

A APRENDIZAGEM DE HABILIDADES MOTORAS I: O QUE MUDA COM A PRÁTICA?

Ana Maria PELLEGRINI*

RESUMO

A questão do que muda com a prática na aprendizagem de habilidades motoras é focalizada abordando-se como as mudanças observáveis no comportamento têm sido descritas. Embora os estágios de aprendizagem motora indiquem uma seqüência de acontecimentos, recentemente tem sido proposto que os processos subjacentes a eles são complementares. Quando se considera os referenciais teóricos sob os quais a aprendizagem de habilidades motoras tem sido investigada, verifica-se que diferentes questões relacionadas ao que muda com a prática. Essas questões são apresentadas, e exemplos são dados sobre como algumas delas têm sido respondidas. Apoiado na teoria dos sistemas dinâmicos o texto é finalizado com a sugestão de que com a prática o sistema muda como um todo no processo de aprendizagem motora.

UNITERMOS: Habilidade motora; Aprendizagem motora; Sistemas dinâmicos.

Se a prática não levasse a mudanças...

Aprendemos fazendo. A prática é tão importante no processo de aprendizagem que é explicitamente citada em sua definição. De acordo com Magill (1989), a aprendizagem refere-se a uma mudança na capacidade do indivíduo executar uma tarefa, mudança esta que surge em função da prática e é inferida de uma melhoria relativamente permanente no desempenho. Assim, a prática é condição necessária embora não suficiente para que ocorra a aprendizagem.

Mas o que muda com a prática no comportamento humano? Qual é a natureza das mudanças que ocorrem com a aprendizagem e como podemos explicá-las. Diferentes níveis de análise podem ser utilizados para responder à questão formulada e em cada um deles diferentes referenciais teóricos podem ser encontrados. Isto significa que qualquer resposta sobre o que muda com a prática deve ser vista a partir do paradigma utilizado para descrever, explicar e prever o fenômeno da aprendizagem.

Para fins de encaminhamento do presente trabalho, estamos caracterizando a prática como uma atividade organizada que consiste da repetição de uma mesma tarefa ou ação motora. Nos restringiremos àquela prática cujo objetivo é a melhoria na “performance” da ação motora e, portanto, não nos ocuparemos com a possível transferência do treinamento para uma outra aprendizagem ou tarefa. Muitos fatores interferem no resultado da prática como a apresentação de “feedback” o uso de modelo, etc., mas não serão discutidos no presente estudo. Focalizaremos neste trabalho as mudanças em si, independentemente da organização da prática e dos procedimentos utilizados pelo professor para facilitar o processo de aprendizagem.

Definido o escopo deste trabalho, temos como ponto de partida a descrição do comportamento antes, durante e após a prática como um primeiro referencial para reflexão. O que vemos quando um aprendiz tenta pela primeira

Instituto de Biociências da Universidade Estadual de São Paulo – Rio Claro

vez ou nas primeiras tentativas de execução de uma tarefa “nova” para ele. Que mudanças observamos na medida em que a prática progride e qual o comportamento de um habilidoso nesta tarefa. Estamos falando das mudanças externas, diretamente observadas.

A identificação de estágios da aprendizagem está presente nos principais modelos teóricos propostos pelos estudiosos do comportamento motor. O número de estágios, dois para Adams (1971) e Gentile (1972) ou três para Fitts (1964) e Schmidt (1992) varia em função da ênfase dada à automatização que pode ocorrer como resultado de uma grande quantidade de prática. De maneira geral, o comportamento ao longo do processo da aprendizagem pode ser descrito da seguinte forma:

Inexperiente (novato) - nas primeiras tentativas, busca descobrir qual é a tarefa, o que deve fazer para realizá-la, ou seja, busca identificar as características invariantes, a estrutura da tarefa; nesta busca o executante parece descoordenado, com movimentos desnecessários e sem fluência; apresenta uma grande variabilidade de respostas motoras na tentativa de encontrar a melhor solução para a tarefa a executar; verbaliza a seqüência de movimentos; não se detém a detalhes da tarefa e tem dificuldade em identificar, nos estímulos internos ou externos, aqueles que são relevantes para a ação; apresenta uma grande quantidade de erros sendo que os acertos muitas vezes são ao acaso, o que leva a incertezas sobre como deve agir.

Intermediário tentativa a tentativa vai eliminando os movimentos desnecessários, e com isso descobre como economizar energia e tempo; a seqüência de movimentos ganha progressivamente fluência e harmonia; sua atenção se dirige aos estímulos relevantes e busca atender a detalhes anteriormente não percebidos; o controle visual da ação vai dando lugar ao controle cinestésico; o padrão motor tende a se estabilizar; a quantidade de erros tende a diminuir ao mesmo tempo em que sua confiança em como a tarefa deve ser executada aumenta. É importante diferenciar aqui as habilidades motoras abertas e fechadas em relação à estabilidade do ambiente, como proposto por Gentile em seu modelo apresentado em 1972, que é, sem dúvida, um marco na literatura sobre a aquisição de habilidades motoras. A estabilidade do ambiente na execução de habilidades motoras fechadas leva o executante, tentativa após tentativa, a buscar consistência na forma como executa a

ação. Naquelas habilidades em que as alterações no ambiente determinam o quando e como a ação deva ser executada, o executante busca adaptar o padrão motor a estas alterações ambientais. Assim, enquanto nas fechadas, a variabilidade no padrão deve ser a menor possível, nas abertas a variabilidade no padrão motor acompanha a variabilidade dos estímulos relevantes para a ação.

Avançado (“*expert*”) o executante tem certeza de como alcançar a meta da ação, com um mínimo gasto de energia e/ou tempo; graça, beleza e eficiência estão presentes neste estágio; o executante precisa de um mínimo de atenção para realizar a tarefa (automatização), podendo dirigir grande parte de sua atenção para os elementos não relevantes ao controle da mesma; o padrão motor é relativamente estável e qualquer alteração no mesmo implica em retorno ao estágio intermediário.

O referencial teórico utilizado por Vereijken, Van Emmerik, Whiting & Newell (1992) se diferencia dos demais por ter como ponto de partida a idéia de Bernstein (1967) de que o processo de aprendizagem consiste no domínio dos graus de liberdade redundantes. Estes autores propõem três estágios relacionados com a maneira de como o executante explora o grande número de graus de liberdade disponíveis no sistema motor humano.

No primeiro estágio (novato), o aprendiz simplifica o problema do movimento congelando parte dos graus de liberdade. Para isso ou ele mantém os ângulos das articulações fixos rigidamente ao longo da execução da ação motora ou ele restringe temporariamente ou acopla as articulações de modo que atuem como uma unidade (estrutura coordenativa). Com isso, a “performance” é executada com certa rigidez, sem resposta a mudanças no ambiente da ação.

No segundo estágio (avançado), o executante libera outras articulações que são assim incorporadas em unidades de ação maiores, chamadas de estruturas coordenativas na terminologia da teoria dos sistemas dinâmicos. Neste estágio, as dinâmicas da ação se tornam mais visíveis ao aprendiz na medida em que eles começam a alterar os parâmetros cinemáticos associados com o movimento. A relação entre as articulações e as sinergias musculares associadas é alterada, permitindo que algumas articulações continuem a mover em sincronia enquanto outras se movem independentemente. Consequentemente o desempenho apresenta maior fluidez e pode ser

facilmente adaptado a mudanças que ocorrem no ambiente da ação.

No terceiro estágio (“*expert*”), o executante continua a liberar outros graus de liberdade, reorganizando a dinâmica da ação até que os graus de liberdade necessários para a execução da tarefa tenham sido todos manipulados economicamente. Este estágio é diferente do anterior no que se refere à exploração de forças adicionais passivas, como a fricção e a inércia, que são externas ao executante, mas inerentes à situação em que o movimento é executado.

O uso do termo *estágios* de aprendizagem dá a idéia de que as mudanças sejam seqüenciais. No entanto, Gentile¹ considera que os processos subjacentes a estes estágios ocorrem em paralelo e em diferentes velocidades. A visão de Gentile é de que a aquisição de habilidades se desenvolve a partir de um conjunto de processos fundamentais com acesso diferenciado à consciência. Estes processos, controlados por diferentes centros neuronais, dão origem a diferentes modelos internos e conseqüentemente produzem mudanças com diferentes velocidades, dependendo da quantidade de prática empregada.

Exploremos esta idéia: cada um dos *estágios*, corresponde a processos e, no curso da aquisição de uma determinada habilidade motora, um ou outro processo seria momentaneamente responsável pelas mudanças no comportamento. Num primeiro momento, os processos responsáveis pela emergência de um modelo cinemático da ação (estrutura da forma) seriam preponderantes. Posteriormente, os processos responsáveis pelo estabelecimento do padrão dinâmico das forças atuantes responderiam pelas principais mudanças. Os modelos, tanto o cinemático como o relativo ao padrão dinâmico de forças, seriam alterados em função de mudanças quer no organismo, quer na tarefa ou ainda no ambiente.

Em resumo, no curso da aquisição de uma determinada habilidade motora, a natureza das incertezas que se apresentam ao executante se alteram em função das soluções que vai encontrando e dos processos subjacentes a estas mudanças. Dependendo do estágio de aquisição que o aprendiz se encontra, um dos processos seria momentaneamente responsável pelas mudanças no comportamento. Os processos responsáveis pela estabilidade do sistema, com conseqüente decréscimo da atenção para realização da ação seriam invocados dependendo do grau de correspondência (ou força do acoplamento) entre a

percepção e a ação. Finalmente, acrescentaríamos a necessidade das informações contidas nas instruções serem específicas aos processos responsáveis pelas mudanças esperadas.

Descrever as mudanças que ocorrem no comportamento motor em decorrência da prática é uma tarefa relativamente simples. No entanto, a partir da descrição do comportamento podem ser levantadas questões não tão facilmente respondidas. Qual o estado do iniciante quando no início do processo da aprendizagem? Se apresentarmos uma habilidade “nova” a um grupo de alunos, podemos considerá-los todos em iguais condições para a aprendizagem? Quanto tempo de prática é necessário para que o aluno apresente um bom domínio da ação? Existiria um limite para esta prática? A descrição do comportamento pode tornar-se muito interessante na medida em que provoca questionamentos sobre o processo de aprendizagem como um todo.

Os argumentos são muito diferentes quando buscamos explicar a natureza das mudanças e prever o comportamento. Os diferentes referenciais teóricos geram diferentes questões. Se utilizarmos o referencial da Teoria do Processamento de Informação aplicada ao estudo do comportamento motor, as questões estariam relacionadas com o efeito da prática na quantidade e velocidade de processamento, com a utilização de retroalimentação, com a identificação dos mecanismos de controle da informação que seriam afetados pela prática. Se voltarmos à década passada talvez a questão mais pertinente fosse: Que restrições do organismo, tarefa e ambiente levam a mudanças mais rápidas/lentas, contínuas/abruptas no comportamento. Os trabalhos de Karl Newell (1985, 1986) a este respeito marcam este período. A partir de 1990, as questões sobre os efeitos da prática se dirigem a: Quais as mudanças nos pesos das conexões das redes neurais. Quais as mudanças nos mecanismos de controle motor. Quais as mudanças nas estruturas cerebrais em conseqüência do processo de aprendizagem (e portanto da prática). Quais as mudanças na probabilidade dos estados de fase. Qual o papel da dinâmica intrínseca do sistema no processo de aprendizagem. Qual o papel da variabilidade do comportamento na adaptação do organismo ao ambiente. Vejamos em maior detalhe algumas dessas abordagens teóricas e algumas evidências empíricas.

Posner & Raichle (1994), preocupados com a relação mente-corpo, exploram a influência da aprendizagem sobre a estrutura

cerebral. Estas mudanças no cérebro, que acompanham as experiências, vêm se tornando um dos principais tópicos da Neurociência. Evidências de alterações na estrutura cerebral têm sido relatadas na literatura, como por exemplo, aquelas provenientes do uso da linguagem de sinais pelos indivíduos com deficiência auditiva desde o nascimento. Um número imenso de horas de prática (acima de 50.000 horas) permite ao jogador de xadrez desenvolver uma estrutura de memória semântica altamente elaborada. Num piscar de olhos, o excelente jogador de xadrez sabe a localização exata de todas as peças sobre o tabuleiro desde que esta localização não seja randômica.

Um dos métodos usados para medir e avaliar a participação de vários centros de controle na aquisição de habilidades como na leitura, ou em jogar xadrez implica na colocação de eletrodos na superfície do cérebro. A possibilidade de registrar atividade de células individuais no cérebro de animais conscientes, desde a década de 50, tem permitido um enorme avanço no conhecimento das estruturas dos sistemas sensorial e motor. Comparações nas atividades elétricas em diferentes centros de controle no cérebro entre inexperientes e habilidosos, entre crianças e adultos, permitem inferir as alterações decorrentes da prática ou da experiência.

Redes neurais precisamente localizadas são responsáveis por específicos tipos de análise ou operação. O processamento perceptivo de um objeto em movimento, como o de uma bola se aproximando, ocorre em uma região específica do cérebro. A localização cerebral de processos cognitivos complexos, no entanto, ainda não foi desvendada.

A contribuição marcante de Posner & Raichle à área da Neurociência Cognitiva se deu no emprego de técnicas que permitem detectar a anatomia funcional do cérebro. A *positron emission tomography* - PET tem como base o uso de partículas sub-atômicas efêmeras (positrons) que rapidamente emitem radiação gama que pode ser captada por detectores fora da cabeça. Radioisótopos de carbono, nitrogênio, oxigênio e fluorina emitem positrons. Os positrons permitem a reconstrução computarizada de imagens. Todavia esta técnica requer 40 segundos para a obtenção dos dados necessários para reconstrução de uma imagem PET do fluxo sanguíneo no cérebro humano. As atividades neurais são muito mais

velozes e, portanto, não poderiam ser captadas por esta técnica.

Imagens de ressonância magnética (MRI) são obtidas a partir de uma técnica chamada de ressonância nuclear magnética. MRI é baseada no fato que muitos átomos, na presença de um campo magnético, se comportam como barras magnéticas. Através da manipulação dos átomos, os cientistas alinham os átomos da mesma forma que uma agulha de um compasso é alinhada no campo magnético da terra. A reconstrução de imagens é feita a partir de sinais de rádio emitidos por prótons que apresentam propriedades magnéticas e são em grande número no corpo humano. Estas duas técnicas (PET e MRI) combinadas permitem identificar onde ocorre atividade no cérebro quando o ser humano executa diferentes tarefas. Estas técnicas têm evidenciado, experimentalmente, que as mudanças quantitativas de atividade eletro-químicas em determinadas regiões cerebrais são seguidas rapidamente por mudanças no fluxo sanguíneo nestas mesmas regiões.

Resultados interessantes sobre o efeito da prática na ativação cerebral são citados por Posner & Raichle (1994) em um estudo no qual os participantes executavam uma tarefa de geração de palavras em três condições experimentais: a) diante de uma lista de palavras, mas sem qualquer prática; b) a mesma lista de palavras era novamente apresentada e os dados eram obtidos após 15 minutos de intensa prática mental daquela lista; c) uma nova lista de palavras (diferente da anterior) era apresentada. Os resultados da análise de três cortes ("*slices*") verticais do cérebro mostraram diferentes áreas de ativação em função das condições experimentais. Para os indivíduos sem prática, o cíngulo anterior, os lóbulos temporal e frontal e o cerebelo direito estavam ativos enquanto que os indivíduos com prática não apresentaram nenhuma ativação destas áreas. A apresentação de uma nova lista de palavras na última condição reverteu estas mudanças que haviam ocorrido com a prática. Convém registrar, no entanto, que a verbalização de nomes escritos, por ser uma tarefa automática para leitores habilidosos, não produz nenhuma atividades nestes centros citados acima. Estes resultados confirmam a velha idéia já centenária de que existem dois diferentes caminhos ou redes neurais responsáveis por processos de controle do comportamento e aqueles considerados automáticos e, portanto, resultantes de um longo período de prática.

Kelso (1995) é um dos principais representantes de um grupo de cientistas que utiliza a Teoria dos Sistemas Dinâmicos para explicar mudanças no comportamento motor e este grupo pode ser considerado como o de maior impacto na produção científica na área do comportamento motor, nos últimos anos. Kelso busca princípios gerais de mudança adaptativa, partindo do pressuposto que estes princípios se aplicam a outros sistemas ou em outros níveis de análise como o celular e molecular. Ele acredita também que estes princípios se aplicam em diferentes escalas de tempo como na da evolução, do desenvolvimento motor e da aprendizagem motora.

Se assumirmos que a auto-organização (secundária) é uma propriedade dos sistemas que mudam ao longo do tempo, então devemos considerar que os elementos do organismo que interagem e conduzem a emergência de novas formas, têm uma história (ver Debrun, 1996 para maiores detalhes). A interação entre os elementos do sistemas - cada um deles com uma história diferente - tem um papel importante na definição da direção das mudanças. Neste sentido Kelso (1995, p.161) aponta "*New things to be learned must be linked with intrinsic tendencies or constraints already present in the learner at the time new material is introduced. Learning in this view, occurs as a specific modification of already existing behavioral patterns in the direction of the task to be learned*" Isto significa que o organismo adquire novas formas de comportamento habilidoso em cima de ou a partir de capacidades adquiridas já existentes. Alguma ordem já existiria no sistema e a aprendizagem de uma nova habilidade seria a passagem de um estado organizado para um outro estado organizado, seguindo o princípio de transição ordem-ordem de Schrödinger.

De maneira geral, podemos afirmar que o organismo apresenta tendências para determinadas formas de organização antes de aprender algo considerado novo para ele. Estas tendências correspondem à dinâmica intrínseca do

sistema. Novos padrões espaço-temporais emergem e estabilizam-se com a prática (repetição desta mesma ação) modificando o estado do sistema. Este novo padrão espaço-temporal que foi adquirido com a prática constitui um atrator e o "layout" dos atratores se altera.

Os procedimentos experimentais tradicionais buscam eliminar todas as possíveis condições e experiências anteriores que possam interferir nos resultados. Usando uma metáfora, Kelso critica estes procedimentos afirmando que qualquer organização intrínseca, autonomamente ativa do organismo ou entre organismos e seu ambiente, embora presente, é varrida para de baixo do tapete. Para ele, a medida em que o processo de aquisição de uma habilidade ocorre, o sistema no seu todo se altera. Portanto, a resposta de Kelso sobre o que muda com a prática, seria o organismo como um todo muda com a prática de uma habilidade motora.

Em resumo, neste trabalho procuramos identificar diferentes níveis de análise e paradigmas experimentais dirigidos à questão do que muda com a prática. Em um primeiro momento, utilizamos a descrição do comportamento como ferramenta de trabalho. Embora a descrição, por si só, não esclareça os processos subjacentes às mudanças que acompanham a prática, ela pode esclarecer a relação entre os componentes de um modelo teórico. Em um segundo momento, são apresentadas duas abordagens utilizadas no estudo do comportamento humano, evidenciando que as mudanças têm origem em diferentes centros de controle (Posner & Richle, 1994) ou nas interações entre os elementos internos do sistema e destes com os externos a ele (Kelso, 1995). As alterações no ambiente e a liberdade dada ao executante para atingir a meta de uma tarefa motora são fatores determinantes da magnitude e direção das mudanças que ocorrem no organismo como um todo.

ABSTRACT

THE LEARNING OF MOTOR SKILLS I: WHAT CHANGE WITH THE PRACTICE

The question what is changing with practice is focused considering the description of performance changes. Although the stage of skill acquisition implies a discontinuous sequence of events, recently it has been proposed that underlying stage mechanisms are complementary. When considering the

different theoretical background underlying the research on motor learning, we have found that different questions are made in regard to what is changing with the practice. These questions are presented and examples are given on how some of them are answered. Relying on the dynamic systems approach the paper is concluded with the suggestion that with practice the system as a whole changes.

UNITERMS: Motor skill; Motor learning; Dynamic systems theory.

NOTA

1. Palestra apresentada por A.M. Gentile na Conferência Anual da North American Society for Psychology of Sport and Physical Activity – NASPSPA. S. Charles, 1998.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAMS, J. A closed-loop theory of motor learning. *Journal of Motor Behavior*, v.3, p.111-49, 1971.
- BERNSTEIN, A. **The co-ordination and regulation of movement**. London, Pergamon, 1967.
- DEBRUN, M. A idéia de auto-organização. In: DEBRUN, M.; GONZALES, M.E.Q.; PESSOA JUNIOR, O. **Auto organização: estudos interdisciplinares**. Campinas, 1996. p.2-23. [Coleção CLE, v.18].
- FITTS, P. Perceptual-motor skills learning. In: MELTON, A.W., ed. **Categories of human learning**. New York, Academic Press, 1964. p.243-85.
- GENTILE, A.M. A working model of skill acquisition with application to teaching. *Quest*, v.17, p.2-23, 1972.
- KELSO, J.A.S. **Dynamic pattern: the self-organization of brain and behavior**. Cambridge, The MIT Press, 1995. p.159-85.
- MAGILL, R.A. **Motor learning: concepts and applications**. 3.ed. Dubuque, Wm.C.Brown, 1989.
- NEWELL, K.M. Constraints on the development of coordination. In: WADE, M.G.; WHITING, H.T.A., eds. **Motor development in children: aspects of coordination and control**. Dordrecht, Martinus Nijhoff, 1986. p.341-60.
- _____. Coordination, control and skill. In: GOODMAN, D.; FRANKS, I.; WILBERG, R., eds. **Differing perspectives in motor control**. Amsterdam, North Holland, 1985. p.295-318.
- POSNER, M.I.; RAICHLE, M.E. **Images of mind**. New York, Scientific American Library, 1994. p.257.
- SCHMIDT, R.A. **Aprendizagem e performance motora: dos princípios à prática**. Trad. de Flávia da Cunha Bastos e Olívia Cristina Ferreira Ribeiro. São Paulo, Movimento, 1992. p.310.
- VEREIJKEN, B.; VAN EMMERIK, R.E.A.; WHITING, W.T.A.; NEWELL, K.M. Free(z)ing degrees of freedom in skill acquisition. *Journal of Motor Behavior*, v.24, p.133-42, 1992.

ENDEREÇO: Ana Maria Pellegrini
 Departamento de Educação Física
 Instituto de Biociências – UNESP/Rio Claro
 Av. 24-A, 1515 – Bela Vista
 13506-900 Rio Claro – SP – BRASIL