e esporte: ordem emanante do caos na estrutura acadêmica. **Motus Corporis**, Rio de Janeiro, v. 3, p. 9-49, 1996.
- TANI, G. Comportamento motor e sua relação com a educação física. **Brazilian Journal of Motor Behavior**, Rio Claro, v. 1, p. 21-30, 2006.
- TANI, G. Contribuições da aprendizagem motora à educação física: uma análise crítica. **Revista Paulista de Educação Física**, São Paulo, v. 6, p. 65-72, 1992.
- TANI, G. Equivalência motora, variabilidade e grau de liberdade: desafios para o ensino de jogos desportivos. In: GARGANTA, J.; GRAÇA, A.; MESQUITA, I.; TAVARES, F. (Ed.). **Olhares e contextos da performance nos jogos desportivos**. Porto: Universidade do Porto, 2008. p. 85-92.
- TANI, G. et al. Aprendizagem motora: tendências, perspectivas e aplicações. **Revista Paulista de Educação Física**, São Paulo, v. 18, p. 55-72, 2004.
- TANI, G. et al. **Educação física escolar: fundamentos de uma abordagem desenvolvimentista**. São Paulo: EPU-EDUSP, 1988.
- TANI, G. et al., Variabilidade de resposta e processo adaptativo em aprendizagem motora. **Revista Paulista de Educação Física**, São Paulo, v. 6, p. 16-25, 1992.
- TANI, G. **Hierarchical organization of an action programme and the development of skilled actions**. Unpublished Technical Report. Sheffield: University of Sheffield, Department of Psychology, 1995.
- TANI, G. Perspectivas da educação física como disciplina acadêmica. In: SIMPÓSIO PAULISTA DE EDUCAÇÃO FÍSICA, 2., 1989, Rio Claro. **Anais...** Rio Claro: Universidade Estadual Paulista, 1989. v. 2.
- TANI, G. Pesquisa e pós-graduação em educação física. In: PASSOS, S. C. E. (Org.). **Educação física e esportes na universidade**. Brasília, DF: SEED-MEC/UnB, 1998.
- TANI, G. Processo adaptativo: uma concepção de aprendizagem motora além da estabilização. In: TANI, G. (Ed.). **Comportamento motor: aprendizagem e desenvolvimento**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2005c. p. 60-70.
- TANI, G. Programação motora: organização hierárquica, ordem e desordem. In: TANI, G. (Ed.). **Comportamento motor: aprendizagem e desenvolvimento**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2005d. p. 82-105.

- TANI, G. Variabilidade e programação motora. In: AMADIO, A. C.; BARBANTI, V. J. (Ed.). **A biodinâmica do movimento humano e suas relações interdisciplinares**. São Paulo: Estação Liberdade, 2000b. p. 245-260.
- TANI, G.; CORRÊA, U. C. Da aprendizagem motora a pedagogia do movimento: novos insights acerca da prática de habilidades motoras. In: LEBRE, E.; BENTO, J. O. (Ed.). **Professor de educação física: ofícios da profissão**. Porto: Universidade do Porto, 2004. p. 76-92.
- TANJI, J.; SHIMA, K.; MUSHIAKE, H. Concept-based behavioral planning and the lateral prefrontal cortex. **Trends in Cognitive Sciences**, Kidlington, v. 11, p. 528-534, 2007.
- TEMPRADO, J. J. La cognition en action: effets de l'intention sur la dynamique des coordinations bimanuelles. CONGRÈS INTERNATIONAL DE L'ASSOCIATION DES CHERCHEURS EN ACTIVITÉS PHYSIQUES ET SPORTIVES, 8., Actes ... Macolin – Suisse, 1999, p. 64-65.
- TERTULIANO, I. W. et al. Estrutura de prática e frequência de "feedback" extrínseco na aprendizagem de habilidades motoras. **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte**, São Paulo, v. 22, 103-118, 2008.
- TEULIER, C.; DELIGNIERES, D. The nature of the transition between novice and skilled coordination during learning to swing. **Human Movement Science**, Amsterdam, v. 26, p. 376-392, 2007.
- TEULIER, C.; NOURRIT, D.; DELIGNIERES, D. The evolution of oscillatory behavior during learning on a ski simulator. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, Washington, D.C., v. 77, p. 464-475, 2006.
- THELEN, E. Motor development: a new synthesis. **American Psychologist**, Washington, D.C., v. 50, p. 79-95, 1995.
- THELEN, E.; FISHER, D. M. Newborn stepping: "An explanation for a disappearing reflex" **Developmental Psychology**, Washington, D.C., v. 18, p. 760-775, 1982.
- THELEN, E.; SMITH, L. B. **A dynamic system approach to the development of cognition and action**. Cambridge: MIT Press/Bradford Books, 1994.
- THOM, R. **Structural stability and morphogenesis**. Massachusetts: Benjamin, 1975.
- THOMAS, J. R. Motor behavior: from telegraph keys and twins to linear slides and stepping. **Quest**, Grand Rapids, v. 58, p. 112-127, 2006.
- THOMAS, J. R.; NELSON, J. K.; SILVERMAN, S. J. **Research methods in physical activity**. Champaign, Illinois: Human Kinetics, 2005.
- TIMMANN, D. et al. Predictive control of muscle responses to arm perturbations in cerebellar patients. **Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry**, London, v. 69, p. 345-352, 2006.
- TOLEDO, D. R.; RINALDI, N. M.; BARELA, J. A. Controle postural em crianças: efeito da manipulação da informação visual discreta. **Brazilian Journal of Motor Behavior**, Rio Claro, v. 1, p. 82-88, 2006.
- TRACY, B. L.; MEHOUDAR, P. D.; ORTEGA, J. D. The amplitude of force variability is correlated in the knee extensor and elbow flexor muscles. **Experimental Brain Research**, Berlin, v. 176, p. 448-464, 2007.
- TRESILIAN, J. R.; LONERGAN, A. Intercepting a moving target: effects of temporal precision constraints and movement amplitude. **Experimental Brain Research**, Berlin, v. 142, p. 193-207, 2002.
- TRESILIAN, J. R.; PLOOY, A. M. Effects of acoustic startle stimuli on interceptive action. **Neuroscience**, Oxford, v. 142, p. 579-594, 2006a.
- TRESILIAN, J. R.; PLOOY, A. M. Systematic changes in the duration and precision of interception in response to variation of amplitude and effector size. **Experimental Brain Research**, Berlin, v. 171, p. 421-435, 2006b.
- TULLER, B.; TURVEY, M. T.; FITCH, H. L. The Bernstein perspective: II. The concept of muscle linkage or coordinative structure. In: KELSO, J. A. S. (Ed.). **Human motor behavior: an introduction**. Hillsdale: Erlbaum, 1982. p. 253-270.
- TURVEY, M. Preliminaries of a theory of action with reference to vision. In: SHAW, R.; BRANSFORD, J. (Ed.). **Perceiving, acting, and knowing**. Hillsdale: Erlbaum, 1977. p. 211-265.
- UGRINOWITSCH, H. **Efeito do nível de estabilização do desempenho e do tipo de perturbação no processo adaptativo em aprendizagem motora**. 2003. Tese (Doutorado)-Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.
- UGRINOWITSCH, H.; CORRÊA, U. C.; TANI, G. Perturbação perceptiva e processo adaptativo na aprendizagem de uma tarefa de "timing" coincidente. **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte**, São Paulo, v. 19, p. 277-284, 2005.
- UGRINOWITSCH, H.; TANI, G. Efeitos do tipo de perturbação e do nível de estabilização no processo adaptativo em aprendizagem motora. In: TANI, G. (Ed.). **Comportamento motor: aprendizagem e desenvolvimento**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2005.
- ULRICH, D. A. **Test of gross motor development**. Austin: Pro-Ed., 1985.
- ULRICH, D.A. The effects of stimulation programs on the development of high risk infants: a review of research. **Adapted Physical Activity Quarterly**, v. 1, p. 68-80, 1988.
- VAILLANCOURT, D. E.; NEWELL, K. M. Aging and the time and frequency structure of force output variability. **Journal of Applied Physiology**, Washington, D.C., v. 94, p. 903-912, 2003.
- VAILLANCOURT, D. E.; NEWELL, K. M. Changing complexity in human behavior and physiology through aging and disease. **Neurobiological Aging**, Fayetteville, v. 23, p. 1-11, 2002.
- VAILLANCOURT, D. E.; SOSNOFF, J. J.; NEWELL, K. M. Age-related changes in complexity depend on

- task dynamics. **Journal of Applied Physiology**, v. 97, p. 454-455, 2004.
- VAN DER BURG, J. C. E. et al. Factors underlying the perturbation resistance of the trunk in the first part of a lifting movement. **Biological Cybernetics**, Berlin, v. 93, p. 54-62, 2005.
- VAN SOEST, A. J. K.; PEPPER, C. L. E.; SELLES, R. R. W. Mass perturbation of a body segment: I. effects on segment dynamics. **Journal of Motor Behavior**, Washington, D.C., v. 36, p. 419-424, 2004a.
- VAN SOEST, A. J. K.; PEPPER, C. L. E.; SELLES, R. R. W. Mass perturbation of a body segment: I. Effects on interlimb coordination. **Journal of Motor Behavior**, Washington, D.C., 36, 425-441, 2004b.
- VASIL'eva, O. N. Transformation of the kinematic characteristics of a precise movement after a change in a spatial task. **Neuroscience Behavioral Physiology**, New York, v. 37, p. 659-668, 2007.
- VELDE, A. F. T. et al. Safety in road crossing of children with Cerebral Palsy. **Acta Paediatrica**, Oslo, v. 92, p. 1197-1204, 2003.
- VERA, J. G.; ALVAREZ, J. C.; MEDINA, M. M. Effects of different practice conditions on acquisition, retention, and transfer of soccer skills by 9-year-old school children. **Perceptual and Motor Skills**, Missoula, v. 106, p. 447-460, 2008.
- VEREIJKEN, B. et al. Changing coordinative structures in complex skill acquisition. **Human Movement Science**, Amsterdam, v. 16, p. 823-844, 1997.
- VEREIJKEN, B. et al. Free(z)ing degrees of freedom in skill acquisition. **Journal of Motor Behavior**, Washington, D.C., v. 24, p. 133-14, 1992.
- VEREIJKEN, B.; WHITING, H. T. A.; BEEK, W. J. A dynamical systems approach to skill acquisition. **The Quarterly Journal of Experimental Psychology**, v. 45A, p. 323-344, 1992.
- VERWEY, W. B.; ABRAHAMSE, E. L.; JIMENEZ, L. Segmentation of short keying sequences does not spontaneously transfer to other sequences. **Human Movement Science**, Amsterdam, v. 28, p. 348-361, 2009.
- VITÓRIO, R. et al. Effects of obstacle height on obstacle crossing in mild Parkinson's disease. **Gait & Posture**, v. 31, p. 1-4, 2009.
- WADMAN, W. J. et al. Control of fast goal-directed arm movements. **Journal of Human Movement Studies**, London, v. 5, p. 3-17, 1979.
- WALKER, M. P. et al. Dissociable stages of human memory consolidation and reconsolidation. **Nature**, Basingstoke, v. 425, p. 616-620, 2003.
- WALKER, M. P. et al. Practice with sleep makes perfect: sleep-dependent motor skill learning. **Neuron**, Cambridge, v. 35, p. 205-211, 2002.
- WALLENSTEIN, G. V.; KELSO, J. A. S. Phase transitions in spatiotemporal patterns of brain activity and behavior. **Physical D**, New York, v. 84, p. 626-634, 1995.
- WALTER, C. **Estrutura de prática e liberdade de escolha no processo adaptativo em aprendizagem motora**. 2007. Dissertação (Mestrado)-Escola de Educação Física e Esporte, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.
- WALTER, C.; LEE, T. D.; STERNARD, D. The dynamic systems approach to motor control and learning: promises, potential limitations, and future directions. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, Washington, D.C., v. 69, p. 316-324, 1998.
- WANG, L.; HART, M. A. Influence of auditory modeling on learning a swimming skill. **Perceptual and Motor Skills**, Missoula, v. 100, p. 640-648, 2005.
- WEISS, P. One plus one does not equal two. In: QUARTON, G.; MELNECHUK, T.; SCHMIDT, F. (Ed.). **The neurosciences: a study program**. New York: Rockefeller University Press, 1967.
- WHITALL, J. The evolution of research on motor development: new approaches bringing new insights. **Exercise and Sport Sciences Reviews**, Hagerstown, v. 23, p. 243-273, 1995.
- WILDE, H.; MAGNUSON, C.; SHEA, C.H. Random and blocked practice of movement sequences: differential effects on response structure and movement speed. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, Washington, D.C., v. 76, p. 416-425, 2005.
- WILLIAMS, H. G.; FISHER, J. M.; TRITSCHLER, K. A. Descriptive analysis of static postural control in 4, 6, and 8 year old normal and motorically awkward children. **American Journal of Physiological Medicine**, Baltimore, v. 62, p. 12-26, 1983.
- WIMMERS, R. H. et al. A developmental transition in prehension modeled as a cusp catastrophe. **Developmental Psychobiology**, New York, v. 32, p. 23-35, 1998b.
- WIMMERS, R. H. et al. Evidence for a phase transition in the early development of prehension. **Developmental Psychobiology**, New York, v. 32, p. 235-248, 1998a.
- WITNEY, A. G.; WOLPERT, D. M. Spatial representation of predictive motor learning. **Journal of Neurophysiology**, Bethesda, v. 89, p. 1837-1843, 2003.
- WRIGHT, C. A. Generalized motor programs: reexamining claims of effector independence in writing. In: JEANNEROD, J. (Ed.). **Attention and performance XIII**. Hillsdale: Lawrence Erlbaum, 1990.
- WRIGHT, D. L.; MAGNUSON, C. E.; BLACK, C. B. Programming and reprogramming sequence timing following high and low contextual interference practice. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, Washington, D.C., v. 76, p. 258-266, 2005.
- WULF, G. Attentional focus effects in balance acrobats. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, Washington, D.C., v. 79, p. 319-325, 2008.
- WULF, G. et al. Learning phenomena: future challenges for the dynamical systems approach to understanding the learning of complex motor skills. **International Journal of Sport Psychology**, Rome, v. 30, p. 531-557, 1999.

- WULF, G.; RAUPACH, M.; PFEIFFER, F. Self-controlled observational practice enhances learning. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, Washington, D.C., v. 76, p. 107-111, 2005.
- WULF, G.; SU, J. An external focus of attention enhances golf shot accuracy in beginners and experts. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, Washington, D.C., v. 78, p. 384-389, 2007.
- WUYTS, I. J. et al. Attention as a mediating variable in the dynamics of bimanual coordination. **Human Movement Science**, Amsterdam, v. 15, p. 877-897, 1996.
- YAN, J. H.; RODRIGUEZ, W. A.; THOMAS, J. R. Does data distribution change as a function of motor skill practice? **Research Quarterly for Exercise and Sport**, Washington, D.C., v. 76, p. 494-499, 2005.
- ZANONE, P. G.; KELSO, J. A. S. Coordination dynamics of learning and transfer: collective and component levels. **Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance**, Washington, D.C., v. 23, p. 1454-1480, 1997.
- ZANONE, P. G.; KELSO, J. A. S. Experimental studies of behavioral attractors and their evolution with learning. In: REQUIN J.; STELMACH, G. E. (Ed.). **Tutorials in motor neuroscience**. Dordrecht: Kluwer Academic, 1991. p. 121-133.
- ZENTGRAF, K. et al. Neural correlates of attentional focusing during finger movements: an fMRI study. **Journal of Motor Behavior**, Washington, D.C., v. 41, no. 6, Nov. p. 1-8, 2009.
- ZETOU, E. et al. Contextual interference effects in learning volleyball skills. **Perceptual and Motor Skills**, Missoula, v. 104, p. 995-1004, 2007.

Recebido em 22/01/2010

Revisado em 17/07/2010

Aceito em 20/07/2010

Endereço para correspondência: Go Tani. Universidade de São Paulo. Escola de Educação Física e Esporte. Av. Prof. Mello Moraes, 65, Butantã, CEP 05508-950, São Paulo-SP, Brasil
E-mail: gotani@usp.br