

Faixa de amplitude de conhecimento de resultados e processo adaptativo na aquisição de controle da força manual

CDD. 20.ed. 152.3

Raquel Marques BARROCAL*
Carlos Rey PEREZ*
Cássio de Miranda MEIRA JUNIOR*
Fábio Rodrigo Ferreira GOMES*
Go TANI*

* Escola de Educação Física e Esporte, Universidade de São Paulo.

Resumo

A aquisição de habilidades motoras implica em estabilização funcional e aplicação do que foi adquirido a novas situações. Esse processo dinâmico caracteriza um ciclo de instabilidade-estabilidade-instabilidade, que resulta em crescente complexidade e pressupõe a reconsideração de fatores de incerteza e desordem. O conhecimento de resultados (CR), informação externa para o aprendiz sobre o resultado do movimento, é um fator que permite a manipulação da quantidade de certeza relativamente à meta. A presente pesquisa teve o propósito de estudar a integralidade do fornecimento de CR no processo adaptativo em aprendizagem motora. Segundo os resultados, CR fornecido apenas quando o erro ultrapassa um limite preestabelecido não prejudicou a aquisição de uma habilidade motora de controle de força manual.

UNITERMOS: Conhecimento de resultados (CR); Faixa de amplitude; Retroalimentação; Controle de força; Processo adaptativo; Habilidades motoras; Aprendizagem motora.

Introdução

Durante a aquisição de uma habilidade motora, receber informação sobre o movimento é fundamental. Além de obter informações sobre a execução do movimento e o seu resultado no ambiente por meios próprios (“feedback” intrínseco), o aprendiz também pode receber informações adicionais de fontes externas (“feedback” extrínseco) (MEIRA JUNIOR, 2005; SALMONI, SCHMIDT & WALTER, 1984). No decorrer do processo de aprendizagem motora, o “feedback” extrínseco pode ser fornecido sobre o resultado no ambiente (conhecimento de resultados - CR), e, ao receber CR, o aprendiz estabelece relações entre o resultado obtido e a ação motora executada, com o propósito de diminuir a discrepância entre a meta desejada e o que realmente aconteceu (erro) na tentativa subsequente. O estudo desse importante fator que influencia a aprendizagem motora remonta ao início do século passado e até hoje acontece com extremo vigor. Inicialmente, as pesquisas sobre CR foram conduzidas

num referencial teórico behaviorista (estímulo-resposta). A partir dos anos 1960, os estudos tiveram como pano de fundo uma perspectiva cognitivista, de processamento de informações, que considera operações mentais conscientes como intermediadores do processo de aprendizagem. Nesse período, o CR teve papel fulcral nas teorias de aprendizagem motora propostas, a saber, a de circuito fechado (ADAMS, 1971) e a de esquema motor (SCHMIDT, 1975).

Um “divisor de águas” no estudo do CR foi o artigo de revisão de SALMONI, SCHMIDT e WALTER (1984), que identificou nos estudos realizados até então uma falha metodológica que não permitia separar os efeitos transitórios de desempenho dos efeitos duradouros de aprendizagem: a ausência de testes de transferência. Os resultados precedentes apontavam o CR como um elemento crucial no processo de aprendizagem, e que, portanto, deveria ser fornecido do modo mais preciso, freqüente e

imediatamente possível (essas três características serão sintetizadas na expressão “CR integral”). Depois da constatação de SALMONI, SCHMIDT e WALTER (1984), houve uma reorientação dos estudos com a elaboração de novos desenhos experimentais que incluíam testes de transferência, aplicados sem CR. A partir de então, analisados em conjunto, os resultados de pesquisa sobre o tema permitiram questionar a integralidade de fornecimento de CR ao longo do processo de aquisição de habilidades motoras. Começou-se então a interpretar o CR como uma variável importante, mas que não necessitava ser fornecida sempre e de forma completa. Regimes integrais de CR causariam dependência da informação (SALMONI, SCHMIDT & WALTER, 1984), bem como maior instabilidade no aprendiz (SCHMIDT, 1991; WINSTEIN & SCHMIDT, 1990) porque exigiriam correções frequentes.

Contudo, a despeito desses novos achados sobre os efeitos de CR, há um problema de cunho teórico no que diz respeito à visão de aprendizagem motora subjacente a essas investigações: a aquisição de habilidades motoras é concebida como um processo finito que se encerra com a automatização do movimento. Portanto, apenas uma parte do processo é explicada: a estabilização da performance, que se caracteriza como um processo de equilíbrio, alcançado por meio de “feedback” negativo (ADAMS, 1971; SCHMIDT, 1975). Processos baseados nesse tipo de “feedback” são capazes de manter a estrutura ou ordem (MARUYAMA, 1963), mas não conduzem a uma nova estrutura, uma vez que, para que isso ocorra, é necessário quebra de estabilidade. A automatização, vista como a fase final do processo de aprendizagem motora pelas teorias correntes, é um exemplo típico de estabilização.

A considerar que a aquisição de habilidades motoras é por natureza um processo dinâmico e complexo, um modelo de processo adaptativo em aprendizagem motora tem sido proposto de modo a acomodar não apenas a estabilização, mas também a adaptação (CHOSHI, 1978, 1981, 1982; CHOSHI & TANI, 1983; TANI, 1982, 1989, 1995, 2000). Ao longo da estabilização, o aprendiz forma uma estrutura, refletida na padronização espacial e temporal do movimento, isto é, movimentos inicialmente inconsistentes vão sendo gradativamente refinados até se alcançar movimentos padronizados e precisos. Posteriormente, quando enfrenta novas situações ou tarefas (perturbações), necessita adaptar-se mediante a aplicação das habilidades já adquiridas. Nesse processo, exigem-se modificações na estrutura da habilidade já adquirida, e uma posterior

reorganização dessa estrutura num nível superior de complexidade. Existem perturbações para as quais a adaptação se faz pela flexibilidade inerente à estrutura adquirida, ou seja, pela mudança de parâmetros do movimento. Contudo, há perturbações de tal magnitude que, por mais que haja disponibilidade na estrutura, não há condições de adaptar-se. Nesse caso, exige-se uma reorganização da própria estrutura que, quando concluída, resulta numa mudança qualitativa do sistema (TANI, 1995, 2005).

A estrutura responsável pela produção de ações motoras denomina-se programa de ação organizado hierarquicamente (PAOH), cuja composição envolve dois níveis: macroscópico (orientado à ordem e à consistência) e microscópico (orientado à desordem e à variabilidade). Essa constituição do PAOH, à primeira vista paradoxal, faz sentido quando se considera que o processo envolve quebra de estabilidade, ou seja, perturbações do meio. A macroestrutura do PAOH, definida como a interação entre os componentes da ação, fornece a segurança de executar a ação com certa padronização espaço-temporal e maior probabilidade de alcance da meta (consistência). A microestrutura do PAOH, definida como cada componente da ação, proporciona ao aprendiz flexibilidade de execução perante perturbações, isto é, maior capacidade de adaptação a novas situações (TANI, 1982, 1989, 1995).

Em suma, a aquisição de habilidades motoras melhor caracteriza um processo cíclico e dinâmico de instabilidade-estabilidade-instabilidade, resultando em crescente complexidade. Nessa visão de aprendizagem, originada do paradigma sistêmico (TANI, 1982, 1989, 1995; TANI, BASTOS, JESUS, SACAY & PASSOS, 1992), fatores relacionados à incerteza, instabilidade e desordem podem desempenhar papel benéfico no decorrer do processo.

Assim, o CR como redutor de incerteza para o aprendiz pode atuar como um fator importante. Algumas evidências empíricas nesse sentido já foram identificadas em três experimentos com a manipulação das variáveis “frequência”, “precisão” e “atividade durante o intervalo entre as tentativas” (TANI, MEIRA JUNIOR & GOMES, 2005), e num experimento com a combinação das variáveis “frequência e precisão” (MEIRA JUNIOR, 2005).

O estudo de TANI, MEIRA JUNIOR e GOMES (2005) envolveu adultos na aquisição de uma tarefa de controle da força manual (50% da força máxima na fase de estabilização e 30% da força máxima na fase de adaptação) em três experimentos: o que investigou a frequência de CR contou com quatro grupos

(100%, 66%, 33% e 20% de CR), com o grupo de 66% demonstrando pior desempenho que os demais na fase de adaptação; os resultados do experimento de precisão de CR indicaram um desempenho inferior do grupo que recebeu apenas CR sobre a magnitude do erro, em comparação com o grupo de CR apenas sobre a direção do erro e com o grupo de CR sobre a magnitude+direção do erro; de acordo com os resultados do terceiro experimento, não houve diferença entre realizar ou não uma tarefa de “tapping” durante o intervalo pós-CR.

No estudo de MEIRA JUNIOR (2005), adultos foram alocados a seis grupos experimentais (três frequências de CR - 100%, 66% e 33% e duas precisões de CR - direção do erro e direção+magnitude do erro) e executaram uma tarefa conjugada de posicionamento linear e controle da força manual. Na fase de estabilização, as metas eram 20% da força máxima e 35 cm de deslocamento do cursor. Na fase de adaptação, os sujeitos foram testados na mesma tarefa, porém com a introdução de uma perturbação de uma força de translação, no sentido contrário do movimento. Segundo os resultados, a adaptação à perturbação não se condicionou às manipulações da fase de estabilização.

Tomando por base o conjunto dos estudos supracitados, pode-se afirmar que os fatores de

incerteza provocados pelas manipulações do CR não prejudicaram o desempenho na fase de adaptação. Especificamente, no estudo de MEIRA JUNIOR (2005), questionou-se a rigorosa faixa de tolerância adotada como uma das possíveis explicações da ausência de diferenças entre os grupos. O fornecimento integral de CR pode inibir o envolvimento ativo do aprendiz no processo de aprendizagem, dificultando o desenvolvimento da capacidade de detecção e correção de erros. Fornecer CR apenas quando o erro ultrapassa um valor crítico, isto é, com certa margem de tolerância, pode se constituir em estratégia favorável ao processo adaptativo em aprendizagem motora. Nessa perspectiva teórica, uma das preocupações é que o aprendiz forme uma estrutura flexível que lhe permita adaptar-se a perturbações. O aumento das faixas de amplitude para fornecimento de CR poderia fazer com que o aprendiz não se preocupasse demasiadamente com pormenores do movimento, já que consideraria corretas muitas tentativas.

O presente estudo tem o propósito de investigar, à luz do processo adaptativo, o CR como fator de incerteza na aquisição de uma habilidade motora de controle de força manual, especificamente com a manipulação da faixa de amplitude (informação fornecida apenas sobre erros que extrapolem um limite pré-determinado).

Método

Cem adultos universitários do sexo masculino ($M = 25,4$ anos; $DP \pm 5,5$ anos) foram divididos aleatoriamente em quatro grupos de prática (zero, 1 kgf, 2 kgf e 3 kgf), com 25 sujeitos em cada grupo. Os grupos foram divididos de forma a caracterizar diferentes faixas de amplitude (TABELA 1). Caso o erro do sujeito estivesse dentro da faixa preestabelecida em cada grupo, foi fornecido CR qualitativo. Se o erro do sujeito estivesse fora da faixa preestabelecida em cada grupo, foi fornecido CR quantitativo, em kgf. A tarefa consistiu no controle manual de força com a mão não dominante para alcançar um critério de desempenho. O instrumento utilizado foi um dinamômetro digital modelo 1857 da Takey Company. Cada sujeito realizou a tarefa sentado em uma cadeira com o membro superior relaxado ao longo do corpo. Instruções verbais foram fornecidas aos sujeitos sobre o uso do aparelho.

TABELA 1 - Grupos experimentais.

Grupo	CR
Zero	Em todas as tentativas
1 kgf	Fornecido quando a tentativa ficava fora de ± 1 kgf
2 kgf	Fornecido quando a tentativa ficava fora de ± 2 kgf
3 kgf	Fornecido quando a tentativa ficava fora de ± 3 kgf

Com o propósito de obter valores de referência para as forças que seriam aplicadas ao longo do experimento, solicitou-se aos sujeitos que realizassem duas tentativas máximas. Os cálculos das porcentagens foram efetuados com base na tentativa de maior valor. Após aproximadamente um minuto, o experimento foi iniciado.

Na fase de estabilização, os indivíduos realizaram um mínimo de 30 e um máximo de 100 tentativas com 50% de sua força máxima. Os intervalos pré-CR e pós-CR foram de aproximadamente cinco e

oito segundos, respectivamente. O CR foi fornecido verbalmente sobre a tentativa recém finalizada. O critério estabelecido para definir a estabilização de desempenho (término da fase de estabilização) foi permanecer dentro de uma faixa de tolerância de erro de ± 1 kgf por três tentativas consecutivas.

Imediatamente após o alcance do critério, os sujeitos iniciaram a fase de adaptação, que consistiu na execução, sem CR, de 10 tentativas com 30% da força máxima. Cabe destacar que as porcentagens de força foram escolhidas com base nos experimentos de TANI, MEIRA JUNIOR e GOMES (2005).

Resultados

Para a análise estatística, foram consideradas as 30 primeiras tentativas da fase de estabilização e as 10 tentativas da fase de adaptação. Como medidas foram utilizados o erro absoluto (EA), erro variável (EV) e erro constante (EC). Os dados foram submetidos a análises de variância mistas (between-within) a dois fatores (grupo x tentativa) com medidas repetidas no fator “tentativa”. As análises foram realizadas no SPSS 13.0.

Em nenhuma das análises, o valor de prova do teste W de Mauchly ($p < 0,001$) permitiu aceitar a hipótese de esfericidade dos dados. Assim, recorreu-se à correção da estatística F pelo procedimento de Greenhouse-Geisser. Para localizar as diferenças, utilizou-se o teste post-hoc de Bonferroni (STEVENS, 2002).

Fase de estabilização

Diferenças estatisticamente significativas ($p < 0,001$) foram detectadas apenas no fator “tentativa” para o EA [(F13,52)= 16,08], o EC [(F13,61) = 1,20] e o EV [(F13,59) = 4,23]. Nas primeiras cinco tentativas, o desempenho foi pior em relação às demais. Isso significa que houve melhora de desempenho no decorrer da prática, e portanto, aprendizagem. Já no fator “grupo” e na interação “grupo x tentativa”, para todas as medidas não foram identificadas diferenças significativas.

Fase de adaptação

Para todas as medidas, não houve diferenças estatisticamente significativas em nenhum fator de análise.

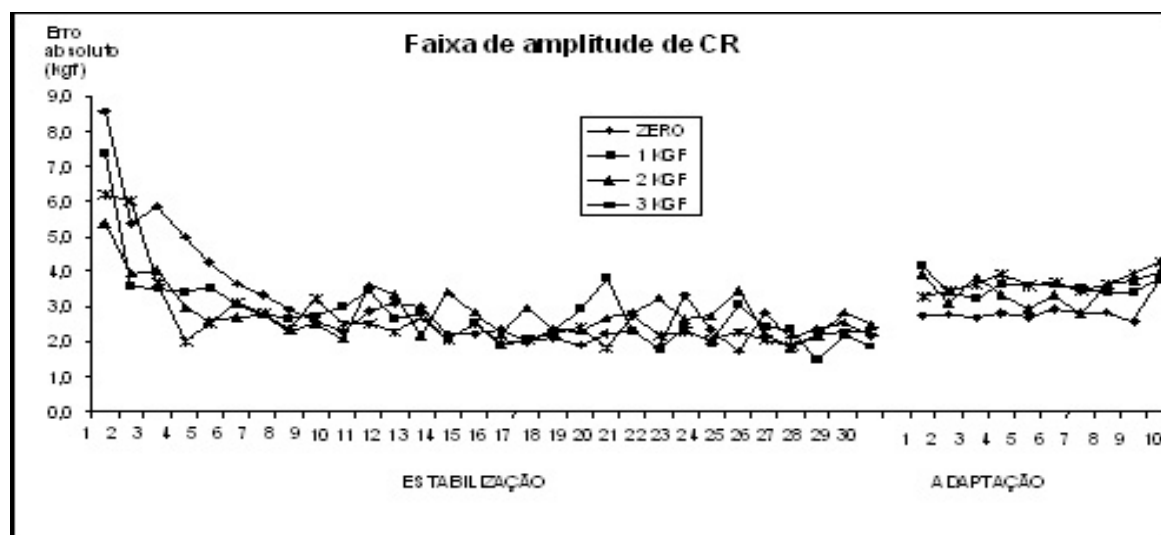


FIGURA 1 - Média dos erros absolutos dos grupos ao longo das fases do experimento.

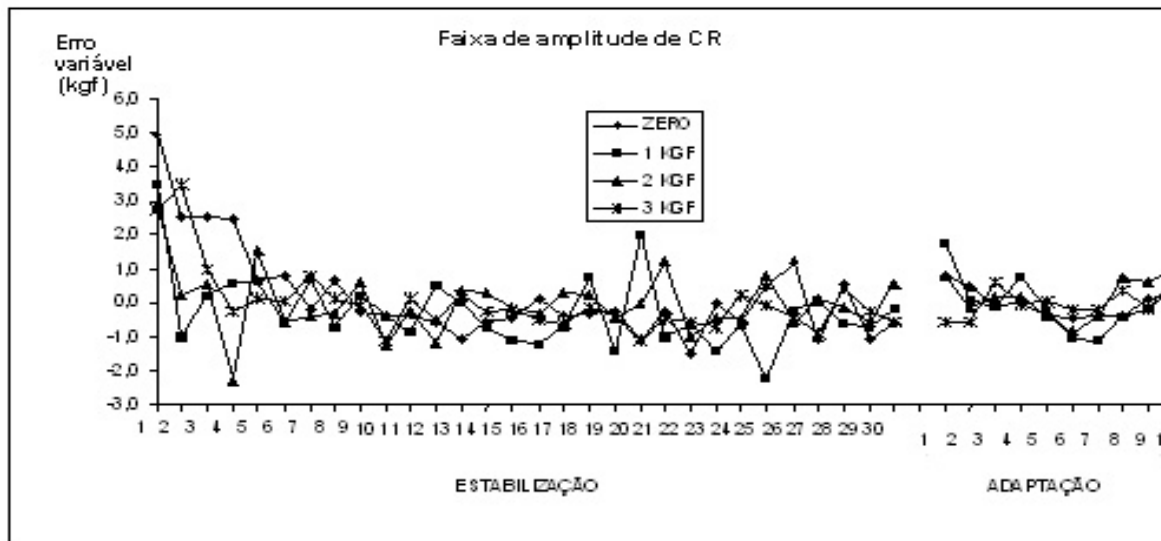


FIGURA 2 - Média dos erros variáveis dos grupos ao longo das fases do experimento.

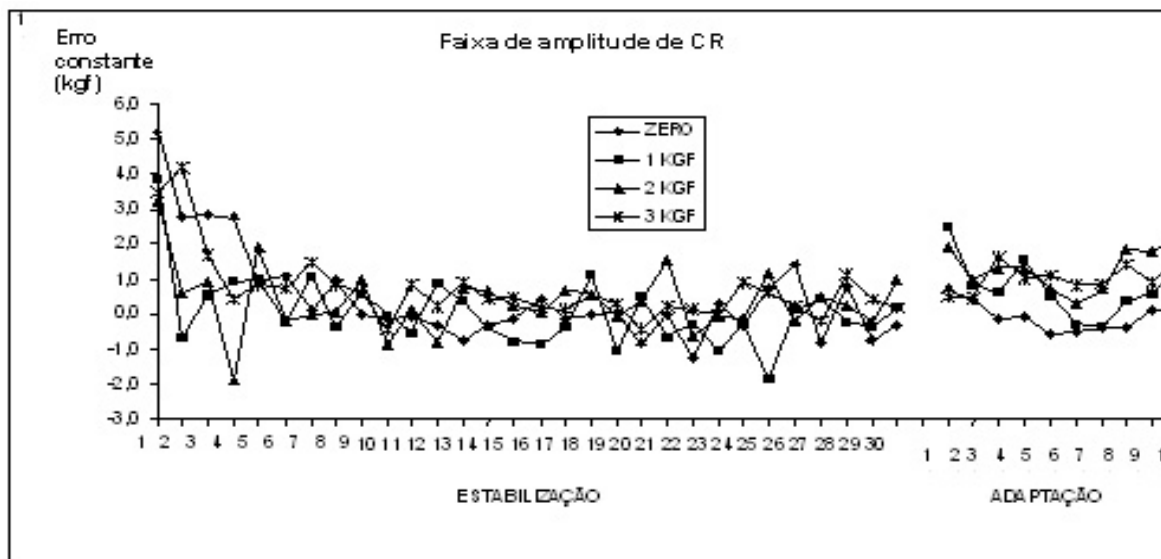


FIGURA 3 - Média dos erros constantes dos grupos ao longo das fases do experimento.

Discussão e conclusões

O objetivo do presente estudo foi investigar, no processo adaptativo de aquisição de controle da força manual, o efeito do CR fornecido em diferentes faixas de amplitude. Avançou-se a hipótese que regimes de CR não integrais (com tolerância de fornecimento) não prejudicam o processo. A ausência de diferença estatística significativa entre os grupos com tolerância e o grupo sem tolerância são evidências de corroboração dessa assunção. Portanto, a maior incerteza provocada por CR fornecido apenas quando o erro extrapolava um valor preestabelecido não prejudicou o processo

adaptativo na aprendizagem da tarefa empregada no presente estudo.

Ressalta-se que todos os grupos aprenderam a tarefa, haja vista a curva exponencial negativamente acelerada que indica evolução significativa do início para o fim da fase de estabilização. A forte associação entre CR e aprendizagem motora, portanto, foi reforçada.

No plano substantivo, os resultados encontrados no presente estudo alinham-se a correntes recentes de estudos sobre CR, baseadas no processamento de

informações (CASTRO, 1988; CHEN, 2002; CHIVIACOWSKY & TANI, 1993; CHIVIACOWSKY & WULF, 2002; GOODWIN & MEEUWSEN, 1995; GUADAGNOLI & KOHL, 2001; WULF, LEE & SCHMIDT, 1994; WULF & SCHMIDT, 1996). Todavia, a mesma semelhança não se identifica no plano explanatório. As hipóteses correntes de explicação para a superioridade de regimes reduzidos de CR são duas: a da instabilidade - “maladaptive short-term corrections” (SCHMIDT, 1991; WINSTEIN & SCHMIDT, 1990) e a da orientação - “guidance hypothesis” (SALMONI, SCHMIDT & WALTER, 1984; SCHMIDT, 1991). Segundo a primeira, regimes de fornecimento totais de CRs causam correções ininterruptas, e portanto, dificultam a aquisição de consistência, importante nos testes de aprendizagem; a clara ênfase na consistência é exemplo típico de que o estudo do CR tem-se dado à luz de uma perspectiva de equilíbrio. A segunda hipótese postula que CR integral provoca dependência de fornecimento, prejudicando o desenvolvimento da capacidade de avaliação dos erros, em virtude da inibição do processamento da informação intrínseca.

As três hipóteses alternativas de explicação que se seguem foram deduzidas da perspectiva teórica do processo adaptativo em aprendizagem motora (MEIRA JUNIOR, 2005; TANI, 1995; TANI, MEIRA JUNIOR & GOMES, 2005):

- 1) hipótese da rigidez - com prática e “feedback”, o aprendiz forma um programa de ação organizado hierarquicamente (PAOH), composto por uma macroestrutura orientada à ordem (consistência) e uma microestrutura orientada à desordem (variabilidade); regimes integrais de CR estimulam correções nos detalhes do movimento, os quais implicam em redução da variabilidade na microestrutura do PAOH, resultando na formação de um programa rígido, sem a necessária flexibilidade para adaptação.
- 2) hipótese da falta de autonomia - regimes integrais de CR acarretam aumento da dependência a informações extrínsecas; tornar-se dependente da informação externa prejudica o desenvolvimento do mecanismo de detecção e correção de erros no nível da macroestrutura do PAOH; a exploração do “feedback” intrínseco ocorre de modo menos engajado, afetando negativamente a autonomia do sistema (aprendiz); a forte função orientadora do CR em relação ao alcance da meta catalisa a atenção do aprendiz e prejudica o envolvimento em processos cognitivos

necessários à formação e consolidação de uma referência de avaliação do movimento.

- 3) hipótese da inibição - regimes integrais de CR inibem a geração de incerteza, necessária para a manter ou aumentar o fluxo de energia livre ou informação dentro do sistema; quando caminha em direção à estabilidade, o sistema tende a diminuir o fluxo de energia livre ou informação; em contrapartida, para atingir novos estados de organização, é necessário quebra de estabilidade e para isso o sistema deve obter informações que o conduzam para estados de maior incerteza, isto é, o sistema tende a aumentar o fluxo de energia livre; em suma, há de haver estabilidade para que o sistema possa desenvolver a adaptabilidade, que o permitirá fazer frente a novas situações ou tarefas.

A equivalência de desempenho dos grupos experimentais na fase de adaptação suscita algumas reavaliações metodológicas e das hipóteses avançadas acima.

A tarefa empregada exigiu que o sujeito regulasse parâmetros do movimento, no caso, a força aplicada. Não houve a necessidade de alteração do padrão de movimento, uma vez que o sujeito mantinha o membro superior não dominante estendido e realizava a flexão dos dedos da mesma maneira em ambas as fases do experimento. Segundo o modelo teórico adotado, a adaptação acontece por meio da flexibilidade da microestrutura do PAOH. Ao receber CR integral, com base na hipótese da rigidez, o aprendiz formaria uma microestrutura rígida que se refletiria em mau desempenho em situações novas. Contudo, os resultados não apontaram nessa direção, haja visto o desempenho do grupo sem tolerância de CR. Isso pode ser devido ao fato de a perturbação não provocar adaptação estrutural (ativa), mas apenas paramétrica (passiva). Houve, então, apenas ajustes paramétricos de força, indicativos de que a perturbação foi de magnitude pequena, e portanto, causou quebra de estabilidade para a qual os sujeitos conseguiram fazer frente. O modelo teórico também permite inferir que os sujeitos já possuíam programas de ação para o controle da força, por se tratar de uma tarefa cotidiana. Assim, assume-se que a macroestrutura formada para a tarefa específica do experimento foi selecionada de um leque de possibilidades, enquanto os valores específicos de força relacionados à microestrutura foram gerados. A alocação de diferentes parâmetros de força na microestrutura não exigiu a atenção para aspectos estruturais da tarefa. Um procedimento

metodológico que deve ser testado é a introdução de uma perturbação que cause adaptação ativa, ou seja, reorganização estrutural do movimento. Para isso, há de se escolher uma tarefa que permita tal manipulação.

Outro fato que pode explicar a ausência de diferenças entre os grupos é a redundância adquirida depois do início do platô de desempenho. A prática excedente até o alcance do critério pode ter dissipado efeitos associados à variável independente do estudo. A rápida estabilização do desempenho (até a décima tentativa) é evidência nesse sentido. Pode-se especular que a variabilidade da microestrutura do PAOH pode ter sido adquirida com tal redundância, entendida como uma reserva de capacidade que permite ao ser humano responder a perturbações (TANI, 2000).

A lei da variedade indispensável (ASHBY, 1962) também pode auxiliar no entendimento dos resultados. Em poucas palavras, essa lei estabelece que quanto mais complexo o sistema, maior a quantidade de informação contida nele e maior a capacidade de adaptação. O fato de os sujeitos corrigirem o erro a cada tentativa não provocou efeito deletério de aprendizagem, e, pelo contrário, pode ter ampliado a disponibilidade de respostas. Amiúde, o modo de atingir a meta era modificado, o que paulatinamente possibilitou experiência em um

maior número de possibilidades de solução do problema motor.

Algumas limitações deste estudo merecem ser consideradas. A primeira refere-se à diferença relativa de faixa de amplitude para cada sujeito, uma vez que a força máxima variou de sujeito para sujeito e as faixas de amplitude foram definidas em valores absolutos. A segunda limitação é que o recebimento de CR não garante o uso efetivo dele, já que informação apenas é transmitida quando a incerteza é reduzida. Esse é outro motivo que pode ter tido implicações para a ausência de diferenças entre os grupos. O CR recebido pode ter sido recebido não como informação, mas apenas como mensagem. CR tolerante pode reduzir a incerteza desde que seja fornecido na ocasião em que o aprendiz realmente necessita. Uma alternativa para abordar essa questão é o estudo de regimes autocontrolados, em que CR é fornecido somente quando solicitado pelo sujeito.

A considerar os tópicos discutidos anteriormente, sugere-se a realização de novas pesquisas sobre CR à luz do modelo teórico do processo adaptativo em aprendizagem motora. Tal empreendimento envolve o estudo de outras variáveis (regimes autocontrolados de CR), tarefas (que envolvam também demandas espaciais e temporais) e perturbações (com diferentes magnitudes).

Abstract

Knowledge of result bandwidth and adaptive process in the acquisition of a hand grip strength task

Motor skill acquisition implies functional stability and applying what was acquired to new contexts. This cyclic and dynamic process of instability-stability-instability results in increasing complexity and presumes the reconsideration of factors such as uncertainty and disorder. The knowledge of results (KR), external information given to the learner about the movement outcome, is a factor which allows manipulating the amount of uncertainty in relation to the goal. This study aimed to investigate the role of integral KR information in motor learning viewed as an adaptive process. The results indicated that KR given inside an error bandwidth was not harmful to the adaptive process in acquiring a manual force control motor task.

UNITERMS: Knowledge of results (KR); Bandwidth; Feedback; Force control; Adaptive process; Motor skill; Motor learning.

Referências

- ADAMS, J.A. A closed-loop theory of motor learning. *Journal of Motor Behavior*, Washington, v.3, p.111-50, 1971.
- ASHBY, W.R. Principles of the self-organizing system. In: Von FOERSTER, H.; ZOPE, K. (Orgs.). *Principles of self-organizing*. London: Pergamon Press, 1962.
- CASTRO, I.J. **Efeitos da frequência relativa do feedback extrínseco na aprendizagem de uma habilidade motora discreta simples**. 1988. Dissertação (Mestrado) - Escola de Educação Física e Esporte, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- CHEN, D.D. Catching the learner doing right versus doing wrong: effects of bandwidth knowledge of results orientations and tolerance range sizes. *Journal of Human Movement Studies*, Edinburgh, v.42, p.141-54, 2002.
- CHIVIACOWSKY, S.; TANI, G. Efeitos da frequência de conhecimento de resultados na aprendizagem de uma habilidade motora em crianças. *Revista Paulista de Educação Física*, São Paulo, v.7, p.45-57, 1993.
- CHIVIACOWSKY, S.; WULF, G. Self-controlled "feedback": does it enhance learning because performers get "feedback" when they need it? *Research Quarterly for Exercise and Sport*, Washington, v.73, p.408-15, 2002.
- CHOSHI, K. The organization of perceptual-motor behavior. In: HAGIYAMA, H.; CHOSHI, K. (Eds.). *The organization of perceptual-motor behavior*. Tokyo: Fumaido, 1978. (in Japanese).
- _____. The significance of error response in adaptive systems. *Sport Psychology Research*, v.7, p.60-4, 1981. (in Japanese).
- _____. **An analytical study of the adaptive process in motor learning**. Hiroshima: Hiroshima University, 1982. v.6, p.75-82. (Memoirs of the Faculty of Integrated Arts and Sciences III). (in Japanese).
- 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. (in Japanese).
- GOODWIN, J.E.; MEEUWSEN, H.J. Using bandwidth knowledge of results to alter relative frequencies during motor skill acquisition. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, Washington, v.66, p.99-104, 1995.
- GUADAGNOLI, M.A.; KOHL, R.M. Knowledge of results for motor learning: relationship between error estimation and knowledge of results frequency. *Journal of Motor Behavior*, Washington, v.33, p.217-24, 2001.
- MARUYAMA, M. The second cybernetics: deviation-amplifying mutual causal processes. *American Scientist*, New Haven, v.51, p.164-79, 1963.
- MEIRA JUNIOR, C.M. **Conhecimento de resultados no processo adaptativo em aprendizagem motora**. Tese (Doutorado) - Escola de Educação Física e Esporte, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2005.
- SALMONI, A.W.; SCHMIDT, R.A.; WALTER, C.B. Knowledge of results and motor learning: a review and critical reappraisal. *Psychological Bulletin*, v.95, p.355-86, 1984.
- SCHMIDT, R.A. A schema theory of discrete motor skill learning. *Psychological Review*, Princeton, v.82, p.225-60, 1975.
- _____. **Motor learning and performance: from principles to practice**. Champaign: Human Kinetics, 1991.
- STEVENS, J.P. **Applied multivariate statistics for the social sciences**. 4th ed. Mahwah: Lawrence Erlbaum, 2002.
- TANI, G. **Adaptive process in perceptual-motor skill learning**. 1982. Unpublished Doctoral Dissertation. Faculty of Education, Hiroshima University, Hiroshima. (in Japanese).
- TANI, G. **Variabilidade de resposta e processo adaptativo em aprendizagem motora**. 1989. Tese (Livre-Docência) - Escola de Educação Física, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- _____. **Hierarchical organisation of human motor behavior**. Sheffield: [s.n.], 1995. (Relatório final de atividades de Pós-Doutorado, University of Sheffield).
- _____. Processo adaptativo em aprendizagem motora: o papel da variabilidade. *Revista Paulista de Educação Física*, São Paulo, p.55-61, 2000. Suplemento 3.
- TANI, G. (Ed.). **Comportamento motor: aprendizagem e desenvolvimento**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2005.
- TANI, G.; BASTOS, F.C.; CASTRO, I.J.; JESUS, J.F.; SACAY, R.C.; PASSOS, S.C.E. Variabilidade de resposta e processo adaptativo em aprendizagem motora. *Revista Paulista de Educação Física*, São Paulo, v.6, p.16-25, 1992.
- TANI, G.; MEIRA JUNIOR, C.M.; GOMES, F.R.F. Frequência, precisão e localização temporal de conhecimento de resultados e o processo adaptativo na aquisição de uma habilidade motora de controle da força manual. *Revista Portuguesa de Ciências do Desporto*, Porto, v.5, n.1, p.59-68, 2005.
- WINSTEIN, C.J.; SCHMIDT, R.A. Reduced frequency of knowledge of results enhances motor skill learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, Washington, v.16, p.677-91, 1990.
- WULF, G.; LEE, T.D.; SCHMIDT, R.A. Reducing knowledge of results about relative versus absolute timing: differential effects on learning. *Journal of Motor Behavior*, Washington, v.26, p.362-9, 1994.

WULF, G.; SCHMIDT, R.A. Average KR degrades parameter learning. *Journal of Motor Behavior*, Washington, v.28, p.371-81, 1996.

ENDEREÇO

Cássio de Miranda Meira Junior
Departamento de Pedagogia do Movimento do Corpo Humano
Escola de Educação Física e Esporte - USP
Av. Prof. Mello Moraes, 65
05508-030 - São Paulo - SP - BRASIL
e-mail: cmj@usp.br

Recebido para publicação: 09/06/2006

Revisado: 16/11/2006

Aceito: 27/11/2006