

VARIABILIDADE DE RESPOSTA E PROCESSO ADAPTATIVO EM APRENDIZAGEM MOTORA

Go Tani*
Flávia da Cunha Bastos
Iran Junqueira de Castro**
Joaquim Felipe de Jesus***
Rita de Cássia Sacay
Solange de Cássia Elias Passos**

RESUMO

O presente estudo teve como objetivo investigar o efeito da variabilidade de resposta no processo adaptativo em aprendizagem motora. Trinta e duas estudantes universitárias foram aleatoriamente divididas em dois grupos, GC e GE, tendo executado 25 tentativas na fase de estabilização e 20 tentativas na fase de adaptação. O GC foi submetido à prática de resposta constante e o GE à prática de resposta variada, numa tarefa de coordenação bi-manual. As medidas utilizadas foram o tempo de execução das tentativas e o número de erros. A análise de variância a dois fatores (2 grupos x 5 blocos) com medidas repetidas no segundo fator indicou que em relação ao erro houve efeito de aprendizagem no GC e em relação ao tempo de execução houve efeito de aprendizagem nos dois grupos. A comparação inter-grupos mostrou que não houve diferença significativa em relação às duas medidas na fase de adaptação. Entretanto, o teste t aplicado para comparar a última tentativa da fase de estabilização e a primeira da fase de adaptação mostrou que o GC teve maior dificuldade em adaptar-se à nova situação o que, dentro dos limites, foi interpretado como evidência favorável à hipótese formulada.

UNITERMOS: Aprendizagem motora; Processo adaptativo; Variabilidade de resposta.

INTRODUÇÃO

De acordo com a 2a. lei da termodinâmica, todos os sistemas fechados tendem a um estado de máxima entropia, atingindo um estado de equilíbrio termodinâmico. Entropia é uma medida de desordem originária da termodinâmica onde ela está relacionada com a probabilidade que as velocidades das moléculas e outras variáveis de um sistema sejam distribuídas de uma certa maneira (Miller, 1978). Quando levada à teoria da informação, entropia refere-se à quantidade de variedade num sistema, onde a variedade pode ser interpretada como quantidade de incerteza prevalecente numa situação de escolha com várias alternativas (van Gigch, 1978). Como entropia é uma medida de probabilidade, os sistemas fechados tendem a assumir um estado de distribuição homogênea de alta probabilidade, ou seja, de máxima desordem.

* Escola de Educação Física da Universidade de São Paulo.

** Universidade de Brasília.

*** Universidade Federal de Santa Catarina.

Entretanto, existem sistemas que contrariam essa 2a. lei da termodinâmica. Nestes sistemas, a entropia poderá aumentar, permanecer em "steady state" mas também diminuir. São os chamados sistemas abertos que trocam matéria-energia e informação com o meio ambiente, importando entropia negativa (Schrödinger, 1945) para garantir um estado de não equilíbrio e consequente possibilidade de desenvolvimento, como ocorre nos sistemas vivos.

Uma propriedade fundamental dos sistemas vivos é sua capacidade para atingir estados mais complexos de organização. A estabilidade (equilíbrio) via mecanismos auto-regulatórios baseados em "feedback" negativo caracteriza a manutenção do sistema. A formação de novas estruturas a partir de estruturas existentes implica na desestabilização para posterior estabilização num nível superior de complexidade, ou seja, adaptação. Neste sentido, a estabilização, nos sistemas vivos, pode ser vista como um estado provisório dentro de um processo de organização hierárquica onde a extremidade está aberta.

Adaptação é um conceito muito amplo, utilizado desde o nível mais microscópico até o nível mais macroscópico. Utilizamos conceito de adaptação biológica até adaptação social ou cultural. Existem diferentes mecanismos e modos de adaptação, mas há uma condição em comum: ela ocorre quando mudanças no meio ambiente perturbam o sistema desafiando a estabilidade e gerando incertezas (Conrad, 1983). Em sistemas abertos, as incertezas que desafiam a estabilidade não são apenas elementos que devem ser eliminados para manter a estabilidade mas são fontes em potencial de ordem (Yates, 1984).

O ser humano é um sistema aberto que está em constante interação com o meio ambiente através da troca de matéria-energia e informação. Por estar em interação, ele sofre influências das mudanças no meio ambiente. Isto implica na necessidade do ser humano ter a capacidade para responder adequadamente a estas mudanças, ou seja, adaptabilidade.

Teorias atuais de aprendizagem motora (Adams, 1971; Schmidt, 1975) referem-se a um processo de estabilização de performance, ou seja, um processo homeostático (equilíbrio). Estas teorias baseadas em "feedback" negativo são inapropriadas para explicar o complexo processo envolvido na aquisição de habilidades motoras cuja natureza é de organização hierárquica.

Processos baseados em "feedback" negativo ou mecanismo de neutralização do desvio (Maruyama, 1963) são capazes de manter a estrutura ou a ordem mas são incapazes de conduzir a uma nova estrutura, visto que para tanto é necessário desestabilização, ou seja, "feedback" positivo ou mecanismo de amplificação do desvio (Maruyama, 1963). A automatização, tida como a fase final do processo de aprendizagem motora é um exemplo típico de estabilização.

Com este "background" teórico ou instrumento conceitual, Choshi (1978), Choshi & Tani (1983) e Tani (1982; 1989a), têm proposto um modelo de não equilíbrio em aprendizagem motora em que dois processos fundamentais são considerados: estabilização e adaptação. O primeiro é aquele em que se busca, como a própria palavra indica, a estabilidade funcional que resulta na padronização espacial e temporal do movimento (formação de estrutura). Movimentos inicialmente inconsistentes e descoordenados vão sendo gradativamente refinados até se alcançar movimentos padronizados e precisos (baixa entropia). Neste processo, o elemento fundamental é o "feedback" negativo.

Entretanto, considerando que o ser humano é um sistema aberto que está em constante busca de estados mais complexos de organização (Bertalanffy, 1956, 1962, 1968), e que a aquisição de habilidades motoras é um processo de desenvolvimento hierárquico (Bruner, 1970; Bruner & Bruner, 1968; Choshi, 1983; Connolly, 1970, 1973, 1977; Elliott & Connolly, 1974; Fitts & Posner, 1967; Koestler, 1967; Manoel, 1989; Tani, 1987; Tani, Manoel, Kokubun & Proença, 1988), um outro processo torna-se importante: é aquele em que se procura adaptação às novas situações ou tarefas motoras através da aplicação das habilidades já adquiridas. Denomina-se a este processo de adaptativo (Choshi, 1978, 1981, 1982; Choshi & Tani, 1983; Tani, 1982). Neste processo, exige-se do executante modificações na estrutura da habilidade já adquirida e uma posterior reorganização dessa estrutura num nível superior de complexidade.

Existem mudanças para as quais a adaptação se faz pela flexibilidade inerente à estrutura já adquirida, ou seja, pela mudança de parâmetros do movimento. Entretanto, existem mudanças de tal envergadura que por mais que haja disponibilidade na estrutura não há condições de adaptar-se. Neste

caso, exige-se uma reorganização da própria estrutura que, quando alcançada, reflete numa mudança qualitativa do sistema (Tani, 1982).

A estabilização é alcançada através de redução da variabilidade na resposta motora tornando-a consistente. Todavia, quando um excesso de ênfase é dado na diminuição da variabilidade, há conseqüentemente uma perda proporcional de flexibilidade, capacidade esta importante para adaptar-se às novas situações. Isto implica na necessidade dos padrões de movimento até então adquiridos terem características flexíveis e não rígidas. Os padrões de movimento flexíveis são aqueles que possuem um aspecto invariável governado por regras fixas além de um aspecto variável dirigido por estruturas flexíveis (Koestler, 1967). As estruturas flexíveis, por sua vez, indicam a existência de uma tolerância na definição de parâmetros permitida pelas regras fixas.

A hipótese formulada nesta pesquisa é: para se adquirir padrões flexíveis de movimento que melhor se adaptem às novas situações é preciso que seja permitida ao executante variabilidade nas respostas durante o processo de estabilização, visto que quando se elimina essa variabilidade, a ênfase está sendo dada apenas ao aspecto invariável da habilidade, contribuindo para a formação de padrões motores estereotipados e de difícil adaptação.

MÉTODO

Participaram do experimento, 32 universitárias, alunas do Curso de Graduação em Educação Física com idade média de 22 anos e 2 meses, completamente inexperientes com os experimentos em aprendizagem motora. Elas foram designadas aleatoriamente para os dois grupos, experimental (GE) e controle (GC), cada qual com 16 sujeitos.

Foram utilizados o aparelho de teste de coordenação bi-manual da Takei & Company e gráficos que exigem diferentes sequências de movimentos coordenados, como tarefa motora. Para todos os gráficos, a amplitude do trilho foi de 3mm.

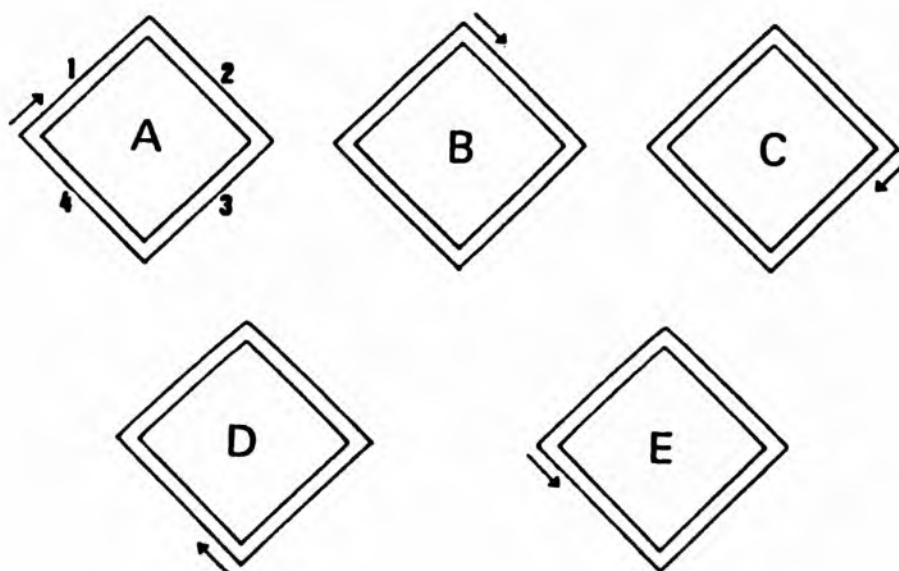


FIGURA 1 - Gráficos utilizados como tarefa de aprendizagem em que são exigidas diferentes sequências de movimentos coordenados.

Durante a fase de estabilização (FE) para o GC foi utilizado o gráfico A, mostrado na FIGURA 1. Cada sujeito praticou 25 tentativas seguindo sempre a direção indicada no gráfico. Para o GE foram utilizados os gráficos A, B, C e D, cada qual exigindo diferente sequência de movimentos coordenados, com o objetivo de possibilitar variabilidade nas respostas. Conforme mostra a FIGURA 1,

a forma e a direção, dos movimentos a serem seguidas são as mesmas de A, porém, os pontos de início das respostas são diferentes em cada um desses gráficos. Em outras palavras, um mesmo gráfico foi utilizado para diferentes tarefas motoras. Cada sujeito praticou 25 tentativas, iniciando com o gráfico A, sendo que os gráficos B, C e D foram introduzidos, respectivamente, na 7a., 13a. e 19a. tentativas.

Na fase de adaptação (FA), os dois grupos executaram a mesma tarefa, quando foi utilizado o gráfico E com a direção dos movimentos a ser seguida invertida em relação aos gráficos utilizados na fase de estabilização. Cada sujeito praticou 20 tentativas nessa fase. As tentativas, tanto na fase de estabilização como também na fase de adaptação foram executadas continuamente, sem descanso entre elas.

Para uma melhor compreensão do problema de variabilidade nas respostas, uma explicação mais detalhada se faz necessária. A variabilidade, em termos de aprendizagem motora, pode ser abordada basicamente segundo dois aspectos (Tani, 1982). O primeiro está relacionado com as diversas variações de um mesmo padrão motor, onde a estrutura macroscópica é mantida com alteração nos detalhes microscópicos. O outro aspecto está relacionado com a variação dos próprios padrões motores, onde as estruturas macroscópicas são alteradas.

Nesse experimento, procurou-se estabelecer a variabilidade nas respostas, durante a FE para o GE, mantendo-se invariável a estrutura macroscópica, ou seja, a forma do gráfico e a direção a ser seguida, introduzindo-se variações na estrutura microscópica através da modificação dos pontos de início das respostas. Assim sendo, tomando-se como critério a sequência de movimentos coordenados requisitada no gráfico A e enumerando-os, por conveniência, como sendo 1 - 2 - 3 - 4, no gráfico B, C e D temos respectivamente as sequências 2 - 3 - 4 - 1, 3 - 4 - 1 - 2 e 4 - 1 - 2 - 3. Seguindo o mesmo critério, no gráfico E utilizado na FA temos a sequência 2 - 1 - 4 - 3, ou seja, uma inversão total na sequência de movimentos, caracterizando-se assim, uma mudança estrutural na tarefa de aprendizagem.

As medidas utilizadas foram: o tempo de execução das tentativas e o número de erros cometidos. O tempo foi medido através de cronômetro manual digital e os erros através da observação dos traços registrados no gráfico.

O tratamento estatístico foi feito através da análise de variância a dois fatores com medidas repetidas no segundo fator, separadamente para as fases de estabilização (2 grupos x 5 blocos) e de adaptação (2 grupos x 4 blocos), com contrastes posteriores através do teste de Tukey e teste t para dados relacionados na comparação do final da fase de estabilização com o início da fase de adaptação, adotando-se o nível de significância de 0,05 para todas as comparações.

RESULTADOS

A análise dos dados foi feita organizando-os por blocos de tentativas, de forma que as 45 tentativas executadas foram divididas em 9 blocos de 5 tentativas cada. Assim sendo, as tabelas mostram as médias e os desvios padrão por blocos de tentativas. As figuras, por sua vez, mostram as curvas de performance onde todas as tentativas estão plotadas, para facilitar uma visão mais precisa de todo o processo de aprendizagem.

Erro

Conforme mostra a FIGURA 2, pode-se observar uma tendência à diminuição do número de erros na fase inicial da FE e um aumento deste na FA. A análise de variância para FE mostrou diferença significativa entre os blocos de tentativas, $F(4; 120) = 7,15$, $p < 0,001$, e o teste de Tukey indicou diferença significativa entre B-1 / B-4 e B-1 / B-5 no GC, evidenciando o efeito de aprendizagem. No GE não houve diferença significativa e isto se explica pelo fato do mesmo ter sido submetido à variabilidade de resposta (TABELA 1).

A comparação inter-grupos na FE não mostrou diferença significativa, $F(1; 30) = 0,03$, $p > 0,1$, o que indica semelhança no comportamento dos dois grupos, não se observando, portanto, efeito de tratamento. Não houve também diferença significativa na interação blocos x grupos, $F(4; 120) = 0,43$, $p > 0,1$, nesta fase.

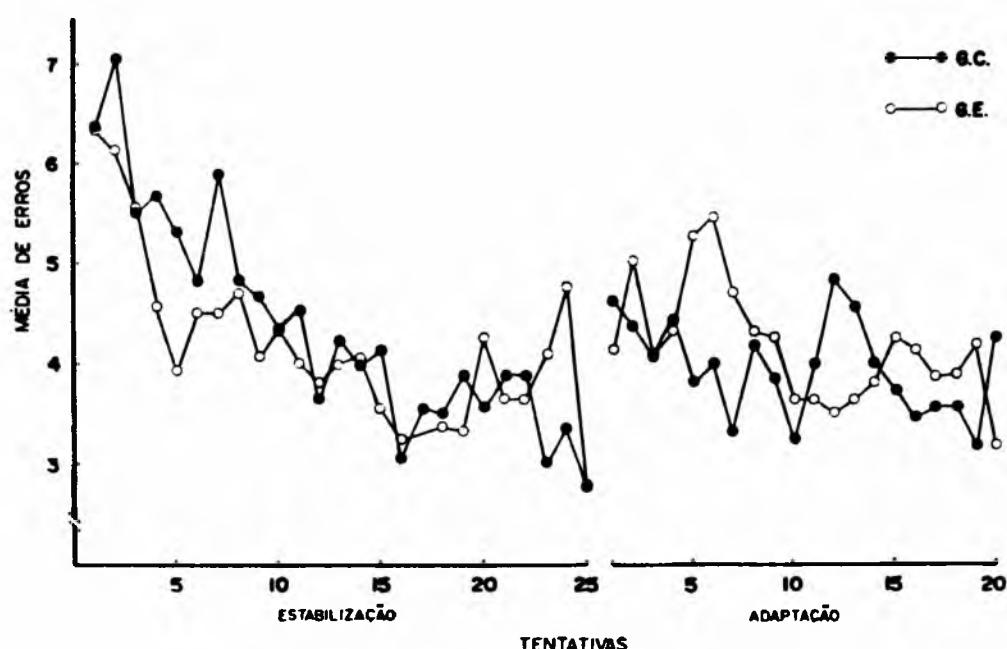


FIGURA 2 - Curva de performance dos dois grupos em relação ao erro (frequência absoluta).

Na fase de adaptação, a análise de variância não mostrou diferença significativa em nenhuma das variáveis investigadas, ou seja, $F(3; 90) = 2,79$, $p < 0,1$, para os blocos, $F(1; 30) = 0,04$, $p > 0,1$, para os grupos e $F(3; 90) = 2,16$, $p < 0,1$, para a interação blocos x grupos, evidenciando comportamento semelhante entre os dois grupos. A aplicação do teste t pareado para comparar os resultados da última tentativa da FE com a primeira da FA mostrou diferença significativa para ambos os grupos ($t = 2,63$; $GL = 15$, $p < 0,05$, para o GE e $t = 3,38$; $GL = 15$, $p < 0,01$, para o GC) evidenciando comportamento adaptativo semelhante.

TABELA 1 - Médias e desvios-padrão de erro (frequência absoluta) por bloco de tentativas ($n=16$).

		BLOCO DE TENTATIVAS								
		B-1	B-2	B-3	B-4	B-5	B-6	B-7	B-8	B-9
GRUPO CONTROLE (G C)	\bar{X}	5,98	4,91	4,10	3,51	3,37	4,28	3,72	4,22	3,60
	s	5,51	3,39	2,54	2,27	2,30	2,67	2,58	3,15	2,36
GRUPO EXPERI- MENTAL (G E)	\bar{X}	5,30	4,42	3,88	3,61	3,76	4,55	4,46	3,76	3,87
	s	4,92	3,50	3,92	2,94	2,78	3,23	3,20	3,18	2,64

Tempo de execução

A FIGURA 3 mostra as curvas de performance dos dois grupos e a TABELA 2 as médias e os desvios padrão por bloco de tentativas. De um modo geral, pode-se observar o efeito da aprendizagem nos dois grupos, no sentido de que há uma diminuição gradativa no tempo de execução das tentativas, durante a FE. Observa-se também, nas primeiras tentativas da FA, um aumento no tempo de execução, particularmente para o GC, com nova diminuição gradativa até as tentativas finais. A análise de variância mostrou diferença significativa entre os blocos de tentativas, $F(4; 120) = 85,03$, $p < 0,001$, na FE e o teste de Tukey indicou diferença significativa entre B-1 e B-2 em ambos os grupos, evidenciando efeito de aprendizagem.

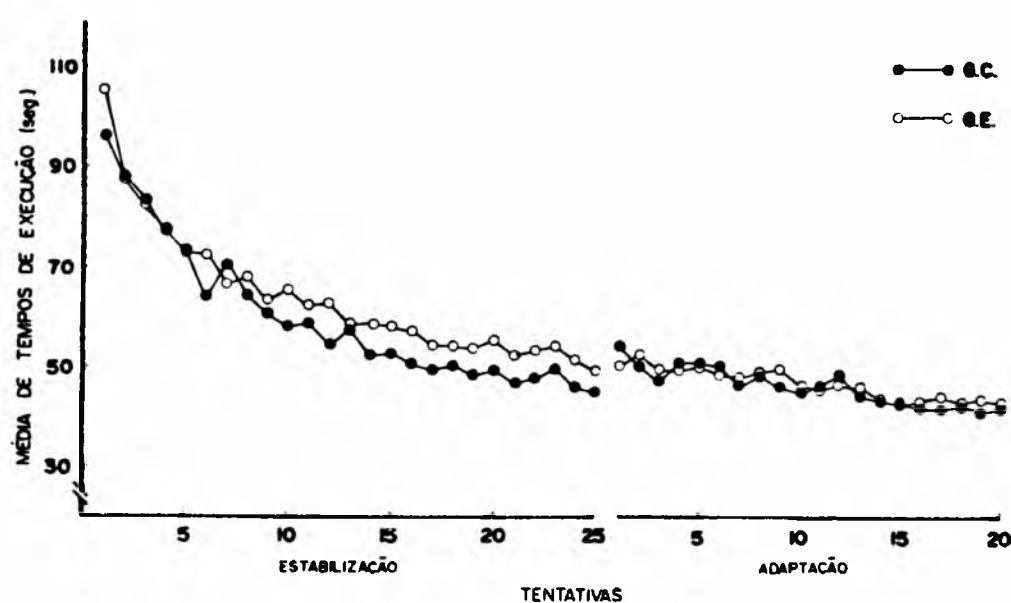


FIGURA 3 - Curva de performance dos dois grupos em relação ao tempo de execução (segundos).

A comparação inter-grupos na FE não mostrou diferença significativa, $F(1; 30) = 0,96$, $p > 0,1$, o que indica semelhança no comportamento dos dois grupos e evidencia que não houve efeito de tratamento. Não houve também diferença significativa na interação blocos x grupos, $F(4; 120) = 0,44$, $p > 0,1$, nesta fase.

Na fase de adaptação, a análise de variância mostrou diferença significativa em relação aos blocos de tentativas, $F(3; 90) = 42,29$, $p < 0,001$. O teste de Tukey indicou diferença significativa entre B-6/B-8 e B-6/B-9 em ambos os grupos e entre B-7/B-9 no CG, evidenciando que o processo de reorganização foi semelhante.

A comparação inter-grupos e interação blocos x grupos não mostrou diferença significativa, respectivamente $F(1; 30) = 0,03$ e $F(3; 90) = 0,97$, $p > 0,1$, indicando que os dois grupos tiveram

comportamentos semelhantes também nesta fase. Entretanto, para se verificar com maior detalhe o processo de adaptação foi aplicado o teste t pareado para comparar os resultados da última tentativa da FE (25a.) com a primeira tentativa da FA. Os resultados mostraram diferença significativa para o GC ($t = 4,40$, $GL = 15$, $p < 0,05$), indicando um aumento no tempo de execução na primeira tentativa da fase de adaptação. O mesmo não ocorreu com o GE, onde não foi observada diferença significativa ($t = 0,28$, $GL = 15$, $p > 0,1$), indicando que o processo de adaptação na sua fase inicial foi mais efetivo no GE, no sentido de que a performance não sofreu grandes alterações com a mudança de tarefa. Esse resultado, dentro de seus limites, vem confirmar a hipótese formulada.

TABELA 2 - Médias e desvios-padrão de tempo de execução (segundos) por bloco de tentativas (n=16).

		BLOCO DE TENTATIVAS									
		B-1	B-2	B-3	B-4	B-5	B-6	B-7	B-8	B-9	
GRUPO CONTROLE (G C)	\bar{X}	83,14	63,45	53,73	49,55	47,08	51,00	47,29	45,26	42,08	
	s	28,11	14,55	10,35	8,17	8,41	8,90	8,31	6,06	5,31	
GRUPO EXPERI- MENTAL (G E)	\bar{X}	84,87	66,82	60,19	55,28	52,70	50,41	48,57	45,23	43,57	
	s	17,87	15,57	14,11	13,01	11,41	10,49	8,74	10,13	8,51	

DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

Em primeiro lugar, analisando o comportamento dos dois grupos em relação ao erro de performance, não foi detectado o efeito da variabilidade de prática no processo adaptativo. Os dois grupos mostraram comportamento semelhante não sendo possível identificar diferenças significantes. O fato dos dois grupos terem mantido um certo nível de erros ao longo do processo de aprendizagem pode ser parcialmente explicado no sentido de que a tarefa de coordenação bi-manual exige, pela própria natureza do aparelho e também do gráfico que é utilizado, muita precisão na execução dos movimentos. Por esse motivo, um certo número de erros está inerente na performance dessas tarefas motoras.

Em relação ao tempo de execução das tentativas, o que se pode observar nesse experimento é que o GE mostrou ao longo do processo de estabilização, tempos de execução maiores que os do GC. Isto se explica pelo fato do GE ter sido submetido a uma variabilidade de resposta, onde os sujeitos tiveram que dirigir sua atenção não só à execução do movimento, mas também à compreensão das mudanças que ocorreram toda vez que a tarefa era mudada, todavia, este mesmo GE mostrou, principalmente na primeira tentativa da fase de adaptação, tempo de execução menor que o GC e o tempo continuou a diminuir gradativamente nas tentativas subsequentes. O mesmo comportamento não pôde ser observado com relação ao GC que, embora tenha mostrado tempo de execução menor durante a fase de estabilização, na fase de adaptação sentiu o efeito da mudança estrutural na tarefa e mostrou um aumento significativo no tempo de execução na primeira tentativa. Embora nas tentativas seguintes os dois grupos tenham mostrado performances semelhantes, este resultado, dentro de seus limites, é muito

significativo, visto que vem confirmar a hipótese no sentido de que a variabilidade de prática possibilita a formação de padrões flexíveis que melhor se adaptam às novas situações ou tarefas motoras. Agora, o fato de os dois grupos terem mostrado performances semelhantes nas tentativas subsequentes, pode indicar que a tarefa de adaptação não foi tão complexa em relação às tarefas utilizadas na fase de estabilização. Um questionário aplicado ao final do processo de aprendizagem mostrou que 68,75% do GC e 75% do GE responderam que a mudança na estrutura da tarefa perturbou pouco ou pouquíssimo a estrutura da habilidade adquirida na fase de estabilização e 75% do GC e 56,25% do GE responderam que a adaptação à nova tarefa foi fácil ou muito fácil; além disso, 81,25% do GC e 87,50% do GE responderam que compreenderam a tarefa de adaptação até a 8a. tentativa. A utilização de sujeitos adultos em experimentos de aprendizagem motora tem sido identificada como um fator limitante na obtenção de resultados, pois esta aprendizagem limita-se, muitas vezes, ao refinamento de padrões já adquiridos (Schmidt, 1989).

Analisando o tempo de execução das tentativas em relação ao erro, observou-se que o tempo de execução, na fase de adaptação, após algumas tentativas, atingiu valores semelhantes às últimas tentativas da fase de estabilização, enquanto que, simultaneamente, os grupos mantiveram, nessa fase de adaptação, nível ligeiramente elevado de erros em comparação com a fase de estabilização. Uma possível explicação desses resultados é que a qualidade e a magnitude dos erros se modificaram com o desenrolar do processo de aprendizagem. Há uma melhora no mecanismo de detecção e correção de erro uma vez que, embora os erros tenham continuado em termos de número, os sujeitos tornam-se capazes de executar controle mais refinado (tunning). Nos próximos estudos há a necessidade de se analisar com maior detalhe os aspectos qualitativos do erro, levando-se em consideração que na aprendizagem motora, muitas vezes, o importante não é a frequência de erros, mas sim o desenvolvimento da capacidade de detecção e correção desses erros (Tani, 1989b). Assim, como Rabbitt & Rodgers (1977) colocam, é importante saber o que o ser humano faz após cometer erros. Em outras palavras, se os erros são seguidos de novos erros ou se são seguidos de respostas corretas e qual a mudança nessa relação com o desenrolar do processo de aprendizagem. Outro tipo de análise muito importante diz respeito aos erros direcionais. Os erros direcionais podem estar relacionados com a seleção incompleta da resposta ou mais especificamente com a pré-seleção da resposta (Megaw, 1972).

Para finalizar, é importante distinguir-se a prática variada com a variabilidade inerente ao comportamento motor (Manoel, 1989). Se variabilidade inerente ao comportamento motor é um pré-requisito para adaptação e as fontes desta variabilidade são aleatórias ou intrinsecamente indeterminadas (Klingsporn, 1973), é preciso delinear estudos que verifiquem se o aumento da variabilidade de resposta adicionado à variabilidade inerente ao comportamento favorece a adaptação às novas situações ou tarefas motoras. Pode ser que o excesso de variabilidade seja prejudicial à adaptação e haja, portanto, um nível ideal ou ótimo de variabilidade (Klingsporn, 1973) ou conforme coloca Yates (1984), haja flutuações ambientais de extensão limitada que possam contribuir de forma criativa para a adaptação.

ABSTRACT

RESPONSE VARIABILITY AND ADAPTIVE PROCESS IN MOTOR LEARNING

The present study's purpose was to investigate the effect of response variability in the adaptive process of motor learning. Thirty two female undergraduate students were randomly divided in two groups, CG and EG, and performed twenty five trials in the stabilization phase and twenty trials in the adaptation phase. The CG was submitted to constant response practice condition and the EG to the varied response practice condition, using the two-hand coordination task. Measures used were trials execution time and number of errors. Two-way analysis of variance with repeated measures in the second factor showed learning effect in relation to error in the CG and the same effect in relation to trials execution time in both groups. An inter-groups comparison showed no significant difference in relation to both measures in the adaptation phase, but the comparison between the stabilization phase last trial and adaptation phase first trial by t test showed that the CG had more difficulty in adapting to the new situation. This result was interpreted, considering the limitations, as evidence supporting the formulated hypothesis.

UNITERMS: Motor learning; Adaptive process; Response variability.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAMS, J.A. A closed-loop theory of motor learning. *Journal of Motor Behavior*, v.3, n.2, p.111-50, 1971.
- BERTALANFFY, L. von. General systems theory. *General Systems*, v.1, p.1-10, 1956.
- _____. General systems theory: a critical review. *General Systems*, v.7, p.1-20, 1962.
- _____. General systems theory. New York, Braziller, 1968.
- BRUNER, J.S. The growth and structure of skill. In: CONNOLLY, K., ed. *Mechanisms of motor skill development*. London; Academic Press, 1970.
- BRUNER, J.S.; BRUNER, B.M. On voluntary action and its hierarchical structure. *International Journal of Psychology*, v.3, n.4, p.239-55, 1968.
- CHOSHI, K. An analytical study of the adaptive process in motor learning. *Memoir of the Faculty of Integrated Arts and Sciences III, Hiroshima University*, v.6, n.1, p.75-82, 1982. (em japonês)
- _____. Introduction to the study of pre-school that leads one to like movement. *Taikukakyoiku*, v.31, p.25-8, 1983. (em japonês)
- _____. The organization of perceptual-motor behavior. In: HAGIWARA, H.; CHOSHI, K., eds. *The organization of perceptual-motor behavior*. Tokyo, Fumaido, 1978. (em japonês)
- _____. The significance of error response in adaptive systems. *Research of Sport Psychology*, v.7, n.1, p.60-4, 1981. (em japonês)
- CHOSHI, K.; TANI, G. Stable system and adaptive system in motor learning. In: JAPANESE ASSOCIATION OF BIOMECHANICS, ed. *The science of movement V*. Tokyo, Kyorin, 1983. (em japonês)
- CONNOLLY, K. Factors influencing the learning of manual skills by young children. In: HINDE, R.A.; HINDE, J.S., eds. *Constraints on learning*. New York, Academic Press, 1973.
- _____. The nature of motor skill development. *Journal of Human Movement Studies*, v.3, n.3, p.128-43, 1977.
- _____. Skill development: problems and plans. In: CONNOLLY, K., ed. *Mechanisms of motor skill development*. London, Academic Press, 1970.
- CONRAD, M. *Adaptability: the significance of variability from molecule to ecosystem*. New York, Plenum Press, 1983.
- ELLIOTT, J.M.; CONNOLLY, K.J. Hierarchical structure in skill development. In: CONNOLLY, K.; BRUNER, J., eds. *The growth of competence*. London, Academic Press, 1974.
- FITTS, P.M.; POSNER, M.I. *Human performance*. Belmont, California, Brooks/Cole, 1967.

- KLINGSPORN, M. J. The significance of variability. *Behavioral Science*, v.18, p.441-7, 1973.
- KOESTLER, A. *The ghost in the machine*. London, Hutchinson, 1967.
- MANOEL, E. J. *Desenvolvimento do comportamento motor humano: uma abordagem sistêmica*. São Paulo, 1989. Dissertação (Mestrado) - Escola de Educação Física, Universidade de São Paulo.
- MARUYAMA, M. The second cybernetics: deviation-amplifying mutual causal processes. *American Scientist*, v.51, p.164-79, 1963.
- MEGAW, E.D. Directional errors and their correction in a discrete tracking task. *Ergonomics*, v.15, n.6, p.633-43, 1972.
- MILLER, G.A. *Living systems*. New York, McGraw-Hill, 1978.
- RABBITT, P.; RODGERS, B. What does a man do after he makes an error? An analysis of response programming. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, v.29, p.727-43, 1977.
- SCHMIDT, R. A. A schema theory of discrete motor skill learning. *Psychological Review*, v.82, n.4, p.225-60, 1975.
- _____. Toward a better understanding of the acquisition of skill: theoretical and practical contributions of the task approach. In: SKINNER, J.S. et alii, eds. *Future directions in exercise and sport science research*. Champaign, Ill., Human Kinetics, 1989.
- SCHRÖDINGER, E. *What is life?* Cambridge, Cambridge University Press, 1945.
- TANI, G. *Adaptive process in perceptual-motor skill learning*. Hiroshima, 1982. Dissertation (Doctoral) - Hiroshima University. (em japonês)
- _____. Educação física na pré-escola e nas quatro primeiras séries do ensino de primeiro grau: uma abordagem de desenvolvimento I. *Kinesis*, v.3, n.1, p.19-41, 1987.
- _____. Significado, detecção e correção do erro de performance no processo ensino-aprendizagem de habilidades motoras. *Revista Brasileira de Ciências & Movimento*, v.3, n.4, p.50-8, 1989b.
- _____. Variabilidade de resposta e processo adaptativo em aprendizagem motora. São Paulo, 1989a. Tese (Livre-Docência) - Escola de Educação Física, Universidade de São Paulo.
- TANI, G. et alii. *Educação física escolar: fundamentos de uma abordagem desenvolvimentista*. São Paulo, EPU/EDUSP, 1988.
- VAN GIGCH, J. P. *Applied general systems*. 2.ed. New York, Harper & Row, 1978.
- YATES, F.E. The dynamics of adaptation in living systems. In: SELFRIDGE, O. G. et alii, eds. *Adaptive control of ill-defined systems*. New York, Plenum Press, 1984.

Recebido para publicação em: 09/01/92

Projeto financiado pelo Programa CNPq / SEED-MEC de Apoio à Pesquisa em Educação Física (Processo no. 190.3.022.0/83). Os resultados deste estudo foram parcialmente apresentados no IV Congresso Brasileiro de Ciências do Esporte.

ENDEREÇO: Go Tani
Av. Prof. Mello Moraes, 65
05508-900 - São Paulo - SP - BRASIL