
TEORIA DE PROGRAMAÇÃO MOTORA: uma perspectiva da sua evolução teórica

Motor program theory: a perspective of its theoretical evolution

Fátima Valéria Rodrigues de Paula

Ph.D., Professora do Departamento de Fisioterapia da UFMG. Belo Horizonte – MG. e-mail: fgoulart@ufmg.br

Christina Danielli Coelho M. Faria

Mestranda em Ciências da Reabilitação da UFMG. Belo Horizonte – MG. e-mail: chismoraesf@yahoo.com

Daniele Soares R. Vieira

Mestranda em Ciências da Reabilitação da UFMG. Belo Horizonte – MG. e-mail: danisrvieira@yahoo.com.br

Resumo

A Programação Motora é uma das linhas teóricas que vem desempenhando um importante papel no estudo do comportamento motor. Desde o conceito original de Keele (1968), essa teoria passou por diversas modificações, com a proposta de novos conceitos e modelos, na tentativa de lidar com as limitações tanto associadas a interpretações do conceito original quanto decorrentes de lacunas inerentes à teoria. Portanto, os objetivos desta revisão foram apresentar e discutir a evolução dos conceitos relacionados à Programação Motora, ressaltando suas evidências e limitações, e apontar as novas propostas que procuram adequar as suas premissas aos conhecimentos recentes da área de comportamento motor. A partir da revisão realizada, pôde-se concluir que apesar do considerável desenvolvimento dessa teoria, a existência de diversas definições para um conceito único (programa motor) e a ausência de um modelo que unifique seus pressupostos básicos prejudicam o seu progresso no campo do comportamento motor e dificultam a sua aplicação como um modelo para orientar as tomadas de decisões clínicas. Entretanto, pelo tempo em que essa teoria vem sendo elaborada e desenvolvida e pelas evidências a ela associadas, profissionais que lidam com o movimento humano não devem descartá-la como um modelo para orientar a sua prática.

Palavras-chave: Atividade motora; Controle motor; Programação motora.

Abstract

The Motor Program theory has been performing an important role in the motor behavior. Since Keele's original concept (1968), this theory has undergone many changes, with the proposal of new concepts and models, in an attempt to deal with limitations related to interpretations of the original concept and that ones resulted from inherent gaps of the theory. So, the aims of this review were to present and discuss the evolution of the concepts related to Motor Program theory, emphasizing its evidences and limitations, and to point out the new proposals that try to adjust its premises to the current knowledge of the motor behavior area. The conclusions of this review were: although the Motor Program theory has developed significantly, the different definitions created to a single concept (motor program) associated to the lack of a model that gathers its main premises impair the progress of this theory in the motor behavior field and make difficult its use as a model to guide clinical decisions. Nevertheless, because of the long time that Motor Program theory has been elaborated and developed and because of the evidences related to it, professionals that deal with human movement should not reject this theory as a model to guide their practice.

Keywords: *Movement/Motor activity; Motor control; Motor program.*

INTRODUÇÃO

A atividade motora desempenha um papel fundamental na formação e no desenvolvimento do ser humano (1), sendo tema central no campo do comportamento motor. As teorias dessa área de conhecimento, atendendo ao objetivo de fornecer um modelo básico que guie a transformação das idéias fragmentadas da prática em uma filosofia de tratamento coerente (2), são propostas e desenvolvidas para fundamentar as abordagens relacionadas à atividade motora (3), permitindo a análise do problema observado, a seleção do procedimento de tratamento mais adequado e a predição do seu resultado (2).

O comportamento motor é um termo abrangente que inclui áreas de estudos complementares, mas essencialmente diferentes, compostas pelo controle, aprendizado e desenvolvimento motor (4). Dentre as linhas teóricas do controle motor, a Programação Motora vem desempenhando um importante papel no estudo do comportamento motor nas últimas três décadas (5). Essa teoria surgiu, e ainda está em desenvolvimento, devido à necessidade de se entender os mecanismos internos centrais envolvidos no controle do movimento (6).

Muitos profissionais que lidam com o movimento humano, dentre eles os fisioterapeutas, encontram na teoria da Programação Motora uma fundamentação para orientar as tomadas de decisões clínicas e guiar as intervenções adotadas (6). Mas, para a sua adequada utilização, é essencial a compreensão dos seus conceitos, considerando o seu desenvolvimento e o contexto histórico em que cada modificação foi introduzida (5). Portanto, os objetivos desta revisão foram: 1) apresentar e discutir a evolução dos conceitos relacionados à Programação Motora, ressaltando as evidências e limitações associadas a essa perspectiva teórica; 2) apontar as novas propostas presentes na literatura que procuram solucionar os problemas associados à teoria e adequar as suas premissas aos conhecimentos recentes da área de controle motor.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização do presente estudo, foram realizadas pesquisas dos artigos indexados nas bases de dados *Medline*, *Lilacs* e *PEDro* nos idiomas inglês e português, em março de 2006, sem restrição quanto à data de publicação, utilizando-se as palavras-chave combinadas “motor”, “program”, “human”, “movement” e “theory”. A partir da leitura do título e/ou resumo desses artigos, foram selecionados todos

aqueles que descreviam e discutiam os conceitos relacionados à teoria da Programação Motora, suas evidências e limitações, bem como aqueles que abordavam a evolução desta teoria. Nos artigos selecionados, foram realizadas buscas manuais de referências que abordavam o assunto em questão, as quais incluíam outros artigos e capítulos de livros.

RESULTADOS

Conceito original de programa motor

Em 1968, Keele (7) conceituou programa motor como “um conjunto de comandos musculares que são estruturados antes que a seqüência de um movimento se inicie e que permite que toda a seqüência seja executada sem influência do *feedback* periférico”(7). Essa definição foi proposta quando muitos pesquisadores defendiam um sistema de circuito fechado, em que o *feedback* era considerado primordial no controle do movimento durante a sua realização (6, 8, 9). Em contraponto, uma outra perspectiva presente na época, a de sistema de circuito aberto, defendia que tal controle acontecia sem a influência do *feedback*, pois, embora este estivesse disponível, não era utilizado após o início do movimento (8, 9). Nesse contexto histórico, a definição de Keele (7) foi a que causou o maior impacto na área de comportamento motor, gerando grandes discussões entre seus estudiosos (10). Posteriormente, seguidores de linhas teóricas opostas à Programação Motora basearam-se, e alguns ainda se baseiam, essencialmente na definição de Keele (7) para apontar os problemas e as limitações da teoria a qual esse autor se referia (5).

Evidências associadas à programação motora

Os pesquisadores relacionados à teoria da Programação Motora desenvolveram linhas de investigações com o intuito de reunir evidências que fornecessem suporte a esta teoria (8, 9).

A ocorrência de movimentos na ausência de *feedback* sensorial (5, 6, 8, 9), obtida a partir de estudos com indivíduos que apresentavam alterações das modalidades sensoriais (11, 12), bem como de experimentos em animais submetidos à deaferentização (13), é uma dessas linhas de evidências. Em estudos com humanos que apresentavam perda completa da sensibilidade, observou-se que o movimento acurado de uma articulação era possível apesar de tal perda (11) e que o indivíduo era capaz de desempenhar um amplo número de atividades manuais envolvendo sinergias musculares complexas (12). Já nos estudos de deaferentização, evidenciou-se que a informação sensorial do membro em deslocamento não era essencial para produção do movimento e que muitos poderiam ocorrer sem tal informação (5, 9). Assim, para os adeptos da Programação Motora, os argumentos reunidos a partir desses achados favorecem a existência de uma base central para o controle do movimento, em que os comandos motores são gerados na ausência do *feedback* sensorial (8, 14).

A constatação de que movimentos rápidos não podem ser modificados pelo *feedback* sensorial enquanto estão em andamento é outro ponto de evidência citado (5, 6, 9, 15). Em ações rápidas, envolvidas em muitas habilidades motoras humanas, o intervalo de tempo entre movimentos sucessivos é freqüentemente mais curto que o tempo necessário para processar a informação sensorial (5, 9). Nesses casos, apesar do *feedback* estar presente, ele não pode ser utilizado, pois quando se percebe qualquer discrepância na execução do movimento, este já está terminado (5, 15). Portanto, argumenta-se que ações rápidas devem ser pré-programadas e que, quando iniciadas, são executadas como originalmente planejadas, sem possibilidade de participação do *feedback* sensorial (5, 9, 15).

Os ajustes posturais antecipatórios também sugerem que alguns movimentos são pré-programados (6, 9, 16). Cordo e Nasher (17) avaliaram os ajustes posturais, associados ao movimento do braço, em onze indivíduos destros entre 20 e 55 anos de idade. Nesse estudo, cada participante era solicitado a puxar uma alavanca com a mão direita ao ouvir um sinal sonoro. Durante tal ação, foi constatado que houve uma ativação antecipada dos músculos gastrocnêmio e isquiotibiais em relação ao bíceps braquial e que, portanto, as reações posturais precediam os movimentos de uma parte ou segmento do

corpo. Os ajustes posturais foram atribuídos à presença de um comando central, o qual especificaria a ativação dos músculos envolvidos no controle postural anteriormente ao movimento. Um outro estudo, cujo objetivo foi investigar o padrão de ajustes posturais associados a movimentos do braço durante o equilíbrio em uma superfície de suporte instável, evidenciou que o controle postural consistiu em adaptar o programa motor segundo às necessidades posturais e não em mudar a estratégia postural (16). Achados como esses sugerem aos adeptos da teoria da Programação Motora a existência de programas centrais que fornecem comandos para as contrações musculares, os quais são independentes do *feedback* sensorial (6).

Uma outra linha de evidência baseia-se na persistência de padrões consistentes de movimento apesar do seu bloqueio (6, 9). Wadman et al., apud Morris et al. (6) e Schmidt e Wrisberg (9), realizaram estudos em que os participantes primeiro moviam livremente uma alavanca para uma posição-alvo o mais rápido possível, em algumas tentativas. Em um outro momento, os indivíduos eram impedidos de completar o movimento por meio de um bloqueio mecânico adicionado pelo examinador para evitar que a alavanca se movesse. Os autores observaram que durante o movimento rápido de extensão de cotovelo em direção ao alvo havia um padrão trifásico de ativação muscular, ou seja, o agonista contraía primeiro, seguido pela ativação do antagonista e, finalmente, por outra contração do agonista. Nas tentativas em que o movimento do braço foi inesperadamente impedido, esse padrão de atividade eletromiográfica continuou a ser exibido. Achados como esses se opõem à idéia de que o *feedback* do membro em movimento atue como um sinal para ativar o músculo antagonista no momento adequado(9). Ao contrário, os dados sugerem a possível existência de programas motores que planejarão antecipadamente as atividades dos músculos agonista e antagonista (6, 9), sendo essas ações produzidas sem modificação pela informação sensorial por pelo menos 100 a 200 ms (9).

Baseado na idéia de que seqüências de comandos motores precisam ser organizadas no cérebro antes do movimento, modificações no tempo de reação devido à complexidade da resposta podem ser compreendidas como mudanças no tempo requisitado para elaborar um programa motor apropriado (5, 6, 9). A partir de estudos focalizando o tempo de reação, que consiste no intervalo temporal entre a apresentação de um estímulo não-antecipado e o início de uma resposta, constatou-se que este parâmetro varia de acordo com a complexidade do comando motor a ser organizado (5, 6). Ou seja, o tempo gasto da apresentação do estímulo até o início do movimento aumenta quando elementos adicionais são somados a uma ação, quando as ações exigem a coordenação de um maior número de membros ou quando a duração dos movimentos torna-se mais longa (9). Sendo assim, as investigações que se baseiam no tempo de reação também fornecem suporte para existência de programas motores (6).

A descoberta dos geradores centrais de padrão (GCPs), a partir de estudos realizados com animais, foi utilizada como uma evidência adicional à teoria da Programação Motora (6, 9). Os GCPs consistem em circuitos neuronais (redes de interneurônios) presentes na medula espinhal, definidos essencialmente pela genética, que geram comandos para movimentos rítmicos e repetitivos, tais como a mastigação, a locomoção e a respiração (9, 18, 19). Apesar da forte evidência sobre a existência dos GCPs em animais, o conhecimento sobre redes neuronais agindo como GCPs em humanos apresenta-se apenas de forma indireta (19, 20). O argumento mais convincente para a existência dos GCPs, isto é, a locomoção fictícia em gatos, não possui equivalente direto nos humanos. Sendo assim, a existência e as implicações da atividade desses circuitos neuronais na locomoção humana não são bem definidas e permanecem vagas em alguma extensão (19).

Por fim, resultados de pesquisas demonstrando uma associação entre a prática mental e a aquisição e melhora de habilidades motoras (21, 22) podem ser vistos pelos adeptos da teoria da Programação Motora como mais um argumento favorável à existência de programas motores relacionados ao controle dos movimentos. A prática mental pode ser definida como o ato de imaginar um movimento habilidoso, sem ativação muscular evidente, com a intenção específica de aprender e melhorar o seu desempenho (22, 23). Yue e Cole (22) avaliaram trinta indivíduos saudáveis, com idade entre 19 e 21 anos, com o objetivo de verificar se a prática mental produziria aumento de força muscular. A partir dos seus achados, os autores sugeriram que mecanismos similares seriam responsáveis pelos ganhos de força nos indivíduos que realizaram efetivamente as contrações musculares e naqueles que apenas as imaginaram, uma vez que os ganhos de força foram semelhantes entre esses indivíduos e estatisticamente diferentes dos resultados apresentados

pelo grupo controle. Argumentou-se que o ganho de força observado na fase precoce do treinamento muscular poderia ser induzido sem ativação muscular repetitiva e que, por sua vez, dependeria de mudanças na programação central de uma contração voluntária máxima.

Limitações associadas à programação motora

A partir da definição de Keele (7), algumas questões foram claramente levantadas e apontadas como limitações ao conceito apresentado (6).

Uma dessas limitações está relacionada ao papel do *feedback* no controle do movimento (5, 6, 15). A expressão “sem influência do *feedback* periférico”, presente no conceito original (9), foi interpretada de diferentes maneiras pelos pesquisadores da área de controle motor. Uma das formas de interpretação dada foi a de que o *feedback* seria irrelevante para o controle do movimento, uma vez que o programa motor já possui todas as informações necessárias para a sua execução (5, 15). A outra forma de interpretação considerou essa expressão como uma inferência para a existência de programas motores a partir da evidência de que sujeitos privados de *feedback* sensorial são capazes de executar movimentos (5, 12). Considerando a primeira interpretação, surgiu uma das limitações mais citadas na literatura em relação ao conceito de Keele (7): o papel do *feedback* sensorial no controle do movimento (6). Entretanto, considerando-se a segunda forma de interpretação, observa-se que o *feedback* não é negligenciado no controle de algumas características importantes do movimento, como fineza e acurácia (6), sendo que esta interpretação possibilita uma melhor elaboração desse conceito, com incorporação de novas idéias e evidências empíricas (15). Para os adeptos da teoria da Programação Motora, embora esteja claro que a organização central de movimentos é a principal fonte de controle motor, é também óbvio que a informação sensorial modifica esses comandos de várias e importantes maneiras (9).

O controle hierárquico do movimento é outra limitação apontada (6). Na época em que Keele (7) propôs o seu conceito, o modelo de controle vigente era o hierárquico. Nesse contexto, foram realizados estudos que buscavam evidenciar a ordenação seriada e hierárquica dos programas motores, apontando áreas específicas do sistema nervoso central (SNC) como responsáveis por cada etapa do processamento (6, 24). Entretanto, pesquisas posteriores no campo da neurociência evidenciaram que o controle do movimento é obtido pela ação cooperativa de diversas estruturas cerebrais, organizadas tanto hierárquica quanto paralelamente (25, 26). Com isso, surgiu a necessidade de investigar a Programação Motora em um contexto de processamento distribuído em diferentes níveis do SNC (6). Atualmente, assume-se que o mecanismo neural relacionado ao planejamento motor se baseia na congregação de células de diversas áreas cerebrais, as quais se comunicam constantemente no processo de planejamento motor, e atuam de forma paralela (26, 27).

Uma das críticas que até hoje é amplamente feita à teoria da Programação Motora está relacionada à questão de o quê o programa motor especifica. A idéia inicial era a de que havia um mapeamento de um para um entre os programas motores e os músculos (6, 14). A partir dessa idéia, haveria a necessidade de uma vasta capacidade de memória para armazenar todos os programas independentes para controlar um número incontável de diferentes movimentos que as pessoas são capazes de produzir (9) e, dessa forma, o problema da armazenagem tornar-se-ia evidente. Entretanto, segundo Gordon (28), essa deficiência deve ser apontada apenas se considerarmos a idéia de mapeamento de um para um entre os programas motores e os músculos especificados, ou seja, a idéia de programa motor como um grupo de ativações musculares, como engramas discretos e estáticos que especificam os comandos para o movimento (28). Atualmente, esse pensamento é muito restrito para responder adequadamente aos problemas básicos do controle motor e não é mais predominante entre os estudiosos da teoria (15, 28).

Uma outra limitação apontada é o fato de que o termo “comando” assume um “comandante” no SNC e, conseqüentemente, surge o problema da regressão infinita (6, 29). O termo “comandos musculares”, utilizado na definição de Keele (7), permitiu a interpretação da existência de um comandante ou um agente inteligente recebendo informações sensoriais e proporcionando instruções para o movimento (6). Essa idéia de um “agente inteligente” assemelha-se à visão popular de controle motor presente no século XIX, que assumia a existência de um “executivo” responsável pelo controle do movimento e referido como

“homúnculo”, o qual teria à sua disposição um banco de memória contendo programas para o movimento. Na visão predominante do século XIX, o homúnculo possuía três características principais: a ausência de *feedback*, sendo insensível às mudanças nas condições externas; um controle individualizado, em que deveriam ser especificados valores para cada variável individual; e o estabelecimento de uma correspondência de um para um entre o córtex, a medula espinhal e o aparato motor (29).

Uma conseqüência direta da idéia apresentada anteriormente é a questão de apontar quem é e onde está esse comandante, levantando a dúvida da necessidade ou não de um outro tipo de programa para realizar essas decisões, ou seja, o problema da regressão infinita (5, 6). Para um melhor entendimento desse problema, pode-se utilizar a metáfora apresentada por Turvey et al. (29), na qual se considera que se há um pequeno homem dentro da cabeça dos indivíduos, conseqüentemente, há que se considerar a existência de um outro homem dentro da cabeça desse primeiro homem, e assim por diante.

Considerando o que já foi discutido, observa-se que a idéia de homúnculo do século XIX não se encaixa ao que é descrito pela Programação Motora do século XX em suas novas propostas apresentadas. Nenhuma das três características citadas anteriormente está presente nos conceitos que atualmente fundamentam a teoria. Sendo assim, o problema da existência de um comandante e, conseqüentemente, da regressão infinita poderia ser solucionado ao se considerar os novos modelos da teoria da Programação (5, 14) que definem os programas como uma representação abstrata (6).

A novidade, a variabilidade e a equivalência motora são outros pontos de vista que permitem questionamentos à idéia de mapeamento um para um entre os programas motores e os músculos especificados (5, 6, 15, 29). Mesmo nos movimentos mais simples ocorrem pequenas mudanças entre um desempenho e outro, pois todo movimento pode ser visto como algo novo, mesmo considerando a permanência estável das características fundamentais de uma ação entre cada desempenho (6). Na teoria da Programação Motora Simples, não é claro como movimentos novos ou variações não praticadas de movimentos podem ser desempenhados uma vez que nenhum programa motor existe nesses casos (6).

Um outro problema apontado está na variabilidade pertencente ao contexto. Em geral, as circunstâncias em que qualquer movimento particular ocorre não são completamente fixadas e, em particular, cada movimento muda o contexto para o próximo movimento (29). Intimamente relacionada a essa questão, encontra-se o problema da equivalência motora, descrita por Hughes e Abbs apud Morris et al. (6) como a “capacidade do sistema motor realizar o mesmo produto final com considerável variação nos componentes individuais que contribuem para isso”.

A ausência de uma explicação adequada para os problemas da novidade, da variabilidade e da equivalência motora pode ser vista como uma fraqueza inerente à idéia inicial da teoria da Programação Motora (6). Entretanto, pesquisadores da área continuam buscando evidências e explicações a algumas dessas questões, o que pode ser constatado com a apresentação de novos modelos no contexto dessa teoria (5, 14), como o Programa Motor Generalizado (15) e o Programa de Ação (5, 10), os quais serão discutidos a seguir.

Programa motor generalizado

Os problemas da armazenagem, da novidade e da variabilidade motivaram os estudiosos relacionados à teoria da Programação Motora a buscarem novos modelos para o entendimento do controle motor (6, 9). Nesse contexto, Schmidt (14) propôs a idéia de Programa Motor Generalizado (PMG), que caracteriza os programas motores como uma representação abstrata de uma classe de movimentos que apresentam um padrão comum (9, 14). Diferentemente do padrão de um programa motor simples, o generalizado pode ser levemente modificado quando executado, permitindo que os indivíduos ajustem o movimento às diferentes demandas ambientais (9).

O PMG é responsável pelo controle de uma classe de ações (tais como o alcance, a escrita, a caminhada) e não de um movimento ou uma seqüência específica de movimentos (8, 14). Uma classe de ações pode ser definida como um conjunto de diferentes ações que apresentam características comuns e que também exibem propriedades singulares (8). As características semelhantes presentes em uma classe de movimentos são denominadas aspectos invariantes do PMG (30), sendo consideradas os componentes

de uma ação que permanecem os mesmos, ou constantes, quando os executantes mudam os parâmetros do movimento (8, 9, 30). Esses parâmetros, por outro lado, são considerados aspectos variantes do PMG, pois são facilmente modificáveis durante o movimento, permitindo flexibilidade na execução da resposta motora (8, 9, 30, 31). Considerando a estrutura dos programas motores generalizados, constituídos de aspectos invariantes e variantes, pesquisas científicas foram realizadas com o objetivo de fornecer evidências para a organização desses programas (31). Carter e Shapiro (31) identificaram a velocidade como uma característica variante, a qual é especificada a cada vez que o programa é executado, e o *timing* relativo como uma característica invariante e inerente à estrutura do PMG. Um outro estudo de grande relevância foi realizado por Shapiro et al. (32), partindo da noção de que apesar do *timing* relativo mostrar-se invariante dentro de uma mesma classe de movimentos, presume-se que essa característica seja diferente de uma classe para outra.

A noção de PMG apresentada por Schmidt (14) conseguiu lidar, de alguma forma, com os problemas da variabilidade e da novidade. Por meio da especificação de diferentes parâmetros para um programa abstrato, uma ampla variedade de movimentos pode ser produzida, sem que haja necessidade de esses serem realizados previamente. Além disso, o PMG ajuda a amenizar o problema da armazenagem, pois apenas programas para classes de ações requerem representações, não existindo armazenamento de cada seqüência de movimento (6). Contudo, algumas limitações são apresentadas na literatura à idéia de PMG (6, 15). Dentre elas, é argumentado que as pesquisas relacionadas à invariância no movimento produzem resultados conflitantes, e que não está claro se o *timing* relativo apresenta-se realmente como um aspecto invariante do PMG (6, 33). Além disso, levando-se em consideração que os valores dos parâmetros são adicionados para complementar o PMG selecionado, surge o problema relacionado à maneira como os parâmetros são especificados e levanta a questão sobre a necessidade de um outro tipo de programa para realizar essas decisões (15), gerando, novamente, o problema da regressão infinita.

Programa de ação

Mais recentemente, Go Tani (15) destacou a necessidade de propostas alternativas para o entendimento adequado do controle do movimento, devido às limitações apresentadas na literatura ao PMG. Sendo assim, esse pesquisador desenvolveu e descreveu o conceito de Programa de Ação (5, 15), o qual define o padrão de movimento a ser executado, possibilitando ao executante organizar, por meio de uma seqüência de operações, uma série de movimentos anteriormente à sua execução (5).

Nesse modelo é assumida uma organização hierárquica de programa em dois níveis de estrutura. Um desses níveis é denominado macroestrutura, que se orienta à ordem e à consistência, e o outro é denominado microestrutura, sendo orientado à desordem, à flexibilidade, e conferindo variabilidade na organização das ações motoras. Assim, um programa de ação com um padrão básico de mesma seqüência de componentes (macroestrutura) gera um número de variações devido às alternativas disponíveis em relação a cada componente (microestrutura) (5, 15), conciliando o problema de consistência e variabilidade numa mesma estrutura (5). Segundo Go Tani (10), o interesse atual não é descobrir se há aspectos variantes e invariantes na organização das ações motoras, mas, sim, em saber como esses aspectos mudam como consequência da prática. Ele afirma, também, que os resultados têm sido, de forma geral, favoráveis às predições e têm dado sustentação à proposição de um programa de ação organizado hierarquicamente (15).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando o que foi discutido anteriormente, observa-se a existência de várias propostas de definições para um conceito único (programa motor) e a ausência de um modelo que unifique os pressupostos básicos da teoria da Programação Motora e, assim, possa ser aceito e adotado universalmente. Portanto, mesmo com o considerável desenvolvimento dos seus conceitos e modelos (28), e após fortes evidências científicas que dificultam a sustentação da interpretação literal do conceito original, este ainda

é frequentemente utilizado quando muitos se referem a essa teoria. Isso, por sua vez, prejudica o progresso da teoria da Programação Motora no campo do comportamento motor, dificulta a sua aplicação como um modelo básico para orientar as tomadas de decisões clínicas e possibilita que críticas e limitações já solucionadas sejam novamente levantadas.

Entretanto, pelo tempo em que essa teoria vem sendo elaborada e desenvolvida, profissionais que lidam com o movimento humano devem ter conhecimento das suas evidências, da evolução dos seus conceitos e modelos, das limitações ainda persistentes e da ampla utilização de suas premissas como marco teórico em pesquisas e atuações clínicas, para julgarem adequadamente a validade e a aplicabilidade dessa teoria como um modelo para guiar a sua prática.

REFERÊNCIAS

1. Apresentação. Proceedings of II Congresso Brasileiro de Comportamento Motor / IV Seminário de Comportamento Motor; 2004 Sept. 4-6; Belo Horizonte, Brasil. Belo Horizonte; 2004.
2. Mulder T. A process-oriented model of human motor behavior: toward a theory-based rehabilitation approach. *Phys Ther.* 1991; 71(2):157-64.
3. Mathiowetz V, Haugen JB. Motor behavior research: implications for therapeutic approaches to central nervous system dysfunction. *Am J Occup Ther.* 1994; 48(8):733-45.
4. Gallahue DL, Ozmun JC. Compreendendo o desenvolvimento motor: uma visão geral. In: Gallahue DL, Ozmun JC, editors. *Compreendendo o desenvolvimento motor: bebês, crianças, adolescentes e adultos.* 2nd ed. São Paulo: Phorte; 2003:2-29.
5. Tani G. Programação motora: organização hierárquica, ordem e desordem. In: Tani G, editor. *Comportamento motor: aprendizagem e desenvolvimento.* Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2005. p. 82-105.
6. Morris ME, Summers JJ, Matyas TA, Ianssek T. Current status of the motor program. *Phys Ther.* 1994; 74(8):738-48.
7. Keele SW. Movement control in skilled motor performance. *Psychol Bull.* 1968; 70(6):387-403.
8. Magill RA. O Controle do Movimento Coordenado. In: Magill RA, editor. *Aprendizagem motora: conceitos e aplicações.* 5th ed. São Paulo: Edgard Blücher; 2000. p. 36-89.
9. Schmidt RA, Wrisberg CA. Produção do movimento e programas motores. In: Schmidt RA, Wrisberg CA, editors. *Aprendizagem e performance motora: uma abordagem da aprendizagem baseada no problema.* 2nd ed. Porto Alegre: Artmed; 2001. p. 137-59.
10. Tani G. Aprendizagem motora: tendências, perspectivas e problemas de investigação. In: Tani G, editor. *Comportamento motor: aprendizagem e desenvolvimento.* Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2005. p. 17-33.
11. Lashley KS. The accuracy of movement in the absence of excitation from moving organ. *Am J Physiol.* 1917; 43:169-94.
12. Rothwell JC, Traub MM, Day BL, Obeso JA, Thomas PK, Marsden CD. Manual motor performance in a deafferented man. *Brain.* 1982; 105(Pt 3):515-42.
13. Taub E, Ellman SJ, Berman AJ. Deafferentation in monkeys: effect on conditioned grasp response. *Science.* 1966; 151(710):593-4.
14. Schmidt RA. A schema theory of discrete motor skill learning. *Psychol Rev.* 1975; 82(4):225-60.
15. Tani G. Variabilidade e programação motora. In: Amadio AC, Barbanti VJ, editors. *A biodinâmica do movimento humano e suas relações interdisciplinares.* São Paulo: Estação Liberdade; 2000. p. 245-360.

16. Gantchen GN, Dimitrova DM. Anticipatory postural adjustment associated with arm movements during balancing on unstable support surface. *Int J Psychophysiol.* 1996; 21(1-2):117-122.
17. Cordo PJ, Nashner JL. Properties of postural adjustments associated with rapid arm movements. *J Neurophysiol.* 1982; 47(2):287-302.
18. Delcomyn F. Neural basis of rhythmic behavior in animals. *Science.* 1980; 210(4469):492-8.
19. Dietz V. Spinal cord pattern generators for locomotion. *Clin Neurophysiol.* 2003; 114(8):1379-89.
20. Grillner S. Locomotion in vertebrates: central mechanisms and reflex interaction. *Physiol Rev.* 1975; 55(2):247-304.
21. Maring JR. Effects of mental practice on rate of skill acquisition. *Phys Ther.* 1990; 70(3):165-72.
22. Yue G, Cole KJ. Strength increases from the motor program: comparison of training with maximal voluntary and imagined muscle contractions. *J Neurophysiol.* 1992; 67(3):1114-23.
23. Decety J. Should motor imagery be used in physiotherapy? Recent advances in cognitive neurosciences. *Phys Theory Pract.* 1998; 9:193-203.
24. Riehle A, Requin J. Monkey primary motor and premotor cortex: single-cell activity related to prior information about direction and extent of an intended movement. *J Neurophysiol.* 1989; 61(3):534-49.
25. Shumway-Cook A, Woollacott MH. Fisiologia do controle motor. In: Shumway-Cook A, Woolacott MH, editors. *Controle motor.* Barueri: Manole; 2003. p. 47-84.
26. Stuart DG. Integration of posture and movement: contributions of sherrington, hess, and bernstein. *Hum Mov Sci.* 2005; 25(5-6):621-643.
27. Wickens J, Hyland B, Anson G. Cortical cell assemblies: a possible mechanism for motor programs. *J Mot Behav.* 1994; 26(2):66-82.
28. Gordon J. Invited Commentary. *Phys Ther.* 1994;74(8):748-51.
29. Turvey MT, Fitch HL, Tuller B. The Bernstein perspective: I. The problems of degree of freedom and context-conditioned variability. In: Kelso JAS, editor. *Human motor behavior: an introduction.* Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates Inc.; 1982. p. 239-52.
30. Schmidt RA, Wrisberg CA. Princípios de controle motor e precisão de movimento. In: Schmidt RA, Wrisberg CA, editors. *Aprendizagem e performance motora: uma abordagem da aprendizagem baseada no problema.* 2nd ed. Porto Alegre: Artmed; 2001. p. 161-85.
31. Carter MC, Shapiro DC. Control of sequential movements: evidence for generalized motor programs. *J Neurophysiol.* 1984; 52(5):787-96.
32. Shapiro DC, Zernicke RF, Gregor RJ, Diestel JD. Evidence for generalized motor programs using gait pattern analysis. *J Mot Behav.* 1981; 13(1):33-47.
33. Gentner DR. Timing of skilled motor performance: tests of the proportional duration model. *Psychol Rev.* 1987; 94(2):255-76.

Recebido em: 10/08/2006
Received in: 08/10/2006

Aprovado em: 03/08/2007
Approved in: 08/03/2007