

O EFEITO DA INTERFERÊNCIA CONTEXTUAL NA APRENDIZAGEM DE UMA TAREFA DE APONTAMENTO MANUAL

THE CONTEXTUAL INTERFERENCE EFFECT IN THE LEARNING OF A MANUAL AIMING TASK

Natália Lelis-Torres¹, Herbert Ugrinowitsch¹, Tércio Apolinário-Souza¹ e Guilherme Menezes Lage¹

¹Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil.

RESUMO

Pouco se sabe a respeito da associação entre o efeito da interferência contextual (EIC) e medidas cinemáticas. O objetivo do presente estudo foi investigar o EIC nos perfis cinemáticos de velocidade e aceleração do membro superior. Vinte e dois participantes ($23,7 \pm 3,3$ anos) foram alocados em dois grupos de prática: em blocos (GPB) e aleatória (GPA). A tarefa consistiu em acertar três alvos apresentados no monitor em três sequências pré-determinadas o mais rápido e preciso possível. O estudo foi dividido em fase de aquisição e teste de transferência. As variáveis de desempenho foram tempo de reação, tempo de movimento e tempo de resposta e as variáveis cinemáticas foram pico de velocidade, tempo relativo para o pico de velocidade e número de correções para alcançar o alvo. Os principais achados mostraram que o GPA apresentou menor tempo de movimento e de resposta do que o GPB. Análise de regressão indicou que a mudança observada ao longo da prática para a medida de pico de velocidade estava associada à mudança do tempo de reação da fase de aquisição para o teste de transferência. Como o pico de velocidade é uma medida associada à pré-programação, sugere-se que o controle central seja essencial para a observação do EIC.

Palavras-chave: Aprendizagem. Memória. Fenômenos biomecânicos. Cinemática.

ABSTRACT

The association between contextual interference effect (CIE) and kinematic measures has been little investigated. The purpose of this study was to investigate the CIE on velocity and acceleration kinematic profiles of upper limb. Thirty-two subjects ($23,7 \pm 3,3$ years) were assigned to groups of blocked practice (GPB) and random practice (GPA). The task consisted in achieve three targets in three specific sequences as quickly and accurately as possible. The study was designed in acquisition phase and transfer test. The variables of performance were reaction time, movement time, and response time and the kinematic variables were peak of speed, relative time to peak of speed, and number of peak acceleration points. The main findings showed that GPA showed lower movement time and response time than GPB. Regression analysis indicated that change in peak velocity during practice was associated to the change of the reaction time from practice to the transfer test. As peak velocity is a measure related to preprogramming, it is suggested that central control was essential to the CIE.

Keywords: Learning. Memory. Biomechanical phenomena. Kinematics.

Introdução

Durante uma mesma sessão, a prática pode ser organizada de forma constante, em que o aprendiz pratica apenas uma habilidade, ou de forma variada, na qual duas ou mais habilidades ou duas ou mais variações de uma mesma habilidade podem ser praticadas ao longo da sessão. As estruturas de prática variada mais investigadas são a prática em blocos e a aleatória. Na prática em blocos, todas as tentativas de uma determinada habilidade são executadas juntas antes que a próxima habilidade seja realizada, e assim possibilita uma maior repetição e previsibilidade da prática ao aprendiz (ex. AAAABBBBCCCC). Na prática aleatória, as habilidades são executadas sem uma sequência prévia, de forma a gerar baixo nível de previsibilidade e repetição (ex. BACABCCAABCCB)^{1,2}.

A maneira como as habilidades são ordenadas durante a prática variada pode gerar um grau de interferência na aprendizagem pelo fato de que uma tarefa praticada anteriormente

pode influenciar o processamento de outra praticada em seguida³. Este fenômeno é conhecido como o efeito da interferência contextual (EIC)². É aceito na literatura que a não repetição consecutiva da mesma habilidade produz maior nível de interferência contextual. Dessa forma, assume-se que um alto nível de interferência contextual seria gerado na prática aleatória, enquanto que um nível baixo seria produzido na prática em blocos¹. A prática com alta interferência contextual demanda uma maior exigência de processos cognitivos que afetam positivamente a aprendizagem^{4,5}.

Os estudos sobre o EIC analisam predominantemente o produto do movimento, ou seja, o desempenho por meio de variáveis como o tempo de reação e o tempo de movimento. Segundo Lage et al.¹, há uma carência de estudos que investiguem os processos envolvidos no EIC. Conhecer os processos envolvidos na aquisição de habilidades permite inferir sobre mudanças no planejamento, organização e controle dos movimentos. Um dos modelos de controle mais empregados no estudo de habilidades manuais como as de apontamento, é o modelo híbrido de duas fases de Woodworth⁶. O tempo de movimento é subdividido em dois submovimentos. O primeiro corresponde a fase de impulso inicial, na qual o movimento é controlado centralmente, pré-programado, e tem como objetivo deslocar o membro de forma balística para próximo do alvo⁷. Próximo ao ponto final do movimento, inicia-se o segundo submovimento, a chamada fase de controle corrente do movimento, caracterizada pelo uso de *feedback*⁷. A informação visual e proprioceptiva sobre as posições relativas do membro e do alvo são utilizadas para possíveis ajustes na trajetória do movimento para que o alvo seja alcançado com precisão^{6,7}. Em habilidades de apontamento sequenciais, caracterizadas por mudança de direção (ex., apontamentos recíprocos), o segundo submovimento de um determinado segmento do movimento sofre a influência não somente de processos corretivos, mas também de processos de implementação do segmento posterior.

Uma forma de investigar os processos envolvidos no EIC é por meio do uso de análises cinemáticas do movimento. Assume-se que em movimentos de apontamento o período de tempo que antecede o pico de velocidade durante a trajetória do membro refere-se à fase de impulso inicial e, após o pico de velocidade, inicia-se a fase de controle corrente do movimento. O número de correções após o pico de velocidade é obtido por meio da análise do número de descontinuidades no perfil de aceleração^{8,9}. Uma estratégia do sistema motor é minimizar a duração total do movimento otimizando a distribuição de tempo entre o primeiro e o segundo submovimentos. Uma maior duração e tamanho do primeiro submovimento indicam um controle do sistema motor mais eficiente, maior período de deslocamento balístico e uma menor necessidade de correções no segundo submovimento¹⁰. Como hipótese, espera-se que a natureza mais repetitiva da prática em blocos gere ao longo das tentativas de prática um primeiro submovimento maior do que a prática aleatória, assim como um maior pico de velocidade e um menor número de correções no segundo submovimento. Isso devido à possibilidade de se manter mais estável o planejamento, facilitando assim a adoção de uma estratégia com maior ênfase na fase de controle central. Dessa forma, um melhor planejamento levaria a produção de picos mais elevados de velocidade e um menor número de ajustes no segundo submovimento comparado à prática aleatória. As alterações tentativa a tentativa exigidas na prática aleatória demandariam mais esforço cognitivo tanto no planejamento quanto nas correções do movimento. Esse tipo de exigência levaria a um controle menos efetivo durante a prática, mas levaria ao desenvolvimento de mecanismos de controle mais flexíveis que facilitariam a transferência de aprendizagem. A ativação neural observada quando se requer transferência de aprendizagem está associada com a ativação cerebral verificada no estágio final da aquisição da habilidade¹¹. Transferência parece ser uma forma acelerada de aprendizagem na qual processos vivenciados ao fim da aquisição são sobrepostos aos requeridos em uma condição próxima no teste de aprendizagem¹².

A análise cinemática possibilitaria, portanto, conhecer o efeito das estruturas de prática nos perfis de velocidade e aceleração dos membros durante o processo de aprendizagem. Contudo, o uso de medidas cinemáticas não tem sido comum nas investigações sobre interferência contextual. Dessa forma, o presente estudo visa investigar o efeito da interferência contextual na aprendizagem motora analisando não somente o desempenho motor, mas também as mudanças no controle motor por meio da análise dos perfis cinemáticos de velocidade e aceleração do membro superior. Espera-se que a característica mais repetitiva da prática em blocos permita consistência no planejamento, possibilitando ao longo da prática um controle mais central. Na prática aleatória, devido a sua natureza não-repetitiva, esta possibilidade é diminuída e a fase de controle corrente seria mais enfatizada. Entretanto, no teste de transferência espera-se o efeito inverso, ou seja, maior duração e tamanho do primeiro submovimento, maior pico de velocidade e menor número de correções na prática aleatória em relação à prática em blocos. Essa hipótese se apoia na lógica de que os processos vivenciados ao fim da prática aleatória estão mais associados com aqueles requeridos na transferência, levando assim a um melhor desempenho.

Métodos

Amostra

Participaram do estudo 22 universitários, com idades entre 18 e 35 anos ($23,7 \pm 3,3$ anos), de ambos os sexos, destros e inexperientes na tarefa. A lateralidade manual dos indivíduos foi confirmada através da utilização do Inventário de Dominância Lateral de Edimburgo¹³, no qual deveriam apresentar índice acima de 80 pontos para a mão direita. Todos os voluntários assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido. O estudo foi aprovado pelo Comitê de ética em Pesquisa da Universidade no qual o estudo foi conduzido sob protocolo nº. CAAE: 13205513.6.0000.5149.

Delineamento experimental

Os sujeitos foram divididos aleatoriamente em dois grupos: grupo de prática em blocos (GPB) e grupo de prática aleatória (GPA). O GPB desempenhou blocos de tentativas de cada tarefa enquanto o GPA executou as tentativas de cada tarefa em uma sequência aleatória.

O estudo consistiu de fase de aquisição e teste de transferência. Na fase de aquisição, cada grupo praticou 20 tentativas de cada uma das três tarefas, totalizando 60 tentativas. No teste de transferência, que aconteceu 24 horas após o fim da fase de aquisição, os participantes executaram 10 tentativas de uma nova sequência.

Instrumento e tarefa

A tarefa motora foi realizada em uma mesa digitalizadora (WACOM Intuos 3, velocidade de captura de 200 Hz, com dimensões de 30 x 30 cm) controlada pelo software MovAlyzer (Neuroscript, Tempe, AZ, USA) e conectada a um microcomputador. Para a determinação do índice de lateralidade do voluntário foi aplicado o Inventário de Dominância Lateral de Edimburgo¹³. Para a execução da tarefa, o voluntário deveria deslocar uma caneta-sensor sobre uma mesa digitalizadora de modo que ele só poderia acertar o próximo alvo se acertasse o anterior, sendo permitido, portanto, a realização de correções no traçado (Figura 1).

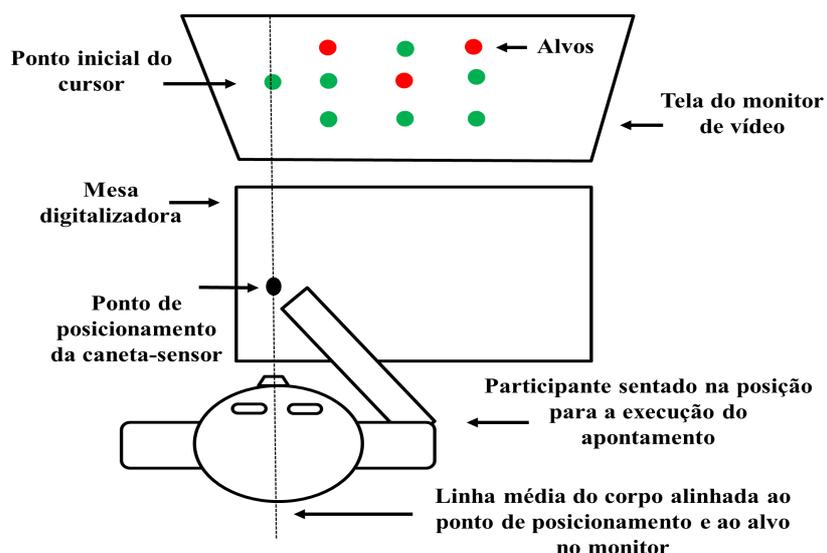


Figura 1. Vista superior da disposição do participante sentado e do posicionamento dos instrumentos durante a coleta

Fonte: Os autores

Os sujeitos executaram uma tarefa seriada de apontamento que consistia em obrigatoriamente acertar três alvos em seqüências pré-determinadas. O desenho da tarefa consistia em nove alvos dispostos em três colunas com três alvos em cada. Destes alvos, três estavam em evidência (na cor vermelha) enquanto os outros estavam na cor verde (Figura 2). Os sujeitos deveriam acertar os alvos vermelhos.

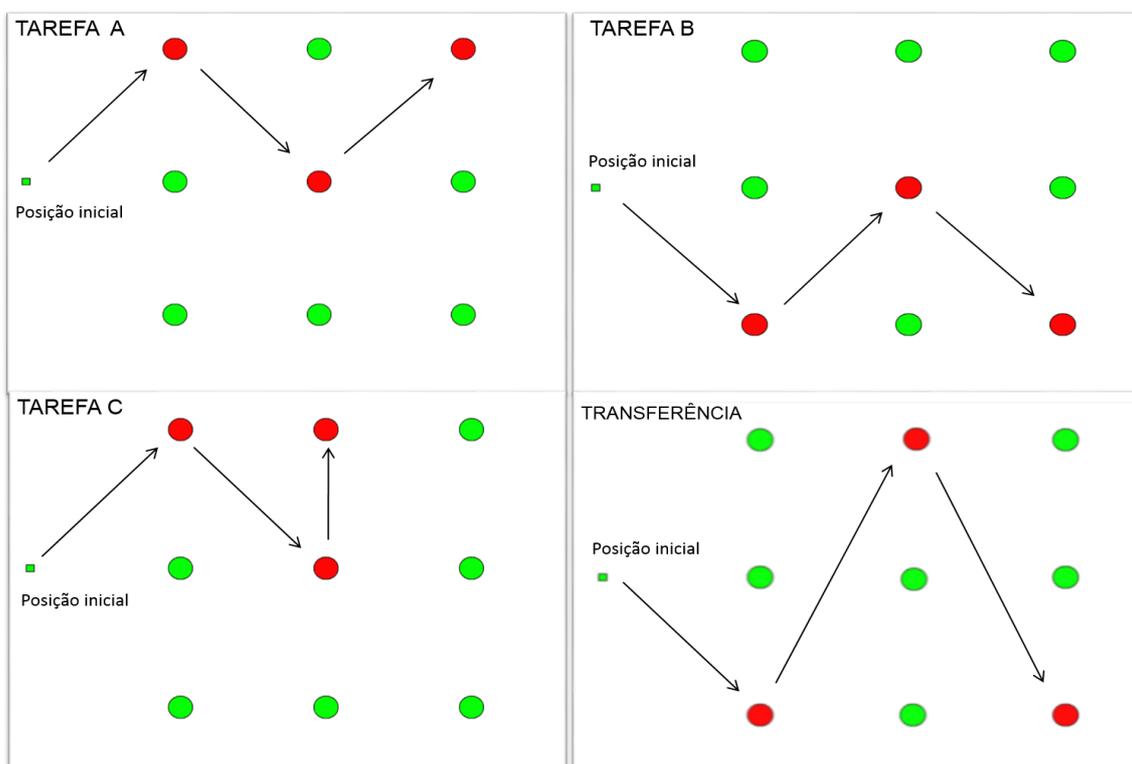


Figura 2. As três seqüências requeridas na fase de aquisição (tarefa A, B e C) e a seqüência exigida no teste de transferência

Fonte: Os autores

A localização dos alvos em destaque na tarefa variou em três condições diferentes, porém a sequência de apontamento dos alvos sempre seguiu a ordem da esquerda para a direita e de cima para baixo ou de baixo para cima, criando assim um movimento alternado (zigue-zague). Os sujeitos deveriam executar a tarefa o mais rápido e mais preciso possível.

Procedimentos

Assentados de frente ao microcomputador e a mesa digitalizadora, os indivíduos posicionaram-se de maneira confortável, com a região medial do corpo alinhada ao ponto inicial do movimento (Figura 1), e receberam as instruções sobre a tarefa. Foi solicitado que desempenhassem a tarefa o mais rápido possível e que fossem precisos, tendo em vista que era obrigatório o acerto de cada um dos alvos apresentados. A fim de dar início à execução da tarefa, a caneta-sensor, manipulada com a mão direita, deveria ser posicionada sobre o ponto inicial da tarefa e somente após um sinal sonoro controlado pelo software a tentativa poderia ser iniciada. Para assegurar que a caneta estava devidamente posicionada sobre o ponto inicial, um estímulo de aviso ficava visível na tela por dois segundos. Nesse período os alvos a serem tocados já indicavam qual seria a sequência a ser realizada. Esse estímulo inicial desaparecia e em um intervalo entre 2 e 3 segundos a sequência a ser executada era apresentada.

Medidas utilizadas

As variáveis dependentes de desempenho do estudo foram tempo de reação (TR), tempo de movimento (TM) e tempo de resposta (Tresp). As variáveis dependentes cinemáticas foram pico de velocidade (PV), tempo relativo para o pico de velocidade (TRPV) e número de correções para alcançar o alvo (NC). Para cada um dos três segmentos da tarefa foram registradas as seis variáveis dependentes. O TR foi determinado como o intervalo de tempo entre o surgimento do comando sonoro para início da tarefa e o início do deslocamento da caneta. O TM foi analisado como sendo a soma dos tempos decorridos entre o início do deslocamento da caneta e o alcance do alvo em cada segmento. O Tresp é a soma do TR mais o TM. O pico de velocidade refere-se ao maior valor de velocidade atingido durante a trajetória em direção ao alvo dada em cm/seg. O tempo relativo para o pico de velocidade foi calculado como o tempo proporcional para se atingir o pico de velocidade. O número de correções após o pico de velocidade para o alcance do alvo é calculado através do número de descontinuidades no perfil de aceleração representadas por picos de aceleração positivos e negativos que ocorrem durante o 2º submovimento, ou fase de controle corrente. Em tarefas de apontamento a múltiplos alvos e com exigência de mudança de direção, as descontinuidades são geradas pelos processos de correção do movimento corrente e implementação do próximo segmento do movimento.

Todas as medidas de desempenho e cinemáticas utilizadas, assim como o método de filtragem dos dados foram fornecidos pelo software MovAlyzer (ex., estudos¹⁴⁻¹⁶). Os movimentos da caneta sobre a mesa digitalizadora foram filtrados por um filtro passa-baixa a 12 Hz utilizando o método de Transformada Rápida de Fourier (FFT) e diferenciados para obter as curvas estimadas de velocidade e aceleração. Cada traço foi segmentado em submovimento primário e secundário. Foi considerado o 1º submovimento o intervalo que vai do início do movimento até a primeira transição da curva de aceleração do negativo para o positivo, ou também definido como o segundo cruzamento no ponto zero (*zero crossing*). A partir desse instante inicia-se o 2º submovimento. O número de correções após o pico de velocidade para o 1º alvo foi calculado através do número de descontinuidades no perfil de aceleração representadas por picos de aceleração positivos e negativos que ocorreram durante o 2º submovimento, ou fase de controle corrente.

Análises dos efeitos da aprendizagem *online* e *off-line* foram utilizados. A diferença entre o desempenho obtido no último bloco da fase de aquisição e o desempenho obtido no primeiro bloco da fase de aquisição é definida como aprendizagem *online*. Essa medida diz respeito ao processo de mudança observado durante a prática. A diferença entre o desempenho obtido no bloco do teste de transferência e o último bloco da fase de aquisição é definida como aprendizagem *off-line*. Essa medida diz respeito ao processo de consolidação da memória motora¹⁷. Para explicar os efeitos das medidas cinemáticas nas medidas de desempenho foi calculada a aprendizagem *online* das medidas de PV, TRPV e NC e calculada a aprendizagem *off-line* das medidas de TR, TM e Tresp.

Análise de dados

O desempenho intra-sujeito foi analisado por meio de média e desvio padrão em blocos de 10 tentativas. Foram analisados seis blocos na aquisição e um bloco no teste de transferência (TT). Para cada uma das variáveis dependentes, com a exceção do TR, foi feita a média das três sequências do movimento para cada tentativa de prática. Como exemplo, para uma determinada tentativa, foi feita a média do tempo de movimento das três sequências de traços.

O teste W de *Shapiro-Wilk* foi conduzido para avaliação da normalidade dos dados. Foi encontrada distribuição normal dos dados para todas as variáveis. Em relação às análises inferenciais, para a fase de aquisição foi utilizado uma Anova *Two-way* com medidas repetidas no segundo fator (2 grupos x 6 blocos) e para o teste de transferência foi utilizado o teste *t* de *Student*. Para análises *post hoc* foi utilizado o teste de Duncan. A significância foi estabelecida em $p < 0,05$.

Foram conduzidas regressões lineares múltiplas para analisar a associação entre as medidas cinemáticas na aquisição e as medidas de desempenho tempo de reação e tempo de movimento no teste de transferência. Inicialmente foram conduzidas correlações de Spearman para avaliar quais medidas independentes (TR, TRPV e NC) participariam do modelo de regressão. Foram correlacionadas as medidas cinemáticas relacionadas à aprendizagem *online* com as medidas de desempenho (TR, TM e Tresp) relacionadas à aprendizagem *off-line*. A significância foi estabelecida em $p < 0,2$. As regressões foram conduzidas entre (a) as médias das medidas de aprendizagem *online* que atingiram significância na correlação e (b) as médias de cada uma das medidas de aprendizagem *off-line*.

Resultados

Medidas de desempenho

Tempo de reação

A análise descritiva sugere que os grupos iniciaram a fase de aquisição com níveis semelhantes de desempenho (Figura 3a). O intervalo de confiança de 95% na fase de aquisição do GPB foi de 0,58 a 0,61 e do GPA foi de 0,51 a 0,56. Na análise inferencial, a Anova *Two-way* com medidas repetidas no segundo fator não mostrou diferença significativa entre os Grupos [$F(1,20) = 1,69, p = 0,20, \eta^2 = 0,07$], assim como não foi detectada interação significativa entre Grupos X Blocos [$F(5,100) = 1,84, p = 0,11, \eta^2 = 0,08$]. Foi detectada diferença para o fator Blocos [$F(5,5) = 10,07, p < 0,001, \eta^2 = 0,33$]. O teste de *post hoc* de Duncan indicou que o TR do 1º bloco foi significativamente maior que dos demais. O TR do 2º bloco da aquisição foi significativamente superior ao último bloco da aquisição. Na análise do bloco do teste de transferência, o Teste *t* de *Student* não indicou diferença significativa

entre Grupos [$t(20) = 1,53$, $p = 0,13$, $d = 0,74$]. O intervalo de confiança de 95% no teste de transferência do GPB foi de 0,54 a 0,68 e do GPA foi de 0,45 a 0,60.

Tempo de Movimento

A estatística descritiva é apresentada na figura 3b e sugere que os grupos apresentaram desempenho semelhante ao longo de toda a fase de aquisição. O intervalo de confiança de 95% na fase de aquisição do GPB foi de 2,36 a 2,62 e do GPA foi de 2,36 a 2,70. Na estatística inferencial, a Anova *Two-way* com medidas repetidas no segundo fator não detectou diferença significativa entre os Grupos [$F(1,20) = 0,16$, $p = 0,68$, $\eta^2 = 0,07$] e não identificou interação significativa entre Grupos X Blocos [$F(5,100) = 1,62$, $p = 0,16$, $\eta^2 = 0,07$]. Foi detectada diferença para o fator Blocos [$F(5,5) = 21,11$, $p < 0,001$, $\eta^2 = 0,51$]. Das principais diferenças significativas mostradas pelo teste post hoc de Duncan destaca-se que o TR do 1º bloco, com a exceção do 3º bloco, foi significativamente maior que dos demais. Na análise do teste de transferência, o Teste *t* de Student indicou menor TM para o GPA comparado ao GPB [$t(20) = 2,24$, $p < 0,05$, $d = 0,07$]. O intervalo de confiança de 95% no teste de transferência do GPB foi de 2,89 a 3,18 e do GPA foi de 2,56 a 2,95.

Tempo de resposta

A análise descritiva é apresentada na figura 3c e sugere que os grupos apresentaram desempenho semelhante ao longo de toda a fase de aquisição. O intervalo de confiança de 95% na fase de aquisição do GPB foi de 2,94 a 3,23 e do GPA foi de 2,88 a 3,26. A Anova *Two-way* com medidas repetidas no segundo fator não indicou diferença significativa entre os Grupos [$F(1,20) = 0,01$, $p = 0,90$, $\eta^2 = 0,07$], assim como não foi detectada interação significativa entre Grupos X Blocos [$F(5,100) = 1,82$, $p = 0,11$, $\eta^2 = 0,08$]. Foi detectada diferença para o fator Blocos [$F(5,5) = 24,75$, $p < 0,001$, $\eta^2 = 0,55$]. Na análise do bloco do teste de transferência, o Teste *t* de Student indicou menor Tresp para o GPA comparado ao GPB [$t(20) = 2,63$, $p < 0,05$, $d = 0,02$]. O intervalo de confiança de 95% no teste de transferência do GPB foi de 3,46 a 3,82 e do GPA foi de 3,09 a 3,48.

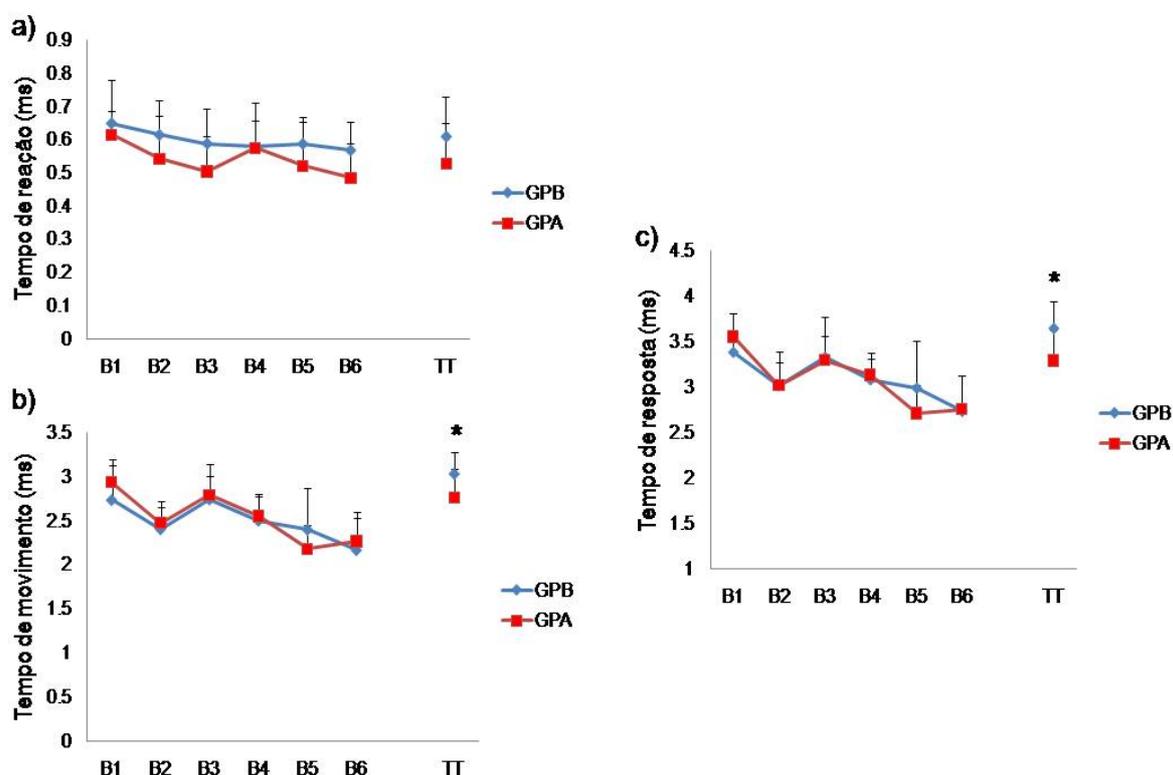


Figura 3. Média e desvio padrão das medidas de desempenho

Legenda: GPB = Grupo de prática em blocos; GPA = Grupo de prática aleatória; B1... B6 = média e desvio padrão dos 11 participantes em 6 blocos de 10 tentativas cada; TT = teste de transferência e $*p < 0,05$

Fonte: Os autores

Medidas cinemáticas

Pico de velocidade

A análise descritiva sugere que os grupos apresentaram desempenho semelhante ao longo de toda a fase de aquisição (Figura 4a). O intervalo de confiança de 95% na fase de aquisição do GPB foi de 18,61 a 20,16 e do GPA foi 19,28 a 21,46. A Anova *Two-way* com medidas repetidas no segundo fator não mostrou diferença significativa entre os Grupos [$F(1,20) = 0,44, p = 0,51, \eta^2 = 0,02$] e não detectou interação significativa entre Grupos X Blocos [$F(5,100) = 1,38, p = 0,23, \eta^2 = 0,06$]. Foi detectada diferença para o fator Blocos [$F(5,5) = 12,11, p < 0,001, \eta^2 = 0,37$]. Dentre os principais achados, destaca-se o teste de post hoc de Duncan indicou que o PV do 1º bloco, com a exceção do 3º bloco, foi significativamente menor que dos demais. Na análise do teste de transferência, o Teste *t* de Student não indicou diferença significativa entre Grupos [$t(20) = -1,73, p = 0,09, d = 0,31$]. O intervalo de confiança de 95% no teste de transferência do GPB foi de 23,18 a 29,26 e do GPA foi de 26,75 a 34,18.

Tempo relativo para o pico de velocidade

A análise descritiva é apresentada na Figura 4b e sugere que o GPB apresentou maior TRPV ao longo de toda a fase de aquisição. O intervalo de confiança de 95% na fase de aquisição do GPB foi de 40,17 a 42,64 e do GPA foi de 41,25 a 41,30. Na análise inferencial a Anova *Two-way* com medidas repetidas no segundo fator não indicou diferença significativa entre os Grupos [$F(1,20) = 1,01, p = 0,32, \eta^2 = 0,04$], assim como não foi detectada interação significativa entre Grupos X Blocos [$F(5,100) = 1,97, p = 0,23, \eta^2 = 0,06$]. Foi detectada diferença para o fator Blocos [$F(5,5) = 12,11, p < 0,001, \eta^2 = 0,37$]. Dentre os principais

achados, destaca-se o teste de post hoc de Duncan indicou que o TRPV do 1º bloco, com a exceção do 3º bloco, foi significativamente menor que dos demais. Na análise do bloco do teste de transferência, o Teste *t* de Student não indicou diferença significativa entre Grupos [$t(20) = -0,32, p = 0,75, d = 0,38$]. O intervalo de confiança de 95% no teste de transferência do GPB foi de 40,65 a 40,70 e do GPA foi de 41,25 a 41,30.

Número de Correções

A estatística descritiva sugere que os grupos apresentaram comportamento similar ao longo de toda a fase de aquisição (Figura 4c). O intervalo de confiança de 95% na fase de aquisição do GPB foi de 7,29 a 8,51 e do GPA foi de 6,77 a 8,03. Na estatística inferencial a Anova *Two-way* com medidas repetidas no segundo fator não detectou diferença significativa entre os Grupos [$F(1,20) = 0,45, p = 0,50, \eta^2 = 0,02$] e não detectou interação significativa entre Grupos X Blocos [$F(5,100) = 1,11, p = 0,23, \eta^2 = 0,06$]. Foi detectada diferença para o fator Blocos [$F(5,5) = 21,60, p < 0,001, \eta^2 = 0,51$]. Dentre os principais achados, destaca-se o teste de post hoc de Duncan indicou que o NC do 1º bloco foi significativamente menor que dos demais. Na análise do bloco do teste de transferência, o Teste *t* de Student não indicou diferença significativa entre Grupos [$t(20) = 1,14, p = 0,26, d = 0,23$]. O intervalo de confiança de 95% no teste de transferência do GPB foi de 8,00 a 11,18 e do GPA foi de 6,91 a 9,77.

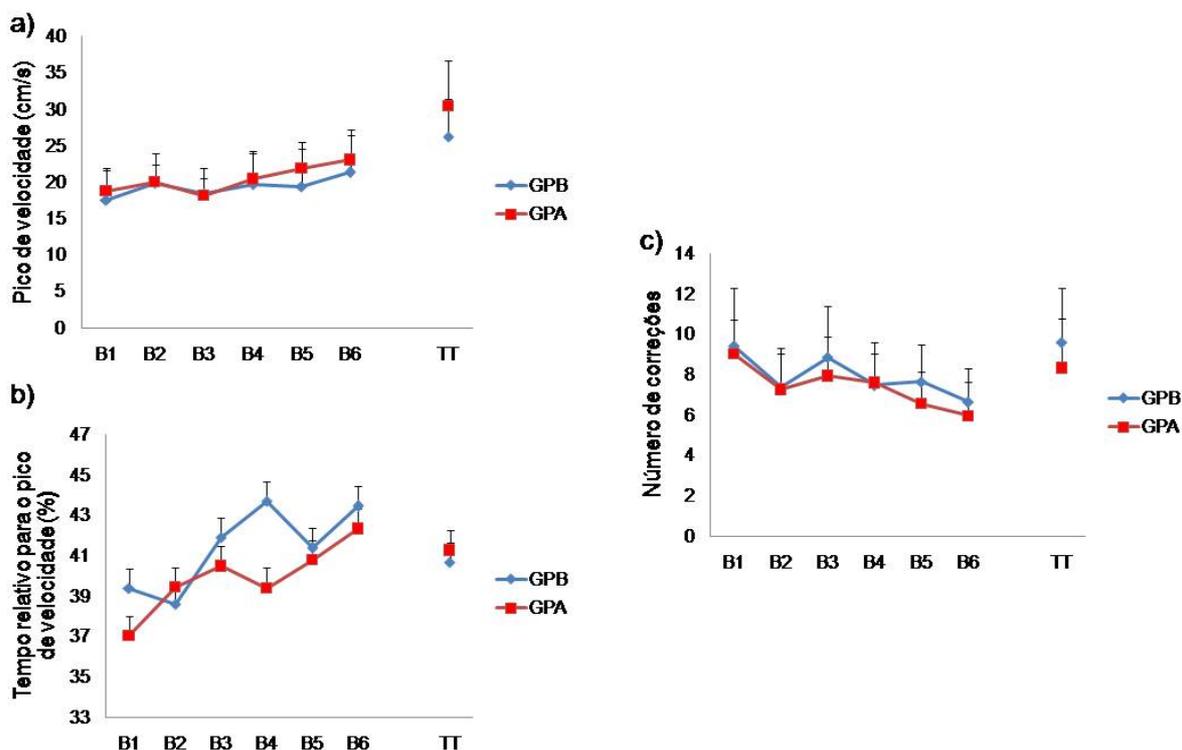


Figura 1. Média e desvio padrão das medidas cinemáticas

Legenda: GPB = Grupo de prática em blocos; GPA = Grupo de prática aleatória; B1... B6 = média e desvio padrão dos 11 participantes em 6 blocos de 10 tentativas cada e TT = teste de transferência

Fonte: Os autores

Regressões lineares múltiplas

As análises de correlação entre as medidas de aprendizagem *online* e as medidas de aprendizagem *off-line* indicaram que somente a correlação entre a medida de aprendizagem *online* do PV ($r = 0,61, p = 0,04$) correlacionou significativamente com a medida de

aprendizagem *off-line* do TR. Dessa forma, foi conduzida uma análise de regressão linear simples que mostrou associação significativa [$F(1,9) = 5,40, p = 0,04, r^2 = 0,30$] entre a medida relacionada à mudança do PV na fase de aquisição e a medida relacionada à mudança do TR do fim da aquisição para o teste de transferência [$B = 0,61$].

Discussão

O objetivo do presente estudo foi investigar o efeito da interferência contextual sobre os perfis cinemáticos de velocidade e aceleração do membro superior. Apesar de diferenças entre os grupos de prática não terem sido observadas na fase de aquisição para nenhuma das medidas avaliadas, os resultados do teste de transferência mostraram o efeito da interferência contextual para as medidas de tempo de movimento e tempo de resposta. Ou seja, o grupo de prática aleatória apresentou melhor desempenho nessas variáveis comparado ao grupo de prática em blocos. Em relação às análises cinemáticas, não foi encontrada diferença entre os grupos para nenhuma das medidas utilizadas. Entretanto, foi observado que a aprendizagem *online* do pico de velocidade está associado à mudança *off-line* do tempo de reação somente no grupo de prática aleatória.

A análise do desempenho dos grupos de prática durante a fase de aquisição em estudos sobre o EIC mostra que é frequente a não observância de diferenças entre os grupos¹⁸. É esperado que o grupo de prática aleatória apresente pior desempenho durante a prática tendo em vista que a variação tentativa a tentativa leva a maior nível de interferência gerando maior nível de erro¹. Entretanto, é importante considerar que o EIC resulta das diferenças no tipo de processamento exigido ao longo da prática e que é possível observar desempenhos semelhantes que são gerados por níveis ou tipos de processamentos distintos^{4,19}.

Um resultado que fortalece a hipótese de que processos distintos ocorreram entre os grupos de prática é o encontrado na análise de regressão. A mudança observada do início para o fim da prática na medida de pico de velocidade (aprendizagem *online*) no grupo de prática aleatória impactou significativamente na mudança observada no tempo de reação entre o fim da prática e o teste de transferência (aprendizagem *off-line*). O mesmo não foi encontrado nas análises do grupo de prática em blocos. O pico de velocidade é uma medida associada à fase de controle central, ou seja, à fase pré-programada da ação⁹. A prática aleatória requer a reconstrução do plano de ação a cada nova tentativa de prática^{20,21}. Tendo em vista que uma das metas da tarefa é a velocidade, é possível que esse seja o principal parâmetro a ser programado ao longo das tentativas. Como esse processo de reconstrução do plano de ação é menos requisitado ao longo da prática em blocos, parece que o pico de velocidade não apresentou o mesmo nível de associação com a medida de tempo de reação na prática mais repetitiva comparada à prática menos repetitiva. Uma estratégia utilizada pelos indivíduos para melhorar o desempenho na tarefa manual utilizada nos estudos de Lin et al.^{22,23}, que confirmaram o EIC, foi enfatizar a melhoria em variáveis relacionadas ao tempo. Transferência parece ser uma forma acelerada de aprendizagem na qual processos vivenciados durante a aquisição são sobrepostos aos requeridos em uma condição próxima no teste de aprendizagem¹². Futuros estudos precisam ser conduzidos para investigar essa hipótese de que na prática aleatória o principal parâmetro programado na fase de aquisição, e que impacta na transferência, é o pico de velocidade.

Não foi encontrada diferença entre os grupos na medida de tempo relativo para o pico de velocidade. Esse resultado indica que ambos os grupos apresentaram uma estratégia de controle motor semelhante. Tanto na fase de aquisição quanto no teste de transferência, os grupos apresentaram um maior percentual de tempo na fase de controle corrente indicando forte dependência de utilização de *feedback* para tentar atingir os alvos com precisão^{7,24}. Os

grupos apresentaram uma faixa de 60 a 65% do tempo na fase de controle corrente. Comparado a estudos que utilizaram tarefa semelhante, porém, com a exigência de movimentos discretos (deslocamento a um só alvo), essa faixa ficou abaixo do que foi previamente observado^{9,25}. O segundo submovimento é afetado em tarefas de apontamento que apresentam mudanças de direção⁷. No presente estudo, o maior percentual de tempo dispendido na fase de controle corrente, comparado a estudos com movimentos de apontamento discretos, é explicado pela sobreposição de processos relacionados à correção de erros do segmento que está sendo executado e à implementação do próximo segmento da tarefa. Essa sobreposição leva a um aumento do tempo na fase final do movimento⁷. Outro resultado que reforça a proposição de que a estratégia de ambos os grupos se baseou predominantemente no controle corrente é o número médio de correções. Como o participante tinha que obrigatoriamente atingir todos os alvos, além das correções para se chegar aos alvos, um comportamento observado durante a coleta de dados foi a produção de movimentos reversos de volta ao alvo que foi ultrapassado, mas não atingido.

Conclusão

O efeito da interferência contextual foi encontrado nas medidas de tempo de movimento e tempo de resposta. O grupo de prática aleatória apresentou melhor desempenho nessas duas variáveis dependentes no teste de transferência. A alta interferência contextual leva a um maior fortalecimento dos processos ativos, devido ao completo ou parcial esquecimento que obriga o aprendiz a reconstruir o plano de ação a cada nova tentativa de prática¹⁸. Esse fortalecimento dos processos ativos foi observado no teste de transferência, quando o grupo de prática aleatória conseguiu ser mais rápido do que o grupo de prática em blocos, atendendo a meta da tarefa que era executar o mais rápido possível. Não foi observado diferenças entre os grupos na análise das medidas cinemática. Entretanto, a análise de regressão mostrou que as mudanças geradas no pico de velocidade, quando se pratica de forma aleatória, impacta no tempo de reação em uma nova condição de prática. Em conjunto, esses resultados fortalecem a hipótese de que processos distintos ocorreram entre os grupos de prática e que o pico de velocidade é a medida cinemática que mais impacta no desempenho observado. Contudo, futuros estudos precisam ser conduzidos para investigar a possibilidade de ser a velocidade o principal parâmetro a ser programado ao longo das tentativas em tarefas sequencias com exigência de velocidade e precisão.

Referências

1. Lage GM, Fialho JVA, Albuquerque MR, Benda RN, Ugrinowitsch H. O efeito da interferência contextual na aprendizagem motora: contribuições científicas após três décadas da publicação do primeiro artigo. *RBCM* 2011;19(2):107-119.
2. Shea JB, Morgan RL. Contextual interference effects on the acquisition, retention, and transfer of a motor skill. *J Exp Psychol Hum Learn* 1979;5(2):179-187. DOI:10.1037/0278-7393.5.2.179
3. Magill RA, Hall KG. A review of the contextual interference effect in motor skill acquisition. *Hum Mov Sci* 1990;9:241-289. DOI: 10.1016/0167-9457(90)90005-X
4. Lee TD, Magill RA. The locus of contextual interference in motor-skill acquisition. *J Exp Psychol Learn Mem Cogn* 1983;9:730-746. DOI: 10.1037/0278-7393.9.4.730
5. Lai Q, Shea CH. Generalized motor program (GMP) learning: effects of reduced frequency of knowledge of results and practice variability. *J Mot Behav* 1998;30:51-59. DOI: 10.1080/00222899809601322
6. Woodworth RS. The accuracy of voluntary movement. *Psychol Rev* 1899; 3(2):1-119.
7. Elliot D, Helsen WF, Chua R. A century later: Woodworth's (1899) Two-Component Model of goal-directed aiming. *Psychol Bull* 2001;127(3):342-357. dx.doi.org/10.1037/0033-2909.127.3.342
8. Lage GM, Gallo LG, Miranda MG, Vieira DR, Schickler DJ, Coelho RR et al. Assimetrias manuais e complexidade da tarefa em habilidades de apontamento. *Rev Port Cien Desp* 2008;8:47-57.

9. Lage GM, Malloy-Diniz LF, Neves FS, de Moraes PHP, Corrêa H. A kinematic analysis of the association between impulsivity and manual aiming control. *Hum Mov Sci* 2012;31:811-823. DOI: 10.1016/j.humov.2011.08.008
10. Teulings HL. Optimization of movement duration in accurate handwriting strokes in different directions in young, elderly, and parkinsonian subjects. In: Meulenbroek, RGJ, Steenbergen B, editores. *Proceedings of the 10th Biennial Conference of the International Graphonomics Society*. Nijmegen: University of Nijmegen; 2001, p. 40-45.
11. Seidler RD. Neural correlates of motor learning, transfer of learning, and learning to learn. *Exerc Sport Sci Rev* 2010;38:3-9. DOI: 10.1097/JES.0b013e3181c5cce7
12. Seidler RD, Noll DC. Neuroanatomical correlates of motor acquisition and motor transfer. *J Neurophysiol* 2008;99(4):1836-45.
13. Oldfield RC. The assessment and analysis of handedness: the Edinburgh inventory. *Neuropsychology* 1971; 9: 97-113. DOI.org/10.1016/0028-3932(71)90067-4
14. Romero DH, Teulings HL. Submovement analysis in goal-directed pen movements. In: Teulings HL, Van Gemmert AWA, editors. *Proceedings of the 11th Conference of the International Graphonomics Society*. Scottdale: IGS; 2003, p.103-106.
15. Saltuklaroglu T, Teulings HL, Robbins M. Differential levels of speech and manual dysfluency in adults who stutter during simultaneous drawing and speaking tasks. *Hum Mov Sci* 2009;28:643-654. DOI: 10.1016/j.humov.2008.08.003
16. Teulings HL, Contreras-Vidal JL, Stelmach GE, Adler CH. Parkinsonism reduces coordination of fingers, wrist, and arm in fine motor control. *Exp Neurol* 1997;146:159-170. DOI: 10.1006/exnr.1997.6507
17. Apolinário-Souza T, Romano-Silva MA, Miranda DM De, Malloy-Diniz LF, Benda RN, Ugrinowitsch H, Lage GM. The primary motor cortex is associated with learning the absolute, but not relative, timing dimension of a task: a tDCS study. *Physiol Behav* 2016;160:18-25. DOI: 10.1016/j.physbeh.2016.03.025
18. Lee TD, Simon DA. Contextual Interference. In: Williams AM; Hodges NJ, editores. *Skill acquisition in sport: research, theory, and practice*. New York: Routledge; 2004, p. 29-44.
19. Lee TD, Magill RA. Can forgetting facilitate skill acquisition? In: Goodman D, Wilberg RB, Franks IM, editors. *Differing perspectives in motor learning, memory, and control*. Amsterdam: Elsevier; 1985, p. 3-22.
20. Lage GM, Ugrinowitsch H, Apolinário-Souza T, Viera MM, Albuquerque MR, Benda R N. Repetition and variation in motor practice: a review of neural correlates. *Neurosci Biobehav Rev* 2015;57:132-141. DOI: 10.1016/j.neubiorev.2015.08.012
21. Lage GM, Souza TA, Albuquerque MR, Portes LL, Januário MS, Vieira MM et al. The effect of constant practice in transfer tests. *Motriz* 2017;23(1):22-32. DOI: 10.1590/s1980-6574201700010004
22. Lin CH, Fisher BE, Wu AD, Ko YA, Lee LY, Winstein CJ. Neural Correlate of the Contextual Interference Effect in Motor Learning: a Kinematic Analysis. *J Mot Behav* 2009;41(3):232-242. DOI: 10.3200/JMBR.41.3.232-242
23. Lin CH, Fisher BE, Winstein CJ, Wu AD, Gordon J. Contextual interference effect: elaborative processing or forgetting-reconstruction? A post hoc analysis of transcranial magnetic stimulation-induced effects on motor learning. *J Mot Behav* 2008;40(6):578-86. DOI: 10.3200/JMBR.40.6.578-586
24. Elliot D, Hansen S, Mendozna J, Tremblay L. Learning to optimize speed, accuracy, and energy expenditure: a framework for understanding speed-accuracy relations in goal-directed aiming. *J Mot Behav* 2004;36:339-351. DOI: 10.3200/JMBR.36.3.339-351
25. Lage GM, Miranda DM, Romano-Silva MA, Campos SB, Albuquerque MR, Corrêa H et al. Association between the catechol-o-methyltransferase (COMT) val158met polymorphism and manual aiming control in healthy subjects. *PloSOne* 2014;9:e99698. DOI: 10.1371/journal.pone.0099698

Agradecimentos: Esse estudo teve apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG: APQ-02134-13). Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica e Tecnológica FAPEMIG

Recebido em 28/01/16.

Revisado em 10/05/17.

Aceito em 17/05/17.

Endereço para correspondência: Guilherme Menezes Lage. Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional, Universidade Federal de Minas Gerais, Av. Presidente Antônio Carlos, 6627, Pampulha, Belo Horizonte, MG, Brasil, CEP 31270-901. E-mail: menezeslage@gmail.com