

U. PORTO



FACULDADE DE DESPORTO
UNIVERSIDADE DO PORTO

Preferência manual e assimetria funcional em tarefas de antecipação-coincidência. Estudo em diferentes grupos etários e segundo o género.

Dissertação apresentada às provas de doutoramento em Ciências do Desporto, nos termos de Decreto-Lei nº 74/2006 de 24 de Março sob a orientação da Professora Doutora Olga Vasconcelos e Co-Orientação do Professor Doutor João Barreiros

Paula Cristina dos Santos Rodrigues

PORTO, 2010

Ficha de catalogação:

Rodrigues, P. (2010): Preferência manual e assimetria funcional em Antecipação-coincidência. Estudo em diferentes grupos etários. Porto: P. Rodrigues. Dissertação de doutoramento apresentada à Faculdade de Desporto da Universidade do Porto.

Palavras-Chave: PREFERÊNCIA MANUAL; ASSIMETRIA FUNCIONAL; ANTECIPAÇÃO-COINCIDÊNCIA; IDADE; GÉNERO.

Os artigos apresentados nesta dissertação foram realizados no Laboratório de Aprendizagem Motora da Faculdade de Desporto, Universidade do Porto.

Os estudos apresentados bem como a execução gráfica desta dissertação de doutoramento foram efectuados com financiamento da Fundação para a Ciência e Tecnologia / Ministério da Ciência e Tecnologia (SFRH/BD/28011/2006).

Agradecimentos

Apesar do carácter individual, a elaboração de um trabalho desta natureza implicou necessariamente a participação e a colaboração de diversas pessoas e instituições. Por esta razão, expresso aqui os meus agradecimentos a todos que contribuíram não só para a elaboração desta tese como também para o meu crescimento profissional e pessoal.

Destaco:

Os meus queridos orientadores e amigos, Professora Doutora Olga Vasconcelos e Professor Doutor João Barreiros, pela qualidade das suas orientações, visando sempre a procura do rigor e objectividade científica.

O professor Doutor José Maia pela partilha de conhecimentos relativa às dúvidas estatísticas que iam surgindo.

A Professora Doutora Ana Isabel Carita, da Faculdade de Motricidade Humana, pela disponibilidade e esclarecimentos prestados.

O Engenheiro Pedro Gonçalves, pelas inestimáveis orientações sobre a electrónica do equipamento usado, e o Professor Doutor João Paulo Vilas Boas por ter cedido a participação do Engenheiro Pedro Gonçalves na concepção da electrónica do equipamento.

O Dr. Pedro Novais pela amabilidade e incansável prestação no esclarecimento de dúvidas de diversas ordens.

O meu marido Luiz e o meu filhote Rafael, por terem partilhado as alegrias e as angústias de perto e a minha família querida, pelo apoio, estímulo e carinho.

Os amigos, colegas e instituições pela colaboração prestada.

A FCT pelo apoio financeiro concedido.

Índice Geral

AGRADECIMENTOS	V
ÍNDICE DE TABELAS	IX
ÍNDICE DE QUADROS	X
ÍNDICE DE FIGURAS	XI
RESUMO	XIII
ABSTRACT	XV
ABREVIATURAS	XVII
CAPÍTULO I	XIX
INTRODUÇÃO GERAL E ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO	XIX
CAPÍTULO II	37
ESTUDOS DE REVISÃO	37
Estudo de Revisão – 1	39
Desenvolvimento da assimetria manual	39
Estudo de Revisão – 2	69
Antecipação-coincidência: uma perspectiva de desenvolvimento	69
CAPÍTULO III	87
ESTUDOS EMPÍRICOS	87
Estudo empírico – 1.....	89
Preferência manual e assimetria funcional em antecipação-coincidência. Efeito da idade, do sexo e da complexidade da tarefa.	89
Estudo empírico – 2.....	109
Functional asymmetry in a simple coincidence- anticipation task: effects of handedness	109
Estudo Empírico – 3.....	133
Efeito da velocidade do estímulo no desempenho de uma tarefa de antecipação-coincidência em destrímanos e sinistrómanos.	133
Estudo Empírico – 4.....	155

Manual asymmetry in a complex coincidence-anticipation task: handedness and gender effects.....	155
Estudo Empírico – 5.....	183
Stimulus velocity effect in a complex interceptive task in right- and left-handers	183
Estudo Empírico – 6.....	207
Manual asymmetry in a complex coincidence-anticipation task of elderly people.....	207
CAPÍTULO IV.....	221
CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS	221
CAPÍTULO V	229
ANEXO	229

Índice de Tabelas

III. Estudos Empíricos

Estudo 1

Tabela 1: Média e desvio padrão dos erros absoluto (EA), constante (EC) e variável (EV) para a mão preferida (MP) e não preferida (MNP) durante a execução da tarefa simples e complexa, em função da idade, do sexo e da preferência manual.....99

Estudo 2

Table 1: Absolute error (ms) of the right hand and left hand according to hand preference and gender (mean and standard deviation values).....117

Table 2: Constant error (ms) of the right hand (RH) and left hand (LH) according to hand preference and gender (mean and standard deviation values).....118

Table 3: Variable error (ms) of the right hand (RH) and left hand (LH) according to hand preference and gender (mean and standard deviation values).....118

Table 4: Performance asymmetry index (ms) according to hand preference and gender (mean and standard deviation values).....119

Estudo 4

Table1: Synopsis for the main factor effects. These factor effects present the results with better performance for Timing Accuracy (AE, CE, VE) and for Timing Response (IT, MT, AT).....170

Estudo 5

Table 1: Timing response of right- and left-handers for each stimulus condition with the preferred (PH) and non-preferred hand (NPH) (mean \pm s).....193

Estudo 6

Table 1: Timing response (IT and MT) and timing accuracy (AE, CE and VE) (msec.) for the preferred hand (PH) and non-preferred hand (NPH) according to age groups (mean and standard deviation values).....215

Índice de Quadros

I. Introdução

Quadro 1: Sinopse da estrutura e conteúdos da presente dissertação.....31

II. Estudos de revisão

Estudo 2

Quadro 1: Variações relativas ao instrumento *Bassin Anticipation Timer*.....75

III. Estudos Empíricos

Estudo 1

Quadro 1: Sinopse dos factores principais e interacções obtidos na análise do erro absoluto (EA), do erro constante (EC) e do erro variável (EV) em ambos os grupos de preferência manual.....100

IV. Conclusões e Considerações finais

Quadro 1: Descrição sobre a amostra, preferência manual, tarefa e velocidade usadas nos estudos empíricos.225

Quadro 2: Resumo dos resultados das variáveis com efeitos significativos na assimetria manual.....225

Índice de Figuras

III. Estudos Empíricos

Estudo 3

Figura 1 – Destrímanos. Médias e desvio padrão do EA (ms) em função dos fatores sexo, mão (preferida: MP e não preferida: MNP) e velocidade do estímulo (268, 402 e 536 cm/s).....142

Figura 2 - Sinistrómanos. Médias e desvio padrão do EA (ms) em função do fator sexo.....143

Figura 3 – Destrímanos. Médias e desvio padrão do EC (ms) em função da velocidade do estímulo (268, 402 e 536 cm/s).....144

Figura 4 – Sinistrómanos. Médias e desvio padrão do EC (ms) em função do fator sexo.....144

Figura 5 – Destrímanos. Médias e desvio padrão do EV (ms) em função da velocidade do estímulo (268, 402 e 536 cm/s).....145

Figura 6 – Sinistrómanos. Médias do EV (ms), do grupo de indivíduos sinistrómanos, em função da velocidade do estímulo (268, 402 e 536 cm/s) e da mão de execução (MP e MNP).....146

Estudo 4

Figure 1: Illustration of the instrument of coincidence-anticipation in a complex task: a) Bassin Anticipation Timer, b) light-emitting diodes, c) alert diode, d) target diode e) table of wood, f) push-buttons, g) computer and Biopac, h) start button to activate the light-emitting diodes, i) visual feedback.....163

Figure 2: Mean Absolute and Constant Errors (AE and CE) in seconds for handedness groups as a function of performing hand.....166

Figure 3: Mean Absolute and Constant Errors (AE and CE) in seconds as a function of handedness groups.....167

Figure 4: Mean Absolute and Variable Errors (AE and VE) in seconds for the preferred and non-preferred hand, as a function of sex.....167

Figure 5: Mean Movement Time (MT) in seconds for the handedness groups, as a function of performing hand.....168

Figure 6: Mean Initiating Time (IT) and Adjustment Time (AT) in seconds for the handedness groups, as a function of performing hand.....169

Estudo 5

Figure 1: Illustration of the instrument of coincidence-anticipation in a complex task: a) Bassin Anticipation Timer, b) light-emitting diodes, c) alert diode, d) target diode e) table of wood, f) push-buttons, g) computer and Biopac, h) start button to activate the light-emitting diodes, i) visual feedback; j) sequence with the right hand; k) sequence with the left hand.....189

Figure 2 presents Constant Error (ms) for right- and left-handers as a function of hand (PH: preferred hand; NPH: non-preferred hand) and stimulus velocity (SSV: slow stimulus velocity; FSV: fast stimulus velocity). Error bars indicate standard error of the mean.....194

Estudo 6

Figure 1: Illustration of the instrument of coincidence-anticipation in a complex task: a) Bassin Anticipation Timer; b) light-emitting diodes; c) alert diode; d) target diode; e) table of wood; f) push-buttons; g) computer and Biopac; h) start button to activate the light-emitting diodes; i) visual feedback; j) sequence with the right hand; k) sequence with the left hand.....212

Resumo

A proposta desta dissertação consubstanciou-se na análise da assimetria manual na realização de uma tarefa simples (pressionar um botão) e de uma complexa (sequência de acções inter-relacionadas) de antecipação-coincidência em participantes de diferentes faixas etárias e de preferência manual distinta. Perfazem a dissertação 8 artigos, incluindo dois de revisão, com uma descrição do estado da arte sobre o desenvolvimento das assimetrias manuais (estudo 1) e sobre a capacidade de antecipação-coincidência numa perspectiva de desenvolvimento (estudo 2) e seis estudos empíricos. Ao longo destes estudos, a assimetria manual foi analisada em função dos factores relacionados com o sujeito, tais como a preferência manual, o género e a idade, e factores relacionados com a tarefa, como a complexidade da tarefa e a velocidade do estímulo. Os resultados dos estudos empíricos revelaram, no que concerne à **preferência manual**, que os sinistrómanos foram mais precisos (estudos 2 e 4), em particular os fortemente lateralizados (estudo 4). Na análise da **assimetria manual verificou-se uma** vantagem da mão preferida, evidenciada (i) na tarefa simples: nos sinistrómanos (estudos 1 e 3) e nos destrímanos (estudo 2); (ii) na tarefa complexa: no que respeita à precisão temporal (estudos 4, 5 e 6) e, quando a estrutura do movimento foi analisada, ao tempo de movimento (estudos 4 e 5). O efeito do **género**, beneficiando o sexo masculino, evidenciou-se tanto nos destrímanos (estudos 1, 2 e 4) como nos sinistrómanos (estudos 1, 2, 3 e 4). Quando a **idade** foi analisada (estudos 1 e 6), o grupo mais velho revelou um melhor desempenho (estudo 1). Os resultados obtidos pretenderam contribuir para o progresso do conhecimento nos territórios conceptuais e experimentais no domínio da lateralidade, nomeadamente da preferência manual e da assimetria motora funcional, usando para o efeito duas tarefas de antecipação-coincidência. Os resultados realçaram também a importância de se continuar a investigar as variáveis analisadas em futuros estudos envolvendo a capacidade de antecipação-coincidência.

Palavras-chave: PREFERÊNCIA MANUAL; ASSIMETRIA FUNCIONAL; ANTECIPAÇÃO-COINCIDÊNCIA; IDADE; GÉNERO.

Abstract

The purpose of this thesis is embodied in the analysis of manual asymmetry in the performance of a simple task (button press) and a complex one (sequence of interrelated actions) of coincidence-anticipation in participants of different ages and distinct hand preference. Eight studies compose this dissertation which includes two revision articles, with a description of the state of knowledge about the development of manual asymmetries (study 1) and about coincidence-anticipation in a developmental perspective (study 2), and six empirical studies. Throughout these studies, manual asymmetry was examined in the light of factors related to the subject, such as hand preference, gender and age and factors related to the task, as task complexity and stimulus speed. The results of original research studies have shown that manual asymmetry, showing a preferred hand advantage, was evident (i) in the simple task: both in left- (studies 1 and 3) and right-handers (study 2), (ii) in the complex task: with regard to temporal precision (studies 4, 5 and 6) and, whenever the structure of movement was analyzed, to the movement time (studies 4 and 5). The analysis of hand preference showed that when both groups were compared (studies 2 and 4), left-handers were more accurate, particularly strongly lateralized (study 4). The effect of gender, with male advantage, was evident in both right- (studies 1, 2 and 4) and left-handers (studies 1, 2, 3 and 4). When age was analyzed (studies 1 and 6), the older group showed a higher performance (Study 1). The results add some evidence on the importance of the analyzed variables in studies involving coincidence-anticipation.

Key Words: MANUAL PREFERENCE; MANUAL ASYMMETRY;
COINCIDENCE-ANTICIPATION; AGE; GENDER

Abreviaturas

AC/ CA – Antecipação-coincidência / Coincidence-anticipation

PM – Preferência manual

MP / PH – Mão preferida / Preferred Hand

MNP / NPH- Mão não preferida / Non-Preferred Hand

LEDs – Light Emitting Diodes

EA / AE – Erro Absoluto / Absolute Error

EC / CE – Erro Constante / Constant Error

EV / VE – Erro Variável / Variable Error

PAI - Performance Asymmetry Index

IT – Initiation Time

MT – Movement Time

AT – Adjustment Time

TR – Tempo de Reacção

MMSE – Mini-Mental State Examination

Capítulo I

INTRODUÇÃO GERAL E ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

Introdução Geral

Quando se observa cuidadosamente o comportamento do ser humano, torna-se clara a existência de uma assimetria motora funcional favorecendo um dos lados, maioritariamente o direito. Na procura de um mecanismo responsável por comportamentos lateralizados, os teóricos têm investigado a tendência lateral nos humanos, a qual se manifesta no uso diferenciado das mãos, dos pés, dos olhos e dos ouvidos. A preferência manual (PM), por analogia ao termo anglo-saxónico *handedness*, é normalmente definida como o uso preferido de uma mão em situações em que apenas uma delas pode ser usada. Entre as preferências laterais humanas, a manual tem sido a mais estudada pois, como refere Peters (1995), permite-nos conhecer melhor o modo de funcionamento do cérebro humano.

Aproximadamente 90% da população, em variadas culturas, usa a mão direita na realização de actividades que envolvem vários graus de destreza. Contudo, dada a diversidade de métodos de avaliação da PM e dos critérios de classificação dos sujeitos no que respeita a cada método, juntamente com a pressão sociocultural que cada sociedade induz sobre os sujeitos de PM esquerda, a frequência da preferência no uso da mão direita varia, por vezes substancialmente, entre as populações estudadas (80% de destrímanos, de acordo com Viviani, 2006; 99,7% de destrímanos, segundo Payne, 1987). Situação idêntica acontece relativamente aos outros índices de preferência (pé, olho e ouvido), embora com menor variação entre os vários estudos, pois nestes casos não se coloca o factor da pressão sociocultural, mas unicamente as questões do foro metodológico.

As evidências provenientes de vários estudos mostram que a assimetria manual é uma característica que, apesar de se estabelecer durante os primeiros anos de vida, continua a desenvolver-se ao longo da idade. O género, o estado de desenvolvimento neurológico do sujeito e o tipo de sociedade em que este está inserido são factores que parecem ter efeito no desenvolvimento da PM e na conseqüente assimetria manual.

De acordo com Boulinguez *et al.* (2001), a PM é definida pela direcção da especialização cerebral hemisférica nos diferentes processos envolvidos no controlo do movimento. No entanto, as questões neurobiológicas da PM continuam a ser matéria de debate. Alguns autores atribuem a PM a assimetrias funcionais hemisféricas relacionadas com os processos cognitivo-motores envolvidos no controlo do movimento (Haaland & Harrington, 1996), enquanto outros atribuem-na a assimetrias estruturais cerebrais (Annett, 1992). Porém, alguns estudos, utilizando várias técnicas que permitiram examinar as relações entre as propriedades cerebrais e os movimentos manuais, demonstraram que a PM está associada a assimetrias estruturais das áreas motoras envolvidas na programação do movimento (Amunts, Schlaug, Schleicher, Steinmetz, Dabringhaus, Roland, et al., 1996; Triggs, Subramaniam, & Rossi, 1999; Volkmann, Schnitzler, Witte, & Freund, 1998). Estes investigadores assumem que a expansão da representação da mão no córtex motor do hemisfério cerebral dominante oferece o substrato neural para um processamento mais eficiente do *output* motor da mão preferida. Estes estudos permitem adiantar que a PM pode estar relacionada com habilidades motoras específicas. Para além disso, existem evidências neurológicas e comportamentais que suportam a ideia de que a prática diferencial das duas mãos proporciona efeitos específicos motores no desempenho manual (Gill, Reddon, Stefanyk, & Hans, 1986; Pascual-Leone & Torres, 1993; Takeda, Shimoda, Sato, Ogano, & Kato, 2010), acentuando as assimetrias manuais em destrímanos e minimizando-as em sinistrómanos (Herve, Crivello, Perchey, Mazoyer, & Tzourio-Mazoyer, 2006; Rousson, Gasser, Caffisch, & Jenni, 2009; Tapley & Bryden, 1985). Por outras palavras, a assimetria estrutural da representação do movimento manual no córtex motor pode ser um pré-requisito para o uso preferencial de uma ou das duas mãos (Volkmann, et al., 1998) e esta assimetria pode ter origem na prática ou ser reforçada por esta (Provins, 1997). Consequentemente, e tal como salientam Boulinguez et al. (2001), as evidências sugerem que parte da variabilidade da performance motora manual pode ser explicada pelas causas e parte pelas consequências da PM.

Um bom exemplo relativamente à alteração da manifestação da PM em função do contexto ambiental em que o indivíduo se encontra, é-nos fornecido por estudos que envolvem sinistrómanos forçados a escreverem com a mão direita durante a infância. Os resultados demonstram que enquanto a estrutura de algumas áreas cerebrais são invariantes, não podendo ser alteradas por questões educacionais (Klöppel, Vongerichten, Van Eimeren, Frackowiak, & Siebner, 2007; Siebner, Limmer, Peinemann, Drzezga, Bloem, Schwaiger, et al., 2002), outras dependem do uso preferencial de uma das mãos ao longo da vida (Klöppel, Mangin, Vongerichten, Frackowiak, Siebner, 2010). Estes resultados sugerem que existe um substrato neural que determina a PM.

Em princípio, destrímanos e sinistrómanos são mais proficientes com a mão preferida do que com a mão não preferida em tarefas unimanuais que exigem habilidade (Hoffmann, 1997; Triggs, Calvanio, Levine, Heaton, & Heilman, 2000). Nestas tarefas não só a mão preferida é a utilizada como é aquela que demonstra um desempenho superior. No entanto, pode acontecer que a mão preferida não seja a mais proficiente no desempenho da tarefa. A força e a destreza, por exemplo, podem ser influenciadas por factores ambientais, tornando-se independentes da preferência. Assim, a associação entre PM e performance manual não é perfeita e parece variar de acordo com (i) a tarefa motora utilizada, no que respeita à preferência: umas tarefas implicam uma PM mais acentuada do que outras (acariciar um cão ou transportar um saco não requer uma forte preferência, enquanto martelar, atirar uma bola ou desenhar, já implica uma preferência bem definida); (ii) o teste motor utilizado, no que respeita à performance (mais simples ou mais complexo, de precisão, de destreza ou de força) (Teixeira & Paroli, 2000).

Alguns autores (e.g., Porac & Coren, 1981) argumentam que a PM tem origens diferentes das da performance manual, já que: (i) os dois tipos de medida não estão perfeitamente correlacionados e (ii) as distribuições relativas da mão mais eficaz são normais (unimodais), com uma média deslocada para a direita, enquanto as distribuições da mão preferida geram uma curva de tipo J (bimodais), com um pico principal indicando fortes preferências destrímanas e um pico menor, representando as preferências sinistrómanas. De acordo com

estes autores, um em cada quatro indivíduos com PM definida utiliza a mão não preferida com mais eficácia. Estes factos não vão, contudo, contra o ponto de vista de que preferência e performance estão correlacionadas. Porac & Coren (1981) referem que a correlação entre as várias medidas de preferência é superior à correlação entre as várias medidas de performance. Segundo os autores, as primeiras, comparativamente às segundas, são menos sensíveis às componentes específicas da tarefa. Brown et al. (2006) sugerem que o modelo que melhor prediz a assimetria manual, em crianças (mas também em adultos), é o que combina medidas de preferência e de performance, devendo estas últimas derivar de diferentes testes motores.

Importa salientar, no entanto, que o grau de assimetria entre as mãos varia de acordo com a tarefa. Existem tarefas onde, em termos de desempenho, a mão não preferida iguala ou até supera a mão preferida. Consequentemente, parece existir uma grande variabilidade na relação de desempenho entre as mãos quando diferentes formas de movimento são consideradas. A especificidade da tarefa parece, assim, ditar o grau de assimetria funcional. Para além disso, Hicks e Kinsbourne (1978) referem a existência de um considerável número de factores que podem alterar a distribuição das assimetrias manuais, como por exemplo, a complexidade da tarefa, a fadiga, o *transfer* bimanual assimétrico, as características temporais e de direcção do movimento, entre outros. Mais especificamente, Bryden e Roy (1999) referem que a magnitude das assimetrias manuais pode ser afectada pelo tempo de duração do movimento (Roy & Elliott, 1986), pela variabilidade espacial da trajectória do movimento (Roy, Winchester, Elliott, & Carnahan, 1995) e pelas mudanças espaciais durante o movimento (Maraj, Elliott, Lyons, Roy, & Winchester, 1998). Assim, Bryden (1998) sugere que a mão preferida irá superar a mão não preferida em tarefas que exijam uma ou todas as seguintes características: orientação precisa da mão, controlo visual, aprendizagem, sequenciamento motor complexo e antecipação-coincidência.

Os actos motores que envolvem receber, interceptar ou rebater um objecto em deslocamento dependem da eficiência dos processos de decisão centrais, passando por uma tomada de decisão que envolve a selecção da melhor

resposta e o momento adequado da sua execução (Santos & Tani, 1995). Um tal processamento permite, por exemplo, a intercepção de trajectórias, como no caso de uma bola que é passada entre dois adversários, ou a tentativa de evitar essa intercepção, como na situação de atravessar a rua. O ajuste temporal e a sincronização das acções foram designados por Belisle (1963) como antecipação-coincidência (AC). A maturação das estruturas visual e motora, assim como os aspectos inerentes ao processamento da informação, são alguns dos processos referidos na literatura concernente à AC.

Vários trabalhos sobre a AC têm feito incidir os seus propósitos em duas grandes linhas de investigação: uma relacionada com as características da tarefa e outra com as características do sujeito. No âmbito das características da tarefa, as pesquisas têm-se centrado na complexidade da tarefa (e.g. Williams, Jasiewicz, & Simmons, 2001), na velocidade do estímulo (e.g. Rodrigues, Barbosa, Carita, Barreiros, & Vasconcelos, in press) e na direcção do estímulo (e.g. Payne, 1987; Rodrigues, Freitas, Vasconcelos, & Barreiros, 2007). No domínio das características do sujeito, a atenção tem-se focalizado no efeito na idade (e.g. Benguigui & Ripoll, 1998; Stadulis, 1985), do género (e.g. Rodrigues, Barreiros, Vasconcelos, & Barbosa, 2008; Rodrigues, et al., 2007), na experiência prévia da prática (e.g. Freudenheim & Tani, 1995; Teixeira, 1993), na mão de execução (e.g. Coker, 2004; Rodrigues, et al., 2008) e na PM (Rodrigues, et al., 2008; Rodrigues, et al., 2007). Para além disso, tem sido pouco comum a utilização de medidas que analisem outros aspectos da organização temporal em tarefas complexas, como por exemplo o padrão de resposta que antecede o tempo de coincidência (e.g. Corrêa, 2001; Rodrigues, et al., 2008).

A idade parece ser uma variável importante que influencia a performance na AC, melhorando o nível de desempenho dos 6 até por volta dos 50 anos de idade. Aos 14-15 anos, a performance dos sujeitos nesta capacidade parece atingir o máximo, mas melhorias podem ser ainda conseguidas até por volta dos 50 anos de idade, momento a partir da qual se começa a observar um declínio na performance. Apesar de alguns estudos terem analisado a capacidade de AC em crianças e adultos (Haywood, 1980; Pinheiro & Corrêa,

2005), existe pouca investigação envolvendo sujeitos de ambos os sexos e com PM distinta inseridos num intervalo de idades mais abrangente, levando em consideração as variáveis velocidade do estímulo e complexidade da tarefa.

A AC é facilmente observada em actividades desportivas que envolvem bola ou manuseamento de outros objectos (e.g., corda, fita, massas, arco) e que consideram a trajectória destes e o movimento dos adversários, no caso dos jogos desportivos colectivos (e.g. ténis, badmington, futebol, voleibol, entre outros). A maioria destas actividades desportivas envolve a execução de uma sequência de acções prévias à coincidência com o estímulo externo. Porém, e como já foi referido, tem sido pouco comum a análise do padrão de resposta do movimento que antecede o tempo de coincidência. A utilização de tarefas complexas para além de permitir este tipo de análise, facilita ainda investigar as assimetrias manuais na execução da resposta.

O estudo da capacidade de AC possibilita contribuições importantes para o entendimento da aprendizagem e performance humanas, uma vez que se trata de uma tarefa que exprime uma competência muito valorizada em diferentes domínios da actividade humana, nomeadamente na actividade desportiva, mas também na ergonomia e no estudo da aprendizagem. Para além disso, a investigação das assimetrias manuais pode fornecer potenciais contribuições sobre as características do processamento visuo-espacial dos hemisférios cerebrais e melhorar o conhecimento dos mecanismos cerebrais que estão subjacentes ao comportamento motor. As implicações práticas que deste conhecimento possam advir podem ter um interesse directo no planeamento e selecção de tarefas de aprendizagem e treino das habilidades motoras que têm por base esta capacidade (e.g. jogos desportivos colectivos, jogos de raquete, desportos aquáticos), bem como no contexto de actividades nas quais as assimetrias funcionais são variáveis importantes na organização e controlo de movimentos de vida diária, particularmente no idoso, no qual os processos de envelhecimento actuam de uma forma mais vigente. Acções motoras como o atravessar a rua, entrar numa rotunda conduzindo o automóvel, alcançar e agarrar um objecto em movimento ou simplesmente apanhar um objecto que

cai, implicam juízos espaço-temporais que se unem intimamente na procura da intercepção de trajectórias, nos dois últimos casos, ou na tentativa de evitar essa intercepção, nos dois primeiros casos. Em qualquer das situações apresentadas, é solicitada a capacidade de AC.

O conhecimento de como se comportam sujeitos de diferente PM e de grupos etários distintos em relação à assimetria funcional na preparação da acção e na organização do movimento, em tarefas simples e complexas de AC com diferentes velocidades do estímulo, possibilita considerar estas variáveis em duas questões fundamentais: uma, diz respeito ao delineamento de programas de intervenção em que haja aprendizagem de habilidades motoras; a outra, reporta-se à selecção de tarefas prioritárias para cada idade em programas de actividades motoras orientados à manutenção da motricidade para pessoas em processo de envelhecimento.

Dada a quase ausência de estudos com tarefas deste tipo, no domínio da preparação da acção e da organização do movimento, bem como a falta de representatividade com a prevalência deste tipo de competências no dia-a-dia e na actividade desportiva em particular, a presente investigação procurou caracterizar as assimetrias funcionais manuais através de grupos etários distintos, tanto no controlo como na execução do movimento, comparando sujeitos de diferente PM. Mais precisamente, pretendeu-se verificar, em idades distintas, a habilidade das duas mãos para iniciar o movimento numa tarefa complexa de AC e a precisão da resposta motora numa tarefa simples de AC. A premissa foi a de que estas tarefas permitem exprimir diferentes processos relacionados com a PM ou envolvidos em outras possíveis formas de assimetrias funcionais hemisféricas.

Tendo em conta as evidências mais recentes sobre as questões relacionadas com a assimetria manual e com a performance em tarefas de AC ao longo da idade, construímos um conjunto de objectivos com o propósito de encontrar resultados que ajudem a contribuir para o progresso do conhecimento nos territórios conceptuais e experimentais no domínio das Ciências do Desporto.

Objectivo geral

Os estudos que compõem esta dissertação tiveram como objectivo geral contribuir para o conhecimento sobre a variação da assimetria manual em destrímanos e sinistrómanos de ambos os sexos pertencentes a vários grupos etários, na execução de tarefas simples e complexas de AC.

Objectivos específicos

Os objectivos específicos estão delineados nos propósitos dos artigos de revisão e dos artigos relativos aos estudos empíricos que compõem esta dissertação e são os seguintes:

- (i) Sintetizar o estado da arte no que concerne ao desenvolvimento da assimetria manual **(estudo 1 de revisão)**;
- (ii) Sintetizar o conhecimento actual sobre a capacidade de AC realçando a perspectiva do desenvolvimento **(estudo 2 de revisão)**.
- (iii) Investigar em crianças o efeito da complexidade da tarefa e do género na assimetria manual **(estudo 1 empírico)**;
- (iv) Averiguar a influência da PM e do género na assimetria manual durante a realização de uma tarefa simples de AC **(estudo 2 empírico)**;
- (v) Analisar, em cada grupo de PM, o efeito da velocidade do estímulo, do género e da mão de execução no desempenho de uma tarefa simples de AC **(estudo 3 empírico)**;
- (vi) Verificar os efeitos da PM e do género na assimetria manual numa tarefa complexa de AC **(estudo 4 empírico)**;
- (vii) Examinar o efeito da PM e da velocidade do estímulo na assimetria manual durante o planeamento e execução numa tarefa complexa de AC **(estudo 5 empírico)**;
- (viii) Pesquisar as diferenças relacionadas com a idade na assimetria manual em participantes idosos numa tarefa complexa de AC **(estudo 6 empírico)**.

Alguns destes estudos foram publicados (estudos empíricos 2 e 4) ou encontram-se no prelo (estudos 1 e 2 de revisão), outros encontram-se aceites para publicação com sugestões de pequena revisão no momento da entrega da presente dissertação (estudos empíricos 3 e 5) e outros foram submetidos a revistas com revisão entre pares (estudos empíricos 1 e 6).

Organização geral da dissertação

A estrutura da dissertação aproxima-se do modelo escandinavo. A elaboração dos estudos e a sua consequente submissão para publicação, para além de elevar o nível científico no domínio em questão, permite ainda a divulgação mais alargada e mais célere dos resultados.

Cinco capítulos compõem a presente dissertação:

No **capítulo I** é apresentada a introdução geral, que encerra uma breve contextualização teórica, a pertinência do estudo e os objectivos decorrentes. O **capítulo II** integra estudos de revisão, onde se apresentam dois estudos. O primeiro relativo ao desenvolvimento da PM e o segundo sobre a AC numa perspectiva de desenvolvimento.

O **capítulo III** comporta os estudos empíricos. O primeiro procura analisar a assimetria manual na realização de tarefas de AC de complexidade distinta em crianças destrímanas e sinistrómanas de ambos os géneros. O segundo pretende verificar em adolescentes o efeito da PM e do género na assimetria manual na realização de uma tarefa simples de AC. O terceiro averigua em adultos destrímanos e sinistrómanos, o efeito da velocidade do estímulo, do género e da mão de execução no desempenho de uma tarefa simples de AC. O quarto estudo investiga em adultos o efeito da PM e do género na performance de uma tarefa complexa de AC. O quinto estudo analisa em adultos o efeito da velocidade do estímulo na assimetria manual de destrímanos e sinistrómanos durante a realização de uma tarefa complexa. Por último, o sexto estudo averigua as assimetrias funcionais em idosos na realização de uma tarefa complexa de AC.

O **capítulo IV** apresenta um sumário das principais conclusões provenientes dos diferentes estudos e perspectiva algumas linhas de desenvolvimento para investigações futuras.

O **capítulo V** encerra a dissertação com os anexos, onde se expõe o questionário de PM utilizado ao longo de todos os estudos empíricos.

Todos os artigos que perfazem esta dissertação são apresentados em concordância com as normas das revistas para as quais foram submetidas. O Quadro 1 apresenta uma sinopse da estrutura adoptada neste documento, com os estudos realizados e os detalhes da sua publicação ou submissão.

Quadro 1: Sinopse da estrutura e conteúdos da presente dissertação.

Capítulo I	Introdução geral
Capítulo II	Estudos de revisão
Estudo 1	Rodrigues, P., Vasconcelos, O., Barreiros, J., (2010). Desenvolvimento da assimetria manual. <i>Revista Portuguesa de Ciências do Desporto</i> .10(1), p.... No prelo.
Estudo 2	Rodrigues, P., Vasconcelos, O. & Barreiros, J. (2010). Antecipação-coincidência: uma perspectiva de desenvolvimento. In O. Vasconcelos, M. Botelho, R. Corredeira, J. Barreiros & P. Rodrigues (Eds.) <i>Estudos em desenvolvimento motor da criança III</i> (pp 179-188). Faculdade de Desporto, Universidade do Porto.
Capítulo III	Estudos empíricos
Estudo 1	Rodrigues, P., Carneiro, S., Barreiros, J. & Vasconcelos, O. (2010). Preferência manual e assimetria funcional em antecipação-coincidência. Efeito da idade, do sexo e da complexidade da tarefa. Aceite para publicação na revista <i>Motricidade</i> com sugestão de pequena revisão no momento da entrega da presente tese.
Estudo 2	Rodrigues, P., Vasconcelos, O., Barreiros, J., Barbosa, R., & Trifílio, F. (2009). Functional asymmetry in a simple coincidence-anticipation task: effects of handedness. <i>European Journal of Sport Science</i> , 9(2), 115-123.
Estudo 3	Rodrigues, P., Lima, E., Vasconcelos, O., Barreiros, J., Botelho, M. (2010). Efeito da velocidade do estímulo numa tarefa de antecipação-coincidência em destrímanos e sinistrómanos. Aceite para publicação na <i>Revista Brasileira de Educação Física e Esporte</i> com sugestão de pequena revisão no momento da entrega da presente tese.
Estudo 4	Rodrigues, P., Vasconcelos, O., Barreiros, J., & Barbosa, R. (2009). Manual asymmetry in a complex coincidence-anticipation task: handedness and gender effects. <i>Laterality</i> , 14 (4), 395-412.
Estudo 5	Rodrigues, P., Barbosa, R., Carita, A.I., Barreiros, J. & Vasconcelos, O. (2010). Stimulus velocity effect in a complex interceptive task in right- and left-handers. Aceite para publicação na revista <i>European Journal of Sports Science</i> com sugestão de pequena revisão no momento da entrega da presente tese.
Estudo 6	Rodrigues, P., Silva, J., Carvalho, J., Barreiros, J. & Vasconcelos, O. (2010) Manual asymmetry in a complex coincidence-anticipation task of elderly people. Submetido à revista <i>Experimental Aging Research</i> .
Capítulo IV	Conclusões e Considerações finais
Capítulo V	Anexos

Referências Bibliográficas

- Amunts, K., Schlaug, G., Schleicher, A., Steinmetz, H., Dabringhaus, A., Roland, P. E., & Zilles, K. (1996). Asymmetry in the human motor cortex and handedness. *Neuroimage*, 4(3 Pt 1), 216-222.
- Annett, M. (1992). Spatial ability in subgroups of left- and right-handers. *British Journal of Psychology*, 83(4), 493-515.
- Belisle, J. (1963). Accuracy, reliability, and refractoriness in a coincidence-anticipation task. *Research Quarterly*, 34, 271-228 I.
- Benguigui, N., & Ripoll, H. (1998). Effects of tennis practice on the coincidence timing accuracy of adults and children. *Research Quarterly of Exercise and Sport*, 69(3), 217-223.
- Boulinguez, P., Velay, J. L., & Nougier, V. (2001). Manual asymmetries in reaching movement control. II: Study of left-handers. *Cortex*, 37(1), 123-138.
- Brown, S. G., Roy, E. A., Rohr, L. E. & Bryden, P. J.(2006). Using hand performance measures to predict handedness. *Laterality*, 11, 1, 1-14.
- Bryden, P. J. (1998). *The origins of manual asymmetries: What is revealed by pushing the limits of task difficulty*. Unpublished Doctoral thesis, University of Waterloo, Ontario, Canada.
- Bryden, P. J., & Roy, E. A. (1999). Spatial task demands affect the extent of manual asymmetries. *Laterality*, 4(1), 27-37.
- Coker, C. (2004). Bilateral symmetry in coincident timing: a preliminary investigation. *Perceptual and Motor Skills*, 98(1), 359-365.
- Corrêa, U. (2001). *Estrutura de prática e processo adaptativo na aquisição de habilidades motoras*. 2001. Dissertação (Doutor em Educação Física) - Escola de Educação Física e Esporte, Universidade de São Paulo, São Paulo.

- Freudenheim, A. M., & Tani, G. (1995). Efeitos da estrutura de prática variada na aprendizagem de uma tarefa de timing coincidente em crianças. *Revista Paulista de Educação Física*, 9(2), 30-44.
- Gill, D. M., Reddon, J. R., Stefanyk, W. O., & Hans, H. S. (1986). Finger tapping: effects of trials and sessions. *Perceptual and Motor Skills*, 62(2), 675-678.
- Haaland, K. Y., & Harrington, D. L. (1996). Hemispheric asymmetry of movement. *Current Opinion in Neurobiology*, 6(6), 796-800.
- Haywood, K. M. (1980). Coincidence-anticipation accuracy across the life span. *Experimental Aging Research*, 6(5), 451-462.
- Herve, P. Y., Crivello, F., Perchey, G., Mazoyer, B., & Tzourio-Mazoyer, N. (2006). Handedness and cerebral anatomical asymmetries in young adult males. *Neuroimage*, 29(4), 1066-1079.
- Hicks, R. E., & Kinsbourne, M. (1978). Lateralized concomitants of human handedness. *Journal of Motor Behavior*, 10(2), 83-94.
- Hoffmann, E. R. (1997). Movement time of right- and left-handers using their preferred and non-preferred hands. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 19(1), 49-57.
- Klöppel, S., Mangin, J.-F., Vongerichten, A., Frackowiak, R. S. J., & Siebner, H. R. (2010). Nurture versus Nature: long-term impact of forced right-handedness on structure of pericentral cortex and basal ganglia. *Journal of Neuroscience*, 30(9), 3271-3275.
- Klöppel, S., Vongerichten, A., Van Eimeren, T., Frackowiak, R. S. J., & Siebner, H. R. (2007). Can left-handedness be switched? Insights from an early switch of handwriting. *Journal of Neuroscience*, 27(29), 7847-7853.
- Maraj, B. K., Elliott, D., Lyons, J., Roy, E. A., & Winchester, T. (1998). Influence of spatial mapping on manual aiming asymmetries. *Perceptual and Motor Skills*, 86(3 Pt 1), 967-975.

- Pascual-Leone, A., & Torres, F. (1993). Plasticity of the sensorimotor cortex representation of the reading finger in Braille readers. *Brain*, 116 (Pt 1), 39-52.
- Payne, M. A. (1987). Impact of cultural pressures on self-reports of actual and approved hand use. *Neuropsychologia*, 25(1B), 247-258.
- Payne, V. G. (1987). Effects of angle stimulus approach on coincidence-anticipation timing performance. *Journal of Human Movement Studies*, 13, 383-390.
- Peters, M. (1995). Handedness and its relation to other indices of lateralization. In R. J. Davidson & K. Hugdahl (Eds.), *Brain Asymmetry*. Cambridge, MA.: M.I.T. Press.
- Pinheiro, J. P., & Corrêa, U. A. (2005). Desempenho em uma tarefa complexa de timing coincidente com desaceleração do estímulo visual em indivíduos de diferentes idades. *Revista Brasileira de Educação Física e Esporte*, 19(1), 61-70.
- Porac, C., Coren, S. (1981). *Laterality preferences and human behavior*. New York: Springer-Verlag.
- Provins, K. A. (1997). The specificity of motor skill and manual asymmetry: a review of the evidence and its implications. *Journal of Motor Behavior*, 29(2), 183-192.
- Rodrigues, P., Barbosa, R., Carita, A. I., Barreiros, J., & Vasconcelos, O. (in press). Stimulus velocity effect in a complex interceptive task in right- and left-handers.
- Rodrigues, P., Barreiros, J., Vasconcelos, O., & Barbosa, R. (2008). Manual asymmetries in movement timing control: effects of handedness. *Brazilian Journal of Motor Behavior*, 3(Suppl.), 62.
- Rodrigues, P., Freitas, C., Vasconcelos, O., & Barreiros, J. (2007). Preferência manual numa tarefa de antecipação-coincidência: efeitos da direcção do estímulo. *Revista Portuguesa de Ciências do Desporto*, 7(1), 109-115.

- Rousson, V., Gasser, T., Caflisch, J., & Jenni, O. G. (2009). Neuromotor performance of normally developing left-handed children and adolescents. *Human Movement Science, 28*(6), 809-817.
- Roy, E. A., & Elliott, D. (1986). Manual asymmetries in visually directed aiming. *Canadian Journal of Psychology, 40*(2), 109-121.
- Roy, E. A., Winchester, T., Elliott, D., & Carnahan, H. (1995). Manual asymmetries in visual aiming movements: The effect of spatial variability. *Journal of the International Neuropsychology Society, 1*, 133.
- Santos, S., & Tani, G. (1995). Tempo de reacção e a aprendizagem de uma tarefa de timing antecipatório em idosos. *Revista Paulista de Educação Física, 9*(1), 51-62.
- Siebner, H. R., Limmer, C., Peinemann, A., Drzezga, A., Bloem, B. R., Schwaiger, M., et al. (2002). Long-term consequences of switching handedness: a positron emission tomography study on handwriting in "converted" left-handers. *Journal of Neuroscience, 22*(7), 2816-2825.
- Stadulis, R. E. (1985). Coincidence-anticipation behavior of children. In J. E. Clark & J. H. Humphrey (Eds.), *Motor development* (Vol. 1, pp. 1-17): Princeton Book Company.
- Takeda, K., Shimoda, N., Sato, Y., Ogano, M., & Kato, H. (2010). Reaction time differences between left- and right-handers during mental rotation of hand pictures. *Laterality, 15*(4), 415-425.
- Tapley, S. M., & Bryden, M. P. (1985). A group test for the assessment of performance between the hands. *Neuropsychologia, 23*(2), 215-221.
- Teixeira, L. (1993). Interferência do contexto do desempenho de tarefas motoras sincronizatórias. *Revista Paulista de Educação Física, 2*(7), 17-24.
- Teixeira, L. A., & Paroli, R. (2000). Assimetrias laterais em acções motoras: preferência versus desempenho. *Motriz, 6*(1), 1-8.

- Triggs, W. J., Calvanio, R., Levine, M., Heaton, R. K., & Heilman, K. M. (2000). Predicting hand preference with performance on motor tasks. *Cortex*, 36(5), 679-689.
- Triggs, W. J., Subramaniam, B., & Rossi, F. (1999). Hand preference and transcranial magnetic stimulation asymmetry of cortical motor representation. *Brain Research*, 835(2), 324-329.
- Viviani, F. (2006). Insights on behavioural and educational pressures on laterality development in children. *Papers on Anthropology*, XV, 294-301.
- Volkman, J., Schnitzler, A., Witte, O. W., & Freund, H. (1998). Handedness and asymmetry of hand representation in human motor cortex. *Journal of Neurophysiology*, 79(4), 2149-2154.
- Williams, L., Jasiewicz, J., & Simmons, R. (2001). Coincidence timing of finger, arm, and whole body movements. *Perceptual and Motor Skills*, 92(2), 535-547.

Capítulo II

ESTUDOS DE REVISÃO

Estudo de Revisão – 1

Desenvolvimento da assimetria manual

Revista Portuguesa de Ciências do Desporto, 10(1),p....(no prelo)

Paula Rodrigues¹, Olga Vasconcelos¹, João Barreiros²

¹*Universidade do Porto, Faculdade de Desporto*

²*Universidade Técnica de Lisboa, Faculdade de Motricidade Humana*

Resumo

A reduzida tendência para a sinistralidade tem sido documentada em diversas culturas, em diferentes grupos com patologias identificadas, e em diferentes faixas etárias. Pela importância da funcionalidade manual torna-se pertinente compreender o desenvolvimento do comportamento assimétrico, quer ao nível da preferência quer da proficiência e funcionalidade. O presente ensaio consubstancia-se na descrição do desenvolvimento da preferência e proficiência manual relacionadas com a idade e com o género, e sua caracterização em condições patológicas. As evidências provenientes de vários estudos mostram que a assimetria manual é uma característica que, apesar de se estabelecer durante os primeiros anos de vida, continua a desenvolver-se ao longo da idade. O género, o estado neurológico do sujeito e o tipo de sociedade em que este está inserido são factores que parecem ter efeito no desenvolvimento da preferência manual e na consequente assimetria manual. Pode-se assim dizer que estas resultam de factores biológicos, sociais e culturais característicos de um determinado espaço geográfico e num período de tempo particular.

Palavras-chave: Preferência e Proficiência manuais; Idade; Género; Condições Patológicas

Abstract

The reduced tendency to be left handed has been documented in several cultures, in different groups, with identified pathologies, and with age. The importance of manual dexterity brings additional interest to the problem of the development of asymmetric behavior, either in preference and proficiency. This paper will describe the development of hand preference and proficiency related to age and gender, as well as some aspects of pathological conditions. Evidence from several studies show that manual asymmetry is a characteristic that, although it is set during the first years of life, continues to develop with age. Gender, neurological status, and social characteristics are factors that seem to play a role in the development of hand preference and in the

subsequent manual asymmetry. Hand preference and lateral dexterity stems from biological, social, and cultural factors, in a geographical context and in a particular time.

Keywords: Manual preference and proficiency; Age; Gender; Pathological conditions

Considerações preliminares

A escolha de uma mão em detrimento da outra é o reflexo mais evidente da assimetria no comportamento motor humano. As mãos expressam também diferentes funções na realização de tarefas manuais – uma mão assegura funções de suporte ou estabilização e a outra assume papel mais activo.

A tendência para a destrialidade e, em contraposição, a reduzida tendência para a sinistralidade, na maioria da população, têm sido vastamente estudadas e documentadas em diversas culturas, em grupos com patologias identificadas e em diferentes faixas etárias. Pela importância da funcionalidade manual torna-se pertinente compreender o desenvolvimento do comportamento assimétrico, quer ao nível da preferência quer da proficiência e funcionalidade. O objectivo do presente ensaio consubstancia-se na descrição do desenvolvimento da preferência e proficiência manuais relacionadas com a idade e com o género, e sua caracterização em condições patológicas.

Assimetrias manuais: da concepção aos primeiros 3 anos de vida

A tendência para a preferência manual direita, típica da população adulta, parece estar já presente no início da vida. Apesar da preferência manual não ser uma característica óbvia de crianças pequenas, tornando-se mais evidente com o início da escolaridade, podem observar-se algumas tendências de preferência mesmo antes do nascimento. As assimetrias posturais espontâneas de fetos e bebés recém-nascidos têm sido estudadas na perspectiva de explicação de tendências posteriores de desenvolvimento. Os resultados mostram que entre as 10 e as 12 semanas de vida já é possível observar movimentos lateralizados dos membros e cabeça e que a tendência

para a direita é predominante ⁽¹⁻³⁾. Alguns aspectos e tendências verificados durante o período pré-natal têm sido relacionados com características comportamentais pós-parto. Por exemplo, existe alguma indicação de que os fetos que sugaram o seu polegar direito durante a gestação, quando examinados entre o segundo e quarto dias após o seu nascimento, viravam a cabeça para o lado direito ⁽¹⁾. A preferência para o lado direito na sucção do polegar às 15 semanas de gestação também foi recentemente relacionada com a preferência manual direita aos 10-12 anos de idade ⁽⁴⁾. Porém, esta preferência estável para a direita não foi sempre evidente. De Vries et al. ⁽⁵⁾ observaram os contactos da mão com a face efectuados por fetos com idade gestacional entre 12 e 38 semanas relacionando-os com a posição preferencial da cabeça após o nascimento. Contudo, não foi possível suportar a associação entre contactos da mão e posição da cabeça na formação de uma sinergia ipsilateral estável e preferencial. Por outro lado, a posição da cabeça durante o período fetal e o virar da cabeça espontâneo logo após o nascimento foram relacionados com actividades manuais (manipulação e preferência) na infância ⁽⁶⁾.

A observação de recém-nascidos demonstra, do mesmo modo, uma variedade de tendências motoras laterais, nos contactos da mão com a face, na orientação da cabeça ^(7, 8), no reflexo de preensão ^(9, 10), no reflexo do caminhar ^(8, 11), ou no reflexo tónico assimétrico e contralateral do pescoço ⁽¹¹⁾. Porém, a maioria dos estudos observa as tendências laterais após o nascimento ao nível do tronco e membros superiores por serem um potencial indicativo da preferência manual adoptada posteriormente. Os estudos que focam as assimetrias laterais no reflexo do caminhar como indicativo da preferência lateral dos membros inferiores são muito menos frequentes e não revelam tendências assimétricas.

À medida que vão crescendo, os bebés mostram preferência manual em acções como apontar, agarrar e manipular objectos, traduzida pela frequência do uso de cada mão. A idade dos 3 anos parece constituir um marco no uso preferencial por uma das mãos, normalmente a direita ⁽¹²⁾. Alguns factores podem influenciar estas flutuações, tais como as mudanças no

desenvolvimento da organização e controlo dos movimentos do braço e mão, controlo postural, associação a comportamentos locomotores, ou a constrangimentos da tarefa. Não obstante, à medida que a idade avança torna-se notória a preferência consistente por um dos lados, com uma grande variabilidade no que diz respeito ao processo de desenvolvimento da preferência manual durante o primeiro ano de vida ⁽¹³⁻¹⁶⁾. Esta variabilidade pode ser real ou apresentar alguma contaminação metodológica, pela dificuldade de avaliação típica destas idades. Após os 12 meses, os autores são unânimes em considerar uma certa estabilidade ao nível dos comportamentos de preferência manual, sobretudo quando se trata da preferência sobre a mão direita, como acontece em cerca de 90% dos casos. As mudanças no desenvolvimento da preferência manual durante os primeiros anos de vida parecem estar associadas a reorganizações sucessivas do sistema locomotor, que ocorrem à medida que a criança aprende a sentar, gatinhar e andar, assim como às novas possibilidades de acção sobre o envolvimento. Como tal, o desenvolvimento da preferência manual afigura-se como altamente maleável e sensível a uma diversidade de novas experiências sensorio-motoras ^(17, 18), pelo que os primeiros movimentos assimétricos são muito flexíveis e sujeitos a uma oscilação e instabilidade antes de se estabelecerem numa determinada direcção. A determinação destas tendências é ainda insatisfatória, pela escassez de estudos longitudinais.

Existe alguma controvérsia sobre a idade de estabilização da preferência manual. Alguns autores defendem a idade dos 3 anos ⁽¹⁹⁾, outros dos 4 anos ⁽²⁰⁾ e outros ainda sugerem que, apesar da preferência manual estar estabelecida por volta dos 5 ou 6 anos, esta pode sofrer alterações até cerca dos 13 anos, fruto das pressões sociais ⁽²¹⁾. A consistência da preferência, difícil de medir com objectividade, parece aumentar com a idade, ao mesmo tempo que se fixa uma preferência definida.

Apesar de muitos estudos procurarem referenciar idades, com evidente efeito normativo, o próprio conceito de estabilidade é pouco preciso, o que pode reflectir-se no sentido das conclusões dos estudos.

Algumas investigações descrevem uma tendência para a direita mais elevada no sexo masculino comparativamente ao sexo feminino no que diz respeito à rotação da cabeça ^(7, 22) e à força de preensão palmar ⁽²³⁾, enquanto outras apresentam resultados contrários ^(24, 25). A tendência para uma preferência manual direita parece ser mais precoce no sexo feminino do que no masculino no que diz respeito ao comportamento de agarrar objectos ⁽²⁶⁾ o que sugere um desenvolvimento da lateralização cerebral mais precoce nas meninas do que nos meninos, hipotetizando a possibilidade deste resultado ser um precursor da assimetria mais acentuada nas mulheres adultas comparativamente aos homens.

Uma porção significativa de bebés recém-nascidos demonstra reflexos e movimentos espontâneos mais fortes e mais coordenados para o lado direito do corpo do que para o lado esquerdo. Porém, uma preferência para a esquerda superior ao normal tem sido observada consistentemente em prematuros ^(14, 27-30), em especial nos rapazes ^(27, 29). Outros factores relacionados com o bebé ou com o momento do parto têm sido ligados a uma percentagem elevada de preferência manual esquerda ou mista. Entre eles encontram-se, o baixo peso, ordem elevada de fratria, dificuldades respiratórias, trabalho de parto prolongado, tipo de parto (cesariana, uso de fórceps, apresentação pélvica), e incompatibilidade Rh ^(31, 32). Para além disso, alguns factores relacionados com a mãe, como idade precoce ou elevada da mãe no momento do nascimento do bebé, sintomas de depressão, ansiedade, consumo de drogas, tabaco ou álcool por parte da mãe durante a gravidez, podem influenciar a trajectória típica das assimetrias funcionais dos seus filhos, traduzindo-se numa maior prevalência de preferência manual mista ou para a esquerda ⁽³²⁻³⁴⁾. Estes resultados sugerem que as origens neuro-desenvolvimentais da preferência manual podem estar parcialmente ligadas ao ambiente químico a que o feto está exposto no útero, fomentado pelos vários factores de stress pré-natal mencionados anteriormente.

Assimetrias manuais: período pré-escolar e escolar

Os avanços no controle motor durante o período pré-escolar, os quais dependem tanto da maturação cerebral e física como do refinamento das competências através da experiência, permitem o estudo da preferência manual em acções como desenhar, cortar com uma tesoura, apanhar um objecto do chão, ou lançar um objecto a um alvo. Muitos estudos investigaram a preferência manual de crianças dos 3 aos 12 anos de idade na execução de várias acções como as descritas anteriormente (e.g. 35, 36) bem como, a assimetria manual em vários testes de performance (e.g. 37, 38). Merece ser realçado que, apesar das medidas de performance permitirem distinções precisas numa escala quantitativa, elas não são, em parte, acessíveis a crianças até à idade pré-escolar nem a crianças com perturbações do desenvolvimento ou limitações sensoriais, físicas e cognitivas. Os resultados dos estudos apontam para uma tendência das populações pré-escolar e escolar para uma preferência manual direita (39, 40), com uma percentagem de sinistrómanos semelhante à da população adulta (aproximadamente 10%). Porém, tal como na população adulta, essa tendência parece variar com a cultura onde está inserida a criança. Por exemplo, Fagard e Dahmen (41) verificaram que, entre os 5 e os 9 anos, 16.7% das crianças Francesas usam a mão esquerda na escrita, por comparação com 3.3% das crianças Tunisinas, e o estudo de Holder e Kateeba (42) registou, no Uganda, 4.8% de crianças sinistrómanas entre os 4 e os 19 anos.

Pode existir um forte efeito da cultura, tradições, tolerância e estereótipos comportamentais na tendência biológica para uma preferência determinada. Viviani (43) verificou, em crianças italianas entre os 5 e os 11 anos, que as do meio rural apresentavam percentagens significativamente inferiores de preferência manual esquerda (6.2%) relativamente às do meio urbano (20.1%).

No que diz respeito ao desenvolvimento da preferência manual neste período, os investigadores concordam que não é a direcção que muda com a idade (44, 45) mas sim a consistência (intensidade) da preferência manual (46, 47). Por exemplo, Bryden, Roy e Spence (46) verificaram que as crianças mais jovens

(entre os 3 e 5 anos) eram menos consistentes do que as mais velhas (a partir dos 7 anos) e do que os adultos. Também Greenwood et al. ⁽⁴⁸⁾ observaram, em 5000 crianças Irlandesas dos 3 aos 18 anos, que as mais novas e os rapazes demonstraram uma frequência e intensidade menos elevadas na tendência para a direita. Porém, Ounsted et al. ⁽⁴⁹⁾, num estudo longitudinal em que avaliaram 199 crianças aos 2, aos 4 e aos 7½ anos, verificaram que a preferência manual foi constante ao longo deste período. Das crianças destrímanas aos 7½ anos, mais de 70% demonstraram a mesma preferência manual manifestada aos 2 anos e 89% manteve a mesma preferência revelada aos 4 anos. Para as crianças sinistrómanas, os valores foram idênticos aos das destrímanas, ou seja 76% aos 2 anos e 86% aos 4 anos. No sentido de avaliar a consistência da preferência manual, McManus et al. ⁽⁵⁰⁾ verificaram, numa amostra de 314 crianças com idades de 3, 4, 5 e 7 anos, que a direcção da preferência parece estar determinada aos 3 anos, e que a consistência no uso da mão preferida aumentou ao longo do tempo, mais rapidamente nas crianças sinistrómanas. Estas parecem demonstrar uma preferência manual mais fraca do que as destrímanas aos 3 anos, mas de similar consistência aos 7 anos. Resultado semelhante com crianças sinistrómanas foi observado por Bryden e Mayer ⁽⁵¹⁾.

O aumento da consistência na preferência manual direita com a idade não tem ainda uma explicação clara. Presumivelmente poderá ser o resultado das interacções sociais e da adaptação a um mundo “orientado à direita”, mas poderá ser admitida uma regulação ao nível maturacional, que decorrerá mesmo na ausência de quaisquer influências do meio. Recentemente Dubois et al. ⁽⁵²⁾ observaram em bebés entre o primeiro e o quarto mês de vida marcadores estruturais de assimetrias hemisféricas, ou seja, diferenças inter-hemisféricas na proporção de neurónios no tracto cortico-espinal, sendo esta assimetria mais evidenciada para o lado esquerdo. Apesar de este estudo não clarificar se estas assimetrias estruturais são a causa ou consequência do desenvolvimento das assimetrias funcionais, os autores sugerem que esta organização neural está relacionada com o desenvolvimento posterior da lateralização funcional. Provavelmente será a interacção destes e de outros

factores alguns dos aspectos que actuam sinergicamente no sentido de intensificar o uso da mesma mão ao longo da vida.

O conhecimento sobre a assimetria manual, muito dependente das tarefas utilizadas, não reúne consensos fáceis. Enquanto em alguns estudos ^(e.g. 53, 54) não se observaram diferenças estatisticamente significativas ao longo da idade, em outros ^(e.g. 46, 55) verificou-se uma maior assimetria manual nos grupos mais jovens. Mas Bryden et al. ⁽⁴⁶⁾, por exemplo, verificaram, na tarefa motora *WatHand Cabinet Test*, que os sinistrómanos apresentavam maior variação do que os destrómanos nas assimetrias manuais ao longo da idade, e que as crianças mais jovens demonstravam um grau de lateralização mais fraco do que as crianças mais velhas e do que os adultos. Para além disso, tem sido observada uma assimetria funcional menos acentuada nos sinistrómanos ⁽⁵⁶⁾, facto que tem sido explicado pelo não uso da sua mão dominante em muitas tarefas da vida diária traduzido pela vivência num mundo destro.

Para além da idade, a lateralidade manual parece também estar de algum modo associada ao sexo. Enquanto alguns autores não documentam diferenças significativas entre raparigas e rapazes ^(e.g. 19, 57), outros observam uma percentagem superior de sinistrómanos no sexo masculino ^(e.g. 42, 58).

Em relação à consistência (intensidade) da preferência manual, existe uma incidência superior de ambidestralidade no sexo masculino ⁽⁵⁹⁾ enquanto o sexo feminino revela maior tendência para intensificar o uso da mão preferida, no caso de esta ser a direita. De acordo com alguns autores ^(e.g. 60, 61), a intensificação superior no sexo feminino, relativamente ao masculino, deve-se à maior pressão cultural a que as mulheres estão sujeitas desde muito novas. A confirmar este facto, Porac e Coren ⁽⁶²⁾ observaram uma taxa superior de sucesso no sexo feminino relativamente à mudança para uma preferência manual direita.

No que respeita à performance, alguns estudos reportam diferenças entre os sexos no grau de assimetria manual, sendo o sexo feminino mais fortemente lateralizado do que o masculino no desempenho de algumas tarefas motoras ^(63, 64). Pedersen et al. ⁽⁶⁴⁾, por exemplo, avaliaram 112 crianças com idades

compreendidas entre os 7 e os 9 anos, utilizando duas tarefas do *Movement Assessement Battery for Children* (atirar pequenas bolas e fazer um jogo de encaixe simples). O estudo pretendeu avaliar as diferenças entre os sexos nas habilidades manuais. Os resultados revelaram que, na tarefa das bolas, o sexo feminino mostrou ser mais assimétrico, enquanto na tarefa de encaixe, não se verificaram diferenças entre os sexos. Os autores sugeriram que as diferenças entre os sexos, a existirem, parecem ser específicas de algumas tarefas, o que reforça o papel de eventuais condicionamentos sociais na expressão de preferências laterais. A especificidade da tarefa no que diz respeito à assimetria manual e sua relação com as diferenças entre os sexos foram também corroboradas por outros autores ^(65, 66).

Algumas condições atípicas, como o autismo ^(e.g. 67), a esquizofrenia ^(e.g. 68), as doenças do sistema imunitário ^(e.g. 69) ou desordens desenvolvimentais ^(e.g. 70, 71) têm sido associadas a padrões atípicos de lateralização. O modelo patológico, sugerido por Satz et al. ⁽⁷²⁾, postula que a preferência manual esquerda é determinada tanto geneticamente, resultando numa preferência manual esquerda natural, como patologicamente. Do ponto de vista dos autores, o segundo caso é consequência de danos cerebrais prematuros, tendo-se baseado, para esta sugestão, na observação de um elevado número de sinistrómanos em sujeitos com danos cerebrais ou com suspeita da existência desses danos. Porém, parece que é a ausência de uma tendência lateral ou uma assimetria menos acentuada para a direita que caracteriza estas populações patológicas, ao invés de uma percentagem mais elevada de sinistrómanos bem lateralizados ^(e.g. 73, 74). Recentemente este assunto tem suscitado interesse, talvez pela exuberância de estudos associados às desordens coordenativas na criança ^(para uma revisão exaustiva sobre este assunto ver 75).

Assimetrias manuais: adultos e idosos

As tendências manuais em adultos são, tal como em crianças em idade escolar, analisadas em relação à preferência (a auto-definição, os questionários e as tarefas motoras unilaterais) e à proficiência (testes de

performance). No entanto, Peters ⁽⁷⁶⁾ recomenda que, em idades superiores a 40 anos, os sujeitos não devam ser inquiridos sobre a sua preferência manual com base apenas na mão usada na escrita. Esta recomendação baseia-se na pressão social a que possam ter estado sujeitos no caso de uma preferência inicial pelo uso da mão esquerda, sendo vários os estudos que justificam o cuidado desta advertência (e.g. 77, 78). É importante referir que, apesar da diminuição da pressão social sobre o uso da mão esquerda, assiste-se ainda a alguma estigmatização quando esta é a preferida em detrimento da direita para as várias tarefas da vida diária, entre as quais se destaca claramente a escrita (43, 48).

Os estudos que analisaram a preferência manual ao longo da vida demonstraram que a percentagem de sinistrómanos diminui com o avançar da idade, sendo drasticamente sub-representada nos idosos ⁽⁷⁹⁻⁸²⁾. Por exemplo, Bryden, Bulman-Fleming e MacDonald ⁽⁸⁰⁾ descreveram, numa amostra de três gerações, uma percentagem de sinistrómanos de 1.9% nos indivíduos com idade superior a 64 anos, de 8.6% com idades compreendidas entre os 35 e os 54 anos, e de 19.8% com idades entre os 20 e os 29 anos. O aumento da percentagem de sinistrómanos nas gerações mais jovens tem sido atribuído a várias causas, entre as quais um relaxamento das atitudes sociais e uma maior permissão face ao uso da mão esquerda como mão preferida ^(83, 84). Também as hipóteses de acumulação de pressões num mundo construído para destrímanos ⁽⁶⁰⁾, ou uma expectativa de vida mais reduzida nos sinistrómanos, devido a uma incidência mais elevada de morte não natural ^(85, 86), têm merecido alguma atenção.

Coren e Halpern ⁽⁸⁵⁾ agregaram as várias explicações para o declínio da preferência manual esquerda com a idade em duas grandes hipóteses: a hipótese da eliminação e a hipótese da modificação. A primeira sugere que os sinistrómanos encontram mais dificuldades ao nível físico por viverem num mundo destro, estando, por conseguinte, mais sujeitos a sofrerem acidentes e, para além disso, mais propensos a riscos relacionados com a saúde tendo, portanto, um tempo de vida mais curto. A segunda hipótese, a da modificação, expressa que as pressões para modificar os comportamentos da preferência

manual diferem entre gerações, sendo mais flexíveis actualmente. Ou seja, a hipótese da eliminação remete para factores mais biológicos, enquanto a da modificação sugere factores mais sociais e históricos.

A hipótese da eliminação tem demonstrado resultados contraditórios. Enquanto alguns estudos não a confirmam ^(87, 88), apresentando até resultados contrários, indicando uma vantagem não significativa de sobrevivência mais elevada nos sinistrómanos ^(e.g. 87), outros relatam uma frequência mais elevada nos sinistrómanos de acidentes ⁽⁸⁹⁾, de ferimentos acidentais ^(90, 91), de quedas ^(92, 93) e, mais recentemente, de doenças cardíacas ⁽⁹⁴⁾, aumentando a vulnerabilidade à morte acidental.

Por outro lado, investigações que utilizaram um critério de classificação da preferência manual mais abrangente (não considerando apenas a classificação dicotómica, em sinistrómanos e destrímanos, mas um critério com base na consistência, isto é, na intensidade da preferência, para além da direcção) observaram serem os sinistrómanos não consistentes (menos lateralizados), relativamente aos outros grupos, os mais propícios a um risco mais acentuado de morte prematura ⁽⁹⁵⁾ e de acidentes ⁽⁹³⁾.

A hipótese da modificação sustenta que a maior ou menor pressão exercida pelas sociedades e culturas sobre os sinistrómanos resulta numa modificação dos seus comportamentos constringendo-os a agir como destrímanos, facto confirmado por alguns estudos ^(77, 96) e contestado por outros ⁽⁹⁷⁾. Porém, esta hipótese não explica completamente a reduzida incidência de sinistrómanos em indivíduos idosos, uma vez que as tentativas para mudar o uso da mão são muito específicas a determinadas tarefas, tais como comer e escrever e, mesmo quando efectivas, essas mudanças não tendem a produzir um efeito generalizado ^(61, 98).

Dos diversos estudos apresentados conclui-se que as duas hipóteses não são mutuamente exclusivas. Contudo, o debate está longe de terminar, permanecendo ainda por desvendar a verdadeira razão da reduzida prevalência de sinistrómanos na população mais idosa.

A intensidade da preferência manual ao longo da idade também tem sido objecto de investigação ^(99, 100). Teixeira ⁽¹⁰⁰⁾, por exemplo, analisou este aspecto em destrímanos divididos em três grupos (20, 40 e 60 anos), tendo detectado um efeito significativo através dos grupos de idade, nomeadamente no que respeita à comparação entre o grupo com 60 anos e o grupo com 20 anos. De igual forma, num trabalho não publicado, Rodrigues, Lamboglia, Cabral, Barreiros e Vasconcelos ⁽¹⁰¹⁾ analisaram a intensidade da preferência manual em 1977 destrímanos e sinistrómanos, de ambos os sexos, distribuídos por cinco grupos de idade (6-11 anos, 12-18 anos, 19-33 anos e 56-95 anos). Os resultados demonstraram diferenças significativas entre os grupos. Porém, o efeito da idade não foi similar em sinistrómanos e destrímanos. Nestes últimos, verificou-se que as crianças exibiram um grau de preferência mais fraco do que os outros grupos de idade, sendo o grupo dos idosos o mais fortemente lateralizado. Este padrão não foi evidente nos sinistrómanos, onde apenas o grupo de adolescentes diferiu significativamente dos outros grupos, demonstrando uma fraca lateralização. É de salientar, contudo, que apesar dos outros grupos não diferirem entre si significativamente, os adultos demonstraram uma lateralização mais acentuada, seguida das crianças e dos idosos. Os resultados obtidos no grupo dos destrímanos parecem corroborar os efeitos da prática e da experiência, relacionados com um ambiente que favorece o uso da mão direita. Estes factores têm sido apontados como determinantes no aumento da intensidade da preferência manual ao longo da idade. Esta justificação não se aplica, no entanto, aos resultados observados nos grupos de sinistrómanos, os quais não revelaram uma tendência clara com a idade.

No que respeita ao efeito da idade na proficiência manual, não há consenso entre os estudos. Assim, enquanto algumas investigações reportam uma diminuição da assimetria manual com o avançar da idade ^(e.g. 102, 103), outros mencionam que a assimetria permanece inalterada com a idade ^(e.g. 38, 104) e, outros ainda, que a assimetria manual ao longo da idade depende do tipo de tarefas usadas bem como da sua complexidade ^(e.g. 100, 105). As alterações na assimetria manual com a idade têm sido frequentemente apontadas como uma

adaptação compensatória às mudanças do processamento neural relacionadas com a idade. Duas hipóteses têm sido propostas para explicar este aspecto: a hipótese diferencial da idade ⁽¹⁰⁶⁾ e a hipótese da redução da assimetria hemisférica em idosos ⁽¹⁰⁷⁾. De acordo com a primeira hipótese, com o avançar da idade assiste-se a um declínio mais acentuado das funções do hemisfério direito relativamente ao hemisfério esquerdo. A segunda hipótese propõe que o envelhecimento conduz a um padrão simétrico bilateral das funções hemisféricas. Estas duas hipóteses foram testadas por Hausmann, Gunturkun e Corballis ⁽¹⁰⁸⁾ em tarefas que exigiam processamento específico de cada hemisfério. Os resultados demonstraram que as mudanças nas assimetrias hemisféricas relativas à idade são diferentes para tarefas com processamento específico do hemisfério direito e do esquerdo, não suportando nenhuma das hipóteses. Por conseguinte, a inconsistência dos resultados dos estudos atrás mencionados pode estar relacionada com o tipo de tarefa.

No que diz respeito ao efeito do sexo na preferência manual em adultos e idosos, os resultados, tal como nos outros momentos descritos, também se apresentam inconclusivos. Enquanto alguns estudos documentam a ausência de diferenças significativas entre sexos ^(109, 110), outros observaram uma percentagem de homens sinistrómanos superior à de mulheres ^(82, 111). Um estudo recente de meta-análise sobre esta questão, efectuado por Sommer et al. ⁽¹¹²⁾, confirmou esta tendência. A explicação que admite mais consenso, nesta linha de pesquisa que sugere uma maior percentagem de homens sinistrómanos relativamente às mulheres sinistrómanas, é a de que os homens são, por um lado, menos sujeitos às pressões culturais e, por outro, mais resistentes a essas pressões no sentido da mudança para uma preferência manual direita ^(48, 113). Contudo, outras explicações têm sido apresentadas, nomeadamente as relacionadas com a contribuição genética ^(114, 115), as quais postulam que a expressão do gene que contribui para a preferência manual para a direita é mais acentuada no sexo feminino do que no sexo masculino. Esta relação parece ser corroborada por estudos cujos resultados revelaram uma associação entre os cromossomas sexuais e a preferência manual, ou seja, o gene associado com a preferência manual parece estar localizado no

cromossoma X ^(116, 117). Como os genes recessivos no cromossoma X são expressos mais frequentemente no sexo masculino do que no sexo feminino, esta explicação pode considerar-se plausível no que diz respeito à maior frequência de indivíduos do sexo masculino com preferência manual esquerda.

Por fim, temos as interpretações relativas à contribuição hormonal ⁽¹¹⁸⁾, sugerindo que os níveis de testosterona, mais elevados no sexo masculino comparativamente ao feminino, contribuem para o desenvolvimento da lateralização cerebral, podendo induzir um atraso no desenvolvimento do hemisfério esquerdo e, conseqüentemente, resultar numa expressão manual direita menos pronunciada nos homens. Contudo, embora alguns estudos efectuados sobre a relação entre a exposição no útero a hormonas esteróides e a prevalência de uma preferência manual não destra pareçam corroborar esta teoria ^(119, 120), uma meta-análise realizada recentemente aponta para resultados contrários ⁽¹²¹⁾.

No que respeita às medidas de performance, têm sido documentadas por vários autores diferenças significativas entre os sexos, com os homens menos lateralizados do que as mulheres na assimetria motora funcional ^(38, 122). Contudo, há relatos de outros estudos onde não se observaram diferenças significativas entre os sexos nesta variável ⁽¹²³⁻¹²⁵⁾. Não obstante, apesar das diferenças não se revelarem significativas em relação à assimetria manual, Lissek et al. ⁽¹²³⁾ observaram diferenças na activação cerebral durante a realização da tarefa motora, sendo que o sexo feminino demonstrou uma activação cortical mais bilateral do que o sexo masculino. A natureza da tarefa bem como a organização cerebral distinta em ambos os sexos têm sido apontadas como os principais factores que contribuem para esta discrepância de resultados ^(112, 124).

Na população adulta também se tem estudado a relação da preferência manual esquerda ou mista com patologias. Existem estudos associando a preferência manual esquerda a condições físicas e mentais, tais como, apneia do sono ⁽¹²⁶⁾, asma ⁽¹²⁷⁾, doença de Alzheimer ⁽¹²⁸⁾, síndrome de Williams-Beuren ⁽¹²⁹⁾, psicose ⁽¹³⁰⁾, esquizofrenia ⁽¹³¹⁾. Os danos no hemisfério esquerdo relacionados

com as patologias são apontados pelos autores como possível causa da frequência mais elevada de sinistrómanos nestes grupos.

Conclusão

As evidências provenientes de vários estudos mostram que as assimetrias manuais variam ao longo do desenvolvimento, com um faseamento algo previsível, mas com algumas incoerências ainda por explicar. O sexo, o estado neurológico do sujeito e o tipo de sociedade em que este está inserido são factores que parecem interferir no desenvolvimento da preferência manual e na consequente assimetria manual. Pode-se assim dizer que a assimetria resulta de factores biológicos, sociais e culturais característicos de um determinado espaço geográfico e de uma contextualização histórica e cultural. Para além disso, deve referir-se que existe grande variabilidade de metodologias e procedimentos (no que respeita ao número e tipo de instrumentos aplicados para a classificação da preferência manual, ao próprio critério de classificação dos grupos de preferência manual e ao tipo de testes de avaliação da proficiência manual que permitem ajuizar a consequente assimetria funcional). Existem ainda as diferenças amostrais entre estudos, nomeadamente ao nível sócio-cultural, como foi referido. Todas estas questões dificultam a comparação dos resultados. Consequentemente, a posição teórica de cada autor e a sua predileção por um método ou por outro, resultam numa diversidade de nuances sobre a conclusão mais geral mas inquestionável de que a preferência manual, a proficiência manual e a consequente assimetria manual variam e sofrem oscilações ao longo do desenvolvimento do sujeito.

Referências bibliográficas

1. Hepper PG, Shahidullah S, White R (1991). Handedness in the human fetus. *Neuropsychologia* 29(11): 1107-11.
2. Ververs IA, de Vries JI, van Geijn HP, Hopkins B (1994). Prenatal head position from 12-38 weeks. II. The effects of fetal orientation and placental localization. *Early Hum Dev* 39(2): 93-100.

3. McCartney G, Hepper P (1999). Development of lateralized behaviour in the human fetus from 12 to 27 weeks' gestation. *Dev Med Child Neurol* 41(2): 83-6.
4. Hepper PG, Wells DL, Lynch C (2005). Prenatal thumb sucking is related to postnatal handedness. *Neuropsychologia* 43(3): 313-5.
5. de Vries JI, Wimmers RH, Ververs IA, Hopkins B, Savelsbergh GJ, van Geijn HP (2001). Fetal handedness and head position preference: a developmental study. *Dev Psychobiol* 39(3): 171-8.
6. Tachibana H, Iwasa S (2001). [Relationships among the position in the fetal period, head-turning during three days after birth, and hand activity in infancy]. *Shinrigaku Kenkyu* 72(3): 177-85.
7. Beuter CR, Pedroso FS, Mazetto RC, Santos CT, Rossi AG (2007). Association between dynamic asymmetry of the newborn's head and intrauterine factors. *Arq Neuropsiquiatr* 65(2A): 218-21.
8. Domellof E, Hopkins B, Ronnqvist L (2005). Upper and lower body functional asymmetries in the newborn: do they have the same lateral biases? *Dev Psychobiol* 46(2): 133-40.
9. Tan U, Tan M (1999). Incidences of asymmetries for the palmar grasp reflex in neonates and hand preference in adults. *Neuroreport* 10(16): 3253-6.
10. Thompson AM, Smart JL (1993). A prospective study of the development of laterality: neonatal laterality in relation to perinatal factors and maternal behavior. *Cortex* 29(4): 649-59.
11. McCormick CM, Maurer DM (1988). Unimanual hand preferences in 6-month-olds: consistency and relation to familial-handedness. *Infant Behav Dev* 11(1): 21-29.
12. Hinojosa T, Sheu CF, Michel GF (2003). Infant hand-use preferences for grasping objects contributes to the development of a hand-use preference for manipulating objects. *Dev Psychobiol* 43(4): 328-34.

13. Michel GF, Tyler AN, Ferre C, Sheu CF (2006). The manifestation of infant hand-use preferences when reaching for objects during the seven--to thirteen-month age period. *Dev Psychobiol* 48(6): 436-43.
14. Ronnqvist L, Domellof E (2006). Quantitative assessment of right and left reaching movements in infants: a longitudinal study from 6 to 36 months. *Dev Psychobiol* 48(6): 444-59.
15. Stroganova TA, Pushina NP, Orekhova EV, Posikera IN, Tsetlin MM (2004). [Functional brain asymmetry and individual differences in hand preference in early ontogenesis]. *Fiziol Cheloveka* 30(1): 20-30.
16. Rice T, Plomin R, De Fries JC (1984). Development of hand preference in the Colorado Adoption Project. *Percept Mot Skills* 58(3): 683-9.
17. Corbetta D, Williams J, Snapp-Childs W (2006). Plasticity in the development of handedness: evidence from normal development and early asymmetric brain injury. *Dev Psychobiol* 48(6): 460-71.
18. Corbetta D, Thelen E (1999). Lateral biases and fluctuations in infants' spontaneous arm movements and reaching. *Dev Psychobiol* 34(4): 237-55.
19. Longoni AM, Orsini L (1988). Lateral preferences in preschool children: a research note. *J Child Psychol Psychiatry* 29(4): 533-9.
20. Teixeira LA, Gasparetto ER (2002). Lateral asymmetries in the development of the overarm throw. *J Mot Behav* 34(2): 151-160.
21. Ozturk C, Durmazlar N, Ural B, Karaagaoglu E, Yalaz K, Anlar B (1999). Hand and eye preference in normal preschool children. *Clin Pediatr (Phila)* 38(11): 677-80.
22. Ronnqvist L, Hopkins B (1998). Head position preference in the human newborn: a new look. *Child Dev* 69(1): 13-23.
23. Tan U, Tan M (2001). Testosterone and grasp-reflex differences in human neonates. *Laterality* 6(2): 181-192.

24. Tan U (2000). Grasp-reflex in Human Neonates: Distribution, Sex Difference, Familial Sinistrality, and Testosterone. *Side Bias: A Neuropsychological Perspective*. In MK Mandal, MB Bulman-Fleming, G Tiwari. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 63-82.
25. Tan U, Ors R, Kurkcuoglu M, Kutlu N, Cankaya A (1992). Lateralization of the grasp reflex in male and female human newborns. *Int J Neurosci* 62(3-4): 155-63.
26. Humphrey D, Humphrey G (1987). Sex differences in infant reaching. *Neuropsychologia* 25(6): 971-975.
27. Grattan MP, Nelson MN, White-Traut RC, Vasan U, Gu GG, Littau S (2005). Sex differences in high-risk premature infants' asymmetric movement development. *Phys Occup Ther Pediatr* 25(4): 5-28.
28. O'Callaghan MJ, Burn YR, Mohay HA, Rogers Y, Tudehope DI (1993). The prevalence and origins of left hand preference in high risk infants, and its implications for intellectual, motor and behavioural performance at four and six years. *Cortex* 29(4): 617-27.
29. Samsom JF, de Groot L, Cranendonk A, Bezemer D, Lafeber HN, Fetter WP (2002). Neuromotor function and school performance in 7-year-old children born as high-risk preterm infants. *J Child Neurol* 17(5): 325-32.
30. Ross G, Lipper E, Auld PA (1992). Hand preference, prematurity and developmental outcome at school age. *Neuropsychologia* 30(5): 483-94.
31. McKeever WF, Suter PJ, Rich DA (1995). Maternal age and parity correlates of handedness: gender, but no parental handedness modulation of effects. *Cortex* 31(3): 543-53.
32. Bailey LM, McKeever WF (2004). A large-scale study of handedness and pregnancy/birth risk events: implications for genetic theories of handedness. *Laterality* 9(2): 175-88.
33. Rodriguez A, Waldenstrom U (2008). Fetal origins of child non-right-handedness and mental health. *J Child Psychol Psychiatry* 49(9): 967-76.

34. Glover V, O'Connor TG, Heron J, Golding J (2004). Antenatal maternal anxiety is linked with atypical handedness in the child. *Early Hum Dev* 79(2): 107-18.
35. Giagazoglou P, Fotiadou E, Angelopoulou N, Tsikoulas J, Tsimaras V (2001). Gross and fine motor skills of left-handed preschool children. *Percept Mot Skills* 92(3 Pt 2): 1122-8.
36. Bryden PJ, Roy EA (2005). Unimanual performance across the age span. *Brain Cogn* 57(1): 26-9.
37. Doyen AL, Dufour T, Caroff X, Cherfouh A, Carlier M (2008). Hand preference and hand performance: cross-sectional developmental trends and family resemblance in degree of laterality. *Laterality* 13(2): 179-97.
38. Gabbard C, Helbig CR (2004). What drives children's limb selection for reaching in hemispace? *Exp Brain Res* 156(3): 325-32.
39. Mahone EM, Wodka EL, Hiemenz JR (2006). Hand and eye preference and their association with task approach by preschoolers. *Percept Mot Skills* 102(3): 691-702.
40. Fagard J, Dahmen R (2004). Cultural influences on the development of lateral preferences: a comparison between French and Tunisian children. *Laterality* 9(1): 67-78.
41. Holder MK, Kateeba D (2004). Hand preference survey of 5136 school children in Western Uganda. *Laterality* 9(2): 201-7.
42. Viviani F (2006). Insights on behavioural and educational pressures on laterality development in children. *Papers on Anthropology XV*: 294-301.
43. Cavill S, Bryden P (2003). Development of handedness: comparison of questionnaire and performance-based measures of preference. *Brain Cogn* 53(2): 149-51.
44. Annett M (2004). Hand preference observed in large healthy samples: classification, norms and interpretations of increased non-right-handedness by the right shift theory. *Br J Psychol* 95(Pt 3): 339-53.

45. Bryden PJ, Roy EA, Spence J (2007). An observational method of assessing handedness in children and adults. *Dev Neuropsychol* 32(3): 825-46.
46. Singh M, Manjary M, Dellatolas G (2001). Lateral preferences among indian school children. *Cortex* 37(2): 231-41.
47. Greenwood JG, Greenwood JJ, McCullagh JF, Beggs J, Murphy CA (2007). A survey of sidedness in Northern Irish schoolchildren: the interaction of sex, age, and task. *Laterality* 12(1): 1-18.
48. Ounsted M, Cockburn J, Moar VA (1985). Hand preference: its provenance, development, and associations with intellectual ability at the age of 7.5 years. *J Dev Behav Pediatr* 6(2): 76-80.
49. McManus C, Sik G, Cole DR, Mellon AF, Wong J, Kloss J (1988). The development of handedness in children. *Br J Dev Psychol* 6: 257-273.
50. Bryden MP, Mayer M (2008). Hand preference and performance abilities in children and adults. *Brain Cogn* 67(supplement 1): S15.
51. Dubois J, Hertz-Pannier L, Cachia A, Mangin JF, Le Bihan D, Dehaene-Lambertz G (2009). Structural asymmetries in the infant language and sensori-motor networks. *Cereb Cortex* 19(2): 414-23.
52. Dellatolas G, De Agostini M, Curt F, Kremin H, Letierce A, Maccario J, Lellouch J (2003). Manual skill, hand skill asymmetry, and cognitive performances in young children. *Laterality* 8(4): 317-38.
53. Nunes G, Braga LW, Rossi L, Lawisch VL, Nunes LG, Dellatolas G (2008). Hand skill assessment with a reduced version of the Peg Moving Task (PMT-5) in children: normative data and application in children with cerebral palsy. *Arch Clin Neuropsychol* 23(1): 87-101.
54. Roy EA, Bryden P, Cavill S (2003). Hand differences in pegboard performance through development. *Brain Cogn* 53(2): 315-7.

55. Bryden PJ, Roy EA, Spence J (2007). An observational method of assessing handedness in children and adults. *Dev Neuropsychol* 32(3): 825-46.
56. Rousson V, Gasser T, Caflisch J, Jenni OG (2009). Neuromotor performance of normally developing left-handed children and adolescents. *Hum Mov Sci* 28(6): 809-817.
57. Fernandes D (2004). *A mão, a preferência manual e a proficiência manual do idoso: estudo em idosos frequentadores de Centros de Dia*. Porto: D. Fernandes. Dissertação de mestrado apresentada à Faculdade de Desporto da Universidade do Porto.
58. Faurie C, Vianey-Liaud N, Raymond M (2006). Do left-handed children have advantages regarding school performance and leadership skills? *Laterality* 11(1): 57-70.
59. Annett M, Kilshaw D (1983). Right- and left-hand skill II: Estimating the parameters of the distribution of L-R differences in males and females. *Br J Psychol* 74 (Pt 2): 269-83.
60. Porac C, Coren S (1981). *Lateral preferences and human behavior*. New York, Springer-Verlag.
61. Porac C (1996). Attempts to switch the writing hand: relationships to age and side of hand preference. *Laterality* 1(1): 35-44.
62. Porac C, Coren S, Searleman A (1986). Environmental factors in hand preference formation: evidence from attempts to switch the preferred hand. *Behav Genet* 16(2): 251-61.
63. Annett M (2002). *Handedness and Brain Assymetry: the right shift theory*. Hove, UK, Psychology Press.
64. Pedersen AV, Sigmundsson H, Whiting HT, Ingvaldsen RP (2003). Sex differences in lateralisation of fine manual skills in children. *Exp Brain Res* 149(2): 249-51.

65. Largo RH, Fischer JE, Rousson V (2003). Neuromotor development from kindergarten age to adolescence: developmental course and variability. *Swiss Med Wkly* 133(13-14): 193-9.
66. Dorfberger S, Adi-Japha E, Karni A (2009). Sex differences in motor performance and motor learning in children and adolescents: an increasing male advantage in motor learning and consolidation phase gains. *Behav Brain Res* 198(1): 165-71.
67. Hauck JA, Dewey D (2001). Hand preference and motor functioning in children with autism. *J Autism Dev Disord* 31(3): 265-77.
68. Collinson SL, Phillips TJ, James AC, Qusted DJ, Crow TJ (2004). Is lateral bias anomalous in early-onset schizophrenia? Selected comparisons with normal populations. *Psychiatry Res* 125(3): 219-24.
69. Preti A, Lai A, Serra M, Zurrada GG (2008). Mixed handedness prevails among children and adolescents with infantile asthma and diabetes. *Pediatr Allergy Immunol*.
70. Cairney J, Schmidt LA, Veldhuizen S, Kurdyak P, Hay J, Faught BE (2008). Left-Handedness and Developmental Coordination Disorder. *Can J Psychiatry* 53(10): 696-699.
71. Goez H, Zelnik N (2008). Handedness in patients with developmental coordination disorder. *J Child Neurol* 23(2): 151-4.
72. Satz P, Orsini DL, Saslow E, Henry R (1985). The pathological left-handedness syndrome. *Brain Cogn* 4(1): 27-46.
73. Leconte P, Fagard J (2006). Lateral preferences in children with intellectual deficiency of idiopathic origin. *Dev Psychobiol* 48(6): 492-500.
74. Van Strien JW, Lagers-Van Haselen GC, Van Hagen JM, De Coo IF, Frens MA, Van Der Geest JN (2005). Increased prevalences of left-handedness and left-eye sighting dominance in individuals with Williams-Beuren syndrome. *J Clin Exp Neuropsychol* 27(8): 967-76.

75. Vasconcelos O, Rodrigues P, Barreiros J, Jacobsohn L (2009). Laterality, developmental coordination disorders and posture. *Estudos em desenvolvimento motor II* In LP Rodrigues, L Saraiva, J Barreiros, O Vasconcelos. Viana do Castelo: Escola Superior de Educação, Instituto Politécnico de Viana do Castelo, 19-26.
76. Peters M (1998). Description and validation of a flexible and broadly usable handedness questionnaire. *Laterality* 3(1): 77-96.
77. Coude FX, Mignot C, Lyonnet S, Munnich A (2006). Discontinuity in the fall of left-handedness in a French population: a May '68 effect? *Laterality* 11(1): 33-5.
78. Searleman A, Porac C (2003). Lateral preference profiles and right shift attempt histories of consistent and inconsistent left-handers. *Brain Cogn* 52(2): 175-80.
79. Van der Elst W, Van Boxtel MP, Van Breukelen GJ, Jolles J (2008). Is left-handedness associated with a more pronounced age-related cognitive decline? *Laterality* 13(3): 234-54.
80. Bryden PJ, Bulman-Fleming B, MacDonald V (1996). The measurement of handedness and its relation to neuropsychological issues. *Manual asymmetries in motor performance*. In D Elliot, E Roy. Florida: CRC Press, 57-76.
81. Siengthai B, Kritz-Silverstein D, Barrett-Connor E (2008). Handedness and cognitive function in older men and women: a comparison of methods. *J Nutr Health Aging* 12(9): 641-7.
82. Suar D, Mandal MK, Misra I, Suman S (2007). Lifespan trends of side bias in India. *Laterality* 12(4): 302-20.
83. Porac C, Coren S, Duncan P (1980). Life-span age trends in laterality. *J Gerontol* 35(5): 715-21.
84. Beukelaar LJ, Kroonenberg PM (1986). Changes over time in the relationship between hand preference and writing hand among left-handers. *Neuropsychologia* 24(2): 301-3.

85. Coren S, Halpern DF (1991). Left-handedness: a marker for decreased survival fitness. *Psychol Bull* 109(1): 90-106.
86. Persson PG, Allebeck P (1994). Do left-handers have increased mortality? *Epidemiology* 5(3): 337-40.
87. Martin WL, Freitas MB (2002). Mean mortality among Brazilian left- and right-handers: modification or selective elimination? *Laterality* 7(1): 31-44.
88. Hicks RA, Johnson C, Cuevas T, Deharo D, Bautista J (1994). Do right-handers live longer? An updated assessment of baseball player data. *Percept Mot Skills* 78(3 Pt 2): 1243-7.
89. Bhushan B, Khan SM (2006). Laterality and accident proneness: a study of locomotive drivers. *Laterality* 11(5): 395-404.
90. Hicks RA, Inman G, Ching P, Bautista J, Deharo D, Hicks GJ (1998). Consistency of hand use and accidents with injury. *Percept Mot Skills* 87(3 Pt 1): 851-4.
91. Hicks RA, Pass K, Freeman H, Bautista J, Johnson C (1993). Handedness and accidents with injury. *Percept Mot Skills* 77(3 Pt 2): 1119-22.
92. Hicks RA, Inman G, Deharo D, Hicks GJ (1999). Consistency of hand use and frequent falls. *Percept Mot Skills* 88(3 Pt 2): 1107-10.
93. Porac C, Searleman A (2006). The relationship between hand preference consistency, health, and accidents in a sample of adults over the age of 65 years. *Laterality* 11(5): 405-14.
94. Hughes JR, Dorner E, Wind M (2008). Is the decreased longevity among left-handers related to an increase in heart disease? *Clin EEG Neurosci* 39(4): 182-4.
95. Ellis L, Engh T (2000). Handedness and Age of Death: New Evidence on a Puzzling Relationship. *J Health Psychol* 5(4): 561-565.
96. Leask SJ, Beaton AA (2007). Handedness in Great Britain. *Laterality* 12(6): 559-72.

97. Iwasaki S (2000). Age and generation trends in handedness: an eastern perspective. *Side bias: a neuropsychological perspective*. In MK Mandal, MB Bulman-Fleming, G Tiwari. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
98. Shimuzo A, Endo M (1983). Handedness and family sinistrality in a Japanese student population. *Cortex* 19: 265-272.
99. Ellis SJ, Ellis PJ, Marshall E, Windridge C, Jones S (1998). Is forced dextrality an explanation for the fall in the prevalence of sinistrality with age? A study in northern England. *J Epidemiol Community Health* 52(1): 41-4.
100. Teixeira LA (2008). Categories of manual asymmetry and their variation with advancing age. *Cortex* 44(6): 707-16.
101. Rodrigues P, Lamboglia C, Cabral I, Barreiros J, Vasconcelos O (2009). Degree of hand preference in right- and left-handers: life-span age trends. *Poster presented to International Seminar Challenges to Sport Sciences*. Porto: FADEUP.
102. Kalisch T, Wilimzig C, Kleibel N, Tegenthoff M, Dinse HR (2006). Age-related attenuation of dominant hand superiority. *PLoS ONE* 1: e90.
103. Herve PY, Leonard G, Perron M, Pike B, Pitiot A, Richer L, Veillette S, Pausova Z, Paus T (2009). Handedness, motor skills and maturation of the corticospinal tract in the adolescent brain. *Hum Brain Mapp* 30(10): 3151-62.
104. Beaton AA, Hugdahl K, Ray P (2000). Lateral asymmetries and interhemispheric transfer in aging: a review and some new data. *Side bias: a neuropsychological perspective*. In MK Mandal, MB Bulman-Fleming, G Tiwari. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 101-152.
105. Francis KL, Spirduso WW (2000). Age differences in the expression of manual asymmetry. *Experimental Aging Research* 26(2): 169-80.
106. Goldstein G, Shelly C (1981). Does the right hemisphere age more rapidly than the left? *J Clin Neuropsychol* 3(1): 65-78.

107. Cabeza R (2001). Cognitive neuroscience of aging: contributions of functional neuroimaging. *Scand J Psychol* 42(3): 277-86.
108. Hausmann M, Gunturkun O, Corballis M (2003). Age-related changes in hemispheric asymmetry depend on sex. *Laterality* 8(3): 277-90.
109. Dittmar M (2002). Functional and postural lateral preferences in humans: interrelations and life-span age differences. *Hum Biol* 74(4): 569-85.
110. De Agostini M, Khamis AH, Ahui AM, Dellatolas G (1997). Environmental influences in hand preference: an African point of view. *Brain Cogn* 35(2): 151-67.
111. Elalmis DD, Tan U (2008). Dynamics of manual skill: a computerized analysis of single peg movements and stochastic resonance hypothesis of cerebral laterality. *Int J Neurosci* 118(3): 399-432.
112. Sommer IE, Aleman A, Somers M, Boks MP, Kahn RS (2008). Sex differences in handedness, asymmetry of the planum temporale and functional language lateralization. *Brain Res* 1206: 76-88.
113. Sato S, Demura S, Sugano N, Mikami H, Ohuchi T (in press). Characteristics of handedness in Japanese adults: influence of left-handed relatives and forced conversion. *Int J Sport Health Sci*.
114. Annett M (1995). The Right Shift Theory of a Genetic Balanced Polymorphism for Cerebral-Dominance and Cognitive Processing. *Cah Psychol Cognit Curr Psychol Cognit* 14(5): 427-480.
115. McManus IC, Bryden MP (1992). The genetics of handedness, cerebral dominance, and lateralization. *Handbook of neuropsychology*. In I Rapin, SJ Segalowitz. Amsterdam: Elsevier Science Publishers, 115-144.
116. McKeever WF (2000). A new family handedness sample with findings consistent with X-linked transmission. *Br J Psychol* 91 (Pt 1): 21-39.
117. Francks C, Maegawa S, Lauren J, Abrahams BS, Velayos-Baeza A, Medland SE, Colella S, Groszer M, McAuley EZ, Caffrey TM, Timmusk T, Pruunsild P, Koppel I, Lind PA, Matsumoto-Itaba N, Nicod J, Xiong L,

- Joober R, Enard W, Krinsky B, Nanba E, Richardson AJ, Riley BP, Martin NG, Strittmatter SM, Moller HJ, Rujescu D, St Clair D, Muglia P, Roos JL, Fisher SE, Wade-Martins R, Rouleau GA, Stein JF, Karayiorgou M, Geschwind DH, Ragoussis J, Kendler KS, Airaksinen MS, Oshimura M, DeLisi LE, Monaco AP (2007). LRRTM1 on chromosome 2p12 is a maternally suppressed gene that is associated paternally with handedness and schizophrenia. *Mol Psychiatry* 12(12): 1129-39, 1057.
118. Geschwind N, Galaburda AM (1985). Cerebral lateralization: Biological mechanisms, associations and pathology: I. A hypothesis and a program for research. *Arch Neurol* 42: 428-459.
119. Mathews GA, Fane BA, Pasterski VL, Conway GS, Brook C, Hines M (2004). Androgenic influences on neural asymmetry: Handedness and language lateralization in individuals with congenital adrenal hyperplasia. *Psychoneuroendocrinology* 29(6): 810-822.
120. Nass R, Baker S, Speiser P, Viridis R, Balsamo A, Cacciari E, Loche A, Dumic M, New M (1987). Hormones and Handedness - Left-Hand Bias in Female Congenital Adrenal-Hyperplasia Patients. *Neurology* 37(4): 711-715.
121. Pfannkuche KA, Bouma A, Groothuis TGG (2009). Does testosterone affect lateralization of brain and behaviour? A meta-analysis in humans and other animal species. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci* 364(1519): 929-942
122. Nalcaci E, Kalaycioglu C, Cicek M, Genc Y (2001). The relationship between handedness and fine motor performance. *Cortex* 37(4): 493-500.
123. Lissek S, Hausmann M, Knossalla F, Peters S, Nicolas V, Gunturkun O, Tegenthoff M (2007). Sex differences in cortical and subcortical recruitment during simple and complex motor control: an fMRI study. *Neuroimage* 37(3): 912-26.
124. Hausmann M, Kirk IJ, Corballis MC (2004). Influence of task complexity on manual asymmetries. *Cortex* 40(1): 103-10.

125. Bryden PJ, Roy EA (2005). A new method of administering the Grooved Pegboard Test: performance as a function of handedness and sex. *Brain Cogn* 58(3): 258-68.
126. Hoffstein V, Chan CK, Slutsky AS (1993). Handedness and sleep apnea. *Chest* 103(6): 1860-2.
127. Kaynar H, Dane S (2003). Prevalence of left-handedness among patients with different respiratory diseases. *Int J Neurosci* 113(10): 1371-7.
128. Doody RS, Vacca JL, Massman PJ, Liao TY (1999). The influence of handedness on the clinical presentation and neuropsychology of Alzheimer disease. *Arch Neurol* 56(9): 1133-7.
129. Van Strien JW, Lagers-van Haselen GC, van Hagen JM, de Coo IFM, Frens MA, van der Geest JN (2005). Increased prevalences of left-handedness and left-eye sighting dominance in individuals with Williams-Beuren syndrome. *J Clin Exp Neuropsychol* 27: 967-976.
130. Suckling J, Roberts H, Walker M, Highley JR, Fenwick P, Oxbury J, Esiri MM (2000). Temporal lobe epilepsy with and without psychosis: exploration of hippocampal pathology including that in subpopulations of neurons defined by their content of immunoreactive calcium-binding proteins. *Acta Neuropathol* 99(5): 547-54.
131. Somers M, Sommer IE, Boks MP, Kahn RS (2009). Hand-preference and population schizotypy: a meta-analysis. *Schizophr Res* 108(1-3): 25-32.

Estudo de Revisão – 2

Antecipação-coincidência: uma perspectiva de desenvolvimento

Capítulo do livro *Estudos em Desenvolvimento Motor da Criança III* (pp 179-188). Porto: FADE.

Paula Rodrigues¹, Olga Vasconcelos¹, João Barreiros²

¹*Universidade do Porto, Faculdade de Desporto*

²*Universidade Técnica de Lisboa, Faculdade de Motricidade Humana*

Resumo

A capacidade de antecipação-coincidência é usada em situações que envolvem antecipação temporal e sincronização de actos motores com o meio ambiente externo (Teixeira, Santos, & Andreysuk, 1992). Quando se começou a dar relevância à AC no estudo do comportamento motor, investigaram-se várias condições usando diferentes tarefas de AC. Mas foi a partir do momento em que o *Bassin Anticipation Timer* ficou disponível pela *LaFayette Instrument Company*, em 1976, que se deu início a uma maior concentração de pesquisas sobre esta capacidade. Duas grandes linhas de investigação têm surgido: uma relacionada com as características da tarefa e outra com as características do sujeito. No âmbito das características da tarefa, as pesquisas têm centrado o seu interesse basicamente na complexidade da tarefa, na velocidade do estímulo e na direcção do estímulo. No domínio das características do sujeito, a atenção tem sido focalizada no efeito na idade, do género, na experiência prática e, mais recentemente na mão de execução, e na preferência manual. Para além disso, tem sido pouco comum a utilização de medidas que analisem outros aspectos da organização temporal em tarefas complexas. O efeito da idade e do género serão abordados com uma ênfase mais elevada em relação às outras variáveis numa perspectiva de desenvolvimento.

Palavras-chave: *Antecipação-coincidência; Idade; Género.*

Abstract

Coincidence-anticipation is used in situations involving anticipation and temporal synchronization of motor acts with the external environment (Teixeira, Santos, & Andreysuk, 1992). From the experimental point of view, the measure of this skill has a great advance when the Lafayette Instrument Company in 1976, commercialized the Bassin Anticipation Timer, widely used in laboratories throughout the world. The instrumental versatility offered possibilities for studying both task characteristics and subjects' characteristics, particularly in terms of developmental perspective. As task characteristics is concerned, research has primarily focused its interest on task complexity, stimulus speed

and stimulus direction. As subject characteristics is concerned, attention has focused on the effect of age, gender, prior experience and, more recently, manual preference and handedness. In addition, it has been unusual to use measures to examine other aspects of temporal organization in complex tasks. The effect of age and gender will be addressed with a higher emphasis compared with other variables from a development perspective.

Keywords: *Coincidence-anticipation; Age; Gender.*

Antecipação-coincidência: definições e conceitos

Os actos motores que envolvem receber, interceptar ou rebater um objecto em deslocamento, dependem da eficiência dos processos de decisão centrais, passando por uma tomada de decisão que envolve a selecção da melhor resposta e o momento adequado da sua execução (Santos & Tani, 1995). O ajuste temporal e a sincronização das acções foram designados por Belisle (1963) como antecipação-coincidência (AC). Poulton (1957), um dos primeiros investigadores a propor uma explicação sobre o processo de intercepção, sugeriu que as acções de intercepção envolvem duas predições temporais: a antecipação perceptiva e antecipação efectora. A antecipação perceptiva designa a capacidade de predizer as características espaciais e temporais de um objecto em deslocamento, enquanto a antecipação efectora corresponde à execução de uma resposta de movimento coincidente com a chegada de estímulos a um determinado ponto de intercepção. Em tarefas de AC, as respostas do sujeito envolvem o processamento conjunto destes dois tipos de antecipação, solicitando-lhe apreciações espaciais e temporais em simultâneo. Um tal processamento permite, por exemplo, a intercepção de trajectórias, como no caso de uma bola que é passada entre dois adversários, ou a tentativa de evitar essa intercepção, como na situação de atravessar a rua.

De acordo com Belisle (1963) e Stadulis (1971), a performance na AC requer a realização precisa de várias fases. A fase sensorial durante a qual o estímulo é detectado e as suas características são percebidas; a integração da fase sensório-motora, onde após a determinação do tempo e do espaço da chegada

do estímulo móvel, a resposta de intercepção é programada; a fase motora, que termina com a execução da resposta motora. As duas primeiras fases, segundo os autores, são as responsáveis pela precisão da performance na tarefa de AC. Esta envolve então capacidades que requerem julgamentos precisos sobre o local (aspecto espacial) e sobre o momento de intercepção (aspecto temporal) dos estímulos em movimento. De acordo com Bard et al. (1990), as bases cognitivas que envolvem estes dois aspectos, são cruciais aquando da realização de respostas de antecipação. Numa visão cognitivista das tarefas de AC, os indivíduos ao anteciparem necessitam de estimar o seu tempo de reacção e de programar as suas respostas para coincidirem com a chegada do estímulo. Para além disso, de forma a coincidirem a sua resposta com o estímulo em movimento, os sujeitos necessitam de prever a duração do estímulo. A atenção e a memória são dois processos cognitivos fundamentais na capacidade de AC. Estes mecanismos, associados aos processos de percepção, permitem ao sujeito dirigir e manter a consciência relativamente aos estímulos e orientar os processos de selecção e programação da resposta. O sistema de memória é incumbido, por sua vez, de identificar, codificar e armazenar a informação para posterior utilização. Assim, quer a atenção quer a memória permitem ao sujeito organizar a informação e antecipar respostas adequadas, armazenando em seguida o resultado dessas respostas para uso futuro. Outros factores estão na base da precisão dos processos cognitivos envolvidos na AC. A maturação das estruturas visual e motora, assim como os aspectos inerentes ao processamento da informação, são alguns dos processos que têm sido referidos na literatura concernente à AC.

Numa outra perspectiva, os resultados dos estudos de AC têm sido aplicados numa teoria mais global chamada de “teoria ecológica da percepção-acção”, na qual se sugere que a resposta motora é modulada por mudanças ocorridas no envolvimento (Gibson, 1979). Von Hofsten (1986) refere que a relação entre acção e percepção é organizada de acordo com sistemas específicos e que cada um desses sistemas é relacionado com as características da interface entre as características perceptivas do estímulo em movimento e as

características do movimento a ser produzido em relação à interceptação do estímulo. Porém, permanece ainda em debate a forma como as características do alvo influenciam o movimento de interceptação. O modelo proposto por Lee (1976) e melhorado por Tresilian (1995) sobre o controlo visuomotor da interceptação de um alvo tem sido descrito na literatura com frequência. A premissa deste modelo é que a detecção da aproximação de objectos é feita de forma directa, com recurso a variáveis ópticas, tais como o *tau* óptico (t). Em condições de velocidade constante, o t é uma variável que pode ser calculada pelo cérebro para determinar o tempo de contacto com o objecto, ou seja, o tempo que falta antes de o objecto chegar ao interceptor ou ao ponto no espaço onde tem de ser interceptado.

A detecção e a avaliação do estímulo em movimento em tarefas de AC são complexas e dependem de muitos processos, tais como a duração do movimento em relação ao objecto, bem como o tamanho e a duração da exposição do estímulo. Para além disso, a natureza da tarefa, como veremos adiante, também pode alterar a avaliação das características do estímulo em movimento.

Várias tarefas e instrumentos, entre os quais o *Bassin Anticipation Timer*, têm sido utilizados na avaliação da performance em AC. Vamos debruçar-nos um pouco sobre os estudos que utilizaram este aparelho.

Bassin Anticipation Timer

Quando se começou a dar relevância à AC no estudo do comportamento motor, investigaram-se várias condições usando diferentes tarefas de AC. Mas foi a partir do momento em que o *Bassin Anticipation Timer* ficou disponível pela *LaFayette Instrument Company*, em 1976, que se deu início a uma maior concentração de pesquisas sobre esta capacidade. O instrumento é composto por uma calha com díodos que se acendem sequencialmente. Ao sujeito é pedido que olhe para o acendimento sequencial do sinal luminoso percebendo-o como sendo um estímulo em deslocamento e que antecipe o momento em que a luz chega ao final da calha, respondendo pressionando um botão, ou

executando outra acção de forma a coincidir com a chegada da luz ao alvo (último díodo da calha). É de salientar que a maioria dos estudos conduzidos nos anos 70, 80 e 90 apresenta uma grande fragilidade ecológica, uma vez que as exigências das respostas não permitem uma aproximação às habilidades do mundo real. O esforço de adequar as demandas da tarefa, através de um aumento da complexidade da tarefa e tentativa de aproximação a tarefas típicas do mundo real começou a ter lugar a partir dos anos 90. Não obstante, o desenvolvimento deste instrumento permitiu então um maior número de comparações entre os estudos que investigam a resposta de AC. No entanto, Stadulis (1985) alerta para o facto de que, muito embora o desenvolvimento do *Bassin Anticipation Timer* tenha resultado num maior poder de comparação entre os diferentes estudos, as comparações permanecem difíceis. No Quadro 1 estão descritos alguns aspectos relativos à utilização do *Bassin* que têm variado de estudo para estudo.

Quadro 1: Variações relativas ao instrumento *Bassin Anticipation Timer*.

<i>Bassin Anticipation Timer</i>	
Posições do aparelho	<p>Vista de frente (Corrêa, et al., 2007; Rodrigues, et al., 2009b)</p> <p>Vista lateral direita (Coker, 2003, 2004; Payne, 1988)</p> <p>Vista lateral esquerda (Hart & Reeve, 1997; Millslagle, 2000)</p>
Local de resposta	<p>Muito próximo (Overdorf, et al., 2004; Stadulis, 1985)</p> <p>Próximo (Millslagle, 2000)</p> <p>Longe (Ridenour, 1981)</p>
Tipo de movimento na resposta	<p>Pressão do dedo (Teixeira, 2000)</p> <p>Movimento do braço (Molstad, et al., 1994; Williams, et al., 2001)</p> <p>Movimento do pé (Williams, 2000)</p>
Comprimento da calha	<p>Dois secções (Overdorf, et al., 2004; Santos, et al., 2003)</p> <p>Quatro secções (Brady, 1992; Catalano & Kleiner, 1984)</p> <p>Seis secções (Harrold & Kozar, 2002; Molstad, et al., 1994)</p>

Mesmo assim, a pesquisa sobre a AC tem desenvolvido esforços no sentido de descrever os aspectos inerentes à forma como se processa o desenvolvimento da resposta, bem como as variáveis que podem estar envolvidas e que afectam a performance e a aprendizagem da AC. Desta forma, e considerando os diferentes focos de interesse dos pesquisadores sobre a AC, vários trabalhos têm feito incidir os seus propósitos em duas grandes linhas de investigação: uma relacionada com as características da tarefa e outra com as características do sujeito. No âmbito das características da tarefa, as pesquisas têm-se centrado na complexidade da tarefa (e.g. Williams, et al., 2001), na velocidade do estímulo (e.g. Rodrigues, et al., no prelo-a) e na direcção do estímulo (e.g. Payne, 1987; Rodrigues, et al., 2007). No domínio das características do sujeito, a atenção tem-se focalizado no efeito na idade (e.g. Benguigui & Ripoll, 1998; Stadulis, 1985), do género (e.g. Rodrigues, et al., 2008; Rodrigues, et al., 2007), na experiência prévia da prática (e.g. Freudenheim & Tani, 1995; Teixeira, 1993) e, mais recentemente, na mão de execução (e.g. Coker, 2004; Rodrigues, et al., 2008) e na preferência manual (Rodrigues, et al., 2008; Rodrigues, et al., 2007). Para além disso, tem sido pouco comum a utilização de medidas que analisem outros aspectos da organização temporal em tarefas complexas, como por exemplo o padrão de resposta que antecede o tempo de coincidência (e.g. Corrêa, 2001; Rodrigues, et al., 2008). Teceremos em seguida algumas considerações sobre a literatura relacionada com estas variáveis numa perspectiva de desenvolvimento.

Desenvolvimento da antecipação-coincidência

A relação entre o nível de habilidade e a idade ou a maturação tem sido intensamente estudada, tendo os resultados revelado alguns factos interessantes. Em crianças entre os 6 e os 12 anos de idade, quando são utilizadas tarefas simples de AC (pressão num botão), a precisão aumenta com a idade quando a velocidade se encontra acima dos 268 cm/s (6mph) (Cockerill, et al., 1988; Ramella, 1984). Porém, quando velocidades mais baixas são usadas, esta tendência já não se verifica (Ferraz, 1993; Stadulis,

1985). Na performance de tarefas complexas o efeito da idade parece ser mais pronunciado, independentemente da velocidade utilizada, observando-se uma maior precisão nos grupos mais velhos (Ferraz, 1993; Fleury & Bard, 1985; Stadulis, 1985). Estes resultados parecem dever-se às mudanças nas estratégias e processos usados na recolha da informação que ocorrem durante a adolescência e que se vão tornando cada vez mais eficientes (Bard, et al., 1990). Assim, e assumindo que o comportamento de AC requer tempos de decisão rápidos, um aumento na velocidade de processamento da informação é um factor a ser considerado na performance daquela capacidade. Uma vez que a velocidade de reacção está associada à eficiência da função cognitiva (Kida, et al., 2005), e que tem sido documentado um aumento da velocidade de processamento com a idade dos 7 até à idade adulta (Kwon, et al., 2002; Lida, et al., 2010) esta suposição parece plausível. Um aumento da velocidade do sinal de condução parece estar na base da melhoria da velocidade da performance, sendo consistente com evidências morfológicas do aumento da densidade da massa branca cerebral dos 8 até à idade adulta (Giedd, et al., 1999). Thomas, Gallagher e Purvis (1981) tentaram estabelecer um paralelismo no desenvolvimento das capacidades de AC e de TR. Crianças e jovens com 7, 9, 11, 13 e 20 anos de ambos os sexos foram testados na execução de duas tarefas que envolviam estas duas capacidades. Os resultados demonstraram que o TR diminuiu através das idades revelando o sexo masculino TR mais curtos do que o sexo feminino. Na tarefa de AC, observou-se que os dois grupos mais jovens (7 e 9 anos) diferiram significativamente dos três grupos mais velhos (11, 13 e 20 anos). Para além disso, o TR correlacionou-se com a AC apenas no sexo masculino dos grupos de 7, 9 e 11 anos.

Enquanto o tempo de reacção parece melhorar até à idade adulta, a curva de performance da AC parece alcançar uma assíntota aos 14-15 anos (Dorfman, 1977; Fleury & Bard, 1985). Dorfman (1977) sugeriu três explicações para estes resultados. A primeira diz respeito à maior precisão perceptiva na visualização do movimento do estímulo em pessoas com mais idade, devido à sua maior experiência em habilidades que requerem a perseguição de um estímulo. A segunda, refere-se a uma maior maturação do indivíduo e ao

consequente controlo mais eficaz dos processos efectores. A terceira explicação relaciona-se com a capacidade de coordenar e modificar as respostas tendo por base o feedback tanto dos processos receptores como dos efectores. A partir dos 15 anos de idade, o adolescente adquire condições de executar uma tarefa de AC de forma equivalente aos adultos (Fleury & Bard, 1985). A maior precisão parece situar-se entre os 15 e os 30 anos de idade (Dorfman, 1977; Fleury & Bard, 1985; Pinheiro & Corrêa, 2005). A partir dos 50 anos de idade, aproximadamente, assiste-se a uma degradação do desempenho em tarefas de AC, isto é, perda de precisão, de consistência e atraso nas respostas (Meeuwsen, et al., 1997; Pinheiro & Corrêa, 2005; Teixeira, 2008), presenciando-se um declínio significativo sobretudo a partir dos 70 anos de idade (Lobjois, et al., 2005; Santos, et al., 2003). O efeito do envelhecimento em tarefas de AC parece estar relacionado com o declínio da integração perceptivo-motora. Apesar de alguns estudos terem analisado a capacidade de AC em crianças e adultos (Haywood, 1980; Pinheiro & Corrêa, 2005), existe pouca investigação envolvendo sujeitos de ambos os sexos inseridos num intervalo de idades mais abrangente, levando em consideração as variáveis velocidade do estímulo e complexidade da tarefa.

Efeito do género na performance em antecipação-coincidência

Uma das variáveis mais importantes nas diferenças individuais que afectam a performance em AC é o género do sujeito. A pesquisa realizada sobre o efeito desta variável tem demonstrado poucas diferenças entre os géneros na pré-adolescência. Contudo, a idade a partir da qual a diferença entre os géneros se torna mais marcante parece iniciar-se na adolescência (Overdorf, et al., 2004; Rodrigues, et al., 2007; Rodrigues, et al., 2009b) e continuar na idade adulta (Meeuwsen, et al., 1995; Rodrigues, et al., 2009a), assim como na terceira idade (Rodrigues, et al., no prelo-b). Schiff e Oldak (1990) sugeriram que as diferenças na performance entre os géneros em tarefas de AC podem dever-se a uma propensão para arriscar ou a uma capacidade visuo-espacial mais elevada do género masculino comparativamente ao feminino. A primeira

hipótese pode estar relacionada com o papel da experiência na performance perceptivo-motora (Kuhlman & Beitel, 1992; Payne, 1987). Este argumento baseia-se numa questão cultural, que encoraja com maior frequência o género masculino para a participação em jogos de equipa em que, pelo seu carácter aberto, são continuamente solicitadas as capacidades de AC e de velocidade de reacção. Por outro lado, o sexo feminino parece ter maior tendência para se envolver em actividades lúdicas que implicam o ritmo, o equilíbrio, a coordenação geral do corpo e mesmo as capacidades de orientação espacial e temporal, mas não de forma combinada. Contudo, quando o género feminino possui níveis de prática desportiva similares aos do género masculino, as diferenças atenuam-se (Petraakis, 1985). A segunda hipótese, a da capacidade visuo-espacial mais elevada do género masculino tem sido frequentemente corroborada. Os resultados demonstram que o processamento visuo-espacial no género masculino tende a ser mais lateralizado no hemisfério direito do que no género feminino. De acordo com vários autores (e.g. Bell, et al., 2006), uma maior lateralização está associada a um processamento visuo-espacial mais eficiente. Existem ainda alguns estudos que não verificaram qualquer diferença entre os géneros no desempenho em tarefas de AC, como é o caso de Teixeira et al. (1992) e de Petraakis (1985).

Conclusão

Pelos trabalhos referidos no presente artigo, a idade parece ser uma variável importante que influencia a performance na AC, podendo-se concluir que o nível de desempenho melhora dos 6 até por volta dos 50 anos de idade. Aos 14-15 anos, a performance dos sujeitos parece atingir o máximo, mas o progresso pode ser ainda conseguido até por volta dos 50 anos de idade, idade a partir da qual, se começa a observar um declínio na performance. Os factores maturacionais parecem contribuir para uma maior disponibilidade no processamento de informação à medida que a idade avança. O efeito da idade parece ser mais pronunciado em tarefas complexas e em velocidades mais elevadas. Para além disso, o género também parece ter alguma relevância,

apesar de os estudos, neste domínio, serem controversos. As diferenças entre os géneros parecem ser mais marcantes a partir da adolescência. Contudo, o nível de prática desportiva pode reduzi-las ou até as suprir. O desenvolvimento de uma variedade de processos interactivos que compreendem funções receptoras, centrais e efortoras, a par de um processamento envolvendo variáveis cognitivas como a atenção e a memória, parece estar na base do desenvolvimento da capacidade de AC.

Bibliografia

- Bard, C., Fleury, M. & Gagnon, M.(1990). Coincidence-anticipation timing: an age related perspective. In C. Bard, M. Fleury & L. Hay (Eds.). *Development of eye-hand coordination across life span*. Columbia: University of South Carolina Press, p. 283-305.
- Belisle, J. J.(1963). Accuracy, reliability, and refractoriness in a coincidence-anticipation task. *Research quarterly*, 34, 271-228 I.
- Bell, E. C., Willson, M. C., Wilman, A. H., Dave, S. & Silverstone, P. H.(2006). Males and females differ in brain activation during cognitive tasks. *Neuroimage*, 30, 2, 529-538.
- Benguigui, N. & Ripoll, H.(1998). Effects of tennis practice on the coincidence timing accuracy of adults and children. *Research Quarterly of Exercise and Sport*, 69, 3, 217-223.
- Brady, F.(1992). *Effects of sport skill experience and gender on selected measures of visuo-perceptual abilities*. 1992. Unpublished Doctoral thesis - New York University, New York.
- Catalano, J. F. & Kleiner, B. M.(1984). Distant transfer in coincident timing as a function of variability of practice. *Perceptual and Motor Skills*, 58, 3, 851-856.
- Cockerill, I. M., Van-Zyl, P. A. & Nevill, A. M.(1988). Functional asymmetry and the development of anticipation-timing. *The Physical Education Association Research, Suppl*, 3, 7-10.

- Coker, C.(2003). Influence of the direction of an approaching stimulus on coincident timing. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 74 Suppl, A-29.
- Coker, C.(2004). Bilateral symmetry in coincident timing: a preliminary investigation. *Perceptual and motor skills*, 98, 1, 359-365.
- Corrêa, U.(2001). *Estrutura de prática e processo adaptativo na aquisição de habilidades motoras*. 2001. Dissertação (Doutor em Educação Física) - Escola de Educação Física e Esporte, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Corrêa, U., Barros, J. A. C., Massigli, M., Gonçalves, L. A. & Tani, G.(2007). A prática constante-aleatória e o processo adaptativo de aprendizagem motora: efeitos da quantidade de prática constante. *Revista Brasileira de Educação Física e Esporte*, 21, 301-314.
- Dorfman, P.(1977). Timing and anticipation: a developmental perspective. *Journal of Motor Behavior*, 9, 1, 67-79.
- Ferraz, O.(1993). Desenvolvimento de "timing" antecipatório em crianças. *Revista Paulista de Educação Física*, 7, 1, 13-44.
- Fleury, M. & Bard, C.(1985). Age, stimulus velocity and task complexity as determiners of coincident timing behavior. *Journal of Human Movement Studies*, 11, 305-317.
- Freudenheim, A. M. & Tani, G.(1995). Efeitos da estrutura de prática variada na aprendizagem de uma tarefa de timing coincidente em crianças *Revista Paulista de Educação Física*, 9, 2, 30-44.
- Gibson, J.(1979). *The ecological approach to visual perception*. Boston: Houghton-Mifflin.
- Giedd, J. N., Blumenthal, J., Jeffries, N. O., Castellanos, F. X., Liu, H., Zijdenbos, A., Paus, T., Evans, A. C. & Rapoport, J. L.(1999). Brain development during childhood and adolescence: a longitudinal MRI study. *Nature Neuroscience*, 2, 10, 861-863.

- Harrold, D. & Kozar, B.(2002). Velocity, occlusion, and sex of subjects in coincidence of anticipation. *Perceptual and motor skills*, 94, 3 Pt 1, 914-920.
- Hart, M. A. & Reeve, T. G.(1997). A preliminary comparison of stimulus presentation methods with the Bassin Anticipation Timing Task. *Perceptual and motor skills*, 85, 1, 344-346.
- Haywood, K. M.(1980). Coincidence-anticipation accuracy across the life span. *Experimental Aging Research*, 6, 5, 451-462.
- Kida, N., Oda, S. & Matsumura, M.(2005). Intensive baseball practice improves the Go/Nogo reaction time, but not the simple reaction time. *Cognitive Brain Research*, 22, 2, 257-264.
- Kuhlman, J. & Beitel, P.(1992). Coincidence anticipation: possible critical variables. *Journal of Sport Behavior*, 15, 91-105.
- Kwon, H., Reiss, A. L. & Menon, V.(2002). Neural basis of protracted developmental changes in visuo-spatial working memory. *Proceedings of the National Academy of Sciences U S A*, 99, 20, 13336-13341.
- Lee, D. N.(1976). A theory of visual control of braking based on information about time-to-collision. *Perception*, 5, 437-459.
- Lida, Y., Miyazaki, M. & Uchida, S.(2010). Developmental changes in cognitive reaction time of children aged 6-12 years. *European Journal of Sport Science*, 10, 3, 151 - 158.
- Lobjois, R., Benguigui, N. & Bertsch, J.(2005). Aging and tennis playing in a coincidence-timing task with an accelerating object: the role of visuomotor delay. *Research Quarterly of Exercise and Sport*, 76, 4, 398-406.
- Meeuwsen, H., Goode, S. & Goggin, N.(1997). Effects of aging on coincidence anticipation timing in females. *Journal of aging and physical activity*, 5, 285-297.
- Meeuwsen, H. J., Goode, S. L. & Goggin, N. L.(1995). Coincidence-anticipation timing. *Women in Sport & Physical Activity Journal*, 4, 2, 59-75.

- Millslagle, D. G.(2000). Dynamic visual acuity and coincidence-anticipation timing by experienced and inexperienced women players of fast pitch softball. *Perceptual and motor skills*, 90, 2, 498-504.
- Molstad, S. M., Kluka, D. A., Love, P. A., Baylor, K. A., Covington, N. K. & Cook, T. L.(1994). Timing of coincidence anticipation by NCAA division I softball athletes. *Perceptual and motor skills*, 79, 3 Pt 2, 1491-1497.
- Overdorf, V., Page, S. J., Schweighardt, R. & McGrath, R. E.(2004). Mental and physical practice schedules in acquisition and retention of novel timing skills. *Perceptual and motor skills*, 99, 1, 51-62.
- Payne, V. G.(1987). Effects of angle stimulus approach on coincidence-anticipation timing performance. *Journal of Human Movement Studies*, 13, 383-390.
- Payne, V. G.(1988). Effects of direction of stimulus approach, eye dominance and gender on coincidence-anticipation timing performance. *Journal of Human Movement Studies*, 15, 17-25.
- Petrakis, E.(1985). Sex differences and specificity of anticipation of coincidence. *Perceptual and motor skills*, 61, 3, 1135-1138.
- Pinheiro, J. P. & Corrêa, U. A.(2005). Desempenho em uma tarefa complexa de timing coincidente com desaceleração do estímulo visual em indivíduos de diferentes idades. *Revista Brasileira de Educação Física e Esporte*, 19, 1, 61-70.
- Poulton, E. C.(1957). On prediction in skilled movements. *Psychological Bulletin*, 54, 6, 467-478.
- Ramella, R. J.(1984). Effect of Knowledge of results on anticipation timing by young children. *Perceptual and motor skills*, 59, 519-525.
- Ridenour, M. V.(1981). Influence of background patterns of coincidence-anticipation performance. *Perceptual and motor skills*, 52, 1, 47-50.
- Rodrigues, P., Barbosa, R., Carita, A. I., Barreiros, J. & Vasconcelos, O.(no prelo-a). Stimulus velocity effect in a complex interceptive task in right- and left-handers. *European Journal of Sports Science*.

- Rodrigues, P., Barreiros, J., Vasconcelos, O. & Barbosa, R.(2008). Manual asymmetries in movement timing control: effects of handedness. *Brazilian Journal of Motor Behavior*, 3, Suppl., 62.
- Rodrigues, P., Barreiros, J., Vasconcelos, O. & Carneiro, S.(no prelo-b). Efeito da prática regular de actividade física no desempenho motor em idosos. *Revista Brasileira de Educação Física e Esporte*.
- Rodrigues, P., Freitas, C., Vasconcelos, O. & Barreiros, J.(2007). Preferência manual numa tarefa de antecipação-coincidência: efeitos da direcção do estímulo. *Revista Portuguesa de Ciências do Desporto*, 7, 1, 109-115.
- Rodrigues, P., Vasconcelos, O., Barreiros, J. & Barbosa, R.(2009a). Manual asymmetry in a complex coincidence-anticipation task: handedness and gender effects. *Laterality*, 14, 4, 395-412.
- Rodrigues, P., Vasconcelos, O., Barreiros, J., Barbosa, R. & Trifilio, F.(2009b). Functional asymmetry in a simple coincidence-anticipation task: Effects of handedness. *European Journal of Sport Science*, 9, 2, 115 - 123.
- Santos, S., Corrêa, U. & Freudenheim, A.(2003). Variabilidade de performance numa tarefa de "timing" antecipatório em indivíduos de diferentes faixas etárias. *Revista Paulista de Educação Física*, 17, 2, 154-162.
- Santos, S. & Tani, G.(1995). Tempo de reacção e a aprendizagem de um tarefa de timing antecipatório em idosos. *Revista Paulista de Educação Física*, 9, 1, 51-62.
- Schiff, W. & Oldak, R.(1990). Accuracy of judging time to arrival: effects of modality, trajectory and gender. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 16, 2, 303-316.
- Stadulis, R. E. (1971). *Coincidence-anticipation behavior of children*. Unpublished doctoral dissertation, Columbia University, Teachers College, New York.
- Stadulis, R. E. (1985). Coincidence-anticipation behavior of children. In J. E. Clark & J. H. Humphrey (Eds.). *Motor development*. Princeton Book Company, 1, p. 1-17.

- Teixeira, L.(1993). Interferência do contexto no desempenho de tarefas motoras sincronizatórias. *Revista Paulista de Educação Física*, 2, 7, 17-24.
- Teixeira, L. A.(2000). Timing and force components in bilateral transfer of learning. *Brain and Cognition*, 44, 3, 455-469.
- Teixeira, L. A.(2008). Categories of manual asymmetry and their variation with advancing age. *Cortex*, 44, 6, 707-716.
- Teixeira, L. A., Santos, V. A. & Andreysuk, R.(1992). Tarefas que envolvem timing antecipatório: seriam as velocidades mais baixas as mais fáceis para sincronizar? *Revista Paulista de Educação Física*, 6, 2, 21-28.
- Thomas, J. R., Gallagher, J. D. & Purvis, G. J.(1981). Reaction time and anticipation time: Effects of development. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 52, 3, 359-367.
- Tresilian, J. R.(1995). Perceptual and cognitive processes in time-to-contact estimation: analysis of prediction-motion and relative judgment tasks. *Perception and Psychophysics*, 57, 2, 231-245.
- Von Hofsten, C. (1986). The emergence of manual skills. In M. G. Wade & H. T. A. Whiting (Eds.). *Motor development in children: aspects of coordination and control* Dordrecht: Martinus Nijhoff, p. 167-185.
- Williams, L.(2000). Coincidence timing of a soccer pass: effects of stimulus velocity and movement distance. *Perceptual and motor skills*, 91, 1, 39-52.
- Williams, L., Jasiewicz, J. & Simmons, R.(2001). Coincidence timing of finger, arm, and whole body movements. *Perceptual and motor skills*, 92, 2, 535-547.

Capítulo III

ESTUDOS EMPÍRICOS

Estudo empírico – 1

**Preferência manual e assimetria funcional em
antecipação-coincidência. Efeito da idade, do sexo e da
complexidade da tarefa.**

Artigo submetido à Revista Motricidade

Paula Rodrigues^{1,2}, Sara Carneiro^{1,2}, Olga Vasconcelos^{1,2}, João Barreiros³

¹*Universidade do Porto, Faculdade de Desporto, ²CIF²D*

³*Universidade Técnica de Lisboa, Faculdade de Motricidade Humana*

Resumo

A assimetria manual foi analisada na realização de tarefas de antecipação-coincidência de complexidade distinta em 59 crianças destrímanas e 56 sinistrómanas de ambos os sexos, divididas em dois grupos de idade (7-8 anos e 9-10 anos). Os resultados deste estudo revelaram (i) um aumento da assimetria manual com a complexidade da tarefa em ambos os grupos de PM, apesar de nos sinistrómanos a diferença entre mãos não ter atingido significado estatístico; (ii) uma assimetria manual em todos os erros de medida, evidente apenas nos sinistrómanos; (iii) um desempenho mais proficiente da tarefa simples comparativamente à tarefa complexa em ambos os grupos de PM; (iv) um efeito maturacional mais pronunciado na execução da tarefa complexa; (v) maior precisão e menor variabilidade do grupo 9-10 anos comparativamente ao grupo 7-8 anos, em ambos os grupos de PM; (vi) um desempenho mais proficiente do sexo masculino em relação ao sexo feminino em ambos os grupos de PM. Em conjunto, os resultados sugerem que existe uma forte associação entre as características da tarefa e a preferência motora.

Palavras-chave: Preferência manual; Assimetria funcional; Complexidade da tarefa; Idade; Género.

Abstract

Manual asymmetry was assessed in coincidence-anticipation tasks of different complexity in 59 right- and 56 left-handers of both genders and divided into two age groups (7-8 years and 9-10 years). The results revealed that (i) manual asymmetry increased with task complexity in both handedness groups, despite the difference between hands did not reach statistical significance in the left-handed group, (ii) manual asymmetry was evident in all measured errors only in the left-handed group; (iii) a higher performance was reached in the simple task comparatively to complex task in both handedness groups; (iv) maturational effect was more pronounced in the complex task; (v) in both handedness groups, the 9-10 years group was more accurate and less variable compared to the group of 7-8 years, and (vi) males outperformed females in both

handedness groups. Together, the results suggest that there is a strong association between the characteristics of the task and motor preference.

Key-words: Manual preference; Functional asymmetry; Task complexity; Age; Gender

Introdução

A assimetria manual, favorecendo a mão preferida (MP) comparativamente à mão não preferida (MNP), é evidente em muitas tarefas do dia-a-dia bem como em tarefas laboratoriais como, por exemplo, toques repetidos com os dedos (Fearing, Browning, Corey, & Foundas, 2001; Nalcaci, Kalaycioglu, Cicek, & Genc, 2001; Teixeira & Paroli, 2000), deslocamento de pregos (Dellatolas, De Agostini, Curt, Kremin, Letierce, Maccario, et al., 2003; Steenhuis, 1999), pontilhação (Borod et al., 1984; Steenhuis & Bryden, 1999), força de preensão manual (Provins & Magliaro 1989; Steenhuis & Bryden, 1999), antecipação-coincidência (Cockerill, Van-Zyl, & Nevill, 1988; Coker, 2004; Rodrigues, Vasconcelos, Barreiros, & Barbosa, 2009; Rodrigues, Vasconcelos, Barreiros, Barbosa, & Trifílio, 2009), entre outras. Alguns autores atribuíram esta superioridade a assimetrias funcionais hemisféricas associadas aos processos correntes de controlo motor (Haaland & Harrington, 1996) ou a assimetrias cerebrais estruturais de áreas motoras envolvidas na programação do movimento (Amunts, Jancke, Mohlberg, Steinmetz, & Zilles, 2000; Triggs, Calvanio, & Levine, 1997; Volkmann, Schnitzler, Witte, & Freund, 1998). Para além disso, existe bastante evidência na literatura de que a prática diferenciada das mãos tem implicação específica na dimensão motora de habilidades manuais (Pascual-Leone & Torres, 1993; Provins, 1997). Parece, desta forma, que as relações entre estruturas neurobiológicas e preferência manual são influenciadas e influenciam, numa dinâmica de reciprocidade, as tarefas e a experiência.

Um dos factores que parece afectar a maior ou menor assimetria funcional é a complexidade da tarefa, tendo os resultados de alguns estudos demonstrado que quanto mais elevada a complexidade da tarefa maior o grau de assimetria.

Neste sentido, será possível em tarefas percebidas como mais simples encontrar respostas menos diferenciadas entre o lado esquerdo e o lado direito (Borod, Caron, & Koff, 1984; Bryden & Roy, 1999 Exp.2; Bryden, Roy, Rohr, & Egilo, 2007; Flowers, 1975; Miller, 1982; Provins & Magliaro, 1989). No entanto esta correspondência hipotética entre complexidade e preferência não tem sido encontrada em muitos outros estudos, o que sugere que a natureza perceptivo-motora das tarefas, ou o grau de complexidade sob investigação, podem assumir um papel central nesta questão (Bryden, 2002; Lage, Gallo, Miranda, Vieira, Schickler, Coelho, et al., 2008; Shen & Franz, 2005; Teixeira, Gasparetto, & Sugie, 1999).

Tem sido descrita uma assimetria manual mais acentuada em destrímanos do que em sinistrómanos em várias tarefas, que avaliam o tempo de reacção unimual (Olex-Zarychta & Raczek, 2008) e bimanual (Shen & Franz, 2005), deslocamento de pinos (Bryden, Roy, & Spence, 2007; Gurd, Schulz, Cherkas, & Ebers, 2006; Herve, Leonard, Perron, Pike, Pitiot, Richer, et al., 2009), deslocamento de pinos computadorizados (Dellatolas, et al., 2003; Elalmis & Tan, 2008) e toques repetidos (Herve, Mazoyer, Crivello, Perchey, & Tzourio-Mazoyer, 2005; Kumar & Mandal, 2004; Nalcaci, et al., 2001). Em tarefas de antecipação-coincidência (AC) efectuadas com adultos, não foram encontrados efeitos da complexidade da tarefa (Rodrigues, Vasconcelos, Barreiros, & Barbosa, 2009; Rodrigues, Vasconcelos, Barreiros, Barbosa & Trifilio., 2009).

Uma vez que, por volta dos sete anos de idade, a consistência da PM tanto em destrímanos como em sinistrómanos está já determinada (Bryden & Mayer, 2008; McManus, Sik, Cole, Mellon, Wong, & Kloss, 1988), bem como a capacidade de AC adquirida (Bard, Fleury, & Gagnon, 1990), pretendeu-se investigar em crianças, e através desta capacidade, o efeito da complexidade da tarefa na assimetria manual. Para além disso, como o desempenho em tarefas de AC revela ser afectado pela variável género (Les, Katene, & Fleming, 2002; Millslagle, 2004; Williams & Jasiewicz, 2001) esta será igualmente considerada na análise.

Metodologia

Amostra

Participaram no estudo 115 crianças de ambos os sexos (67 do sexo masculino e 48 do sexo feminino), divididos em dois grupos de idade (7-8 anos e 9-10 anos). Numa fase inicial foram seleccionados os alunos sinistrómanos, tendo como critério a mão preferida para escrever. De seguida, foram escolhidos aleatoriamente alunos destrímanos com características semelhantes aos sinistrómanos, nomeadamente no que respeita ao sexo e à idade. Numa fase posterior, os sujeitos foram novamente avaliados relativamente à sua preferência manual, desta vez de uma forma mais pormenorizada através da aplicação do *Dutch Handedness Questionnaire* de Van Strien (1992). Este questionário consiste em 15 itens relativos a actividades simples, unimanuais, da vida diária. Para a execução de cada actividade, os sujeitos são solicitados a responder se utilizam a mão direita, a mão esquerda ou se não têm preferência pela utilização de qualquer delas. Cada item é codificado entre 0 e 2, recebendo a mão esquerda o valor de 0, a direita, o valor de 2, e qualquer delas, o valor de 1. Assim, o valor total reporta-se à soma de todos os itens e designa-se por coeficiente de lateralidade, o qual se situa entre 0 e 30. Os sujeitos foram classificados como sinistrómanos apresentando um coeficiente de lateralidade inferior a 15 (24 do sexo feminino e 32 do sexo masculino) e considerados destrímanos com um valor superior a 15 (24 do sexo feminino e 35 do sexo masculino). A média do coeficiente de lateralidade foi de 27.8 ± 2.8 para os destrímanos (sexo masculino: 27.7 ± 3.1 ; sexo feminino: 28.0 ± 2.2) e de 4.9 ± 3.8 para os sinistrómanos (sexo masculino: 4.4 ± 3.4 ; sexo feminino: 5.6 ± 4.3).

Instrumento e tarefa

O instrumento utilizado foi o *Bassin Anticipation Timer* (*Lafayette Instruments*, modelo n.º 50 575) que consiste numa calha metálica com díodos emissores de luz (LEDs) dispostos em sequência e distanciados 4,5 cm entre si. As tarefas sincronizadas usadas envolveram diferentes níveis de complexidade

motora. Em ambas as tarefas, a calha foi posicionada de frente para o sujeito, de forma que o sinal luminoso se deslocasse da extremidade distal para a proximal.

A tarefa simples consistiu em accionar com o polegar um botão de pressão colocado na mão no momento em que o último LED acendia. A tarefa complexa consistiu em tocar cinco sensores numa sequência pré-determinada (1,2,3,4,5) em integração com um estímulo visual, de forma que o último sensor (5) fosse tocado simultaneamente com a chegada do estímulo luminoso ao último LED. Para tal foi utilizado o aparelho de AC em tarefas complexas. Na tarefa complexa era o participante que dava início ao deslocamento do estímulo carregando num sensor colocado na sua linha média, perto dos restantes sensores. A calha utilizada para esta tarefa foi a mesma utilizada para a tarefa simples. Acoplados aos sensores encontrava-se um computador com um *software* que possibilitava o registo automático dos resultados, ou seja o tempo de AC, que se refere ao tempo entre o último toque e o acendimento do LED alvo. Em ambas as tarefas os sujeitos adoptaram a mesma posição (de pé), estando o ângulo de aproximação do estímulo a 30° (Payne, 1987).

Procedimentos

Os sujeitos foram informados oralmente dos objectivos do estudo e das tarefas. A amostra foi contrabalançada em relação à variável complexidade da tarefa sendo dividida em dois grupos de forma aleatória. O primeiro grupo iniciou as tentativas na tarefa simples e executou depois a tarefa complexa (grupo S-C). O segundo grupo iniciou a tarefa complexa à qual se seguiu a simples (grupo C-S). Todos os participantes realizaram 5 tentativas com uma mão e 5 tentativas com a outra em cada uma das tarefas, sendo os grupos contrabalançados em relação à mão que iniciava a tarefa. Na tarefa simples a velocidade utilizada foi de 268,2 cm/s (6mph) e na tarefa complexa foi de 44,7 cm/s (1mph). O *foreperiod*, ou seja, o sinal de aviso (díodo amarelo) mantinha-se aceso durante 0,5 s antes do início da propagação do estímulo, em qualquer uma das tarefas. Em todas as etapas foi fornecido conhecimento verbal dos

resultados (0 - 25 ms: Excelente; 26 - 50 ms: Muito Bom; 51 - 100 ms: Bom; acima dos 101 ms: muito antes ou muito depois). Estas categorias basearam-se nas usadas por Corrêa (2001).

Resultados

Foram calculados os erros absoluto (EA), constante (EC) e variável (EV) para cada participante. As variáveis dependentes foram analisadas em cada grupo de preferência manual através de uma ANOVA multifactorial 2x2x2x2 (idade, sexo, mão, tarefa), com medidas repetidas nos dois últimos factores. O nível de significância foi fixado em $p \leq 0,05$. Na tabela 1 estão descritos, para o grupo de preferência manual, a média e o desvio padrão de cada tipo de erro, relativamente a cada mão, a cada tarefa e considerando a idade e o sexo.

Erro Absoluto

Destrímanos

Os factores principais tarefa [$F(1, 55) = 56.879, p < .001$], idade [$F(1, 55) = 15.411, p < .001$] e sexo [$F(1, 55) = 11.829, p = .001$] tiveram um efeito significativo, assim como a interacção entre os factores tarefa e idade [$F(1, 55) = 6.152, p < .001$] e entre tarefa e sexo [$F(1, 55) = 4.394, p = .041$]. Os factores principais revelaram uma precisão mais elevada no grupo mais velho, no sexo masculino e na tarefa simples. As duas interacções revelam que a diferença entre as idades e entre os sexos foi superior na tarefa complexa.

Sinistrómanos

Os factores principais tarefa [$F(1, 52) = 72.750, p < .001$], mão [$F(1, 52) = 5.943, p = .018$], idade [$F(1, 52) = 23.440, p < .001$] e sexo [$F(1, 52) = 5.224, p = .026$] tiveram um efeito significativo. Uma precisão mais elevada foi observada na tarefa simples, na MP, nos participantes mais velhos e no sexo masculino. Para além disso, a interacção entre os factores tarefa e idade [$F(1, 52) = 10.733, p = .002$] revelou que a diferença entre os grupos de idade foi mais acentuada na tarefa complexa.

Erro Constante

Destrímanos

O factor principal mão [$F(1, 55) = 4.855, p = .032$] e a interacção entre mão e tarefa [$F(1, 55) = 4.980, p = .030$] revelaram um efeito significativo. Esta interacção demonstrou que a assimetria manual foi mais elevada na tarefa complexa do que na simples. Na tarefa complexa, os sujeitos anteciparam as respostas e demonstraram um enviesamento do erro menor com a MP do que com a MNP, com a qual atrasaram as respostas.

Sinistrómanos

Apenas o factor principal mão [$F(1, 52) = 4.547, p = .038$] apresentou significado estatístico, demonstrando a MP menor enviesamento do erro e a tendência para respostas antecipadas, relativamente à MNP que demonstrou maior enviesamento do erro e propensão para respostas mais atrasadas.

Erro Variável

Destrímanos

Os factores principais tarefa [$F(1, 55) = 63.275, p < .001$], idade [$F(1, 55) = 10.956, p = .002$] e sexo [$F(1, 55) = 14.104, p < .001$] tiveram um efeito significativo, assim como a interacção entre os factores tarefa e sexo [$F(1, 55) = 6.187, p = .016$]. As crianças mais velhas e o sexo masculino apresentaram menor variabilidade e a interacção revelou que a diferença entre os sexos foi mais elevada na tarefa complexa do que na simples.

Sinistrómanos

Os factores principais tarefa [$F(1, 52) = 49.475, p < .001$], mão [$F(1, 52) = 6.628, p = .013$], idade [$F(1, 52) = 28.297, p < .001$] e sexo [$F(1, 52) = 9.232, p = .004$] tiveram um efeito significativo, assim como a interacção entre os factores tarefa e idade [$F(1, 52) = 11.620, p = .001$] e entre idade e sexo [$F(1, 52) = 9.758, p = .003$]. Os factores principais revelaram uma variabilidade menor na tarefa simples, na MP, no grupo mais velho e no sexo masculino. A primeira

interacção revelou que a diferença entre as idades foi maior na tarefa complexa e a segunda interacção demonstrou que a diferença entre os sexos foi mais acentuada no grupo 7-8 anos.

A sinopse dos resultados com efeito significativo relativamente às variáveis analisadas é apresentada no Quadro 1.

Tabela 1: Média e desvio padrão dos erros absoluto (EA), constante (EC) e variável (EV) para a mão preferida (MP) e não preferida (MNP) durante a execução da tarefa simples e complexa, em função da idade, do sexo e da preferência manual.

Erro	Mão	Tarefa	Destrímanos				Sinistrómanos			
			7-8	9-10	MASC	FEM	7-8	9-10	MASC	FEM
EA	MP	Simple	82.6±21.2	60.5±28.9	65.5±25.5	76.2±30.8	77.5±31.0	60.5±20.6	63.3±21.1	75.3±32.7
		Complexa	171.5±112.1	110.8±74.4	115.9±95.4	166.6±91.2	142.7±91.9	101.9±46.3	105.8±46.4	141.0±96.2
	MNP	Simple	83.1±41.3	66.3±35.6	63.9±34.2	87.3±41.3	86.3±31.9	63.3±23.7	68.9±25.0	80.7±34.8
		Complexa	160.6±91.1	106.6±76.4	111.8±76.1	155.2±95.6	193.5±122.2	100.4±49.2	127.3±83.1	165.4±119.7
EC	MP	Simple	32.2±57.5	24.5±41.6	22.2±45.4	35.8±52.9	3.4±51.2	14.8±38.4	6.4±46.4	13.6±43.1
		Complexa	-16.0±153.6	10.4±66.8	-7.4±119.7	8.9±100.5	-15.8±121.2	-10.9±92.7	-21.8±88.0	-1.7±127.1
	MNP	Simple	30.3±52.0	21.5±56.4	14.6±47.7	40.7±60.3	18.0±64.7	12.5±36.9	14.0±49.6	16.5±54.5
		Complexa	29.0±138.5	35.3±74.5	22.7±98.5	47.0±115.3	42.3±200.2	3.5±84.5	14.6±133.2	30.7±171.6
EV	MP	Simple	65.2±31.0	52.7±24.3	53.7±26.9	64.2±28.4	75.8±30.6	57.9±28.9	60.0±22.2	74.4±38.6
		Complexa	156.8±102.6	123.4±94.8	106.6±83.9	182.7±103.1	134.2±112.1	89.8±50.5	96.8±49.6	128.6±118.9
	MNP	Simple	79.8±48.4	59.5±23.5	62.1±36.6	76.8±37.2	82.9±35.7	64.4±28.9	64.5±27.1	84.4±37.7
		Complexa	162.6±93.1	111.0±100.2	116.4±86.2	156.9±114.5	179.8±96.3	89.6±51.8	107.6±70.5	163.4±99.2

Quadro 1: Sinopse dos factores principais e interacções obtidos na análise do erro absoluto (EA), do erro constante (EC) e do erro variável (EV) em ambos os grupos de preferência manual.

	EA	EC	EV
Destrímanos	Idade Sexo Tarefa Sexo x Tarefa Idade x Tarefa	Mão Mão x Tarefa	Idade Sexo Tarefa Sexo x Tarefa
Sinistrómanos	Idade Sexo Mão Tarefa Idade x Tarefa	Mão	Mão Idade Sexo Tarefa Idade x Sexo Idade x Tarefa

Discussão

O objectivo principal deste estudo consistiu em investigar a assimetria manual em função da complexidade da tarefa, pretendendo ainda analisar o efeito da idade e do sexo nessa mesma assimetria, em crianças destrímanas e sinistrómanas. Os resultados revelaram um aumento da assimetria manual com a complexidade da tarefa apenas na análise do EC. Este aumento da assimetria foi observado tanto nos destrímanos como nos sinistrómanos, apesar de neste grupo a diferença entre mãos não ter atingido significado estatístico, comprovando parcialmente os resultados de outros trabalhos (Borod, et al., 1984; Bryden & Roy, 1999 Exp.2; Bryden, Roy, Rohr, et al., 2007; Flowers, 1975; Miller, 1982; Provins & Magliaro, 1989). A sequência de acções de complexidade de execução mais elevada, requerida pela tarefa complexa comparativamente à tarefa simples, fez realçar a vantagem da MP. Tal como enfatizou Bryden (1998), a superioridade da MP em relação à MNP irá ser evidente em tarefas que requerem características como, por exemplo, complexa sequência de movimentos, orientação precisa da mão, controlo visual *on-line* e AC.

Apesar de ambos os grupos não terem sido comparados entre si, foi possível verificar que a assimetria manual foi evidente nos sinistrómanos em todos os erros de medida, enquanto nos destrímanos apenas se verificou na análise do

EC e durante a execução da tarefa complexa. Estes resultados contrariam os de outros estudos nos quais foi observada uma assimetria manual mais elevada nos destrímanos (Olex-Zarychta & Raczek, 2008). A natureza da tarefa estará provavelmente associada a este efeito. Por um lado, a percepção da trajectória de um objecto em movimento envolve o processamento visuo-espacial; por outro lado, a predição do local e do tempo que o estímulo demora a chegar ao alvo requer estimativas espaço-temporais. Tem sido descrito na literatura que o processamento da informação requerido por este tipo de tarefa pode envolver uma vantagem do hemisfério direito sobre o hemisfério esquerdo (Boulinguez, Ferrois, & Graumer, 2003; Dane & Erzurumluoglu, 2003; Gordon & Kravetz, 1991; Holtzen, 2000), resultando num benefício para os sinistrómanos, uma vez que a sua MP (esquerda) é comandada sobretudo pelo hemisfério direito. Esta situação seria então a causadora de uma assimetria manual superior relativamente aos destrímanos.

No geral, a assimetria manual não variou em função da idade. Porém, quer a análise do EA quer a do EV revelou que em ambos os grupos de PM a idade foi um factor com efeito significativo, sendo o grupo de 9-10 anos mais preciso e menos variável do que o grupo de 7-8 anos. Estes resultados corroboram os de outros estudos (Ball & Glencross, 1985; Bard, Fleury, Carrière, & Bellec, 1981; Dorfman, 1977; Stadulis, 1971), que explicam esta observação sugerindo uma integração sensório-motora mais desenvolvida no grupo mais velho permitindo, desta forma, um desempenho mais proficiente. Tem sido sugerido que a experiência e a aprendizagem adicional na intercepção de estímulos nas crianças mais velhas possam superar as qualidades perceptivas ou motoras necessárias à realização deste tipo de tarefas. As crianças mais velhas parecem recorrer a um número mais elevado de pistas e de elementos de análise na intercepção de trajectórias de estímulos visuais (Stadulis, 1985). A interacção da idade com a tarefa revelou um melhor desempenho dos mais velhos na execução de tarefas complexas. Estes resultados corroboram outros estudos onde estas variáveis foram analisadas (Fleury & Bard, 1985). As tarefas complexas parecem assim determinar um peso atencional diferenciado

em função da idade, em adição ao processamento da informação (Bard, et al., 1990).

O efeito do sexo foi visível em ambos os grupos de preferência manual, revelando o sexo masculino uma melhor performance do que o sexo feminino. Este resultado contraria vários estudos nos quais não se observaram diferenças entre os sexos em participantes pré-púberes na realização de tarefas de AC (Millslagle, 2004; Ridenour, 1981; Wrisberg & Mead, 1983). Porém, um facto interessante merece destaque, podendo explicar a ausência de diferenças entre os sexos nos estudos atrás citados: estes recorreram apenas à aplicação de tarefas simples. No presente estudo foi observado que o efeito do sexo está relacionado com a complexidade da tarefa, corroborando outros estudos (Fleury & Bard, 1985). Habilidades visuo-espaciais mais proficientes no sexo masculino podem ser apontadas como uma das possíveis causas destes resultados (Bell, Willson, Wilman, Dave, & Silverstone, 2006; Dane & Erzurumluoglu, 2003).

A tarefa simples proporcionou um desempenho mais elevado do que a tarefa complexa em ambos os grupos de PM, indo ao encontro dos resultados de outras investigações que avaliaram o efeito da complexidade em tarefas de AC (Williams, Jasiewicz, & Simmons, 2001; Williams & Jasiewicz, 2001). Este resultado era esperado, uma vez que o desempenho em tarefas complexas requer planeamento e organização do movimento e, conseqüentemente, maior demanda na programação motora.

Conclusão

Os resultados deste estudo revelaram (i) um aumento da assimetria manual com a complexidade da tarefa em ambos os grupos de PM, apesar de nos sinistrómanos a diferença entre as mãos não ter atingido significado estatístico; (ii) uma assimetria manual em todos os erros de medida, evidente apenas nos sinistrómanos; (iii) maior precisão e menor variabilidade do grupo de 9-10 anos comparativamente ao grupo de 7-8 anos, em ambos os grupos de PM, revelando a interacção da idade com a tarefa que este efeito maturacional foi

mais pronunciado na execução de tarefas complexas; (iv) um desempenho mais elevado do sexo masculino em relação ao sexo feminino em ambos os grupos de PM; (v) um desempenho mais elevado na tarefa simples comparativamente à tarefa complexa em ambos os grupos de PM. Estes resultados favorecem a perspectiva na qual a assimetria manual é considerada como um processo dinâmico, interagindo com o tipo de tarefa, com a idade e o sexo. Demonstram ainda que os dois grupos de preferência manual não se comportam da mesma forma no desempenho da capacidade de AC, traduzida no presente estudo em duas tarefas de diferente complexidade.

Referências

- Amunts, K., Jancke, L., Mohlberg, H., Steinmetz, H., & Zilles, K. (2000). Interhemispheric asymmetry of the human motor cortex related to handedness and gender. *Neuropsychologia*, 38(3), 304-312.
- Ball, C. T., & Glencross, D. (1985). Developmental differences in a coincident timing task under speed and time constraints. *Human Movement Science*, 4(1), 1-15.
- Bard, C., Fleury, M., Carrière, L., & Bellec, J. (1981). Components of the coincidence-anticipation behavior of children aged from 6 to 11 years. *Perceptual and Motor Skills*, 52(2), 547-556.
- Bard, C., Fleury, M., & Gagnon, M. (1990). Coincidence-anticipation timing: an age related perspective. . In C. Bard, M. Fleury & L. Hay (Eds.), *Development of eye-hand coordination across life span* (pp. 283-305). Columbia: University of South Carolina Press.
- Bell, E. C., Willson, M. C., Wilman, A. H., Dave, S., & Silverstone, P. H. (2006). Males and females differ in brain activation during cognitive tasks. *Neuroimage*, 30(2), 529-538.
- Borod, J. C., Caron, H. S., & Koff, E. (1984). Left-handers and right-handers compared on performance and preference measures of lateral dominance. *British Journal of Psychology*, 75 (Pt 2), 177-186.

- Boulinguez, P., Ferrois, M., & Graumer, G. (2003). Hemispheric asymmetry for trajectory perception. *Cognitive brain research*, 16(2), 219-225.
- Bryden, M. P., & Mayer, M. (2008). Hand preference and performance abilities in children and adults. *Brain and Cognition*, 67(supplement 1), S15.
- Bryden, P. J. (1998). *The origins of manual asymmetries: What is revealed by pushing the limits of task difficulty*. Unpublished doctoral thesis, University of Waterloo, Ontario, Canada.
- Bryden, P. J. (2002). Pushing the limits of task difficulty for the right and left hands in manual aiming. *Brain and Cognition*, 48(2-3), 287-291.
- Bryden, P. J., & Roy, E. A. (1999). Spatial task demands affect the extent of manual asymmetries. *Laterality*, 4(1), 27-37.
- Bryden, P. J., Roy, E. A., Rohr, L. E., & Egilo, S. (2007). Task demands affect manual asymmetries in pegboard performance. *Laterality*, 12(4), 364-377.
- Bryden, P. J., Roy, E. A., & Spence, J. (2007). An observational method of assessing handedness in children and adults. *Developmental Neuropsychology*, 32(3), 825-846.
- Cockerill, I. M., Van-Zyl, P. A., & Nevill, A. M. (1988). Functional asymmetry and the development of anticipation-timing. *The Physical Education Association Research, Suppl*(3), 7-10.
- Coker, C. (2004). Bilateral symmetry in coincident timing: a preliminary investigation. *Perceptual and Motor Skills*, 98(1), 359-365.
- Corrêa, U.(2001). *Estrutura de prática e processo adaptativo na aquisição de habilidades motoras*. 2001. Dissertação (Doutor em Educação Física) - Escola de Educação Física e Esporte, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Dane, S., & Erzurumluoglu, A. (2003). Sex and handedness differences in eye-hand visual reaction times in handball players. *International Journal of Neuroscience*, 113(7), 923-929.

- Dellatolas, G., De Agostini, M., Curt, F., Kremin, H., Letierce, A., Maccario, J., et al. (2003). Manual skill, hand skill asymmetry, and cognitive performances in young children. *Laterality*, 8(4), 317-338.
- Dorfman, P. (1977). Timing and anticipation: a developmental perspective. *Journal of Motor Behavior*, 9(1), 67-79.
- Elalmis, D. D., & Tan, U. (2008). Dynamics of manual skill: a computerized analysis of single peg movements and stochastic resonance hypothesis of cerebral laterality. *International Journal of Neuroscience*, 118(3), 399-432.
- Fearing, M. K., Browning, C. A., Corey, D. M., & Foundas, A. L. (2001). Dual-task performance in right- and left-handed adults: a finger-tapping and foot-tapping study. *Perceptual and Motor Skills*, 92(2), 323-334.
- Fleury, M., & Bard, C. (1985). Age, stimulus velocity and task complexity as determiners of coincident timing behavior. *Journal of Human Movement Studies*, 11, 305-317.
- Flowers, K. (1975). Handedness and controlled movement. *British Journal of Psychology*, 66(1), 39-52.
- Gordon, H. W., & Kravetz, S. (1991). The influence of gender, handedness, and performance level on specialized cognitive functioning. *Brain and Cognition*, 15(1), 37-61.
- Gurd, J. M., Schulz, J., Cherkas, L., & Ebers, G. C. (2006). Hand preference and performance in 20 pairs of monozygotic twins with discordant handedness. *Cortex*, 42(6), 934-945.
- Haaland, K. Y., & Harrington, D. L. (1996). Hemispheric asymmetry of movement. *Current Opinion in Neurobiology*, 6(6), 796-800.
- Herve, P. Y., Leonard, G., Perron, M., Pike, B., Pitiot, A., Richer, L., et al. (2009). Handedness, motor skills and maturation of the corticospinal tract in the adolescent brain. *Human Brain Mapping*, 30(10), 3151-3162.

- Herve, P. Y., Mazoyer, B., Crivello, F., Perchey, G., & Tzourio-Mazoyer, N. (2005). Finger tapping, handedness and grey matter amount in the Rolando's genu area. *Neuroimage*, 25(4), 1133-1145.
- Holtzen, D. W. (2000). Handedness and professional tennis. *International Journal of Neuroscience*, 105(1-4), 101-119.
- Kumar, S., & Mandal, M. K. (2004). Motor performance as a function of verbal, nonverbal interference and handedness. *International Journal of Neuroscience*, 114(7), 787-794.
- Lage, G. M., Gallo, L. G., Miranda, M. G., Vieira, D. R., Schickler, D. J., Coelho, R. R., et al. (2008). Assimetrias manuais e complexidade da tarefa em habilidades de apontamento. *Revista Portuguesa de Ciências do Desporto*, 8(1), 47-57.
- Les, W. R., Katene, W. H., & Fleming, K. (2002). Coincidence timing of a tennis stroke: effects of age, skill level, gender, stimulus velocity, and attention demand. *Research Quarterly for Exercise & Sport*, 73(1), 28-37.
- McManus, C., Sik, G., Cole, D. R., Mellon, A. F., Wong, J., & Kloss, J. (1988). The development of handedness in children. *British Journal of Developmental Psychology*, 6, 257-273.
- Miller, C. A. (1982). Degree of lateralization as a hierarchy of manual and cognitive skill levels. *Neuropsychologia*, 20(2), 155-162.
- Millsagle, D. (2004). Coincidence anticipation and dynamic visual acuity in young adolescents. *Perceptual and Motor Skills*, 99(3 Pt 2), 1147-1156.
- Nalcaci, E., Kalaycioglu, C., Cicek, M., & Genc, Y. (2001). The relationship between handedness and fine motor performance. *Cortex*, 37(4), 493-500.
- Olex-Zarychta, D., & Raczek, J. (2008). The relationship of movement time to hand-foot laterality patterns. *Laterality*, 13(5), 439-455.

- Pascual-Leone, A., & Torres, F. (1993). Plasticity of the sensorimotor cortex representation of the reading finger in Braille readers. *Brain*, 116(Pt 1), 39-52.
- Payne, V. G. (1987). Effects of angle of stimulus approach on coincidence-anticipation timing performance. *Journal of Human Movement Studies*, 13, 383-390.
- Provins, K. A. (1997). The specificity of motor skill and manual asymmetry: a review of the evidence and its implications. *Journal of Motor Behavior*, 29(2), 183-192.
- Provins, K. A., & Magliaro, J. (1989). Skill, strength, handedness, and fatigue. *Journal of Motor Behavior*, 21(2), 113-121.
- Ridenour, M. V. (1981). Influence of background patterns of coincidence-anticipation performance. *Perceptual and Motor Skills*, 52(1), 47-50.
- Rodrigues, P., Vasconcelos, O., Barreiros, J., & Barbosa, R. (2009). Manual asymmetry in a complex coincidence-anticipation task: handedness and gender effects. *Laterality*, 14(4), 395-412.
- Rodrigues, P., Vasconcelos, O., Barreiros, J., Barbosa, R., & Trifílio, F. (2009). Functional asymmetry in a simple coincidence-anticipation task: effects of handedness. *European Journal of Sport Science*, 9(2), 115-123.
- Shen, Y. C., & Franz, E. A. (2005). Hemispheric competition in left-handers on bimanual reaction time tasks. *Journal of Motor Behavior*, 37(1), 3-9.
- Stadulis, R. E. (1971). *Coincidence-anticipation behavior of children*. Unpublished doctoral dissertation, Columbia University, Teachers College, New York.
- Stadulis, R. E. (1985). Coincidence-anticipation behavior of children. In J. E. Clark & J. H. Humphrey (Eds.), *Motor development* (Vol. 1, pp. 1-17). Princeton: Princeton Book Company.

- Steenhuis, R. E. (1999). The relation between hand preference and hand performance: what you get depends on what you measure. *Laterality*, 4(1), 3-26.
- Teixeira, L. A., Gasparetto, E. R., & Sugie, M. M. (1999). Is there manual asymmetry in movement preparation? *Perceptual and Motor Skills*, 89(1), 205-208.
- Teixeira, L. A., & Paroli, R. (2000). Assimetrias laterais em acções motoras: preferência versus desempenho. *Motriz*, 6(1), 1-8.
- Triggs, W. J., Calvanio, R., & Levine, M. (1997). Transcranial magnetic stimulation reveals a hemispheric asymmetry correlate of intermanual differences in motor performance. *Neuropsychologia*, 35(10), 1355-1363.
- Van Strien, J. W. (1992). Classificatie van links – en rechtshangige proefpersoonen. *Nederlands Tijdschrift voor de Psychologie*, 47, 88-92.
- Volkman, J., Schnitzler, A., Witte, O. W., & Freund, H. (1998). Handedness and asymmetry of hand representation in human motor cortex. *Journal of Neurophysiology*, 79(4), 2149-2154.
- Williams, L., Jasiewicz, J., & Simmons, R. (2001). Coincidence timing of finger, arm, and whole body movements. *Perceptual and Motor Skills*, 92(2), 535-547.
- Williams, L., & Jasiewicz, J. M. (2001). Knowledge of results, movement type, and sex in coincidence timing. *Perceptual and Motor Skills*, 92(3 Pt 2), 1057-1068.
- Wrisberg, C. A., & Mead, B. J. (1983). Developing coincident timing skill in children: a comparison of training methods. *Research quarterly for exercise and sport*, 54(1), 67-74.

Estudo empírico – 2

Functional asymmetry in a simple coincidence- anticipation task: effects of handedness

Artigo publicado no *European Journal of Sport Science*, (2009), 9(2), 115-123.

Paula Rodrigues¹, Olga Vasconcelos¹, João Barreiros², Ricardo Barbosa¹, Fábio Trifílio¹

¹*Universidade do Porto, Faculdade de Desporto*

²*Universidade Técnica de Lisboa, Faculdade de Motricidade Humana*

Abstract

Right- and left-handed performance presents different degrees of manual functional asymmetry, because left-handers usually present lower asymmetry in several tasks. Thus, we asked 27 right-handed and 33 left-handed male and female adolescents to perform a coincidence-anticipation task. Absolute, constant and variable errors were calculated for each participant, for the preferred and non-preferred hand, as well as the performance asymmetry index. Results demonstrated that (i) right- and left-handers performed to a similar level (ii) both right- and left-handers were less variable when using their left hand; (iii) male were more accurate and less variable than their female counterparts. Although handedness failed to show a significant effect, our results demonstrated that both hand and gender have an influence on coincidence timing ability. The gender-related effect lends support to the idea that differences exist in the neural mechanisms of visuospatial processing between the sexes, and the performing hand-related effect is supposed to reflect the right hemisphere advantage in movement planning.

Keywords: Coincidence-anticipation, functional asymmetry, handedness

Introduction

Functional motor asymmetry favoring one side is a well known fact in human motor behavior and has been the object of study for many researchers seeking to identify the factors involved in manual asymmetry processing. Results have shown different degrees of asymmetry depending on the task, for example, grip strength has been consistently reported to be weakly lateralised (Borod *et al.*, 1984a, 1984b; Provins & Magliaro, 1989; Triggs *et al.*, 2000). The degree of asymmetry depends on several factors, including task characteristics, neuromuscular, perceptual and spatial requirements and even the amount of experience in a specific task.

Many studies have demonstrated that left-handers are not as strongly lateralized as right-handers, both in terms of preference (Doyen *et al.*, 2001;

Gurd *et al.*, 2006; McManus *et al.*, 1986) and performance (Brown *et al.*, 2006; Carlier *et al.*, 1993; Curt *et al.*, 1992; Gurd *et al.*, 2006; Nalcaci *et al.*, 2001; Schmidt *et al.*, 2000; Shen & Franz, 2005). Although many degrees of functional asymmetry have been described in the literature, left-handers usually exhibited lower asymmetry than right-handers. The lower asymmetry of left-handers has been reported in tasks such as repetitive finger-tapping (Nalcaci *et al.*, 2001; Schmidt *et al.*, 2000; Triggs *et al.*, 2000), peg-moving (Baucom, 2004; Gurd *et al.*, 2006; Vasconcelos, 1993), computerised peg-moving (Dellatolas *et al.*, 2003), pin-to-hole transfer tasks (Hoffmann, 1997), the hand performance test (Jancke, 1996), the dot-filling test (Borod *et al.*, 1984b; Vasconcelos, 1993), hand grip strength (Provins & Magliaro, 1989; Vasconcelos, 1993). The smaller performance difference between the two hands suggests that left-handers might excel over right-handers in a variety of skills of the non-preferred hand, as reported by other researchers (Dellatolas *et al.*, 2003; Judge & Stirling, 2003; Steenhuis, 1999).

Two hypotheses for the left-handers' lower asymmetry have been proposed. The first involves the role of social involvement and, consequently, greater exposure to conditions favouring the performance of actions structured for right-handers. The subtle pressures in terms of right hand preference caused by social and cultural involvement may be responsible for the reduced manual asymmetry of left-handers (Porac & Coren, 1981), since they learn during early developmental stages to perform tasks with their right hand, while right-handers are seldom required to use their left hand in the same tasks. According to this hypothesis, early motor experiences might play an important role in the production and magnitude of manual asymmetries.

The second hypothesis emphasizes the contribution of hemispheric function in the performance differences between right- and left-handers. Functional differences between right and left hemispheres may underlie the performance differences between right- and left-handers. In general, left-handers form a more heterogeneous group than right-handers in terms of patterns of cerebral dominance (Bezrukikh & Khrianin, 2004; Foundas *et al.*, 2002; Josse & Tzourio-Mazoyer, 2004; Shapleske *et al.*, 1999; Triggs *et al.*, 1999). There is evidence

from several studies that hemispheric asymmetry seems to be less marked in these individuals, both at the functional (Civardi *et al.*, 2000; Schmidt *et al.*, 2000; Singh *et al.*, 1998; Solodkin *et al.*, 2001) and anatomical level (Amunts *et al.*, 2000; Foundas *et al.*, 1998; Herve *et al.*, 2006; Steinmetz *et al.*, 1991). Nevertheless, a question still remains: Are these differences between left and right cortical hand areas the cause or effect of handedness? As Beaton (2004) suggested, research to date has only begun to scratch the surface of this enigmatic phenomenon.

On the other hand, the two hemispheres may not play a symmetric role in motor control processes. In fact, it has been suggested that performance differences are due to differences in the information-processing abilities of the left and right hemispheres of the brain, with a right hemisphere specialization for spatio-temporal and attentional processes, and a left hemisphere specialization for movement execution (Eikenberry *et al.*, 2008; Grouios, 2006; Haaland, Prestopnik, Knight, & Lee, 2004; Lavrysen, Elliott, Buekers, Feys, & Helsen, 2007). Based on these considerations and the fact left-handers as a group is less clearly left lateralized, one might expect handedness-related differences in coincident-anticipation tasks (CA). Such tasks provide a feasible method for assessing spatio-temporal processing, as they require the anticipation of the trajectory of a visual stimulus moving in space, and requiring the organization of a motor response based on temporal anticipation. If this task implies a superior performance of the left hand/ right hemisphere system, then left-handers should show (i) superior performance, since the left hand is their preferred hand, and (ii) less manual asymmetry, than right-handers. The first hypothesis is based on the assumption that the performance abilities for some motor tasks of the preferred hand are superior to those of the non-preferred hand (Boulinguez, Velay, & Nougier, 2001b; Brouwer, Sale, & Nordstrom, 2001; Herve, Mazoyer, Crivello, Perchey, & Tzourio-Mazoyer, 2005). The second hypothesis is based on the observation of reduced manual asymmetries in left-handers, since they usually experience more intense practice using their non-dominant hand (right hand) to better adapt to a preferential right-handed world (de Poel, Peper & Beek, 2007; Henkel *et al.*, 2001; Ozcan, Tulum, Pinar & Baskurt, 2004).

Variables such as age (Benguigui, Broderick & Ripoll, 2004; Dorfman, 1977; Lobjois, Benguigui & Bertsch, 2005, 2006), gender (Brady, 1996; Les, Katene & Fleming, 2002; Millslagle, 2004; Williams & Jasiewicz, 2001) and manual asymmetry (Cockerill, van Zyl & Nevill, 1988; Coker, 2004) have been widely investigated in the literature on CA tasks. The results have revealed that competence on such tasks increases linearly with age, reaching an asymptote at 14 to 15 years (Dorfman, 1977). However, whereas some CA studies have been conducted with adults (Benguigui, Ripoll & Broderick, 2003; Coker, 2006; Lobjois *et al.*, 2006; Millslagle, 2000) and with children (Benguigui *et al.*, 2004; Hart, Smith & DeChant, 2005; Millslagle, 2003), little work has been conducted with 15- to 18 years-old (Dunham, 1989). Gender has a marked influence on the CA learning and performance, with males being consistently more accurate and less variable than females (Williams & Jasiewicz, 2001; Williams, Katene, Fleming & Bennett, 2002). However, there is also empirical evidence that shows no gender effects (Harrold & Kozar, 2002; Millslagle, 2004; Williams, Jasiewicz & Simmons, 2001). Despite the importance of manual asymmetries in CA tasks, and the relevance of this topic to sports and physical activities, the available information is sparse and controversial. Two studies have addressed this issue. First Coker (2004) found a limb-related difference in temporal accuracy in a ballistic striking task favoring the preferred limb, although the small effect size indicated little practical difference between the preferred and non-preferred limbs. In the second study, Cockerill *et al.* (1988) demonstrated greater accuracy and consistency for the non-dominant hand in right-handers.

To address this concern, the aim of the present study was to assess the influence of handedness and gender on manual asymmetry in adolescents performing a CA task.

Methods

Subjects

Sixty adolescents (32 males and 28 females) aged 15 - 18 years (mean 16.2 years, $s=1.0$) participated in the study. Left-handed students were selected in a

first phase and the preferred writing hand was the criterion. Then, right-handed students matched for gender and age to the left-handers were randomly selected. The participants' handedness was then confirmed using Van Strien's (1992) Handedness Questionnaire. This questionnaire consisted of 16 hand preference items. For each activity in the questionnaire, the participants indicated whether the left or right hand was used or whether they did not have a preference for one hand over the other. Each item was coded from 0 to 2, with "left" receiving a score of 0 and "right" receiving a score of 2, and "both" receiving a score of 1. Therefore, the total score could range from 0 (i.e. extremely left-handed) to 32 (i.e. extremely right-handed). Participants with scores below 16 were considered left-handers (N=33, 19 males and 14 females) whereas those with scores of 16 and above were considered right-handers (N=27, 13 males and 14 females). The mean handedness score was 27.5 ($s=3.5$) for right-handers (right-handed males: 27.2, $s=4.1$; right-handed females: 27.7, $s=2.9$) and 6.8 ($s=4.6$) for left-handers (left-handed males: 7.9, $s=3.9$; left-handed females: 5.1, $s=5.1$).

Apparatus and task

The coincidence-anticipation apparatus used in the present study was the *Bassin Anticipation Timer* (Lafayette Instruments no. 50575). This apparatus simulates a moving stimulus with a runway sequentially lit of LED lamps spaced 4.5 cm apart. Two 16-lamp runways placed end to end (152 cm long) were mounted on two standard tables and connected to a response button on a 122 cm cord. Total movement time of the sequenced lighting was 42.69 s.

Participants were positioned in front of the runway and approximately 1.5m from the apparatus, so that the stimulus appeared to travel towards them. The task consisted in pressing the response button, held in the participant's hand, simultaneously with the lighting of the last diode. The task was performed with the stimulus travelling at a constant velocity of $3.6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, with an inter-trial interval of 10s. An amber warning light was illuminated preceding the path of the stimulus along the runway after a fixed foreperiod of 0.5 s.

Design and Procedures

The participants were tested individually on an stool with adjustable-height. To guarantee the angle of stimulus presentation, the relation between the stool's height and the participant's body was adjusted through a localized line on a wall, aligned with the instrument's runway and fixed 25° in relation to the incidence of the last diode. The stool was positioned as a continuation of the last runway at a 150 cm distance, to present the stimulus propagation of the sagittal plane. The participants were informed about the goal of the task and performed a non-evaluated contact trial. There were 20 right-hand trials and 20 left hand trials, and the sample was counterbalanced according to the starting hand (preferred and non-preferred hand). After each trial, knowledge of results was provided, including the magnitude (milliseconds) and direction (early or late) of errors.

Dependent Variables

Absolute (AE), constant (CE) and variable errors (VE) were calculated for each participant. Absolute error is defined as the average magnitude of error without consideration of its direction from zero. Constant error takes into consideration the direction of the error and is negative when, on average, the participant underestimates the time of arrival of the incoming stimulus, and positive when the participant overestimates the time of arrival. Variable error expresses the consistency of the responses around the participant's mean constant error (for more details about these measure errors, see Magill, 1989 and Schmidt, 1982).

Absolute errors were converted into a performance asymmetry index (PAI), that was computed by taking the difference between the preferred (P) and non-preferred (NP) hands as a function of the overall performance of the two hands $(P-NP)/(P+NP) \times 100$. The larger the PAI, the greater the performance asymmetry between the two hands. A positive PAI indicates that the non-preferred hand is performing with less AE than the preferred hand, while a

negative PAI indicates that the preferred hand is performing with less AE than the non-preferred hand.

To examine the performance of the two hands, AE, CE and VE were analyzed in a three-way (sex, handedness, performing hand) analysis of variance (ANOVA) with repeated measures on the last factor. The PAI analysis was performed using two-way (handedness and sex) ANOVA. Statistical significance was set at $P \leq 0.05$.

Results

Absolute error

Table 1 presents AE values of the preferred and non-preferred hand, according to hand preference and gender.

Table 1: Absolute error (ms) of the right hand and left hand according to hand preference and gender (mean and standard deviation values).

	Right-handed			Left-handed		
	Males	Females	Combined	Males	Females	Combined
PH	37.23±12.12	47.84±11.93	42.74±12.97	41.69±11.32	42.88±10.69	42.19±10.90
NPH	35.49±13.12	44.11±9.91	39.96±12.16	38.95±11.66	43.31±14.69	40.80±13.00

Note: PH= Preferred Hand; NPH= Non-preferred Hand

The analysis of AE revealed a significant main effect for gender [$F(1, 56)=6.484$; $p=.014$], indicating that males performed with less absolute error ($M=38.0$ ms, $SD=13.1$) than females ($M=44.8$ ms, $SD=14.1$). Non-significant main effects were observed for performing hand [$F(1, 56)=.995$; $p=.323$] and for hand preference [$F(1, 56)=.049$; $p=.826$]. The interactions between gender and handedness or gender and performing hand were not significant.

Constant error

Table 2 presents CE values of the preferred and non-preferred hand, according to hand preference and gender.

Table 2: Constant error (ms) of the right hand (RH) and left hand (LH) according to hand preference and gender (mean and standard deviation values).

	Right-handed			Left-handed		
	Male	Female	Combined	Male	Female	Combined
PH	-12.43±16.73	-8.85±27.69	-10.57±22.72	-24.17±18.35	-4.55±24.21	-15.85±22.90
NPH	-13.91±22.62	-8.61±26.80	-11.16±24.55	-21.52±13.69	-5.48±22.46	-14.71±19.37

Note: PH= Preferred Hand; NPH= Non-preferred Hand

The ANOVA revealed a significant main effect for gender [$F(1, 56)=4.724$; $p=.034$]. Although both males and females anticipated their responses, females responded with less negative bias ($M=-6.9$ ms, $SD=27.1$) than males ($M=-18.0$ ms, $SD=22.1$). No other significant main effects and interactions were observed.

Variable error

Table 3 presents VE values of the preferred and non-preferred hand, according to hand preference and gender.

Table 3: Variable error (ms) of the right hand (RH) and left hand (LH) according to hand preference and gender (mean and standard deviation values).

	Right-handed			Left-handed		
	Male	Female	Combined	Male	Female	Combined
PH	43.59±13.82	54.15±12.29	49.07±13.88	40.79±9.07	46.85±11.42	43.25±10.36
NPH	36.46±13.89	47.46±12.97	42.17±14.30	43.35±12.44	47.41±12.50	45.00±12.43

Note: PH= Preferred Hand; NPH= Non-preferred Hand

The analysis of VE showed a significant difference between sexes [$F(1, 56)=9.517$; $p=.003$], with males being less variable ($M=40.8$ ms, $SD=11.7$) than females ($M=49.8$ ms, $SD=15.4$). The analysis also revealed a significant interaction between performing hand and handedness [$F(1, 56)=4.704$; $p=.034$], indicating that left-handers were less variable with the preferred hand than right-handers. The opposite was observed for the non-preferred, with right-handers being less variable with the non-preferred hand than left-handers. This result indicates that in both groups, performance with the left hand was less variable

($M=42.7$ ms, $SD=13.1$) than the right hand ($M=47.9$ ms, $SD=15.7$). The interactions between gender and handedness and between gender and performing hand were not significant.

Performance Asymmetry Index

The PAI analysis was performed using a two-way (hand preference and gender) ANOVA. The main effect for hand preference was not significant [$F(1, 56)=1.242$; $p=.270$], although right-handers presented higher performance asymmetry ($M=6.1$; $SD=15.3$). The PAI values in left-handers ($M=1.4$; $SD=16.4$) demonstrated more symmetric motor performance. Gender and hand preference did not interact. Table 4 presents PAI values according to hand preference and gender.

Table 4: Performance asymmetry index (ms) according to hand preference and gender (mean and standard deviation values).

In general, the results indicated that (i) right- and left-handers were not different

	Right-handed			Left-handed		
	Male	Female	TOTAL	Male	Female	TOTAL
PAI	8.72±16.88	3.63±14.98	6.7±15.87	2.22±19.56	.62±12.59	1.56±16.83

on any parameter; (ii) both right- and left-handers were less variable when using their left hand; (iii) males were more accurate and less variable than their female counterparts.

Discussion

This experiment focused on manual asymmetry in a coincidence-anticipation task. We examined the contribution of hand preference, hand performance, and gender on temporal performance accuracy, direction, consistency and asymmetry between hands.

With respect to manual preference and AE, CE, VE and PAI, the results showed that there was no significant difference in coincidence-anticipation timing. This

observation suggests that simple anticipatory timing performance is independent of handedness.

The hypothesis of Porac and Coren (1981) that left-handers, living in a right-handed world, have to learn how to use their non-preferred hand - and thus acquire better performance with their right hand - was not confirmed in the present study. Our results indicated a similar manual asymmetry in left and right-handers.

A possible explanation for this fact relies on the simplicity of the motor component of the experimental task. Coker (2004), for example, examined the temporal accuracy of a ballistic striking task for the preferred and non-preferred limbs in right-handers. Her findings showed, despite a small effect size, greater performance accuracy for the preferred limb.

Hemispheric issues can probably explain this fact more successfully than learning based arguments, since the adaptive transfer effect to our task might have been of very small amplitude. In fact, the task had a high degree of novelty for all of our participants.

With respect to the performing hand, our results were consistent with those found by Cockerill *et al.* (1988). In the present study, right-handers were also less variable with their left hand than with their right hand. Left-handers were also less variable (VE) with their left hand than with their right hand. Because CA tasks also implicate a spatial component, these results indicate an advantage of the right hemisphere over the left hemisphere in the information processing required by this type of task. This assumption is based on the results of studies, which registered a left-hand advantage in right-handers on perceptual-motor tasks. Such tasks include, for example, open-loop ballistic aimed movements (Guiard *et al.*, 1983), tactile recognition (Yamamoto, 1982), positioning (Colley, 1984; Roy & MacKenzie, 1978; Yamauchi *et al.*, 1998) and reaching movements (Boulinguez *et al.*, 2001a; Helsen *et al.*, 1998; Mieschke *et al.*, 2001; Neely *et al.*, 2005). Furthermore, right-handers' left hand often enjoys a reliable temporal advantage for movement initiation in tasks such as target-pointing (Barthelemy & Boulinguez, 2001; Hay & Velay, 2003), aiming (Barral &

Debu, 2002; Carson, Chua, Elliott, & Goodman, 1990; Hodges, Lyons, Cockell, Reed, & Elliott, 1997) and reaching (Mieschke *et al.*, 2001). In left-handers, the same left-hand advantage in reaction times was observed in target-pointing (Velay & Benoit-Dubrocard, 1999) and reaching (Boulinguez *et al.*, 2001b). This left hand reaction time advantage has been suggested to reflect specifically the right hemisphere advantage in movement planning.

Since the critical aspect for proficient performance in the current study was initiating the distal thumb movement at the right time, and assuming that coincidence-anticipation behaviour requires fast reaction and decision operations, our results suggest that the stimulus speed used in this study could lead individuals to pre-program their responses.

Many CA researchers have examined the gender effect and found that males tend to perform with less error than females (Brady, 1996; Gatama, 1993; Manning, 1982; Overdorf *et al.*, 2004; Payne, 1988; Petrakis, 1985; Williams & Jasiewicz, 2001). In the present investigation, males performed with significantly less error, as indicated by their AE and VE, but performed with more error than females in the CE analysis. Wrisberg and colleagues (1979) and Payne (1987, 1988) reported similar findings. In these studies, females tended to anticipate early and late, whereas males anticipated early more frequently than late.

While few if any differences have been observed between pre-pubescent males and females on coincidence timing tasks (Millsagle, 2004; Ridenour, 1981; Wrisberg & Mead, 1981, 1983), that does not hold for post-pubescent (Brady, 1996; Overdorf *et al.*, 2004; Williams & Jasiewicz, 2001). The most striking difference between the sexes is the superior men's performances in tasks that make use of response speed and magnitude (Rohr, 2006a, 2006b), suggesting the use of different strategies for completing movements. Schiff and Oldak (1990) suggested that performance differences between the sexes in coincidence-anticipation may be due to the greater risk-taking propensities or better visuospatial skills of men. According to the greater risk-taking propensities idea, it might be related to the role of experience on perceptual-

motor performance (Kuhlman, 1992; Payne, 1987). This argument holds that males are typically encouraged to develop their athletic prowess while females are instructed to behave in a feminine manner, which often translates into an avoidance of most sports and vigorous activities. However, when women are allowed to develop their athletic skills and receive training like men, a similar performance is seen (Petrakis, 1985).

Regarding the second assumption, men's greater visuospatial skill has been corroborated (Bell, Willson, Wilman, Dave & Silverstone, 2006; Dane & Erzurumluoglu, 2003; Parsons *et al.*, 2004; Voyer, Rodgers & McCormick, 2004). The results demonstrated that men's visuospatial processing tends to be more lateralized in the right hemisphere than that of women, and that greater lateralization affords more efficient visuospatial processing. This hypothesis may account for the findings of the present study.

As to the influence of gender on IPA, our results are at odds with those of other studies (Dellatolas *et al.*, 2003; Judge & Stirling, 2003; Nalcaci *et al.*, 2001; Peters & Durdning, 1979; Vasconcelos, 1993), as we did not detect significant differences between the sexes.

Conclusion

Although handedness failed to show a significant effect, this study has demonstrated that both performing hand and gender have an influence on coincidence timing ability. The gender-related effect lends support to the idea that differences exist in the neural mechanisms of visuospatial processing between the sexes, and the performing hand-related effect is supposed to reflect the right hemisphere advantage in movement planning. Further research using techniques to determine hemispheric asymmetries during performance could provide the opportunity to identify more clearly the specific processes responsible for these results. It would be interesting, also, to compare the manual asymmetry of right- and left-handers in perceptual-motor tasks requiring different emphasis on their motor components and complexity.

References

- Amunts, K., Jancke, L., Mohlberg, H., Steinmetz, H., & Zilles, K. (2000). Interhemispheric asymmetry of the human motor cortex related to handedness and gender. *Neuropsychologia*, *38*(3), 304-312.
- Barral, J., & Debu, B. (2002). Hand and gender differences in the organization of aiming in 5-year-old children. *Neuropsychologia*, *40*(2), 152-161.
- Barthelemy, S., & Boulinguez, P. (2001). Manual reaction time asymmetries in human subjects: The role of movement planning and attention. *Neurosci Lett*, *315*(1-2), 41-44.
- Baucom, C. (2004). Human hand preference: structural/functional MRI studies. Unpublished doctoral thesis. Tulane University, New Orleans.
- Beaton, A. (2004). Anatomy of manual skill. *Cortex*, *40*(1), 228-229.
- Bell, E. C., Willson, M. C., Wilman, A. H., Dave, S., & Silverstone, P. H. (2006). Males and females differ in brain activation during cognitive tasks. *Neuroimage*, *30*(2), 529-538.
- Benguigui, N., Broderick, M., & Ripoll, H. (2004). Age differences in estimating arrival-time. *Neurosci Lett*, *369*(3), 197-202.
- Benguigui, N., Ripoll, H., & Broderick, M. P. (2003). Time-to-contact estimation of accelerated stimuli is based on first-order information. *J Exp Psychol Hum Percept Perform*, *29*(6), 1083-1101.
- Bezrukikh, M. M., & Khrianin, A. V. (2004). [features of the brain functional organization in right- and left-handed 6-7 years old children during visuospatial performance of different complexity. Part ii. Analysis of eeg parameters during visuospatial performance of high level complexity]. *Fiziol Cheloveka*, *30*(1), 50-55.
- Borod, J. C., Caron, H. S., & Koff, E. (1984a). Left-handers and right-handers compared on performance and preference measures of lateral dominance. *Br J Psychol*, *75* (Pt 2), 177-186.

- Borod, J. C., Koff, E., & Caron, H. S. (1984b). The target test: A brief laterality measure of speed and accuracy. *Percept Mot Skills*, *58*(3), 743-748.
- Boulinguez, P., Nougier, V., & Velay, J. L. (2001a). Manual asymmetries in reaching movement control. I: Study of right-handers. *Cortex*, *37*(1), 101-122.
- Boulinguez, P., Velay, J. L., & Nougier, V. (2001b). Manual asymmetries in reaching movement control. II: Study of left-handers. *Cortex*, *37*(1), 123-138.
- Brady, F. (1996). Anticipation of coincidence, gender, and sports classification. *Percept Mot Skills*, *82*(1), 227-239.
- Brouwer, B., Sale, M. V., & Nordstrom, M. A. (2001). Asymmetry of motor cortex excitability during a simple motor task: relationships with handedness and manual performance. *Exp Brain Res*, *138*(4), 467-476.
- Brown, S. G., Roy, E. A., Rohr, L. E., & Bryden, P. J. (2006). Using hand performance measures to predict handedness. *Laterality*, *11*(1), 1-14.
- Carlier, M., Dumont, A. M., Beau, J., & Michel, F. (1993). Hand performance of french children on a finger-tapping test in relation to handedness, sex, and age. *Percept Mot Skills*, *76*(3 Pt 1), 931-940.
- Carson, R. G., Chua, R., Elliott, D., & Goodman, D. (1990). The contribution of vision to asymmetries in manual aiming. *Neuropsychologia*, *28*(11), 1215-1220.
- Civardi, C., Cavalli, A., Naldi, P., Varrasi, C., & Cantello, R. (2000). Hemispheric asymmetries of cortico-cortical connections in human hand motor areas. *Clin Neurophysiol*, *111*(4), 624-629.
- Cockerill, I. M., van Zyl, P. A., & Nevill, A. M. (1988). Functional asymmetry and the development of anticipation-timing. 7-10.
- Coker, C. A. (2004). Bilateral symmetry in coincident timing: a preliminary investigation. *Percept Mot Skills*, *98*(1), 359-365.

- Coker, C. A. (2006). Influence of target location on coincident timing performance. *Percept Mot Skills, 102*(1), 231-238.
- Colley, A. (1984). Spatial location judgements by right and left-handers. *Cortex, 20*(1), 47-53.
- Curt, F., Maccario, J., & Dellatolas, G. (1992). Distributions of hand preference and hand skill asymmetry in preschool children: Theoretical implications. *Neuropsychologia, 30*(1), 27-34.
- Dane, S., & Erzurumluoglu, A. (2003). Sex and handedness differences in eye-hand visual reaction times in handball players. *Int J Neurosci, 113*(7), 923-929.
- de Poel, H. J., Peper, C. L., & Beek, P. J. (2007). Handedness-related asymmetry in coupling strength in bimanual coordination: furthering theory and evidence. *Acta Psychol (Amst), 124*(2), 209-237.
- Dellatolas, G., De Agostini, M., Curt, F., Kremin, H., Letierce, A., Maccario, J. & Lellouch, J. (2003). Manual skill, hand skill asymmetry, and cognitive performances in young children. *Laterality, 8*(4), 317-338.
- Dorfman, P. W. (1977). Timing and anticipation: a developmental perspective. *Journal of Motor Behavior 9*(1), 67-79.
- Doyen, A. L., Duquenne, V., Nuques, S., & Carlier, M. (2001). What can be learned from a lattice analysis of a laterality questionnaire? *Behav Genet, 31*(2), 193-207.
- Dunham, P., Jr. (1989). Coincidence-anticipation performance of adolescent baseball players and nonplayers. *Percept Mot Skills, 68*(3 Pt 2), 1151-1156.
- Eikenberry, A., McAuliffe, J., Welsh, T. N., Zerpa, C., McPherson, M., & Newhouse, I. (2008). Starting with the "right" foot minimizes sprint start time. *Acta Psychol (Amst), 127*(2), 495-500.
- Foundas, A. L., Hong, K., Leonard, C. M., & Heilman, K. M. (1998). Hand preference and magnetic resonance imaging asymmetries of the

central sulcus. *Neuropsychiatry Neuropsychol Behav Neurol*, 11(2), 65-71.

Foundas, A. L., Leonard, C. M., & Hanna-Pladdy, B. (2002). Variability in the anatomy of the planum temporale and posterior ascending ramus: Do right- and left handers differ? *Brain Lang*, 83(3), 403-424.

Gatama, G. P. (1993). *Anticipation timing error as a function of mood lability*. Unpublished Doctoral thesis M.A., McGill University (Canada).

Grouios, G. (2006). Right hand advantage in visually guided reaching and aiming movements: brief review and comments. *Ergonomics*, 49(10), 1013-1017.

Guiard, Y., Diaz, G., & Beaubaton, D. (1983). Left-hand advantage in right-handers for spatial constant error: Preliminary evidence in a unimanual ballistic aimed movement. *Neuropsychologia*, 21(1), 111-115.

Gurd, J. M., Schulz, J., Cherkas, L., & Ebers, G. C. (2006). Hand preference and performance in 20 pairs of monozygotic twins with discordant handedness. *Cortex*, 42(6), 934-945.

Haaland, K. Y., Prestopnik, J. L., Knight, R. T., & Lee, R. R. (2004). Hemispheric asymmetries for kinematic and positional aspects of reaching. *Brain*, 127(Pt 5), 1145-1158.

Harrold, D., & Kozar, B. (2002). Velocity, occlusion, and sex of subjects in coincidence of anticipation. *Percept Mot Skills*, 94(3 Pt 1), 914-920.

Hart, M. A., Smith, L. A., & DeChant, A. (2005). Influence of participation in a cup-stacking unit on timing tasks. *Percept Mot Skills*, 101(3), 869-876.

Hay, L., & Velay, J. L. (2003). Interhemispheric relationships in 4- to 14-year-old children pointing to lateral targets. *Neuroreport*, 14(7), 1041-1044.

- Helsen, W. F., Starkes, J. L., Elliott, D., & Buekers, M. J. (1998). Manual asymmetries and saccadic eye movements in right-handers during single and reciprocal aiming movements. *Cortex*, *34*(4), 513-529.
- Henkel, V., Mergl, R., Juckel, G., Rujescu, D., Mavrogiorgou, P., Giegling, I., Moller, H. & Hegerl, U. (2001). Assessment of handedness using a digitizing tablet: a new method. *Neuropsychologia*, *39*(11), 1158-1166.
- Herve, P. Y., Crivello, F., Perchey, G., Mazoyer, B., & Tzourio-Mazoyer, N. (2006). Handedness and cerebral anatomical asymmetries in young adult males. *Neuroimage*, *29*(4), 1066-1079.
- Herve, P. Y., Mazoyer, B., Crivello, F., Perchey, G., & Tzourio-Mazoyer, N. (2005). Finger tapping, handedness and grey matter amount in the Rolando's genu area. *Neuroimage*, *25*(4), 1133-1145.
- Hodges, N. J., Lyons, J., Cockell, D., Reed, A., & Elliott, D. (1997). Hand, space and attentional asymmetries in goal-directed manual aiming. *Cortex*, *33*(2), 251-269.
- Hoffmann, E. R. (1997). Movement time of right- and left-handers using their preferred and non-preferred hands. *International Journal of Industrial Ergonomics*, *19*(1), 49-57.
- Jancke, L. (1996). The hand performance test with a modified time limit instruction enables the examination of hand performance asymmetries in adults. *Percept Mot Skills*, *82*(3 Pt 1), 735-738.
- Josse, G., & Tzourio-Mazoyer, N. (2004). Hemispheric specialization for language. *Brain Res Brain Res Rev*, *44*(1), 1-12.
- Judge, J., & Stirling, J. (2003). Fine motor skill performance in left- and right-handers: Evidence of an advantage for left-handers. *Laterality*, *8*(4), 297-306.
- Kuhlman, J. (1992). Coincidence anticipation: possible critical variables. *Journal of Sport behaviour*, *15*(2), 91-105.

- Lavrysen, A., Elliott, D., Buekers, M. J., Feys, P., & Helsen, W. F. (2007). Eye-hand coordination asymmetries in manual aiming. *J Mot Behav*, 39(1), 9-18.
- Les, W. R., Katene, W. H., & Fleming, K. (2002). Coincidence timing of a tennis stroke: effects of age, skill level, gender, stimulus velocity, and attention demand. *Res Q Exerc Sport*, 73(1), 28-37.
- Lobjois, R., Benguigui, N., & Bertsch, J. (2005). Aging and tennis playing in a coincidence-timing task with an accelerating object: the role of visuomotor delay. *Res Q Exerc Sport*, 76(4), 398-406.
- Lobjois, R., Benguigui, N., & Bertsch, J. (2006). The effect of aging and tennis playing on coincidence-timing accuracy. *J Aging Phys Act*, 14(1), 74-97.
- Magill, R.A. (1989). Motor learning: concepts and applications. Dubuque, IA: Wm. C. Brown Publishers.
- Manning, K. M. (1982). *The effects of sex, age and task complexity on the timing measures of learning disabled and non-learning disabled children*. Unpublished Doctoral thesis, University of Toledo.
- McManus, I. C., Kemp, R. I., & Grant, J. (1986). Differences between fingers and hands in tapping ability: Dissociation between speed and regularity. *Cortex*, 22(3), 461-473.
- Mieschke, P. E., Elliott, D., Helsen, W. F., Carson, R. G., & Coull, J. A. (2001). Manual asymmetries in the preparation and control of goal-directed movements. *Brain Cogn*, 45(1), 129-140.
- Millsagle, D. G. (2000). Dynamic visual acuity and coincidence-anticipation timing by experienced and inexperienced women players of fast pitch softball. *Percept Mot Skills*, 90(2), 498-504.
- Millsagle, D. G. (2003). Investigation of Coincidence-Anticipation Timing and Dynamic Visual Acuity in Children. *University of Minnesota Duluth*.
- Millsagle, D. (2004). Coincidence anticipation and dynamic visual acuity in young adolescents. *Percept Mot Skills*, 99(3 Pt 2), 1147-1156.

- Nalcaci, E., Kalaycioglu, C., Cicek, M., & Genc, Y. (2001). The relationship between handedness and fine motor performance. *Cortex*, 37(4), 493-500.
- Neely, K., Binsted, G., & Heath, M. (2005). Manual asymmetries in bimanual reaching: The influence of spatial compatibility and visuospatial attention. *Brain Cogn*, 57(1), 102-105.
- Overdorf, V., Page, S. J., Schweighardt, R., & McGrath, R. E. (2004). Mental and physical practice schedules in acquisition and retention of novel timing skills. *Percept Mot Skills*, 99(1), 51-62.
- Ozcan, A., Tulum, Z., Pinar, L., & Baskurt, F. (2004). Comparison of pressure pain threshold, grip strength, dexterity and touch pressure of dominant and non-dominant hands within and between right- and left-handed subjects. *J Korean Med Sci*, 19(6), 874-878.
- Parsons, T. D., Larson, P., Kratz, K., Thiebaut, M., Bluestein, B., Buckwalter, J. G. & Rizzo, A. A. (2004). Sex differences in mental rotation and spatial rotation in a virtual environment. *Neuropsychologia*, 42(4), 555-562.
- Payne, V. G. (1987). Effects of angle stimulus approach on coincidence-anticipation timing performance. *Journal of Human Movement Studies*, 13, 383-390.
- Payne, V.G. (1988): Effects of direction of stimulus approach, eye dominance, and gender on coincidence anticipation timing performance. *Journal of Human Movement Studies*, 15, 17-25.
- Peters, M., & Durdin, B. (1979). Left-handers and right-handers compared on a motor task. *J Mot Behav*, 11(2), 103-111.
- Petrakis, E. (1985). Sex Differences and specificity of anticipation of coincidence. *Perceptual and Motor Skills*, 61, 1135-1138.
- Porac, C. & Coren, S. (1981). *Lateral preferences and human behavior*. New York: Springer-Verlag.

- Provins, K. A., & Magliaro, J. (1989). Skill, strength, handedness, and fatigue. *J Mot Behav*, 21(2), 113-121.
- Ridenour, M. V. (1981). Influence of background patterns of coincidence-anticipation performance. *Percept Mot Skills*, 52(1), 47-50.
- Rohr, L. E. (2006a). Gender-specific movement strategies using a computer-pointing task. *J Mot Behav*, 38(6), 431-437.
- Rohr, L. E. (2006b). Upper and lower limb reciprocal tapping: evidence for gender biases. *J Mot Behav*, 38(1), 15-17.
- Roy, E. A., & MacKenzie, C. (1978). Handedness effects in kinesthetic spatial location judgements. *Cortex*, 14(2), 250-258.
- Schiff, W., & Oldak, R. (1990). Accuracy of judging time to arrival: Effects of modality, trajectory, and gender. *J Exp Psychol Hum Percept Perform*, 16(2), 303-316.
- Schmidt, R. (1982). Motor control and learning: a behavioral emphasis. Champaign: Human Kinetics.
- Schmidt, S. L., Oliveira, R. M., Krahe, T. E., & Filgueiras, C. C. (2000). The effects of hand preference and gender on finger tapping performance asymmetry by the use of an infra-red light measurement device. *Neuropsychologia*, 38(5), 529-534.
- Shapleske, J., Rossell, S. L., Woodruff, P. W., & David, A. S. (1999). The planum temporale: A systematic, quantitative review of its structural, functional and clinical significance. *Brain Res Brain Res Rev*, 29(1), 26-49.
- Shen, Y. C., & Franz, E. A. (2005). Hemispheric competition in left-handers on bimanual reaction time tasks. *J Mot Behav*, 37(1), 3-9.
- Singh, L. N., Higano, S., Takahashi, S., Kurihara, N., Furuta, S., Tamura, H., Shimanuki, Y.; Mugikura, S.; Fujii, T.; Yamadori, A.; Sakamoto, M. & Yamada, S. (1998). Comparison of ipsilateral activation between

- right and left handers: A functional mr imaging study. *Neuroreport*, 9(8), 1861-1866.
- Solodkin, A., Hlustik, P., Noll, D. C., & Small, S. L. (2001). Lateralization of motor circuits and handedness during finger movements. *Eur J Neurol*, 8(5), 425-434.
- Steenhuis, R. E. (1999). The relation between hand preference and hand performance: What you get depends on what you measure. *Laterality*, 4(1), 3-26.
- Steinmetz, H., Volkman, J., Jancke, L., & Freund, H. J. (1991). Anatomical left-right asymmetry of language-related temporal cortex is different in left- and right-handers. *Ann Neurol*, 29(3), 315-319.
- Triggs, W. J., Calvanio, R., Levine, M., Heaton, R. K., & Heilman, K. M. (2000). Predicting hand preference with performance on motor tasks. *Cortex*, 36(5), 679-689.
- Triggs, W. J., Subramaniam, B., & Rossi, F. (1999). Hand preference and transcranial magnetic stimulation asymmetry of cortical motor representation. *Brain Res*, 835(2), 324-329.
- Van Strien, J. W. (1992). Classificatie van links – en rechtshangige proefpersoonen. *Nederlands Tijdschrift voor de Psychologie*, 47, 88-92.
- Vasconcelos, O. (1993). Asymmetries of manual motor response in relation to age, sex, handedness, and occupational activities. *Percept Mot Skills*, 77(2), 691-700.
- Velay, J. L., & Benoit-Dubrocard, S. (1999). Hemispheric asymmetry and interhemispheric transfer in reaching programming. *Neuropsychologia*, 37(8), 895-903.
- Voyer, D., Rodgers, M. A., & McCormick, P. A. (2004). Timing conditions and the magnitude of gender differences on the Mental Rotations Test. *Mem Cognit*, 32(1), 72-82.

- Williams, L. R., & Jasiewicz, J. M. (2001). Knowledge of results, movement type, and sex in coincidence timing. *Percept Mot Skills, 92*(3 Pt 2), 1057-1068.
- Williams, L. R., Jasiewicz, J. M., & Simmons, R. W. (2001). Coincidence timing of finger, arm, and whole body movements. *Percept Mot Skills, 92*(2), 535-547.
- Williams, L. R., Katene, W. H., Fleming, K., & Bennett, S. J. (2002). Coincidence timing of a tennis stroke: Effects of age, skill level, gender, stimulus velocity, and attention demand. (Growth and Motor Development). *Research quarterly for exercise and sport 73* (1), 28-37.
- Wrisberg, C. A., & Mead, B. J. (1981). Anticipation of coincidence in children: A test of schema theory. *Percept Mot Skills, 52*, 599-606.
- Wrisberg, C. A., & Mead, B. J. (1983). Developing coincident timing skill in children: A comparison of training methods. *Research Quarterly for Exercise and Sport, 54*(1), 67-74.
- Wrisberg, C. A., Paul, J. H., & Ragsdale, M. R. (1979). Subject gender, knowledge of results, and receptor anticipation. *Res Q, 50*(4), 699-708.
- Yamamoto, M. (1982). [hemispheric asymmetry in tactile recognition tasks with left and right handers]. *Shinrigaku Kenkyu, 53*(2), 106-109.
- Yamauchi, M., Imanaka, K., Nakayama, M., & Matsunaga, J. (1998). Lateral difference in the reproduction of arm positioning movement: An examination of the hypothesis on the levels of psychological processes. *Appl Human Sci, 17*(2), 41-47.

Estudo Empírico – 3

Efeito da velocidade do estímulo no desempenho de uma tarefa de antecipação-coincidência em destrímanos e sinistrómanos.

Artigo aceite para publicação na *Revista Brasileira de Educação Física e Esporte*.

Paula Rodrigues¹, Eduarda Lima¹, Olga Vasconcelos¹, João Barreiros², Manuel Botelho¹

¹*Universidade do Porto, Faculdade de Desporto*

²*Universidade Técnica de Lisboa, Faculdade de Motricidade Humana*

Resumo

Destrímanos e sinistrómanos diferem quando comparados em algumas tarefas motoras, parecendo os sinistrómanos usufruir de alguma vantagem em tarefas visuo-motoras. Neste estudo foi analisado, em cada grupo de preferência manual, o efeito da velocidade do estímulo, do sexo e da mão de execução no desempenho de uma tarefa simples de antecipação-coincidência. Participaram 12 destrímanos e 12 sinistrómanos de ambos os sexos, estudantes universitários de Desporto. Empregou-se o *Bassin Anticipation Timer* para avaliar a capacidade de antecipação-coincidência em 3 velocidades: 268cm/s, 402.3cm/s e 536.4cm/s (6, 9 e 12 mph, respectivamente). Os sujeitos executaram a tarefa tanto com a mão preferida como com a mão não preferida. Principais resultados (i) apenas os destrímanos foram afetados pela variável velocidade do estímulo, apresentando antecipação das respostas e maior variabilidade na velocidade 268cm/s. Nas velocidades 402.3cm/s e 536.4cm/s as respostas foram enviesadas no sentido do seu atraso e com variabilidade menos acentuada na velocidade mais alta; (ii) o sexo teve um efeito significativo apenas nos sinistrómanos, sendo o sexo masculino mais preciso e menos enviesado nas suas respostas do que o sexo feminino; (iii) a assimetria manual manifestou-se apenas nos sinistrómanos na velocidade de 268cm/s e no EV. Concluímos que cada grupo de preferência manual parece comportar-se de forma diferenciada em tarefas perceptivas de AC onde a velocidade do estímulo é manipulada.

Palavras-chave: Preferência Manual; Assimetria Funcional; Sexo; Antecipação-coincidência

Abstract

Right- and left-handers differ when compared in some motor tasks, and left-handers enjoy some advantage over right-handers in visuo-motor tasks. In this study we intend to analyze the effect of stimulus speed, in a simple coincidence-anticipation task, depending on handedness. Twelve right-handers and twelve left-handers of both sexes, students of Physical Education,

participated in this study. The *Bassin Anticipation Timer* was used to evaluate the coincidence-anticipation ability at three different and random velocities: 268cm/s, 402.3cm/s e 536.4cm/s (6, 9 e 12 mph, respectively). The subjects were evaluated performing the task with the preferred hand and non-preferred hand. The results revealed that (i) only right-handers were affected by the variable stimulus speed, anticipating responses and being more variable at 268cm/s, while at 402.3cm/s and 536.4cm/s responses were late; moreover they were less variable at 536.4cm/s; (ii) sex as a main factor was significant only in the left-handed group, males being more accurate and less biased in their responses than females; (iii) manual asymmetry was only apparent in the left-handed group at the 268cm/s and in the variable error. The perceptual component of the task seems to be crucial in distinguishing right-handers and left-handers where the speed of the stimulus is manipulated.

Key words: Handedness; Functional Asymmetry; Sex; Visuo-motor Task.

Introdução

A mão reflecte a assimetria mais óbvia do comportamento humano, ao ser escolhida em detrimento da outra, para tarefas unimanuais ou, em tarefas bimanuais, expressando diferentes comportamentos: uma funcionando de forma mais activa e a outra operando ao nível da ajuda, do suporte ou da sustentação. Esta competência parece ter uma origem biológica sendo parcialmente definida por factores genéticos, surgindo e manifestando-se desde o nascimento. Não obstante, outros factores apresentam-se determinantes para o estabelecimento de comportamentos preferenciais, tais como os factores sócio-culturais (OOKI, 2005; ZVEREV, 2006). A preferência manual (PM), sendo apenas um de vários índices de preferência lateral, é representativa da influência e importância destes mesmos factores.

A maioria dos seres humanos utiliza preferencialmente a mão direita nas suas actividades diárias, enquanto aproximadamente 10% usa a mão esquerda. Destrímanos e sinistrómanos diferem entre si quando comparados, sendo os últimos menos lateralizados na manifestação da sua preferência (DOYEN,

DUQUENNE, NUQUES & CARLIER, 2001; GURD, SCHULZ, CHERKAS & EBERS, 2006; RODRIGUES, LAMBOGLIA, CABRAL, BARREIROS & VASCONCELOS, 2009). Esta menor lateralização dos sinistrómanos poderá ser devida a uma menor intensidade na preferência pelo uso da mão preferida como resultado de uma maior frequência no uso da mão não preferida, consequência da vivência num mundo favorecendo o uso do lado direito (*right-biased world*) (PORAC & COREN, 1981). Para além disso, também tem sido observada uma assimetria menos elevada nos sinistrómanos no desempenho em determinadas tarefas (vantagem da mão preferida sobre a não preferida menos acentuada) (SHEN & FRANZ, 2005; BROWN, ROY, ROHR & BRYDEN, 2006; GURD, SCHULZ, CHERKAS & EBERS, 2006). Para além disso, os sinistrómanos parecem demonstrar um desempenho superior em relação aos destrímanos em tarefas visuo-motoras (DANE & ERZURUMLUOGLU, 2003; RODRIGUES, VASCONCELOS, BARREIROS & BARBOSA, 2009).

A antecipação-coincidência (AC) pode ser incluída neste tipo de tarefas e tem sido estudada com o esforço de melhor definir o desenvolvimento de competências e os efeitos da percepção específica e das exigências das tarefas motoras. A sua importância para as teorias do comportamento motor é, desde há muito, reconhecida. Especificamente, a AC tem sido alvo de atenção por assumir particularidades comumente encontradas em habilidades quer do dia-a-dia (ex. agarrar um objecto em movimento, apanhar um objecto que cai, atravessar a rua, conduzir um automóvel), quer do desporto (desportos que envolvem a apreciação de trajectórias de sujeitos e de objectos, como o ténis, o badminton, o voleibol ou o futebol). Todas estas habilidades implicam a apreciação, em simultâneo, de trajectórias num espaço e num tempo determinados, quer no sentido da intercepção de um objecto (e.g., bola que é passada entre dois adversários e que o oponente quer interceptar), quer no sentido de evitar essa intercepção (e.g., quando atravessamos a rua não queremos colidir com um carro que segue na via).

A investigação em AC tem focado as mais diversas variáveis, as quais incluem: a idade (CORRÊA, OLIVEIRA, OLIVEIRA, FREUDENHEIM, PAROLI, UGRINOWITSCH, MEIRA JUNIOR, MARINOVIC, SIMONI & TANI, 2005; RODRIGUES, FREITAS,

VASCONCELOS & BARREIROS, 2007), o sexo (WILLIAMS & JASIEWICZ, 2001; RODRIGUES, VASCONCELOS, BARREIROS & BARBOSA, 2009), a velocidade do estímulo (HARROLD & KOZAR, 2002; CORRÊA, OLIVEIRA, OLIVEIRA, FREUDENHEIM, PAROLI, UGRINOWITSCH, MEIRA JUNIOR, MARINOVIC, SIMONI & TANI, 2005; RODRIGUES, BARBOSA, CARITA, BARREIROS & VASCONCELOS, no prelo), a complexidade da tarefa (MATOS, TEIXEIRA, LOMONACO, LIMA & SAÑUDO, 2001; FRADA, MARTINS, PEREIRA, ROCHA, RODRIGUES, BOTELHO & VASCONCELOS, 2007; RODRIGUES, BARREIROS, VASCONCELOS & JOÃO DE DEUS, 2008) e, mais recentemente, a assimetria manual (COKER, 2004; RODRIGUES, VASCONCELOS, BARREIROS & BARBOSA, 2009; RODRIGUES, VASCONCELOS, BARREIROS, BARBOSA & TRIFÍLIO, 2009) e a PM (RODRIGUES, FREITAS, VASCONCELOS & BARREIROS, 2007; RODRIGUES, VASCONCELOS, BARREIROS & BARBOSA, 2009; RODRIGUES, VASCONCELOS, BARREIROS, BARBOSA & TRIFÍLIO, 2009).

Relativamente a estas duas últimas variáveis, RODRIGUES, BARBOSA, CARITA, BARREIROS e VASCONCELOS (no prelo) constataram que na execução de uma tarefa complexa de AC, composta por uma sequência de acções inter-relacionadas e realizadas em função de um estímulo externo (com elevada exigência efetora), os sinistrómanos não foram afectados pela variação da velocidade (atrasando as respostas em ambas as velocidades), enquanto os destrímanos apresentaram variações significativas de desempenho nas diferentes velocidades (antecipando as respostas na velocidade lenta e atrasando na velocidade rápida).

Se a contribuição dos processos perceptivos e motores está na base da diferença no desempenho entre os dois grupos de PM, como será o desempenho numa tarefa simples, onde a exigência efetora é menos evidenciada e a perceptiva é mais elevada? Será que os sinistrómanos também se comportarão da mesma forma? É deste problema que surge a pertinência da presente investigação.

Para além disso, como tem sido observada uma assimetria funcional menos acentuada nos sinistrómanos (ROUSSON, GASSER, CAFLISCH & JENNI, 2009), fato que tem sido explicado pelo não uso da sua mão dominante em muitas tarefas

da vida diária traduzido pela vivência num mundo destro, e como a lateralidade manual parece também estar de algum modo associada ao sexo (NALCACI, KALAYCIOGLU, CICEK & GENÇ, 2001; DOYEN, DUFOUR, CAROFF, CHERFOUH & CARLIER, 2008) estes factores serão também analisados.

Material e Métodos

Caracterização da Amostra

A amostra deste estudo englobou 24 estudantes universitários ($22,63 \pm 3,28$ anos) seleccionados numa fase inicial com base na mão utilizada na escrita (PETERS, 1998) e divididos de igual forma em função do sexo e da preferência manual. Numa fase posterior, os sujeitos foram novamente avaliados relativamente à sua preferência manual, desta vez de uma forma mais pormenorizada através da aplicação do *Dutch Handedness Questionnaire* (VAN STRIEN, 1992). Este questionário é composto por 16 itens de preferência manual ao qual retiramos uma das perguntas por considerarmos ambígua (abridor de garrafas). Dada a existência no mercado de diferentes tipos de abridores de garrafas no que respeita à dimensão, à forma e ao tipo de manuseamento solicitado (uma ou ambas as mãos), pensamos ser confusa a inclusão desta questão. Para cada actividade no questionário os participantes indicaram se usavam a mão direita ou a esquerda ou qualquer uma delas indiferenciadamente. Cada item foi codificado de 0 a 2, sendo o valor 0 atribuído à escolha da mão esquerda, o valor 2 destinado a codificar a opção pela mão direita e, no caso de a selecção recair sobre “qualquer das mãos”, era atribuído o valor 1. Assim, os sujeitos podiam ser considerados fortemente sinistrómanos (valor inferior a 4), fortemente destrímanos (valor superior a 26) ou ambidestros (valores entre 5 e 25). Desta forma, a amostra englobou 12 sinistrómanos (6 homens e 6 mulheres, média do valor da preferência manual = $3,4 \pm 6,5$) e 12 destrímanos (6 homens e 6 mulheres, média do valor da preferência manual = $26,7 \pm 2,5$).

Foi obtido um termo de consentimento informado dos participantes, no qual foram apresentados os procedimentos, duração do experimento e os seus

direitos como participantes da pesquisa. Os procedimentos experimentais foram aprovados pelo Comité de Ética da Universidade do Porto.

Procedimentos

O instrumento utilizado para avaliar o tempo de AC foi o *Bassin Anticipation Timer* da *Lafayette Instruments*, modelo nº 50575. O objectivo da tarefa consistiu em pressionar um botão de resposta simultaneamente com o acendimento do último díodo. O mostrador digital forneceu a medida de erro em milissegundos (ms), diferenciando as respostas adiantadas ou atrasadas.

A tarefa consistiu em sincronizar a resposta (pressão com o polegar no interruptor) com a chegada do estímulo, que se propagava a três velocidades distintas e de forma aleatória (268, 402 e 536 cm/s: 6, 9 e 12 mph, respectivamente). Cada indivíduo realizou duas tentativas de familiarização com a tarefa, a duas velocidades distintas e diferentes das utilizadas no teste (223 e 447 cm/s: 5 e 10 mph, respectivamente), com a mão que iria iniciar a tarefa. Os sujeitos foram contrabalançados em relação à mão de execução (MP e MNP), realizando um total de 9 ensaios para cada uma delas. As velocidades foram escolhidas de forma a assegurar que os participantes as pudessem diferenciar (SHEA & NORTHAM, 1982). O número de ensaios foi escolhido de forma a proporcionar aleatoriedade na apresentação das velocidades e não propiciar aprendizagem. O sujeito posicionou-se de pé, na continuação da calha, a aproximadamente 1m desta, para que a propagação do estímulo parecesse vir na sua direcção. O botão de resposta era seguro com a mão de execução (MP ou MNP). Após cada ensaio os sujeitos tiveram conhecimento dos seus resultados, acerca da direcção (antes ou depois) e magnitude do erro (em termos quantitativos e qualitativos). Em relação à magnitude do erro, o feedback compreendeu quatro categorias, independentemente da resposta ser antecipada ou atrasada: excelente (0-30ms), muito bom (31-50ms), bom (51-100ms), muito antes ou muito depois (>-101ms ou >101ms, respectivamente). Estas categorias basearam-se nas usadas por CORRÊA (2001).

Medidas de desempenho

Foram utilizadas como medidas de desempenho os erros absoluto (EA), variável (EV) e constante (EC), dado que a precisão das respostas numa tarefa de AC é avaliada pelo intervalo de tempo entre a chegada do estímulo ou objecto a um determinado ponto e a resposta do sujeito a esse mesmo estímulo (EA); pela direcção, através do atraso ou antecipação da resposta (EC), e pela consistência, traduzida pelo aumento ou diminuição da variabilidade do desempenho (EV). Assim, o EA informa-nos sobre a precisão do erro, em módulo. O EC informa-nos sobre a direcção e a magnitude do erro, isto é, se resposta foi antecipada (valores negativos) ou se foi atrasada (valores positivos). O EV fornece-nos informações sobre a variabilidade das respostas no tempo, ou seja, sobre a consistência do comportamento motor ao longo das tentativas.

Análise Estatística

A análise dos resultados foi precedida de uma análise exploratória dos dados com o objectivo de (i) verificar eventuais erros de entrada de informação; (ii) localizar as observações discrepantes (*outliers*); (iii) garantir a não violação do pressuposto da normalidade (teste de Shapiro-Wilk) e da homogeneidade de variância (teste de Levene). Pelo fato de não ter havido violações de normalidade de distribuição dos dados e heterogeneidade de variâncias, as variáveis dependentes foram analisadas para cada grupo de PM através de uma ANOVA multifatorial 2x2x3 (sexo, mão de execução, velocidade do estímulo), com medidas repetidas nos dois últimos factores. O teste *post hoc* utilizado foi o de Bonferroni. O nível de significância fixou-se em $p \leq 0,05$. Os valores de eta parcial ao quadrado (η_p^2) são apresentados como medida do tamanho do efeito (*effect size*) e a informação sobre o poder do teste estatístico também é descrito.

Os resultados serão apresentados versando cada grupo de PM separadamente. Os gráficos apresentados dizem respeito aos factores principais ou interacções com significado estatístico para cada erro de medida.

Resultados

Erro Absoluto

Destrímanos:

A análise do EA no grupo dos destrímanos não revelou efeitos significativos dos fatores principais mão [$F(1,10)=0,019$; $p=0,894$, $\eta_p^2=,02$; poder= $,052$], velocidade [$F(2,9)=1,116$; $p=0,355$, $\eta_p^2=,20$; poder= $,196$] e sexo [$F(1,10)=0,522$; $p=0,486$, $\eta_p^2=,05$; poder= $,101$]. De igual forma, não foi observada nenhuma interação entre os factores principais (ver Fig.1).

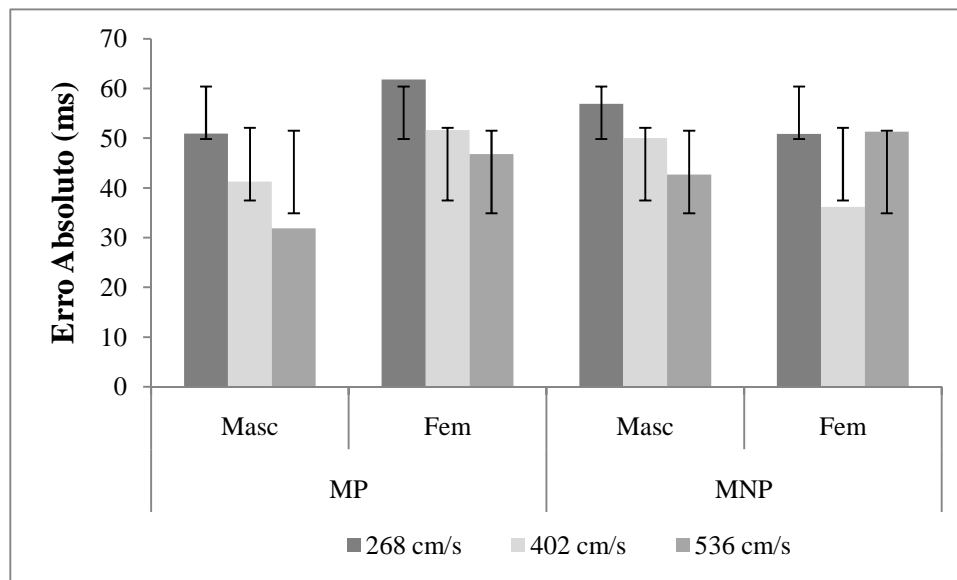


Figura 1 – Destrímanos. Médias e desvio padrão do EA (ms) em função dos fatores sexo, mão (preferida: MP e não preferida: MNP) e velocidade do estímulo (268, 402 e 536 cm/s).

Sinistrómanos:

A análise do EA revelou um efeito significativo em relação ao factor **sexo** [$F(1,10)=4,961$; $p=0,050$, $\eta_p^2=,33$; poder= $,521$]. Na figura 2 estão ilustradas as médias do EA (ms), em função do sexo, para o grupo de sinistrómanos, apontando para uma maior precisão do sexo masculino ($44,83\pm 26,84$ ms) em relação ao sexo feminino ($65,00\pm 24,31$ ms).

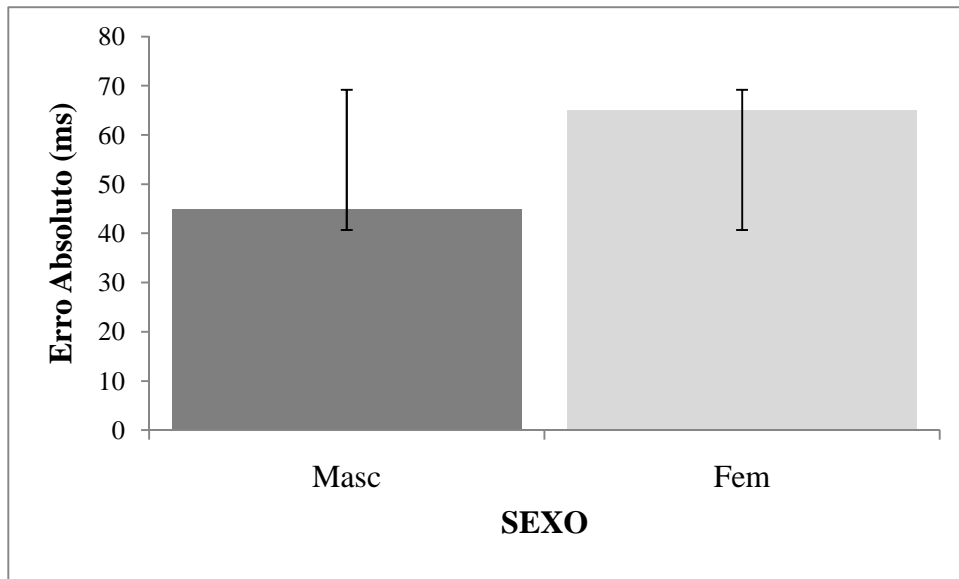


Figura 2 - Sinistrómanos. Médias e desvio padrão do EA (ms) em função do fator sexo.

Erro Constante

Destrímanos:

O factor **velocidade** teve um efeito significativo [$F(2,9)=19,826$; $p \leq 0,001$, $\eta_p^2=,81$; poder=,998], tendo o teste de Bonferroni localizado diferenças entre a velocidade 268 e 536 cm/s e entre a 402 cm/s e a 536 cm/s ($p < 0,050$). Como se pode observar na figura 3, enquanto os sujeitos responderam antecipadamente à velocidade 268 cm/s ($-13,79 \pm 51,34$ ms), as respostas foram atrasadas nas velocidades 402 cm/s ($14,09 \pm 32,89$ ms) e 536 cm/s ($31,25 \pm 22,36$ ms).

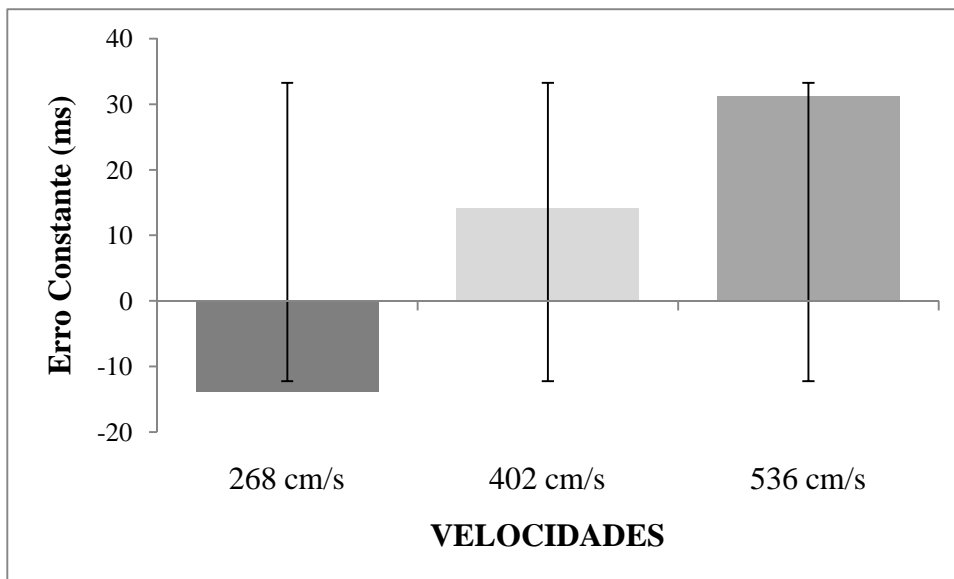


Figura 3 – Destrímanos. Médias e desvio padrão do EC (ms) em função da velocidade do estímulo (268, 402 e 536 cm/s).

Sinistrómanos:

Observou-se um efeito significativo do factor **sexo** [$F(1,6)=12,419$; $p=0,012$, $\eta_p^2=.67$; poder=,834]. Apesar dos dois grupos terem atrasado as suas respostas, como ilustra a figura 4, os rapazes enviesaram menos as suas respostas ($15,86\pm 26,28$ ms) do que as raparigas ($54,74\pm 16,87$ ms).

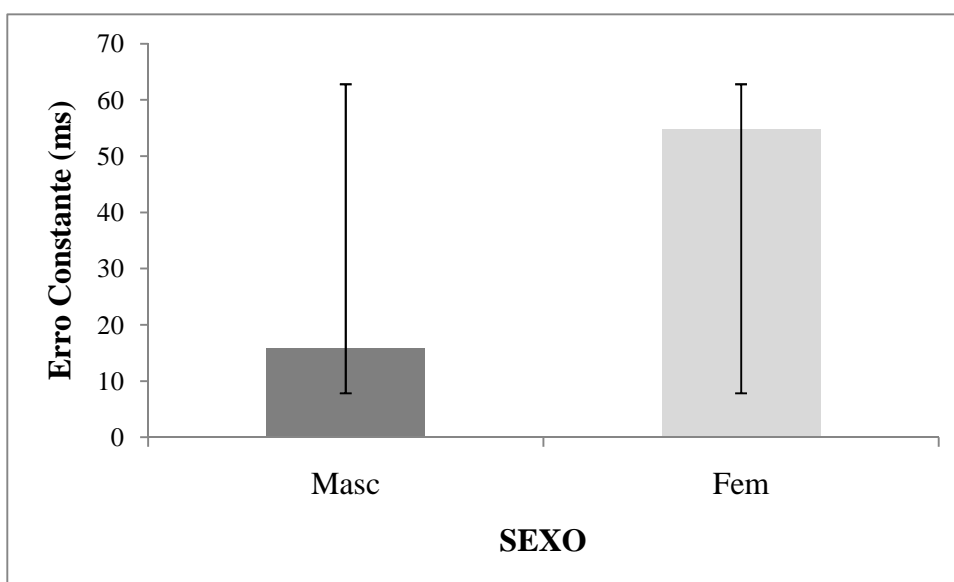


Figura 4 – Sinistrómanos. Médias e desvio padrão do EC (ms) em função do fator sexo.

Erro variável

Destrímanos:

A análise do EV revelou um efeito significativo do fator **velocidade** [$F(2,9) = 5,557$; $p=0,027$, $\eta_p^2=,55$; poder= $,709$], tendo o teste de Bonferroni identificado diferenças significativas apenas entre a velocidade 402 cm/s e a 536 cm/s ($p<0,050$). A figura 5 ilustra esta diferença.

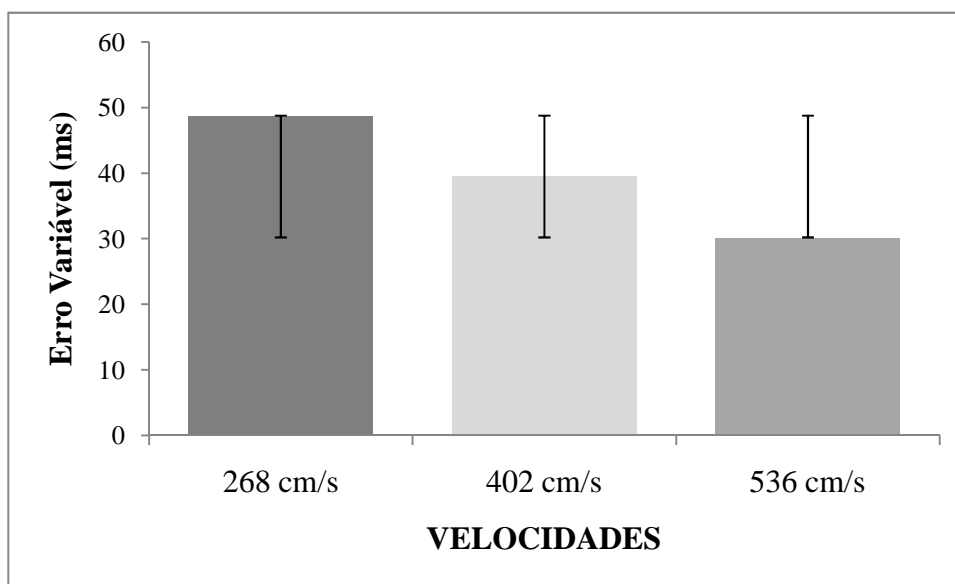


Figura 5 – Destrímanos. Médias e desvio padrão do EV (ms) em função da velocidade do estímulo (268, 402 e 536 cm/s).

Sinistrómanos:

A interação dos factores **mão e velocidade** revelou um efeito significativo [$F(2,11)=6,919$; $p=0,050$, $\eta_p^2=,54$; poder= $,697$]. O teste de medidas emparelhadas realizado à *posteriori* para cada velocidade revelou que a diferença entre as mãos foi significativa apenas na velocidade de 268 cm/s, sendo a MP ($25,65\pm 12,84$ ms) menos variável do que a MNP ($50,27\pm 26,14$ ms), como se pode observar na figura 6.

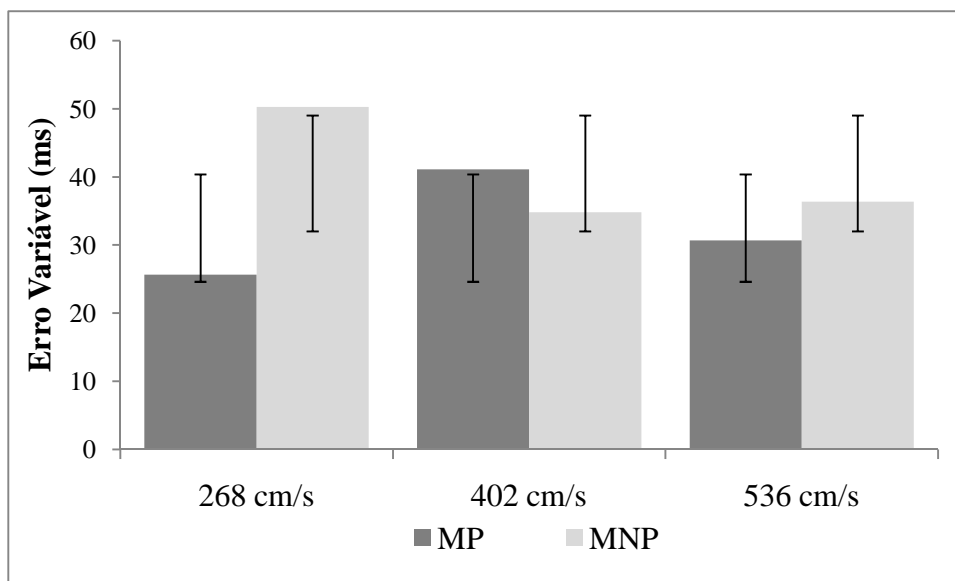


Figura 6 – Sinistrómanos. Médias do EV (ms), do grupo de indivíduos sinistrómanos, em função da velocidade do estímulo (268, 402 e 536 cm/s) e da mão de execução (MP e MNP).

Discussão

A velocidade do estímulo tem sido uma das variáveis mais investigadas no âmbito da AC. Porém, tem sido pouco investigada em sujeitos com diferente preferência manual.

Apenas nos destrímanos verificou-se o efeito da velocidade, com um efeito do tamanho elevado, no que diz respeito ao enviesamento da resposta, antecipando as respostas na velocidade 268 cm/s (mais lenta) e atrasando nas velocidades 402 cm/s e 536 cm/s. De uma forma geral, os resultados confirmam a literatura em sujeitos destrímanos, uma vez que esta sugere que em velocidades lentas há tendência das respostas serem dadas antecipadamente e que, em velocidades mais rápidas, as respostas são dadas de forma tardia (WRISBERG, HARDY & BEITEL, 1982; BRADY, 1996). MEEUWSEN, GOODE e GOGGIN (1995) sugerem que responder mais cedo (antecipadamente) revela-se mais difícil quando a velocidade do estímulo aumenta, uma vez que o tempo de visualização total diminui, isto é, com o aumento da velocidade diminui a duração do estímulo e torna-se mais reduzido o tempo disponível para o processamento da informação (DUNHAM & REID, 1987). Quanto à variabilidade, os resultados obtidos nos destrímanos, revelando um EV menor

na velocidade mais rápida (536.4cm/s), confirmam os observados em alguns estudos, tais como os de MEEUWSEN, GOODE e GOGGIN (1995), BRADY (1996), CORRÊA (2001) e COKER (2004). Nestes estudos, as velocidades mais rápidas proporcionaram uma menor variabilidade, indicando que a variabilidade da resposta diminui com o aumento na velocidade do estímulo. Uma possível explicação para estes resultados pode reportar-se ao tempo de processamento da informação, mais especificamente, nas velocidades mais baixas o executante possivelmente tem maior dificuldade em sincronizar a elaboração do plano de acção com sua execução (UGRINOWITSCH, CORRÊA & TANI, 2005). Esta dificuldade pode ser devido ao tipo de percepção visual, isto é, nas velocidades mais baixas os sujeitos utilizam a “percepção consciente” focalizando o estímulo e tornando a sua resposta mais reflectida. Contrariamente, nas velocidades mais rápidas o tempo de resposta é demasiado curto para permitir um processamento mais consciente, tendendo os sujeitos a responder de uma forma mais automática (RENAUD, 1980). Quer dizer, em velocidades mais lentas os sujeitos parecem utilizar a visão como *feedback*, devido à menor latência do estímulo. Pelo contrário, quando o estímulo se move com maior velocidade, os sujeitos funcionam em *feedforward* utilizando a percepção subliminar com «os automatismos programados na zona motora» (RENAUD, 1980) do cérebro.

O efeito da velocidade não foi aparente nos sinistrómanos corroborando os resultados observados no estudo de RODRIGUES, BARBOSA, CARITA, BARREIROS e VASCONCELOS (no prelo) com uma tarefa complexa de AC. No presente estudo, contrariamente ao estudo referido anteriormente, os sujeitos desempenharam uma tarefa simples de AC. Portanto, os resultados sugerem que parece ser a componente atencional que distingue destrímanos e sinistrómanos em tarefas de AC onde a velocidade do estímulo é manipulada. Esta vantagem atencional pode advir da velocidade de transferência da informação de um para outro hemisfério. Em sinistrómanos, a transferência é geralmente mais rápida do que em destrímanos (HELLIGE, BLOCH, COWIN, ENG, EVIATAR & SERGENT, 1994; GEFFEN, ROSA & LUCIANO, 2000; CHERBUIN & BRINKMAN, 2006), diferença essa atribuída ao tamanho e à densidade das

fibras do corpo caloso (WITELSON, 1985; WESTERHAUSEN, KREUDER, DOS SANTOS SEQUEIRA, WALTER, WOERNER, WITTLING, SCHWEIGER & WITTLING, 2004).

No que respeita ao efeito do sexo, verificou-se que apenas nos sinistrómanos esta variável apresentou um efeito significativo, corroborado pelo tamanho do efeito moderado. O sexo masculino evidenciou uma superioridade em relação ao sexo feminino quanto à precisão (dada pelo EA e pelo EC). Algumas sugestões têm sido apresentadas para explicar o efeito desta variável no desempenho em AC em destrímanos, mas que julgamos poderem ser extensíveis aos sinistrómanos. Entre elas encontram-se o uso de um modo mais conservador de resposta pelas mulheres (BRADY, 1996; WILLIAMS & JASIEWICZ, 2001) e a intervenção de factores sócio-culturais (WRISBERG, PAUL & RAGSDALE, 1979). Para além destas, outras ideias têm sido propostas, indicando que as diferenças entre os sexos se devem a estratégias de atenção diferenciadas, como resultado do processamento diferencial hemisférico na visualização de um estímulo em aparente movimento (GALE, BROWN, OSBORNE & SMALLBONE, 1978; ANDREASSI & JUSZCZAK, 1982).

Algumas limitações estão inerentes a este estudo. A primeira diz respeito à dimensão amostral e, a segunda relaciona-se com a anterior, uma vez que os indivíduos não foram agrupados em função da consistência (isto é, intensidade) da sua preferência manual, fato que, a ter em conta, diminuiria ainda mais o n em cada grupo. Ressalva-se que, no início da pesquisa, não foi efectuado qualquer estudo de simulação para determinar eventuais dimensões amostrais adequadas para uma potência de 0.80 ou 0.90. Contudo, foi possível estimar, a partir da análise dos resultados, não somente a magnitude do efeito para cada situação, bem como a potência estatística de cada teste. As magnitudes do efeito situaram-se entre 0.33 (efeito baixo) e 0.81 (efeito alto). Do mesmo modo, a potência também variou entre 0.52 e 0.99. Não obstante esta informação, sugere-se que em pesquisas futuras se recorra a software especializado para simular diferentes condições de modo a otimizar a dimensão amostral mais adequada.

No entanto, pensamos ser interessante investigar se a velocidade do estímulo está relacionada com o fato de os sujeitos serem fortemente lateralizados ou fracamente lateralizados. Para além disso, seria interessante investigar a focalização atencional durante uma tarefa simples ou complexa de AC, no que respeita ao comportamento dos movimentos sacádicos e palpebrais, assim como à variação angular da orientação do olhar na direcção do estímulo móvel.

Conclusão

Em suma, os destrímanos foram afectados pela variável velocidade do estímulo, apresentando uma antecipação das respostas e uma variabilidade mais elevada na velocidade mais lenta (268cm/s), enquanto as respostas foram atrasadas nas outras duas velocidades (402 e 536.4cm/s). Para além disso, os sujeitos demonstraram uma variabilidade menos acentuada na velocidade mais alta. Os sinistrómanos não foram afectados pela velocidade mas o factor sexo revelou ser uma variável significativa, sendo o sexo masculino mais preciso e menos enviesado nas suas respostas do que o sexo feminino. Para além disso, os sinistrómanos demonstraram uma maior assimetria manual na velocidade de 268cm/s no que diz respeito ao EV. Concluimos que cada grupo de preferência manual parece comportar-se de forma diferenciada em tarefas perceptivas de AC onde a velocidade do estímulo é manipulada.

Referências

- ANDREASSI, J. L. & JUSZCZAK, N. M. Hemispheric sex differences in response to apparently moving stimuli as indicated by visual evoked potentials. *International Journal of Neuroscience*, v. 17, n. 2, p. 83-91, 1982.
- BRADY, F. Anticipation of coincidence, gender, and sports classification. *Perceptual and Motor Skills*, v. 82, n. 1, p. 227-39, 1996.
- BROWN, S. G.; ROY, E. A.; ROHR, L. E. & BRYDEN, P. J. Using hand performance measures to predict handedness. *Laterality*, v. 11, n. 1, p. 1-14, 2006.

- CHERBUIN, N. & BRINKMAN, C. Hemispheric interactions are different in left-handed individuals. *Neuropsychology*, v. 20, n. 6, p. 700-7, 2006.
- COKER, C. Bilateral symmetry in coincident timing: a preliminary investigation. *Perceptual and Motor Skills*, v. 98, n. 1, p. 359-65, 2004.
- CORRÊA, U. *Estrutura de prática e processo adaptativo na aquisição de habilidades motoras*. (2001). Tese (Doutorado em Educação Física) - Escola de Educação Física e Esporte, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.
- CORRÊA, U.; OLIVEIRA, P. H. V.; OLIVEIRA, J. A.; FREUDENHEIM, A. M.; PAROLI, R.; UGRINOWITSCH, H.; MEIRA JUNIOR, C. M.; MARINOVIC, W.; SIMONI, C. G. & TANI, G. Timing coincidente em tarefas complexas: estudo exploratório do desempenho de adultos de diferentes idades em diferentes velocidades de estímulo visual. *Revista Brasileira de Educação Física e Esporte*, v. 19, n. 4, p. 307-15, 2005.
- DANE, S. & ERZURUMLUOGLU, A. Sex and handedness differences in eye-hand visual reaction times in handball players. *International Journal of Neuroscience*, v. 113, n. 7, p. 923-9, 2003.
- DOYEN, A. L.; DUFOUR, T.; CAROFF, X.; CHERFOUH, A. & CARLIER, M. Hand preference and hand performance: cross-sectional developmental trends and family resemblance in degree of laterality. *Laterality*, v. 13, n. 2, p. 179-97, 2008.
- DOYEN, A. L.; DUQUENNE, V.; NUQUES, S. & CARLIER, M. What can be learned from a lattice analysis of a laterality questionnaire? *Behaviour Genetics*, v. 31, n. 2, p. 193-207, 2001.
- DUNHAM, P. & REID, D. Information processing: Effects of stimulus speed variation on coincidence-anticipation of children. *Journal of Human Movement Studies*, v. 13, p. 151-156, 1987.

- FRADA, D.; MARTINS, A.; PEREIRA, N.; ROCHA, R.; RODRIGUES, P.; BOTELHO, M. & VASCONCELOS, O. Antecipação-coincidência nas seleções nacionais de cadetes masculinos e femininos. Efeito do sexo e da complexidade da tarefa. *Revista Portuguesa de Ciências do Desporto*, v. 7, n. Supl.1, p. 31, 2007.
- GALE, A.; BROWN, A.; OSBORNE, K. & SMALLBONE, A. Further evidence of sex differences in brain organisation. *Biological Psychology*, v. 6, n. 3, p. 203-8, 1978.
- GEFFEN, G.; ROSA, V. & LUCIANO, M. Effects of preferred hand and sex on the perception of tactile simultaneity. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, v. 22, n. 2, p. 219-31, 2000.
- GURD, J. M.; SCHULZ, J.; CHERKAS, L. & EBERS, G. C. Hand preference and performance in 20 pairs of monozygotic twins with discordant handedness. *Cortex*, v. 42, n. 6, p. 934-45, 2006.
- HARROLD, D. & KOZAR, B. Velocity, occlusion, and sex of subjects in coincidence of anticipation. *Perceptual and Motor Skills*, v. 94, n. 3 Pt 1, p. 914-20, 2002.
- HELLIGE, J. B.; BLOCH, M. I.; COWIN, E. L.; ENG, T. L.; EVIATAR, Z. & SERGENT, V. Individual variation in hemispheric asymmetry: multitask study of effects related to handedness and sex. *Journal of Experimental Psychology: General*, v. 123, n. 3, p. 235-56, 1994.
- MATOS, T. C. S.; TEIXEIRA, L. A.; LOMONACO, F. B.; LIMA, A. C. P. & SAÑUDO, A. Transferência de aprendizagem em tarefas sincronizatórias com diferentes níveis de complexidade efetora. In: TEIXEIRA, L. A. (Ed.). *Avanços em comportamento motor* (p. 284-299). Rio Claro: Movimento, 2001.
- MEEUWSEN, H. J.; GOODE, S. L. & GOGGIN, N. L. Coincidence-anticipation timing. *Women in Sport & Physical Activity Journal* v. 4, n. 2, p. 59-75, 1995.

- NALCACI, E.; KALAYCIOGLU, C.; CICEK, M. & GENÇ, Y. The relationship between handedness and fine motor performance. *Cortex*, v. 37, n. 4, p. 493-500, 2001.
- OOKI, S. Genetic and environmental influences on the handedness and footedness in Japanese twin children. *Twin Research and Human Genetics*, v. 8, n. 6, p. 649-56, 2005.
- PETERS, M. Description and validation of a flexible and broadly usable handedness questionnaire. *Laterality*, v. 3, n. 1, p. 77-96, 1998.
- PORAC, C. & COREN, S. (Eds.) Lateral preferences and human behavior. New York: Springer-Verlag. 1981.
- RENAUD, J. La manipulation psychologique clandestine. *Science et Vie*, v. CXXXI, n. 749, p. 14-18, 1980.
- RODRIGUES, P.; BARBOSA, R.; CARITA, A. I.; BARREIROS, J. & VASCONCELOS, O. Stimulus velocity effect in a complex interceptive task in right- and left-handers. no prelo.
- RODRIGUES, P.; BARREIROS, J.; VASCONCELOS, O. & JOÃO DE DEUS, B. Movement timing control in adolescents: effects of task complexity. In: J.CAPRI *et al* (Ed.). *European College of Sports Science: Book of Abstracts of the 13th Annual Congress of the European College of Sport Science* (p. 372). Estoril, Portugal European College of Sports Science, 2008.
- RODRIGUES, P.; FREITAS, C.; VASCONCELOS, O. & BARREIROS, J. Preferência manual numa tarefa de antecipação-coincidência: efeitos da direcção do estímulo. *Revista Portuguesa de Ciências do Desporto*, v. 7, n. 1, p. 109-115, 2007.
- RODRIGUES, P.; LAMBOGLIA, C.; CABRAL, I.; BARREIROS, J. & VASCONCELOS, O. Degree of hand preference in right- and left-handers: life-span age trends. *Poster presented to International Seminar Challenges to Sport Sciences*. Porto: FADEUP, 2009.

- RODRIGUES, P.; VASCONCELOS, O.; BARREIROS, J. & BARBOSA, R. Manual asymmetry in a complex coincidence-anticipation task: handedness and gender effects. *Laterality*, v. 14, n. 4, p. 395-412, 2009.
- RODRIGUES, P.; VASCONCELOS, O.; BARREIROS, J.; BARBOSA, R. & TRIFÍLIO, F. Functional asymmetry in a simple coincidence-anticipation task: effects of handedness. *European Journal of Sport Science*, v. 9, n. 2, p. 115-123, 2009.
- ROUSSON, V.; GASSER, T.; CAFLISCH, J. & JENNI, O. G. Neuromotor performance of normally developing left-handed children and adolescents. *Human Movement Science*, v. 28, n. 6, p. 809-817, 2009.
- SHEA, C. H. & NORTHAM, C. Discrimination of visual linear velocities. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, v. 53, n. 3, p. 222 -225, 1982.
- SHEN, Y. C. & FRANZ, E. A. Hemispheric competition in left-handers on bimanual reaction time tasks. *Journal of Motor Behavior*, v. 37, n. 1, p. 3-9, 2005.
- TEASDALE, T. W. & OWEN, D. R. Cognitive abilities in left-handers: writing posture revisited. *Neuropsychologia*, v. 39, n. 9, p. 881-4, 2001.
- UGRINOWITSCH, H.; CORRÊA, U. & TANI, G. Perturbação perceptiva e processo adaptativo na aprendizagem de uma tarefa de "timing" coincidente. *Revista Brasileira de Educação Física e Esporte*, v. 19, n. 4, p. 277-84, 2005.
- VAN STRIEN, J. W. Classificatie van links - en rechtshangige proefperrsonen [Classification of left- and right-handed research participants]. *Nederlands Tijdschrift voor de Psychologie*, v. 47, n. 88-92, 1992.
- WESTERHAUSEN, R.; KREUDER, F.; DOS SANTOS SEQUEIRA, S.; WALTER, C.; WOERNER, W.; WITTLING, R. A.; SCHWEIGER, E. & WITTLING, W. Effects of handedness and gender on macro- and

microstructure of the corpus callosum and its subregions: a combined high-resolution and diffusion-tensor MRI study. *Brain Research and Cognition*, v. 21, n. 3, p. 418-26, 2004.

WILLIAMS, L. & JASIEWICZ, J. M. Knowledge of results, movement type, and sex in coincidence timing. *Perceptual and Motor Skills*, v. 92, n. 3 Pt 2, p. 1057-68, 2001.

WITELSON, S. F. The brain connection: the corpus callosum is larger in left-handers. *Science*, v. 229, n. 4714, p. 665-8, 1985.

WRISBERG, C. A.; HARDY, C. J. & BEITEL, P. A. Stimulus velocity and movement distance as determiners of movement velocity and coincident timing accuracy. *Human Factors*, v. 24, n. 5, p. 599-608, 1982.

WRISBERG, C. A.; PAUL, J. H. & RAGSDALE, M. R. Subject gender, knowledge of results and receptor anticipation. *Research Quarterly*, v. 50, n. 4, p. 699-708, 1979.

ZVEREV, Y. P. Cultural and environmental pressure against left-hand preference in urban and semi-urban Malawi. *Brain and Cognition*, v. 60, n. 3, p. 295-303, 2006.

Estudo Empírico – 4

**Manual asymmetry in a complex coincidence-
anticipation task: handedness and gender effects.**

Artigo publicado na revista *Laterality*, (2009), 14 (4), 395-412.

Paula Rodrigues¹, Olga Vasconcelos¹, João Barreiros², Ricardo Barbosa¹

¹*Universidade do Porto, Faculdade de Desporto*

²*Universidade Técnica de Lisboa, Faculdade de Motricidade Humana*

Abstract

This study investigated the effects of handedness and gender on manual asymmetry on the performance of a complex coincidence anticipation task. Left-handed (N = 63) and right-handed (N = 93) undergraduate (78 males, 78 females) students were required to press six buttons sequentially in conjunction with visual stimulation provided by a coincidence anticipation apparatus. Participants were further separated into subgroups, based on the degree of hand preference. Timing accuracy (AE, CE, VE) and timing response (IT, MT, AT) were analysed. Results showed that concerning accuracy, (i) strong left-handers were more accurate than the other groups; (ii) performance with the PH was superior to that of the NPH; and (iii) males outperformed females. Concerning timing response, (i) the PH was faster than the NPH for movement time; and (ii) males were faster in initiating the movement than females. These findings indicate that coincidence-anticipation competence appears to be influenced by hand preference, performing hand and gender. In addition, findings are discussed in the framework of the hemispheric functional lateralization for the planning and organisation of movement execution.

Keywords: Coincidence anticipation; Handedness; Sex differences.

Introduction

Most people have a preferred hand (PH), whose skilfulness largely exceeds that of the so-called non-preferred hand (NPH) (Lutz, Koeneke, Wustenberg, & Jancke, 2005; Shen & Franz, 2005). This manual asymmetry appears to fluctuate with the particular test used (Reilly & Hammond, 2004; Teixeira & Teixeira, 2007). There are tasks which the NPH equals or even surpasses the PH (Goble, Lewis, & Brown, 2006; Neely, Binsted, & Heath, 2005). One of the reasons the PH and the more proficient hand are not always the same is because there are various types of manual skills, involving different muscular structures and demanding different control processes. Three major perspectives have been considered in the explanation of the almost universal superiority of the PH. A first one emphasizes the differential efficiency with which the

feedback of information is processed (Flowers, 1975), with the result that the processing characteristics of the contralateral cerebral hemisphere has been linked with the performance of each hand (Grouios, 2006; Haaland, Elsinger, Mayer, Durgerian, & Rao, 2004; Lavrysen, Elliott, Buekers, Feys, & Helsen, 2007). A second approach suggests that the observed asymmetry is due to reduced variability of motor output for the PH (Annett, Annett, Hudson, & Turner, 1979) or the more accurate modulation of force (Peters & Durdning, 1979). Finally, the third approach suggests that the superiority of the PH compared with the NPH is due to the large amount of practice that the former receives in certain tasks throughout life (Provins, 1997).

Proponents of the feedback processing perspective have suggested the left hemisphere/right hand system is more efficient in the execution of 'error corrections' utilizing sensory feedback (Flowers, 1975; Todor & Cisneros, 1985; Todor & Doane, 1978). Refuting this hypothesis are others who argue that the PH advantage is due to the superiority of the left-hemisphere in the control of motor output (Annett et al., 1979) and also that the right-hand system is less variable in generating the forces necessary for a particular movement (Peters & Durdning, 1979). Advocates of preferential experience perspective have suggested that the advantage of the PH is the result of long periods of learning (Provins, 1997). Although these three explanations try to explain the superiority of the PH compared to the NPH and there is some supporting evidence for each one, none of them fully explains this asymmetry.

Recent research has focused on similarities and differences in the performance of the PH of left- and right-handers. When using the PH, a superiority of right-over left-handers has been found in some studies (Dellatolas et al., 2003; Nalcaci, Kalaycioglu, Cicek, & Genc, 2001; Ozcan, Tulum, Pinar, & Baskurt, 2004), whereas a superiority of left- over right-handers have been found in others (Borod, Koff, & Caron, 1984; Fearing, Browning, Corey, & Foundas, 2001; Vasconcelos, 1993). However, very little work has compared the performance of these two groups when using their PH and NPH (Borod et al., 1984; P. J. Bryden & Roy, 2005; Hoffmann, Chang, & Yim, 1997; Kilshaw & Annett, 1983). Hoffmann (1997), for example, reported that, according to the

NPH, in some tests left-handers performed better than did right-handers. These tests included (i) ballistic movements, (ii) Fitts' task, (iii) pin-to-hole transfer, (iv) Drury tracking task, and (v) a modified form of the Drury tracking task in which subjects cut paper with scissors. There were no significant differences, in any of the tests, between right- and left-handers when using their PH. Using a peg moving task, Kilshaw and Annett (1983) also found that differences for the PH were less evident than differences between the NPH, and left-handers outperforming in several comparisons.

There are few doubts about inter-manual difference in hand skill is most often reduced in left-handers as compared to right-handers (Gurd, Schulz, Cherkas, & Ebers, 2006; Shen & Franz, 2005). However, when the degree of hand preference is taken into account it seems that manual asymmetry is higher in more lateralized subjects (Brouwer, Sale, & Nordstrom, 2001).

Right-handers usually exhibit a stronger hand preference in handedness inventories (P. J. Bryden, Roy, & Spence, 2007; Doyen, Duquenne, Nuques, & Carlier, 2001; Gurd, Schulz, Cherkas, & Ebers, 2006) probably because they use their PH most of the time in everyday tasks. Living in a world designed for right-handers could be one of the reasons for this left-hander's lower lateralization (Coren, 1996; McManus, 2002). Other reasons could include social sanctions against the left hand use (Singh & Kindu, 1994; Suar, Mandal, Misra, & Suman, 2007) and an incomplete brain lateralization pattern (M. P. Bryden, McManus, & Bulman-Fleming, 1994; P. J. Bryden, Bruyn, & Fletcher, 2005).

A greater functional variability in left-handed subjects might have an impact on the degree of hand preference, or relative hand performance. There is some evidence revealing that the degree of hand preference may influence the pattern of brain lateralization, the strong left-handers being as strongly lateralized as the strong right-handers on some tasks (Dassonville, Zhu, Uurbil, Kim, & Ashe, 1997; Keane, 1999). However, although strong right- and strong left-handers have been reported to display similar patterns of cerebral lateralization, some other studies found no difference in the magnitude of

perceptual asymmetry as a function of degree of hand preference (Lishman & McMeekan, 1977; Stroganova, Pushina, Orekhova, Posikera, & Tsetlin, 2004).

As pointed out by Hicks and Kinsbourne (1978), the magnitude of manual asymmetry can be changed by a considerable number of factors such as task complexity, fatigue, asymmetrical bimanual transfer, temporal characteristics and direction of movement. Moreover, Bryden (1998) suggested that the PH would out-perform the NPH in tasks requiring one or all of the following characteristics: precise orientation of the hand, on-line visual control, complex movement sequencing and anticipatory timing.

Anticipatory timing or coincidence-anticipation (CA) is the ability to anticipate the trajectory of a visual stimulus moving in space, and to organize a motor response based on temporal anticipation. When facing a coincident event, subjects have to do an accurate visual evaluation of movement objects, which involves detection of the movement, prediction of its trajectory, and finally consideration about the future location of the mobile in space. Additionally, subjects have to organize the motor response by taking into consideration their own processing time (which include stimulus detection, selection and programming response, these three phases representing the reaction time) and their own movement time.

As a result, in this kind of spatial-temporal accuracy task, learning takes place at two levels: at a higher level independent of the effector system, and at a lower effector-specific level (Teixeira, 2006).

Variables such as age (Benguigui, Broderick, & Ripoll, 2004; Lobjois, Benguigui, & Bertsch, 2005, 2006), stimulus speed (Coker, 2003; Harrold & Kozar, 2002; Teixeira, Lima, & Franzoni, 2005), gender (Les, Katene, & Fleming, 2002; Millslagle, 2004; Williams & Jasiewicz, 2001), motor-response complexity (Teixeira, 2006; Williams & Jasiewicz, 2001; Williams, Jasiewicz, & Simmons, 2001), and manual asymmetry (Cockerill, van Zyl, & Nevill, 1988; Coker, 2004) have been currently studied in coincidence-anticipation literature.

Gender differences were not very clear in previous studies. While males have been found to be more accurate and less variable than women (Les, Katene, &

Fleming, 2002; Williams & Jasiewicz, 2001), there is also empirical evidence showing no gender effects (Harrold & Kozar, 2002; Millslagle, 2004; Williams et al., 2001).

Traditionally, CA investigations use tasks that involve simple motor responses such as press-button tasks. Few studies have been devoted to evaluate the effect of motor complexity response in CA tasks, but it is generally expected that an increase in the complexity of the task leads to a decrease in performance accuracy (Williams & Jasiewicz, 2001; Williams et al., 2001). It seems that proficiency in CA appears to be influenced by the planning and organisation required for movement execution.

In spite of the relevance of manual asymmetry in sports and physical activities, the available information on this topic is sparse and controversial. Three studies have addressed this issue more specifically. While Coker (2004) found a limb-related temporal accuracy difference in a ballistic striking task favouring the preferred limb, Cockerill et al. (1988) demonstrated greater accuracy and consistency for the non-dominant hand. Furthermore, Teixeira (2000) reported similar performance and learning between synchronisation tasks performed with the preferred and non-preferred motor systems.

In the above mentioned studies, only right-handers were tested and the degree of hand preference was not investigated. In the present investigation, we will compare the performance of PH and NPH in more and less lateralized left- and right-handers.

A complex coincidence anticipation task will be used because, as Steingrueber (1975) pointed out, not only lateralization differences are task specific but they are also dependent of task complexity. Consequently, one way of revealing underlying differences in lateralization might be by increasing the complexity of tests used for assessing hand skill. Since in anticipation-coincidence tasks involving complex movement sequences, the timing accuracy depends on the coordination between time to initiate the movement and on the anticipation and modulation of movement time (Fleury, Bard, Teasdale, Michaud, & Lamarre,

1999; Fleury, Basset, Bard, & Teasdale, 1998), these variables will also be analyzed.

In this study, it is expected that right-handers outperform left-handers since they are usually more lateralized. In addition, and in accordance with the literature, we hypothesized that the PH surpasses the NPH and that larger manual asymmetries will be found in the strong lateralized groups. Finally, we expect a greater superiority of men when compared to women.

Method

Participants

This study was performed in 156 students (ages 18-33, mean age 21.7 ±2.9 years) that were selected for the experiment based on the hand preference for writing, and equally divided into groups by sex and hand preference. In a later phase, subjects were more thoroughly evaluated in relation to hand preference, using the *Dutch Handedness Questionnaire* (Van Strien, 1992). This questionnaire consisted of 16 hand preference items. For each activity in the questionnaire, the subjects indicated whether the left or right hand was used or whether both hands were used. Each item was coded from 0 to 2, with "left" receiving a score of 0 and "right" receiving a score of 2, and "both" receiving a score of 1. Therefore, the total score could range from 0 (i.e. strong left-handed) to 32 (i.e. strong right-handed). For the purpose of the present research, as recommended by Van Strien (1992), subjects were considered to be strong left-handed if their total score on the questionnaire equalled four or less points (41 students), and strong right-handed if this score equalled 28 points or more (73 students). Subjects having scores between 5 and 16 were considered as moderate left-handed (22 students), and subjects with scores between 17 and 27 were classified as moderate right-handed (20 students). However, this classification doesn't follow Van Strien's recommendation, since he considered three handedness groups, gathering non-strong left- and right-handers in an ambidexters group.

Instrument

The coincidence-anticipation apparatus used in the present study was the *Bassin Anticipation Timer* (Lafayette Instruments no. 50575). This apparatus simulates a moving stimulus with a runway sequentially lit of LED lamps spaced 4.5 cm apart. Two 16-lamp runways attached end to end (152 cm long) were mounted on two standard tables. The angle of stimulus runway approach was 30° (Payne, 1987). The runways were connected to a 60m x 72cm plywood platform on which six buttons (4cm in diameter) disposed on a sequence were mounted (see Fig. 1). The platform was mounted on a third table and was interfaced with a computer. Participants sat at the end of the third table and viewed the target as it moved toward them.

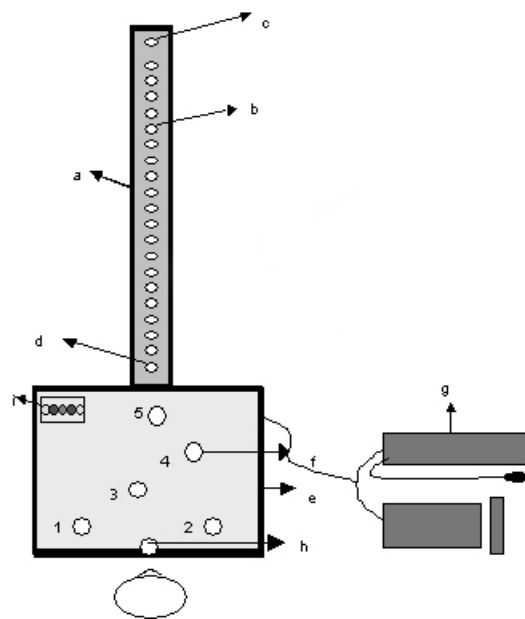


Figure 1: Illustration of the instrument of coincidence-anticipation in a complex task: a) Bassin Anticipation Timer, b) light-emitting diodes, c) alert diode, d) target diode e) table of wood, f) push-buttons, g) computer and Biopac, h) start button to activate the light-emitting diodes, i) visual feedback.

Procedures

Subjects were tested individually. Prior to testing, each participant received standardized instructions concerning the general nature of the experiment and written consent to participate was obtained. The study was approved by the

local Ethics Committee on research with human participants. No incentive was provided for participation.

Participants were instructed to press the start button, in order to initiate the stimulus travelling, and then to push the remaining five buttons sequentially (1-2-3-4-5) in a matter such that the last button-push (near the runway) would coincide with the arrival of the moving stimulus. After pressing the start button, subjects had to cross their body midline and push the first button. The sequence that was used in the right hand performance (see Fig.1) was a mirror image of the sequence used in the left hand performance.

A constant foreperiod of 0.5 s was used for all trials and two velocities were presented in an alternately way at 2 mph and 4 mph (89.4 cm/s and 178.8 cm/s, respectively).

The predictability of the time to perform the task was intentional. The reduction of task uncertainty allowed the subject to focus in the action components and to control his response time. That's why the triggering was determined by the subject. As Carson (1993) stated, the intentional information may be viewed as a perturbation of the behavioural pattern. He also highlighted that "as it is with respect to intentional behaviour that the clearest hand preferences are expressed, and the greatest performance asymmetries are observed, it is conceivable that the limb/hemisphere systems may be distinguished in their expression of intentional dynamics". (p.499)

Following a first non-evaluated trial, six trials were recorded for each hand. Subjects were counterbalanced with respect to the starting hand and velocity. The difference in time between the arrival of the target light (the last runway lamp) and the response (on the last button – 5th) was measured to the nearest millisecond, early or late. Knowledge of results was provided after each trial, indicating the magnitude (milliseconds) and direction (*early* or *late*) of the error.

The software *AcqKnowledge* 3.8.1 (Biopac MP Systems, Inc., Goleta, CA) was used for data acquisition. When a button was missed the experimenter would tell the subject to repeat the trial, and trials involving missing buttons were not included in the data analysis.

Data analysis

Preliminary analysis of our data revealed that many subjects adopted the strategy of performing the task as fast as they could until the fourth button. This allowed a longer visual control and permitted accurate regulations tuned to the approach of the stimulus. For this reason, we have decomposed the overall movement duration in the following components: the initiation time (IT), as the time delay between the press on the initiating button, in order to initiate the stimulus traveling, and the push on the first button; the movement time (MT), as the elapsed time from the first to the fourth button; and the adjustment time (AT), as the elapsed time from the fourth to the fifth button.

Furthermore, three measure errors were utilized in this study: (1) absolute error (AE), which corresponds to the absolute difference between the target time and response time without consideration of its direction from zero, (2) constant error (CE), which takes into consideration the direction of the error and is negative when, on average, the subject underestimates the time of arrival of the incoming stimulus, and positive when the subject overestimates the time of arrival and, (3) variable error (VE), which expresses the consistency of the responses around the subject's mean constant error.

Box's M and Levene's tests were examined to evaluate whether multivariate assumptions of normality and homogeneity of variance were violated. The results of the Box's M test all were nonsignificant.

In order to examine the performance of the two hands, each of the dependent variables (IT, MT, AT, AE, CE and VE) were analyzed in a three-way 2(sex) x 4(handedness groups) x 2(performing hand) analysis of variance with repeated measures on the last factor.

Effects involving more than two means were examined using Tukey's honestly significant difference (*HSD*) post-hoc procedure. Alpha was set at $p \leq 0.05$ for all statistical analyses.

Results

The results will be presented for timing accuracy (AE, CE, VE) and for timing response (IT, MT, AT).

Timing Accuracy

The main effect of hand was significant for AE, $F(1, 148) = 4.393$, $p=.038$, and for CE, $F(1, 148)=9.742$, $p=.002$. More specifically, the PH was found to be significantly accurate ($AE=.169\pm.072s$; $CE=.096\pm.089s$) than the NPH ($AE=.192\pm.090s$; $CE=.126\pm.101s$). Fig. 2 presents AE and CE values for handedness groups as a function of performing hand.

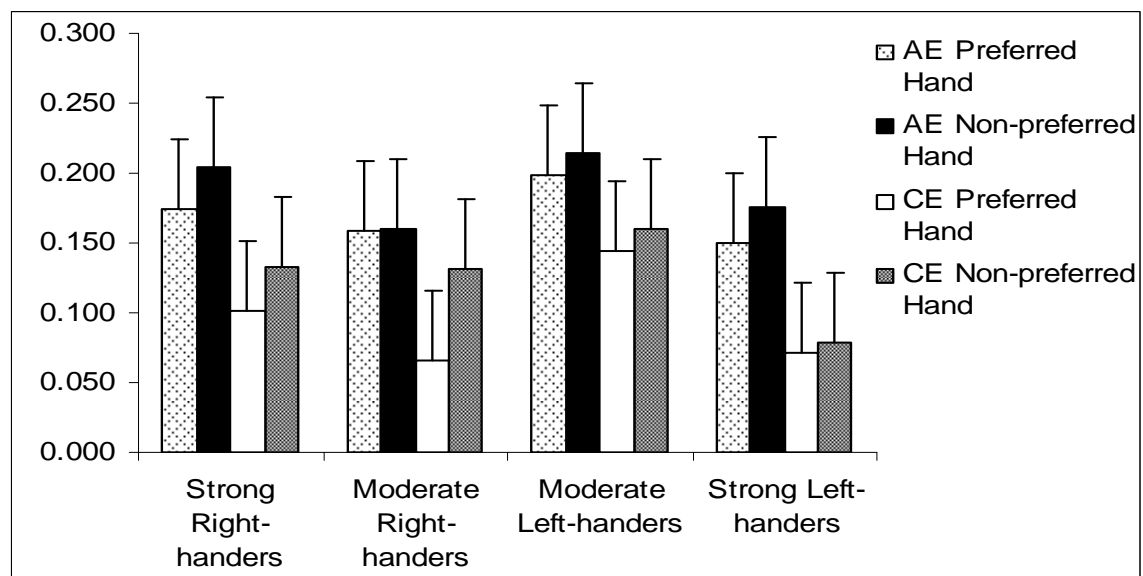


Figure 2: Mean Absolute and Constant Errors (AE and CE) in seconds for handedness groups as a function of performing hand

The main effect of handedness groups was significant for AE, $F(3, 148) = 2.800$, $p=.042$, and for CE, $F(3, 148) = 5.308$, $p=.002$. As AE is concerned, Tukey's post hoc analysis revealed that groups were not reliably different from each other ($p>.05$). However, for CE, post hoc analysis showed that strong left-handers were significantly more accurate ($.076\pm.084s$) than strong right-handers ($.117\pm.010s$) and than moderate left-handers ($.152\pm.062s$) ($p=.031$; $p=.001$, respectively). Fig. 3 presents AE and CE values as a function of handedness groups.

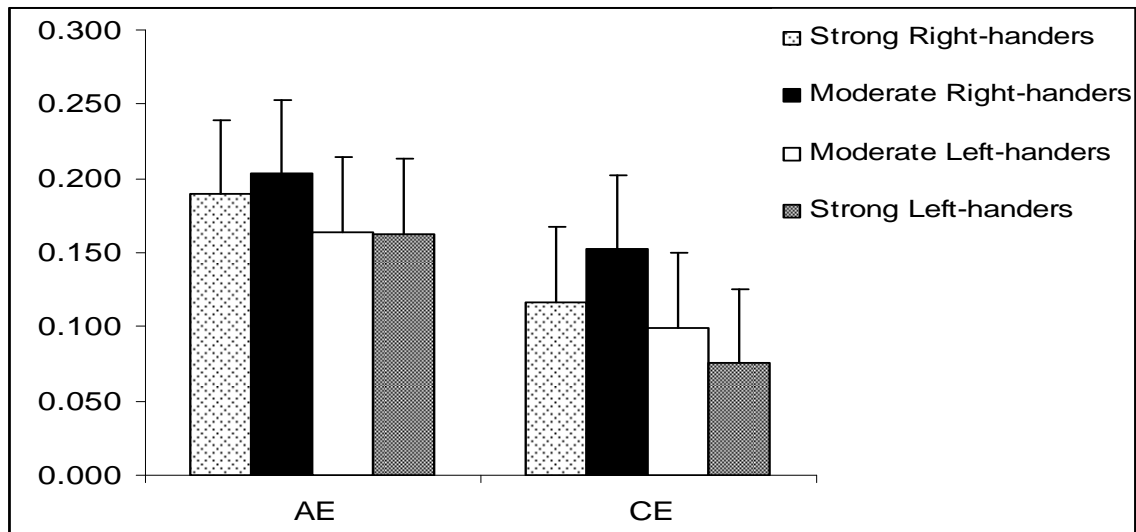


Figure 3: Mean Absolute and Constant Errors (AE and CE) in seconds as a function of handedness groups

The main effect of sex was significant for AE, $F(1, 148) = 9.054, p=0.003$, and for VE, $F(1, 148) = 10.564, p=0.001$. Males were significantly accurate ($.165 \pm .072s$) and less variable ($.157 \pm .080s$) than females ($AE = .198 \pm .087s$; $VE = 199 \pm .095s$). A significant interaction between hand and sex was found for VE $F(1, 148) = 4.906, p=0.028$. Upon closer analysis, the difference between the PH and the NPH was significant only for females, $t(77) = -2.866, p = .005$. They were less variable with the PH ($.179 \pm .088s$) than with the NPH ($.213 \pm .101s$). Fig. 4 presents AE and VE values for the PH and NPH as a function of sex.

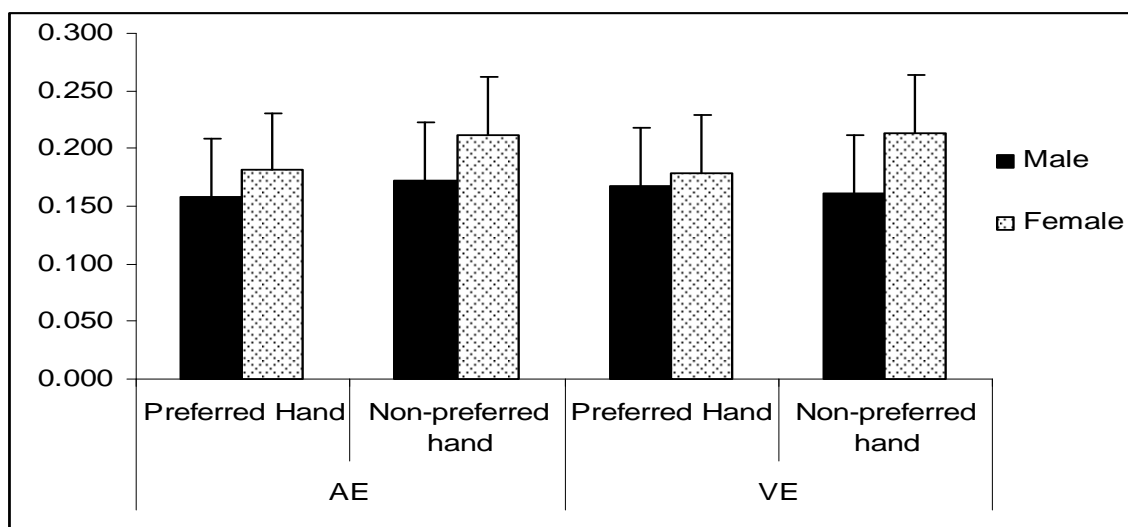


Figure 4: Mean Absolute and Variable Errors (AE and VE) in seconds for the preferred and non-preferred hand, as a function of sex

Timing response

The main effect of hand was significant for MT, $F(1, 148) = 22.656$, $p=.000$. More specifically, the PH was found to be significantly faster ($1.532 \pm .115s$) than the NPH ($1.567 \pm .116s$). The main effect of sex was significant for IT, $F(1, 148) = 4.567$, $p=0.034$. Males were significantly faster ($.375 \pm .060s$) than females ($.397 \pm .053s$). Fig. 5 presents MT values for the handedness groups as a function of performing hand.

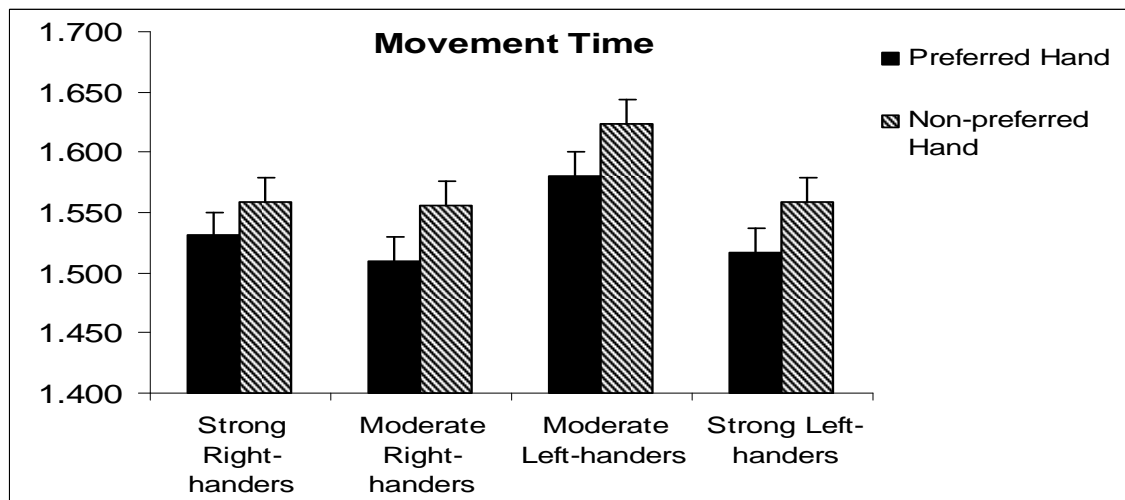


Figure 5: Mean Movement Time (MT) in seconds for the handedness groups, as a function of performing hand

A significant interaction between hand and handedness was found for IT $F(3, 148) = 3.532$, $p=0.016$ and for AT, $F(3, 148) = 3.443$, $p=0.018$. Post hoc analysis for IT showed a significant difference between the PH and the NPH for strong right-handers, $t(72)=-3.504$, $p=.001$, where the NPH ($.379 \pm .048s$) was significantly faster than the PH ($.396 \pm .054s$). No difference was found between the hands for moderate right-handers. The reverse was true for the left-handers group. While a significant difference between the PH and the NPH was found for moderate left-handers, $t(21)=3.708$, $p=.001$, favouring the PH (PH= $.391 \pm .063s$; NPH= $.420 \pm .058s$), no difference was found between the hands for strong left-handers. Post hoc analysis for AT revealed that a significant difference between the PH and the NPH was found only for strong left-handers, $t(40)=2.548$, $p=.007$, favouring the NPH (PH= $.475 \pm .097s$;

NPH=.434±.086s). Fig. 6 presents IT and AT values for the handedness groups as a function of performing hand.

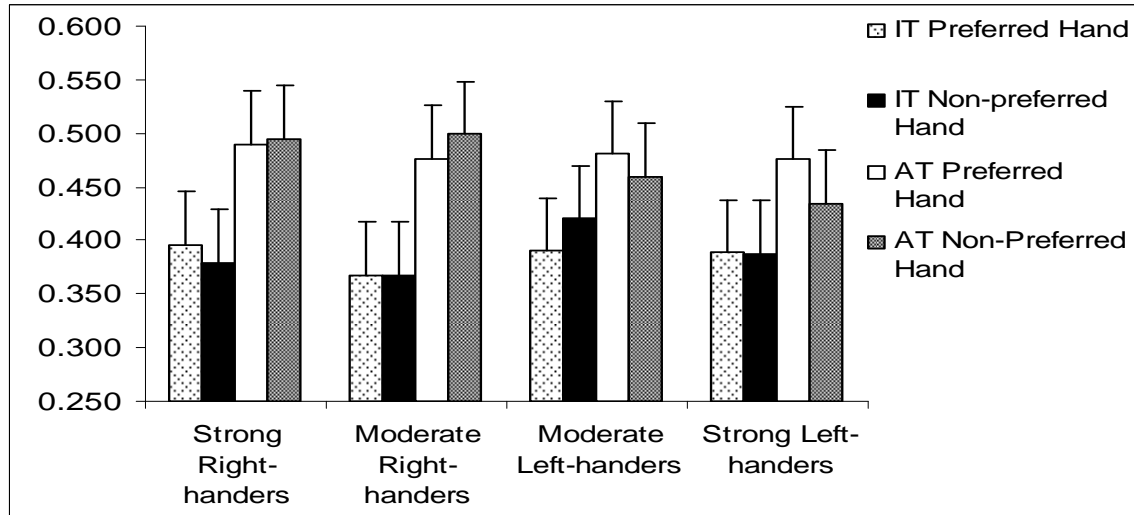


Figure 6: Mean Initiating Time (IT) and Adjustment Time (AT) in seconds for the handedness groups, as a function of performing hand

In summary, and with respect to our specific research purposes, results indicated that concerning accuracy, (i) strong left-handers were more accurate than the other groups; (ii) performance with the PH was superior to that of the NPH; and (iii) males outperformed females. Concerning timing response, (i) the PH was faster than the NPH for movement time; and (ii) males were faster in initiating the movement than females. Table 1 summarizes the main effects detected for timing accuracy and for timing response.

Table1: Synopsis for the main factor effects. These factor effects present the results with better performance for Timing Accuracy (AE, CE, VE) and for Timing Response (IT, MT, AT)

Variables		Factors		
		Hand	Handedness	Sex
Timing Accuracy	AE	Preferred Hand	Significant effect but no post hoc distinction	Males
	CE	Preferred Hand	Strong left-handers	No effect
	VE	No effect	No effect	Males
Timing Response	IT	No effect	No effect	Males
	MT	Preferred Hand	No effect	No effect
	AT	No effect	No effect	No effect

Discussion

Our primary purpose was to examine the influence of handedness on manual asymmetry in a complex spatial-temporal accuracy task. The results revealed that handedness was a decisive factor for timing accuracy but not for timing response. Timing accuracy was significantly better in left-handers, especially in those strong lateralized. Our results agree with the studies where a superior visuomotor skill of left-handers over right-handers is suggested to be due to an intrinsic advantage of the right hemisphere (Dane & Erzurumluoglu, 2003; Gordon & Kravetz, 1991; Holtzen, 2000). Although the specific cause for this superiority is unknown, it has been assumed that it is the consequence of neurological differences between right- and lefthanders. Geschwind and Galaburda (1985) have proposed that left-handers may have relatively enlarged right hemispheric regions as a result of retardation of growth in the other hemisphere. The basic idea is that differences in maturation rates between the cerebral hemispheres are mediated by circulating testosterone levels. According to the Geschwind and Galaburda hypothesis, high and low prenatal testosterone levels might be associated with left- and right-handedness, respectively. This may lead to some augmented functions subserved by the

right hemisphere, such as spatial abilities (Rebai, Mecacci, Bagot, & Bonnet, 1989).

For timing response, no overall differences between right- and left-handers were found. It seems that the planning and execution of this particular task wasn't affected by hand preference.

As expected, the present study showed a superiority of the PH compared to the NPH as timing accuracy is concerned. This result is in line with Coker (2004) findings for right-handers, concerning a limb-related temporal accuracy difference in a ballistic striking task favouring the preferred limb. As outlined by Bryden (1998), movement variables may play a major role in the setting of situational constraints for more complex movement sequences, and the PH clearly surpasses the NPH.

The PH was able to execute the required movement more quickly than the NPH, suggesting that there are specific motor effects of handedness. This result is also in line with previous findings where right- and left-handers were compared (P. J. Bryden & Roy, 2005; Gurd et al., 2006; Herve, Mazoyer, Crivello, Perchey, & Tzourio-Mazoyer, 2005; Hoffmann, 1997; Judge & Stirling, 2003; Velay & Benoit-Dubrocard, 1999). Experimental tasks like the one used in the present study could involve mostly the specific motor ability developed by the PH. It seems that relevant neuromuscular apparatus for the execution of appropriate movements are more proficient by that side and closely related to the amount of training received on a lifetime experience.

The significant interaction between hand and handedness groups for IT and for AT revealed that proficiency in complex coincidence anticipation tasks appears to be influenced by the planning and organisation required for movement execution, since in strong right-handers a left hand advantage was found for IT and in strong left-handers a right hand advantage was found for AT. The right-hand advantage is often attributed to the left hemisphere involvement in monitoring the precise control of the parameters of movement (Bestelmeyer & Carey, 2004; P. J. Bryden, Roy, Rohr, & Egilo, 2007; Grouios, 2006). The left-hand advantage in movement preparation is frequently endorsed to the right

hemisphere mediation, involving an initial appreciation of spatial processes (Barral & Debu, 2004; Barthelemy & Boulinguez, 2002; Bestelmeyer & Carey, 2004; Boulinguez, Barthélémy, & Debu, 2000; Eikenberry et al., 2008; Yeary, Patton, & Kee, 2002).

A second goal of this research was to examine the influence of gender on manual asymmetry. The overall male advantage in timing accuracy found in this study is in line with many coincidence-anticipation timing investigations (Brady, 1996; Les et al., 2002; Williams & Jasiewicz, 2001). The role of experience on perceptual-motor performance (Kuhlman & Beitel, 1992; Payne, 1987) or better visuospatial skills of men (Bell, Willson, Wilman, Dave, & Silverstone, 2006; Dane & Erzurumluoglu, 2003; Voyer, Rodgers, & McCormick, 2004) may contribute to the pattern of this gender differences. The first hypothesis holds that males are typically encouraged to develop their athletic prowess while females are instructed to behave in a feminine manner, which often translates into an avoidance of most sports and vigorous activities, especially those activities that involve ball skills and CA competence. However, when women are allowed to develop their athletic skills and receive training like men a similar performance could be seen (Petrakis, 1985). According to the second assumption, gender-specific differences may rely on the organization of cerebral asymmetries for verbal and spatial processing (Voyer, 1996). While men tend to outperform women across a variety of visual–spatial, problem-solving and perceptual tasks (Halpern, 1996; Voyer et al., 2004; Voyer, Voyer, & Bryden, 1995), women tend to outperform men in many aspects of verbal ability (Frings et al., 2006; Majeres, 1997). Perhaps men's visuospatial processing tends to be more lateralized in the right hemisphere compared to the women's, and that greater lateralization affords more efficient visuospatial processing. This hypothesis may account for the findings in our study given that we found a significant effect of sex for IT. Males were faster than females in initiating the movement and, as mentioned before, the right hemisphere plays an important role in movement preparation.

In summary, coincidence-anticipation competence in a complex task has been found to vary with hand preference, performing hand and gender. Given that

practice might be one of the determining factors that establishes the pattern of manual asymmetries (Provins, 1997), it would be interesting to investigate, in further studies, the potential changes in the manual asymmetries of complex coincidence-anticipation tasks as a function of extended practice. We would assume that if a specific complex motor task is well practiced, the corresponding motor program becomes more efficient and the incremental gains in performance that emerged after extended practice may be related to handedness.

References

- Annett, J., Annett, M., Hudson, P. T., & Turner, A. (1979). The control of movement in the preferred and non-preferred hands. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 31(Pt 4), 641-652.
- Barral, J., & Debu, B. (2004). Aiming in adults: sex and laterality effects. *Laterality*, 9(3), 299-312.
- Barthelemy, S., & Boulinguez, P. (2002). Manual asymmetries in the directional coding of reaching: further evidence for hemispacial effects and right hemisphere dominance for movement planning. *Experimental Brain Research*, 147(3), 305-312.
- Bell, E. C., Willson, M. C., Wilman, A. H., Dave, S., & Silverstone, P. H. (2006). Males and females differ in brain activation during cognitive tasks. *Neuroimage*, 30(2), 529-538.
- Benguigui, N., Broderick, M., & Ripoll, H. (2004). Age differences in estimating arrival-time. *Neuroscience Letters*, 369(3), 197-202.
- Bestelmeyer, P. E., & Carey, D. P. (2004). Processing biases towards the preferred hand: valid and invalid cueing of left- versus right-hand movements. *Neuropsychologia*, 42(9), 1162-1167.
- Borod, J. C., Koff, E., & Caron, H. S. (1984). The Target Test: a brief laterality measure of speed and accuracy. *Perceptual and Motor Skills*, 58(3), 743-748.

- Boulinguez, P., Barthélémy, S., & Debu, B. (2000). Influence of the movement parameter to be controlled on manual RT asymmetries in right-handers. *Brain and Cognition, 44*, 653-661.
- Brady, F. (1996). Anticipation of coincidence, gender, and sports classification. *Perceptual and Motor Skills, 82*(1), 227-239.
- Brouwer, B., Sale, M. V., & Nordstrom, M. A. (2001). Asymmetry of motor cortex excitability during a simple motor task: relationships with handedness and manual performance. *Experimental Brain Research, 138*(4), 467-476.
- Bryden, M. P., McManus, I. C., & Bulman-Fleming, M. B. (1994). Evaluating the empirical support for the Geschwind-Behan-Galaburda model of cerebral lateralization. *Brain and Cognition, 26*(2), 103-167.
- Bryden, P. J. (1998). *The origins of manual asymmetries: what is revealed by pushing the limits of task difficulty*. Unpublished Doctoral thesis, University of Waterloo, Waterloo, Ontario, Canada.
- Bryden, P. J., & Roy, E. A. (2005). A new method of administering the Grooved Pegboard Test: performance as a function of handedness and sex. *Brain and Cognition, 58*(3), 258-268.
- Bryden, P. J., Bruyn, J., & Fletcher, P. (2005). Handedness and health: an examination of the association between different handedness classifications and health disorders. *Laterality, 10*(5), 429-440.
- Bryden, P. J., Roy, E. A., & Spence, J. (2007). An observational method of assessing handedness in children and adults. *Developmental Neuropsychology, 32*(3), 825-846.
- Bryden, P. J., Roy, E. A., Rohr, L. E., & Egilo, S. (2007). Task demands affect manual asymmetries in pegboard performance. *Laterality, 12*(4), 364-377.
- Carson, R. (1993). Manual asymmetries: old problems and new directions. *Human Movement Science, 12*, 479-506.

- Cockerill, I. M., van Zyl, P. A., & Nevill, A. M. (1988). Functional asymmetry and the development of anticipation-timing. *Research*, 3(Supplement), 7-10.
- Coker, C. A. (2003). Influence of the direction of an approaching stimulus on coincident timing. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 74 (Supplement), A-29.
- Coker, C. A. (2004). Bilateral symmetry in coincident timing: a preliminary investigation. *Perceptual and Motor Skills*, 98(1), 359-365.
- Coren, S. (1996). Pathological causes and consequences of left-handedness. In D. Elliott & E. A. Roy (Eds.), *Manual asymmetries in motor performance*. Boca Raton: CRC Press.
- Dane, S., & Erzurumluoglu, A. (2003). Sex and handedness differences in eye-hand visual reaction times in handball players. *International Journal of Neuroscience*, 113(7), 923-929.
- Dassonville, P., Zhu, X. H., Uurbil, K., Kim, S. G., & Ashe, J. (1997). Functional activation in motor cortex reflects the direction and the degree of handedness. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America U S A*, 94(25), 14015-14018.
- Dellatolas, G., De Agostini, M., Curt, F., Kremin, H., Letierce, A., Maccario, J., et al. (2003). Manual skill, hand skill asymmetry, and cognitive performances in young children. *Laterality*, 8(4), 317-338.
- Doyen, A. L., Duquenne, V., Nuques, S., & Carlier, M. (2001). What can be learned from a lattice analysis of a laterality questionnaire? *Behavior Genetics*, 31(2), 193-207.
- Eikenberry, A., McAuliffe, J., Welsh, T. N., Zerpa, C., McPherson, M., & Newhouse, I. (2008). Starting with the "right" foot minimizes sprint start time. *Acta Psychologica (Amst)*, 127(2), 495-500.
- Fearing, M. K., Browning, C. A., Corey, D. M., & Foundas, A. L. (2001). Dual-task performance in right- and left-handed adults: a finger-tapping and foot-tapping study. *Perceptual and Motor Skills*, 92(2), 323-334.

- Fleury, M., Bard, C., Teasdale, N., Michaud, D., & Lamarre, Y. (1999). How efficient are central mechanisms for the learning and retention of coincident timing actions? *Neuropsychologia*, *37*(6), 723-730.
- Fleury, M., Basset, F., Bard, C., & Teasdale, N. (1998). Target speed alone influences the latency and temporal accuracy of interceptive action. *Canadian Journal of Experimental Psychology*, *52*(2), 84-92.
- Flowers, K. (1975). Handedness and controlled movement. *British Journal of Psychology*, *66*(1), 39-52.
- Frings, L., Wagner, K., Unterrainer, J., Spreer, J., Halsband, U., & Schulze-Bonhage, A. (2006). Gender-related differences in lateralization of hippocampal activation and cognitive strategy. *Neuroreport*, *17*(4), 417-421.
- Goble, D. J., Lewis, C. A., & Brown, S. H. (2006). Upper limb asymmetries in the utilization of proprioceptive feedback. *Experimental Brain Research*, *168*(1-2), 307-311.
- Gordon, H. W., & Kravetz, S. (1991). The influence of gender, handedness, and performance level on specialized cognitive functioning. *Brain and Cognition*, *15*(1), 37-61.
- Grouios, G. (2006). Right hand advantage in visually guided reaching and aiming movements: brief review and comments. *Ergonomics*, *49*(10), 1013-1017.
- Gurd, J. M., Schulz, J., Cherkas, L., & Ebers, G. C. (2006). Hand preference and performance in 20 pairs of monozygotic twins with discordant handedness. *Cortex*, *42*(6), 934-945.
- Haaland, K. Y., Elsinger, C. L., Mayer, A. R., Durgerian, S., & Rao, S. M. (2004). Motor sequence complexity and performing hand produce differential patterns of hemispheric lateralization. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *16*(4), 621-636.
- Halpern, D. F. (1996). Sex, brains, hands, and spatial cognition. *Developmental Review*, *16*, 261-270.

- Harrold, D., & Kozar, B. (2002). Velocity, occlusion, and sex of subjects in coincidence of anticipation. *Perceptual and Motor Skills*, 94(3 Pt 1), 914-920.
- Herve, P. Y., Mazoyer, B., Crivello, F., Perchey, G., & Tzourio-Mazoyer, N. (2005). Finger tapping, handedness and grey matter amount in the Rolando's genu area. *Neuroimage*, 25(4), 1133-1145.
- Hicks, R. E., & Kinsbourne, M. (1978). Lateralized concomitants of human handedness. *Journal of Motor Behavior*, 10(2), 83-94.
- Hoffmann, E. R. (1997). Movement time of right- and left-handers using their preferred and non-preferred hands. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 19(1), 49-57.
- Hoffmann, E. R., Chang, W. Y., & Yim, K. Y. (1997). Computer mouse operation: is the left-handed user disadvantaged? *Applied Ergonomics*, 28(4), 245-248.
- Holtzen, D. W. (2000). Handedness and professional tennis. *International Journal of Neuroscience*, 105(1-4), 101-119.
- Judge, J., & Stirling, J. (2003). Fine motor skill performance in left- and right-handers: Evidence of an advantage for left-handers. *Laterality*, 8(4), 297-306.
- Keane, A. M. (1999). Cerebral organization of motor programming and verbal processing as a function of degree of hand preference and familial sinistrality. *Brain and Cognition*, 40(3), 500-515.
- Kilshaw, D., & Annett, M. (1983). Right- and left-hand skill I: Effects of age, sex and hand preference showing superior skill in left-handers. *British Journal of Psychology*, 74 (Pt 2), 253-268.
- Kuhlman, J., & Beitel, P. A. (1992). Coincidence anticipation: possible critical variables. *Journal of Sport Behavior*, 15(2), 91-105.

- Lavrysen, A., Elliott, D., Buekers, M. J., Feys, P., & Helsen, W. F. (2007). Eye-hand coordination asymmetries in manual aiming. *Journal of Motor Behavior*, 39(1), 9-18.
- Les, W. R., Katene, W. H., & Fleming, K. (2002). Coincidence timing of a tennis stroke: effects of age, skill level, gender, stimulus velocity, and attention demand. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 73(1), 28-37.
- Lishman, W. A., & McMeekan, E. R. (1977). Handedness in relation to direction and degree of cerebral dominance for language. *Cortex*, 13(1), 30-43.
- Lobjois, R., Benguigui, N., & Bertsch, J. (2005). Aging and tennis playing in a coincidence-timing task with an accelerating object: the role of visuomotor delay. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 76(4), 398-406.
- Lobjois, R., Benguigui, N., & Bertsch, J. (2006). The effect of aging and tennis playing on coincidence-timing accuracy. *Journal of Aging and Physical Activity*, 14(1), 74-97.
- Lutz, K., Koeneke, S., Wustenberg, T., & Jancke, L. (2005). Asymmetry of cortical activation during maximum and convenient tapping speed. *Neuroscience Letters*, 373(1), 61-66.
- Majeres, R. L. (1997). Sex differences in phonetic processing: speed of identification of alphabetical sequences. *Perceptual and Motor Skills*, 85(3 Pt 2), 1243-1251.
- McManus, I. C. (2002). *Right hand, left hand: The origins of asymmetry in brains, bodies, atoms and cultures*. London: Weidenfeld & Nicolson.
- Millsagle, D. (2004). Coincidence anticipation and dynamic visual acuity in young adolescents. *Perceptual and Motor Skills*, 99(3 Pt 2), 1147-1156.

- Nalcaci, E., Kalaycioglu, C., Cicek, M., & Genc, Y. (2001). The relationship between handedness and fine motor performance. *Cortex*, 37(4), 493-500.
- Neely, K., Binsted, G., & Heath, M. (2005). Manual asymmetries in bimanual reaching: the influence of spatial compatibility and visuospatial attention. *Brain and Cognition*, 57(1), 102-105.
- Ozcan, A., Tulum, Z., Pinar, L., & Baskurt, F. (2004). Comparison of pressure pain threshold, grip strength, dexterity and touch pressure of dominant and non-dominant hands within and between right-and left-handed subjects. *Journal of Korean Medical Science*, 19(6), 874-878.
- Payne, V. G. (1987). Effects of angle stimulus approach on coincidence-anticipation timing performance. *Journal of Human Movement Studies*, 13, 383-390.
- Peters, M., & Durdin, B. (1979). Left-handers and right-handers compared on a motor task. *Journal of Motor Behavior*, 11(2), 103-111.
- Petrakis, E. (1985). Sex Differences and specificity of anticipation of coincidence. *Perceptual and Motor Skills*, 61, 1135-1138.
- Provins, K. A. (1997). Handedness and speech: a critical reappraisal of the role of genetic and environmental factors in the cerebral lateralization of function. *Psychological Review*, 104(3), 554-571.
- Provins, K. A. (1997). The Specificity of Motor Skill and Manual Asymmetry: A Review of the Evidence and Its Implications. *Journal of Motor Behavior*, 29(2), 183-192.
- Rebai, M., Mecacci, L., Bagot, J. D., & Bonnet, C. (1989). Influence of spatial frequency and handedness on hemispheric asymmetry in visually steady-state evoked potentials. *Neuropsychologia*, 27(3), 315-324.
- Reilly, K. T., & Hammond, G. R. (2004). Human handedness: is there a difference in the independence of the digits on the preferred and non-preferred hands? *Experimental Brain Research*, 156(2), 255-262.

- Shen, Y. C., & Franz, E. A. (2005). Hemispheric competition in left-handers on bimanual reaction time tasks. *Journal of Motor Behavior*, 37(1), 3-9.
- Singh, M., & Kindu, A. (1994). Hand preference and approval among Hindus and Muslims in India. *International Journal of Neuroscience*, 75(1-2), 19-29.
- Steingrueber, H. J. (1975). Handedness as a function of test complexity. *Perceptual and Motor Skills*, 40, 263-266.
- Stroganova, T. A., Pushina, N. P., Orekhova, E. V., Posikera, I. N., & Tsetlin, M. M. (2004). Functional brain asymmetry and individual differences in hand preference in early ontogenesis. *Human Physiology*, 30(1), 14-23.
- Suar, D., Mandal, M. K., Misra, I., & Suman, S. (2007). Lifespan trends of side bias in India. *Laterality*, 12(4), 302-320.
- Teixeira, L. A. (2000). Timing and force components in bilateral transfer of learning. *Brain and Cognition*, 44(3), 455-469.
- Teixeira, L. A. (2006). Intermanual transfer of timing control between tasks holding different levels of motor complexity. *Laterality*, 11(1), 43-56.
- Teixeira, L. A., & Teixeira, M. C. (2007). Shift of manual preference in right-handers following unimanual practice. *Brain and Cognition*, 65(3), 238-43.
- Teixeira, L. A., Lima, E. S., & Franzoni, M. M. (2005). The continuous nature of timing reprogramming in an interceptive task. *Journal of Sports Science*, 23(9), 943-950.
- Todor, J. I., & Cisneros, J. (1985). Accommodation to increased accuracy demands by the right and left hands. *Journal of Motor Behavior*, 17(3), 355-372.
- Todor, J. I., & Doane, T. (1978). Handedness and hemispheric asymmetry in the control of movements. *Journal of Motor Behavior*, 10(4), 295-300.

- Van Strien, J. W. (1992). Classificatie van links - en rechtshangige proefpersoonen. *Netherlands Journal of Psychology*, 47(88-92).
- Vasconcelos, O. (1993). Asymmetries of manual motor response in relation to age, sex, handedness, and occupational activities. *Perceptual and Motor Skills*, 77(2), 691-700.
- Velay, J. L., & Benoit-Dubrocard, S. (1999). Hemispheric asymmetry and interhemispheric transfer in reaching programming. *Neuropsychologia*, 37(8), 895-903.
- Voyer, D. (1996). On the magnitude of laterality effects and sex differences in functional lateralities. *Laterality*, 1, 51-83.
- Voyer, D., Rodgers, M. A., & McCormick, P. A. (2004). Timing conditions and the magnitude of gender differences on the Mental Rotations Test. *Memory & Cognition*, 32(1), 72-82.
- Voyer, D., Voyer, S., & Bryden, M. P. (1995). Magnitude of sex differences in spatial abilities: a meta-analysis and consideration of critical variables. *Psychological Bulletin*, 117(2), 250-270.
- Williams, L. R., & Jasiewicz, J. M. (2001). Knowledge of results, movement type, and sex in coincidence timing. *Perceptual and Motor Skills*, 92(3 Pt 2), 1057-1068.
- Williams, L. R., Jasiewicz, J. M., & Simmons, R. W. (2001). Coincidence timing of finger, arm, and whole body movements. *Perceptual and Motor Skills*, 92(2), 535-547.
- Yeary, S. A., Patton, J. N., & Kee, D. W. (2002). Asymmetries in finger-tapping interference produced by mental versus manual rotation of Shepard and Metzler type objects. *Brain and Cognition*, 50(2), 324-334.

Estudo Empírico – 5

Stimulus velocity effect in a complex interceptive task in right- and left-handers

Artigo submetido à Revista *European Journal of Sports Science*.

Paula Rodrigues^{1,2}, Ricardo Barbosa¹, Ana Isabel Carita³, João Barreiros³, Olga Vasconcelos^{1,2}

¹Universidade do Porto, Faculdade de Desporto, ²CIFI²D

³Universidade Técnica de Lisboa, Faculdade de Motricidade Humana

Abstract

This study investigated stimulus velocity effect on manual asymmetry during planning and execution of a complex coincidence anticipation task. Left- and right-handers were required to press six buttons sequentially in conjunction with visual stimulus provided by a coincidence-anticipation device. Results showed that (1) stimulus velocity affected timing response and timing accuracy only for right-handers, who responded faster but less accurately in the fast stimulus velocity, (2) manual asymmetries for both handedness groups revealed a left-hand advantage for initiating the movement, and a preferred-hand advantage for movement time. The preferred-hand advantage in timing accuracy was only observed in the fast stimulus velocity. These findings are discussed in the framework of the hemispheric functional lateralization.

Introduction

Cognitive strategies are of great importance in the performance accuracy in coincidence-anticipation (CA) tasks (Fleury, Bard, Teasdale, Michaud, & Lamarre, 1999; Goodgold-Edwards, 1991). The performance of CA tasks requires anticipatory prediction and intrinsic prediction. Anticipatory prediction refers to the trajectory anticipation of a stimulus moving in space and time, whilst intrinsic prediction demands that the part of the body or the device for interception be in the right place at the right time.

Variables such as stimulus speed (Coker, 2003; Harrold & Kozar, 2002; Teixeira, Lima, & Franzoni, 2005), motor response complexity (Teixeira, 2006; Williams, Jasiewicz, & Simmons, 2001; Williams & Jasiewicz, 2001), manual asymmetry (Cockerill, Van-Zyl, & Nevill, 1988; Coker, 2004; Rodrigues, Vasconcelos, Barreiros, & Barbosa, 2009; Rodrigues, Vasconcelos, Barreiros, Barbosa, & Trifilio, 2009), and handedness (Rodrigues, Vasconcelos, Barreiros, & Barbosa, 2009; Rodrigues, Vasconcelos, Barreiros, Barbosa, et al., 2009) have been thoroughly investigated in the CA literature.

With respect to the effect of stimulus speed on the temporal bias, it has been demonstrated that participants respond in advance when dealing with a slow-

moving stimulus, and generally respond late with a fast-moving object, when intercepting a mobile object or an apparent movement with a complex motion (Coker, 2004; Fleury, Basset, Bard, & Teasdale, 1998; Gagnon, Bard, Fleury, & Michaud, 1991). Fleury et al. (1998), for example, investigated the interception of an apparent movement by sliding a disk on a table. Using a fast and a slow stimulus speed, they measured temporal bias, spatial accuracy and kinematic variables. The results showed that speed strongly determined the temporal bias and significantly affected the throwing strategy adopted by the participants.

Adjustments to the stimulus speed have been supported in studies analyzing the time to initiate the movement (IT) and movement time (MT) in the performance of more complex tasks. Usually, the increment of the stimulus speed corresponds to the decrease of IT and MT (Brouwer, Brenner, & Smeets, 2000; Brouwer, Smeets, & Brenner, 2005; Coker, 2004; Tresilian, Oliver, & Carroll, 2003; Tresilian & Plooy, 2006). It has been hypothesized that, within certain limits, people move faster when the time window is smaller because the timing of fast movements can be more precisely controlled than that of slow movements. As Tresilian (2004) pointed out, briefer movements are more temporally controllable because the effects of internal noise and the interference of unexpected external disturbances are of a shorter magnitude. Therefore, making briefer movements means that it is possible to watch the moving target for longer periods and to capture more information about its motion.

A wide variety of tasks have been used to study interception of moving objects. Traditionally, CA researchers use tasks that involve simple motor responses, such as press-button tasks (Lobjois, Benguigui, & Bertsch, 2006; Rodrigues, Vasconcelos, Barreiros, Barbosa, et al., 2009; Williams, Katene, Fleming, & Bennett, 2002). The few studies that evaluate motor complexity response in CA tasks have shown that proficiency appears to be influenced by planning and organization requirements of the movement to be produced (Rodrigues, Vasconcelos, Barreiros, & Barbosa, 2009; Williams, et al., 2001; Williams & Jasiewicz, 2001).

It is well known that motor planning and motor execution is mediated by hemispheric-specific processing (Agnew, Zeffiro, & Eden, 2004; Boulinguez, Barthelemy, & Debu, 2000; Haaland, Elsinger, Mayer, Durgerian, & Rao, 2004; Meister, Krings, Foltys, Boroojerdi, Muller, Topper, et al., 2005; Shen & Franz, 2005). Several studies have reported a right-hand/left-hemisphere advantage for movement execution (Lenhard & Hoffmann, 2007; Mieschke, Elliott, Helsen, Carson, & Coull, 2001; Velay & Benoit-Dubrocard, 1999), whereas a left-hand/right-hemisphere advantage has been observed for movement preparation (Bestelmeyer & Carey, 2004; Boulinguez, et al., 2000; Helsen, Starkes, Elliott, & Buekers, 1998; Neely, Binsted, & Heath, 2005). Most studies investigated adult right-handed samples. The few studies that have focused on the manual asymmetries during the programming of visuomanual movements in right- and left-handers were not so convincing, and conflicting results have been reported (Boulinguez, Velay, & Nougier, 2001; Velay & Benoit-Dubrocard, 1999). Some studies that have investigated movement planning suggest that left- and right-handers seem to behave in a similar way (Boulinguez, et al., 2001), but a left-hand advantage has also been observed only in right-handers, whilst the left-handers performed equally with both hands (Velay & Benoit-Dubrocard, 1999) but not so good, with each of them, as right-handers are with their left-hand. In tasks requiring speed and accuracy, the movement time advantage of the preferred hand has been reported in both right- and left-handers (Nicoletti, Arabia, Pugliese, Torchia, Pucci, Gambardella, et al., 2005; Olex-Zarychta & Raczek, 2008; Rodrigues, Vasconcelos, Barreiros, & Barbosa, 2009). The influence of the task and the experience of the subject must not be neglected. For instance, Peters and Ivanoff (1999) found that right-handed people performed faster with their right-hand but left-handers exhibited similar speed with both hands in a computer mouse aiming task.

Few studies have addressed the relevance of manual asymmetry on temporal accuracy. A limb-related temporal accuracy difference favoring the preferred limb was found in some studies (Coker, 2004; Rodrigues, Vasconcelos, Barreiros, & Barbosa, 2009), but there are some exceptions to this tendency. Cockerill, Van-Zyl, and Nevill (1988) observed greater accuracy and

consistency for the non-preferred hand, and Teixeira (2000) reported similar performance and learning between synchronization tasks performed with the preferred and non-preferred motor systems.

In a recent study (Rodrigues, Vasconcelos, Barreiros, & Barbosa, 2009), movement initiation, movement time and temporal accuracy was examined in a complex coincidence-anticipation timing task, taking into consideration the relationship between manual asymmetry and degree of manual preference. Results revealed a preferred-hand advantage for movement execution in all handedness groups and a non-preferred hand advantage for movement initiating only in strong right-handers. Temporal accuracy was less biased in the strong left-handed group compared with the other groups. Part of the data from our previous study was reanalyzed. Whereas this data was previously analyzed only with respect to the mean of two stimulus velocities (89.4 cm/sec and 178.8 cm/sec, 2 and 4 mph, respectively), we now apply a single stimulus velocity based analysis. Two elements missing from our previous study which are needed to clarify the issue are (1) the influence of stimulus velocity on the modulation of timing performance; and (2) the influence of strong lateralization on that modulation, since strong right- and strong left-handers have been reported to display similar patterns of cerebral lateralization.

Methods

Participants

Participants, task, and apparatus were similar to those used in a previous study by Rodrigues and colleagues (2009). One hundred and ten undergraduate student volunteers with mean age of 21.8 yr. ($s=2.9$) (range 18-30 years) participated in this study. They were equally divided into four groups by gender and hand preference. Handedness was assessed by the *Dutch Handedness Questionnaire* (Van Strien, 1992), and 70 participants (36 male and 34 female) were strongly right-handed (mean=29.01, $s=1.23$, where 30 is maximal right-hand preference), whilst 40 participants (19 male and 21 female) were strongly left-handed (mean=1.24, $s=1.39$, where 0 is maximal left-hand preference).

Participants were tested individually. Prior to testing, each participant received standardized instructions concerning the general nature of the experiment (according to the Declaration of Helsinki), and written consent to participate was obtained. The study was approved by the local Ethics Committee on Research with human participants.

Apparatus

The coincidence-anticipation apparatus used in the present study was the *Bassin Anticipation Timer* (Lafayette Instruments no. 50575). This apparatus simulates a moving stimulus with a runway sequentially lit of LED lamps set 4.5 cm apart. Two 16-lamp runways attached end to end (152 cm long) were mounted on two standard tables. The angle of stimulus runway approach was 30° (Payne, 1987). The runways were connected to a 60 cm x 72 cm plywood platform on which six buttons (4 cm in diameter and 1.3 cm in height) disposed on a sequence were placed (see Figure 1). The platform was placed on a third table and was interfaced with a computer. Participants sat at the end of the third table and viewed the target as it moved toward them.

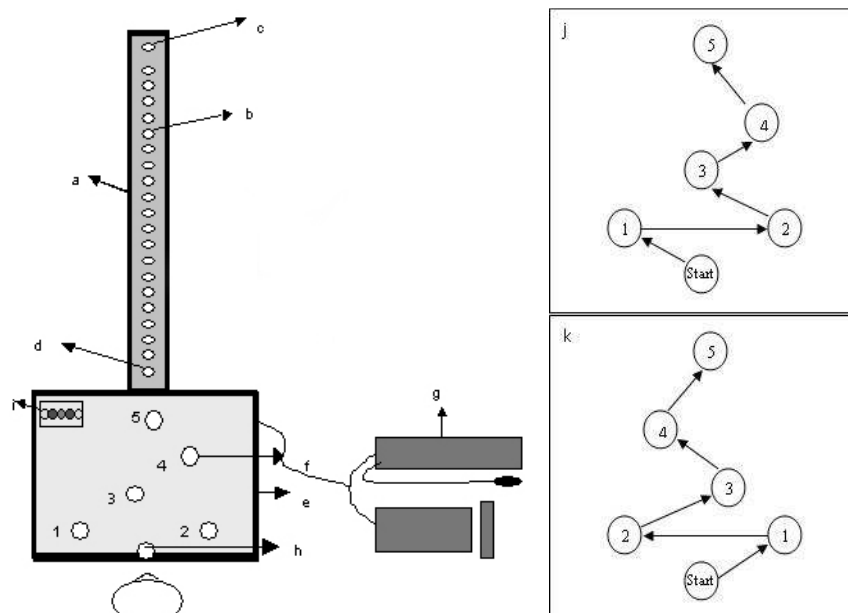


Figure 1: Illustration of the instrument of coincidence-anticipation in a complex task: a) Bassin Anticipation Timer, b) light-emitting diodes, c) alert diode, d) target diode e) table of wood, f) push-buttons, g) computer and Biopac, h) start button to activate the light-emitting diodes, i) visual feedback; j) sequence with the right hand; k) sequence with the left hand.

Procedures

Participants were instructed to press the start button in order to initiate the stimulus travelling, and then to push the remaining five buttons sequentially (1-2-3-4-5) in a manner such that the last button-push (near the ending of the runway) would coincide with the arrival of the moving stimulus at the last LED. After pressing the start button, participants had to cross their body midline and push the first button. The sequence used in the left hand performance was a mirror condition of the sequence that was used in the right hand performance.

A constant foreperiod of 0.5 s was used for all trials, and two velocities were presented alternately: 2 mph (89.4 cm/s) and 4 mph (178.8 cm/s), hereafter called slow and fast stimulus velocity, respectively. The distance covered by the stimulus was 152 cm, which yielded stimulus exposure duration of 2.31 s for the slow and 1.53 s for the fast stimulus velocity.

Following a first non-evaluated trial, six trials were recorded for each hand. Participants were counterbalanced with respect to the starting hand and stimulus velocity. The difference in time between the arrival of the target light (the last runway lamp) and the response (on the last button – fifth) was measured to the nearest millisecond, early or late. Knowledge of results was provided after each trial, indicating the magnitude (milliseconds) and direction (*early* or *late*) of the response.

The software *AcqKnowledge* 3.8.1 (Biopac MP Systems, Inc., Goleta, CA) was used for data acquisition.

Data analysis

Preliminary analyses were performed including gender as a factor, but no significant effect was found. For this reason, this factor was not considered for subsequent analyses. It was also observed that many participants adopted the strategy of performing the task as fast as they could until the fourth button. For this reason, we have decomposed the overall movement response in the following components: initiation time (IT), as the time delay between the press on the initiating button, in order to initiate the stimulus travelling, and the push on the first button; movement time (MT), as the elapsed time from the first to the

fourth button; and adjustment time (AT), as the elapsed time from the fourth to the fifth button.

Timing accuracy was measured by means of constant error (CE), which takes into consideration the direction of the error: negative, when, on average, the subject underestimates the time of the incoming stimulus arrival; null, when the response coincides with the time of arrival; and positive, when the subject overestimates the time of arrival.

In order to examine the performance of both hands, each variable of timing response (IT, MT, AT) and timing accuracy (CE) was analyzed in a three-way (handedness, hand, stimulus velocity) analysis of variance with repeated measures on the last two factors. For all statistical tests, the 0.05 significance level (alpha) was accepted as the criterion for statistical significance.

Results

Timing Response

Means and standard deviations of timing response (IT, MT and AT) are presented in Table 1 for right- and left-handers in the slow and fast conditions with the preferred (PH) and non-preferred hand (NPH).

Initiation Time

The analysis of initiation time revealed a significant main effect for stimulus velocity ($F_{1, 108}=16.00$; $P<.001$), as well as interactions between handedness and hand ($F_{1, 108}=13.85$; $P<.001$), and between handedness and stimulus velocity ($F_{1, 108}=11.51$; $P=.001$). A three-way interaction was also observed between handedness, hand and stimulus velocity ($F_{1, 108}=7.360$; $P=.008$), indicating that for right-handers, manual asymmetry was significant in both stimulus velocities, the non-preferred hand being faster than the preferred one ($P<.05$). For the left-handers, the preferred hand was faster than the non-preferred one, and the differences between hands were significant only in the slow stimulus velocity.

Movement time

The main effect of hand on MT was statistically significant ($F_{1, 108}=14.29$; $P<.001$), as was the effect of stimulus velocity ($F_{1, 108}=36.49$, $P<.001$). Specifically, the preferred hand moved faster than the non-preferred hand and participants took less time to perform the task in the fast stimulus velocity. In addition, a significant interaction was found between handedness and stimulus velocity ($F_{1, 108}=6.77$, $P=.011$). As in IT, stimulus velocity affected the performance of right-handers but not of left-handers, revealing that the difference between stimulus velocities reached significance only in the right-handers group ($P<.001$).

Adjustment time

Significant main effects were found for handedness ($F_{1, 108}=5.56$; $P=.020$), for hand ($F_{1, 110}=5.26$; $P=.024$), and for stimulus velocity ($F_{1, 108}=62.179$; $P.001$). A handedness by stimulus velocity interaction ($F_{1, 108}=56.55$, $P<.01$) was found. As in the other measures, left-handers performed in a similar way in both stimulus velocities, contrary to right-handers, who responded more rapidly in the fast stimulus velocity than in the slow one. A significant interaction was also found between hand and handedness ($F_{1, 108}=7.04$; $P=.009$), revealing that significant differences between hands were found only for left-handers. Finally, a hand by stimulus velocity interaction ($F_{1, 108}=4.73$, $P<.032$) was found. Paired sample *t* tests showed that significant differences between hands were found only in the slow stimulus velocity ($P<.05$).

Table 1. Timing response of right- and left-handers for each stimulus condition with the preferred (PH) and non-preferred hand (NPH) (mean \pm s).

		TIMING RESPONSE		
		IT	MT	AT
RIGHT-HANDERS				
Slow Condition	PH	412 \pm 7	1236 \pm 18	678 \pm 23
	NPH	392 \pm 6	1256 \pm 15	666 \pm 20
Fast Condition	PH	376 \pm 7	1093 \pm 16	307 \pm 16
	NPH	363 \pm 6	1145 \pm 16	324 \pm 14
LEFT-HANDERS				
Slow Condition	PH	369 \pm 9	1167 \pm 24	490 \pm 30
	NPH	395 \pm 7	1221 \pm 19	428 \pm 26
Fast Condition	PH	381 \pm 10	1123 \pm 21	461 \pm 21
	NPH	378 \pm 8	1164 \pm 21	440 \pm 19

Timing Accuracy

Constant Error

According to the response bias, analysis revealed significant main effects for handedness ($F_{1, 108}=19.23$; $P<.001$) and for stimulus velocity [$F(1, 108)=43.14$; $P=.019$]. A two-way interaction was also found between handedness and stimulus velocity ($F_{1, 108}=37.82$; $P<.001$) and hand and stimulus velocity ($F_{1, 108}=6.41$; $P=.013$). Post-analysis for each handedness group revealed a significant difference between stimulus velocities in right-handers but not in left-handers, the former group presenting early responses in the slow stimulus velocity and late responses in the fast one. The second two-way interaction, revealed a significant difference between hands only in the fast stimulus velocity ($p<.05$). The preferred hand was less biased than the non-preferred hand (see Fig.2)

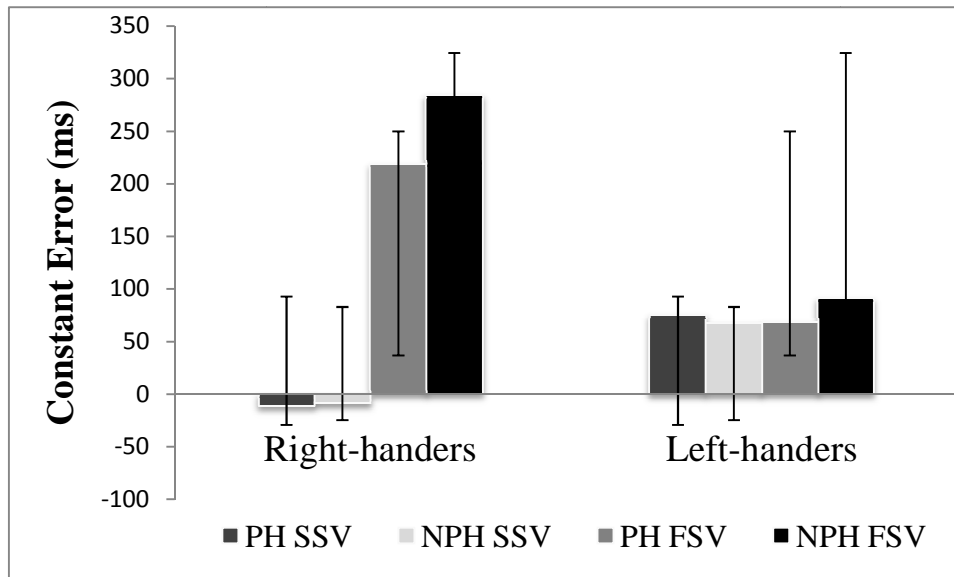


Figure 2 presents Constant Error (ms) for right- and left-handers as a function of hand (PH: preferred hand; NPH: non-preferred hand) and stimulus velocity (SSV: slow stimulus velocity; FSV: fast stimulus velocity). Error bars indicate standard error of the mean.

Discussion

The main goal of the present study was to investigate the effect of stimulus velocity on CA competence in right- and left-handers, as well as the effect of manual asymmetries during preparation and execution of a complex coincidence anticipation task. The main findings can be summarized as follows: (1) stimulus velocity affected timing response and timing accuracy only for right-handers, who responded faster but less accurately in the fast stimulus velocity; (2) manual asymmetries for both handedness groups revealed a left-hand advantage for initiating the movement and a preferred-hand advantage for MT; in addition, (3) timing accuracy revealed a preferred-hand advantage only in the fast stimulus velocity. The sections below will review our findings with respect to stimulus velocity, handedness and manual asymmetry.

Stimulus velocity

Timing response was shorter in the fast stimulus velocity for both handedness groups, although the difference reached significance only for right-handers. These results corroborate previous findings for IT (Coker, 2004; Fleury, et al., 1999; Montagne, Fraise, Ripoll, & Laurent, 2000) and for MT (Brouwer, et al., 2005; Coker, 2004; Tresilian & Plooy, 2006).

Taken together, these results seem to fit in the so-called velocity coupling effect, i.e. the robust effect that target velocity has on the velocity of the interceptive movement, in which one moves consistently quicker to fast targets than to slow ones (Coker, 2004; Merchant, Battaglia-Mayer, & Georgopoulos, 2003; Tresilian & Houseman, 2005). This pattern can be explained as the result of a strategy for achieving temporal accuracy (Marinovic, Plooy, & Tresilian, 2009; Tresilian, 2005).

In accordance with the literature, stimulus velocity clearly induced a temporal bias in right-handers. They responded in advance at the slow stimulus velocity and late at the fast stimulus velocity. It is plausible that the longer viewing time offered by the slow stimulus velocity could improve perceptual estimates, but it is not clear why it is only a benefit to right-handers. These findings are suggestive of the role played by viewing time in the organization of interceptive movements.

Handedness

With respect to timing response, the results demonstrated that handedness did not influence the time required to prepare and execute visuomanual movements. Our results are congruent with those of Boulinguez et al. (2001), which did not find any differences between right- and left-handers in aiming movements. However, the strategies used by each handedness group were quite different, as revealed by the handedness by stimulus velocity interaction in all variables of timing response. This interaction showed that left-handers initiated and executed their movement at the same time, regardless of the speed at which the stimulus travelled. In other words, in this experiment, stimulus velocity did not represent a perturbation to movement timing control in left-handers. It seems that they moved as if a certain (mean) speed was expected and update their movement velocity of the hand on the basis of the expected velocity. Maybe left-handers were better in combining expectations about target velocities than right-handers, but it is not certain whether this behavioral profile is advantageous or disadvantageous.

Conversely, right-handers based the initiation and production of their movements on the temporal characteristics of the moving target, emphasizing the importance of coding speed when programming interceptive responses (Fleury, et al., 1999). Maybe participants organized their actions because of a predictable velocity change, providing support to the conception of an internal model whose weights can be finely set with reference to expectancy of time to target arrival (de Azevedo Neto & Teixeira, 2009).

Overall, in right-handed participants, error in the slow stimulus velocity was smaller (more accurate), the opposite occurring in the fast one. In the fast stimulus velocity, when both handedness groups were compared, left-handers were less biased than right-handers. We can only speculate why left-handers were more accurate in the fast stimulus velocity. A possible explanation is that the fast stimulus velocity is probably more demanding in terms of visuomotor control and, therefore, this result would corroborate the hypothesis that left-handers have greater visuomotor ability compared to right-handers (Dane & Erzurumluoglu, 2003; Gordon & Kravetz, 1991; Holtzen, 2000). A greater accuracy in visuomotor tasks might reflect the integration of left and right hemisphere processes, leading to a better performance of participants with a lesser degree of cerebral lateralization. Some studies have reported that left-handers displayed a less marked hemispheric asymmetry than right-handers (Bezrukikh & Khrianin, 2004; Herve, Crivello, Perchey, Mazoyer, & Tzourio-Mazoyer, 2006; Josse & Tzourio-Mazoyer, 2004) and a smaller performance asymmetry (Gurd, Schulz, Cherkas, & Ebers, 2006; Shen & Franz, 2005). In a predominantly right-handed world, left-handers use the non-dominant (the right hand) more often in everyday life, while right-handers are less trained to generate responses with the left hand. Therefore, through learning-based mechanisms, conditioning of the arms could result in use-dependent neuroplastic changes of the contralateral hemisphere to each hand and, thus, serve as the basis for the less hemispheric asymmetries reported.

Manual asymmetry

The interaction between hand and handedness found for IT revealed that, although there was no requirement to move immediately to the first button, all participants moved to the first button faster with the left hand. These results are consistent with the motor programming literature concerning right-handers (Boulinguez, et al., 2000; Helsen, et al., 1998; Hodges, Lyons, Cockell, Reed, & Elliott, 1997; Tremblay, Welsh, & Elliott, 2005) and left-handers (Boulinguez, et al., 2001), suggesting that the right hemisphere plays a leading role in the preparation of movements.

In both handedness groups, MT was shorter with the preferred-hand. In other words, the preferred-hand was able to execute the required movement more quickly than the other hand. Such an advantage for the preferred-hand has often been shown in right-handers (Bryden & Roy, 2005; Roy, Bryden, & Cavill, 2003; Tretriluxana, Gordon, & Winstein, 2008) and in left-handers (Boulinguez, et al., 2001; Bryden, 1999; Elliot, Roy, Goodman, Carson, Chua, & Maraj, 1993; Hoffmann, 1997; Velay & Benoit-Dubrocard, 1999). Sainburg (2002) proposed an explanation for upper limb performance asymmetries based on the *dynamic dominance hypothesis*, which has gained an increasing acceptance in the motor control literature (Haaland, Prestopnik, Knight, & Lee, 2004; Rosenbaum, 2009; Shabbott & Sainburg, 2008). This hypothesis is based on several fundamental differences in movement strategy observed between the preferred and non-preferred arms of right-handed individuals. According to this hypothesis, each hemisphere/limb system is specialized for controlling different features of performance: the dominant system for controlling movement (trajectories/movement dynamics) and the non-dominant system for controlling position (positions/arm postures). For example, the superiority of the dominant arm in controlling intersegmental dynamics as required for specification of hand trajectory during multijoint reaching movements has been reported (Bagesteiro & Sainburg, 2002, 2003; Sainburg & Kalakanis, 2000; Sainburg & Wang, 2002). Overall, our results appear to reflect the independent contribution of perceptual/movement planning processes and movement execution processes.

The analysis of the interaction between hand and stimulus velocity revealed that the preferred hand was less biased, i.e. more accurate, than the non-preferred hand only in the fast stimulus velocity. This result is in line with the findings of Coker (2004) for right-handers, concerning a limb-related temporal accuracy difference in a ballistic striking task favoring the preferred limb. However, it contradicts our previous results (Rodrigues, Vasconcelos, Barreiros, Barbosa, et al., 2009), where a left-hand advantage was found in a simple press-button task. If we consider the fast stimulus velocity used in the present study as a more demanding one, this result corroborates the statement of Bryden (1998) about the major role that movement variables may play in the setting of situational constraints for more complex movements, in which the preferred hand clearly surpasses the non-preferred hand. Overall, it seems that task complexity has a major influence in manual asymmetries.

Conclusion

It may be concluded that the findings on this study support the view that the movement control system is characterized by adaptability to different stimulus velocities, left and right-handers showing a different dependency on target velocity. A process of perception-action coupling coordinates responses to accomplish the task, but this seems only to occur in right-handers. Concerning accuracy, the plasticity of hand lateralization both at the neural and the behavioral levels seems to play a role in visuomotor tasks like the one used here, especially in left-handers. These findings provide evidence of manual asymmetries in the control of anticipatory actions and expand our understanding of the specialized functions of the two cerebral hemispheres.

References

Agnew, J. A., Zeffiro, T. A., & Eden, G. F. (2004). Left hemisphere specialization for the control of voluntary movement rate. *Neuroimage*, 22(1), 289-303.

- Bagesteiro, L. B., & Sainburg, R. L. (2002). Handedness: dominant arm advantages in control of limb dynamics. *Journal of Neurophysiology*, *88*(5), 2408-2421.
- Bagesteiro, L. B., & Sainburg, R. L. (2003). Nondominant arm advantages in load compensation during rapid elbow joint movements. *Journal of Neurophysiology*, *90*(3), 1503-1513.
- Bestelmeyer, P. E., & Carey, D. P. (2004). Processing biases towards the preferred hand: valid and invalid cueing of left- versus right-hand movements. *Neuropsychologia*, *42*(9), 1162-1167.
- Bezrukikh, M. M., & Khrianin, A. V. (2004). [Features of the brain functional organization in right- and left-handed 6-7 years old children during visuospatial performance of different complexity. Part II. Analysis of EEG parameters during visuospatial performance of high level complexity]. *Fiziologija Cheloveka*, *30*(1), 50-55.
- Boulinguez, P., Barthelemy, S., & Debu, B. (2000). Influence of the movement parameter to be controlled on manual RT asymmetries in right-handers. *Brain and Cognition*, *44*(3), 653-661.
- Boulinguez, P., Velay, J. L., & Nougier, V. (2001). Manual asymmetries in reaching movement control. II: Study of left-handers. *Cortex*, *37*(1), 123-138.
- Brouwer, A. M., Brenner, E., & Smeets, J. B. (2000). Hitting moving objects. The dependency of hand velocity on the speed of the target. *Experimental Brain Research*, *133*(2), 242-248.
- Brouwer, A. M., Smeets, J. B., & Brenner, E. (2005). Hitting moving targets: effects of target speed and dimensions on movement time. *Experimental Brain Research*, *165*(1), 28-36.
- Bryden, P. J. (1998). *The origins of manual asymmetries: What is revealed by pushing the limits of task difficulty*. Unpublished Doctoral thesis, University of Waterloo, Ontario, Canada.

- Bryden, P. J. (1999). Spatial task demands affect the extent of manual asymmetries. *Laterality*, 4(1), 27-37.
- Bryden, P. J., & Roy, E. A. (2005). Unimanual performance across the age span. *Brain and Cognition*, 57(1), 26-29.
- Cockerill, I. M., Van-Zyl, P. A., & Nevill, A. M. (1988). Functional asymmetry and the development of anticipation-timing. *The Physical Education Association Research, Suppl*(3), 7-10.
- Coker, C. (2003). Influence of the direction of an approaching stimulus on coincident timing. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 74 (Suppl), A-29.
- Coker, C. (2004). Bilateral symmetry in coincident timing: a preliminary investigation. *Perceptual and Motor Skills*, 98(1), 359-365.
- Dane, S., & Erzurumluoglu, A. (2003). Sex and handedness differences in eye-hand visual reaction times in handball players. *International Journal of Neuroscience*, 113(7), 923-929.
- de Azevedo Neto, R. M., & Teixeira, L. A. (2009). Control of interceptive actions is based on expectancy of time to target arrival. *Experimental Brain Research*, 199(2), 135-143.
- Elliot, D., Roy, E. A., Goodman, D., Carson, R. G., Chua, R., & Maraj, B. K. V. (1993). Asymmetries in the preparation and control of manual aiming movements. *Canadian Journal of Experimental Psychology*, 47, 570-589.
- Fleury, M., Bard, C., Teasdale, N., Michaud, D., & Lamarre, Y. (1999). How efficient are central mechanisms for the learning and retention of coincident timing actions? *Neuropsychologia*, 37(6), 723-730.
- Fleury, M., Basset, F., Bard, C., & Teasdale, N. (1998). Target speed alone influences the latency and temporal accuracy of interceptive action. *Canadian Journal of Experimental Psychology*, 52(2), 84-92.
- Gagnon, M., Bard, C., Fleury, M., & Michaud, D. (1991). Influence de la vitesse du stimulus sur l'organisation temporelle de la reponse motrice lors d'une

- tache d'anticipation-coincidence chez des enfants de 6 et 10 ans. *Cahiers de Psychologie Cognitive* 11(5), 537-554.
- Goodgold-Edwards, S. A. (1991). Cognitive strategies during coincident timing tasks. *Physical Therapy*, 71(3), 236-243.
- Gordon, H. W., & Kravetz, S. (1991). The influence of gender, handedness, and performance level on specialized cognitive functioning. *Brain and Cognition*, 15(1), 37-61.
- Gurd, J. M., Schulz, J., Cherkas, L., & Ebers, G. C. (2006). Hand preference and performance in 20 pairs of monozygotic twins with discordant handedness. *Cortex*, 42(6), 934-945.
- Haaland, K. Y., Elsinger, C. L., Mayer, A. R., Durgerian, S., & Rao, S. M. (2004). Motor sequence complexity and performing hand produce differential patterns of hemispheric lateralization. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 16(4), 621-636.
- Haaland, K. Y., Prestopnik, J. L., Knight, R. T., & Lee, R. R. (2004). Hemispheric asymmetries for kinematic and positional aspects of reaching. *Brain*, 127(Pt 5), 1145-1158.
- Harrold, D., & Kozar, B. (2002). Velocity, occlusion, and sex of subjects in coincidence of anticipation. *Perceptual and Motor Skills*, 94(3 Pt 1), 914-920.
- Helsen, W. F., Starkes, J. L., Elliott, D., & Buekers, M. J. (1998). Manual asymmetries and saccadic eye movements in right-handers during single and reciprocal aiming movements. *Cortex*, 34(4), 513-529.
- Herve, P. Y., Crivello, F., Perchey, G., Mazoyer, B., & Tzourio-Mazoyer, N. (2006). Handedness and cerebral anatomical asymmetries in young adult males. *Neuroimage*, 29(4), 1066-1079.
- Hodges, N. J., Lyons, J., Cockell, D., Reed, A., & Elliott, D. (1997). Hand, space and attentional asymmetries in goal-directed manual aiming. *Cortex*, 33(2), 251-269.

- Hoffmann, E. R. (1997). Movement time of right- and left-handers using their preferred and non-preferred hands. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 19(1), 49-57.
- Holtzen, D. W. (2000). Handedness and professional tennis. *International Journal of Neuroscience*, 105(1-4), 101-119.
- Josse, G., & Tzourio-Mazoyer, N. (2004). Hemispheric specialization for language. *Brain Research Reviews*, 44(1), 1-12.
- Lenhard, A., & Hoffmann, J. (2007). Constant error in aiming movements without visual feedback is higher in the preferred hand. *Laterality*, 12(3), 227-238.
- Lobjois, R., Benguigui, N., & Bertsch, J. (2006). The effect of aging and tennis playing on coincidence-timing accuracy. *Journal of Aging and Physical Activity*, 14, 75-98.
- Marinovic, W., Plooy, A. M., & Tresilian, J. R. (2009). The utilisation of visual information in the control of rapid interceptive actions. *Experimental Psychology*, 56(4), 265-273.
- Meister, I., Krings, T., Foltys, H., Boroojerdi, B., Muller, M., Topper, R., et al. (2005). Effects of long-term practice and task complexity in musicians and nonmusicians performing simple and complex motor tasks: implications for cortical motor organization. *Human Brain Mapping*, 25(3), 345-352.
- Merchant, H., Battaglia-Mayer, A., & Georgopoulos, A. P. (2003). Interception of real and apparent motion targets: psychophysics in humans and monkeys. *Experimental Brain Research*, 152(1), 106-112.
- Mieschke, P. E., Elliott, D., Helsen, W. F., Carson, R. G., & Coull, J. A. (2001). Manual asymmetries in the preparation and control of goal-directed movements. *Brain and Cognition*, 45(1), 129-140.
- Montagne, G., Fraise, F., Ripoll, H., & Laurent, M. (2000). Perception-action coupling in an interceptive task: First-order time-to-contact as an input variable. *Human Movement Science* 19, 59-72.

- Neely, K., Binsted, G., & Heath, M. (2005). Manual asymmetries in bimanual reaching: the influence of spatial compatibility and visuospatial attention. *Brain and Cognition*, 57(1), 102-105.
- Nicoletti, G., Arabia, G., Pugliese, P., Torchia, G., Pucci, F., Gambardella, A., et al. (2005). Movement time and aging: a normative study in healthy subjects with the "Movement Time Analyzer". *Aging Clinical and Experimental Research*, 17(3), 207-210.
- Olex-Zarychta, D., & Raczek, J. (2008). The relationship of movement time to hand-foot laterality patterns. *Laterality*, 13(5), 439-455.
- Payne, V. G. (1987). Effects of angle stimulus approach on coincidence-anticipation timing performance. *Journal of Human Movement Studies*, 13, 383-390.
- Rodrigues, P., Vasconcelos, O., Barreiros, J., & Barbosa, R. (2009). Manual asymmetry in a complex coincidence-anticipation task: handedness and gender effects. *Laterality*, 14(4), 395-412.
- Rodrigues, P., Vasconcelos, O., Barreiros, J., Barbosa, R., & Trifílio, F. (2009). Functional asymmetry in a simple coincidence-anticipation task: effects of handedness. *European Journal of Sport Science*, 9(2), 115-123.
- Rosenbaum, D. (2009). *Human Motor Behavior* (2 ed.). Pennsylvania State University, University Park, PA: Elsevier Science.
- Roy, E. A., Bryden, P., & Cavill, S. (2003). Hand differences in pegboard performance through development. *Brain and Cognition*, 53(2), 315-317.
- Sainburg, R. L. (2002). Evidence for a dynamic-dominance hypothesis of handedness. *Experimental Brain Research*, 142(2), 241-258.
- Sainburg, R. L., & Kalakanis, D. (2000). Differences in control of limb dynamics during dominant and nondominant arm reaching. *Journal of Neurophysiology*, 83(5), 2661-2675.

- Sainburg, R. L., & Wang, J. (2002). Interlimb transfer of visuomotor rotations: independence of direction and final position information. *Experimental Brain Research*, 145(4), 437-447.
- Shabbott, B. A., & Sainburg, R. L. (2008). Differentiating between two models of motor lateralization. *Journal of Neurophysiology*, 100(2), 565-575.
- Shen, Y. C., & Franz, E. A. (2005). Hemispheric competition in left-handers on bimanual reaction time tasks. *Journal of Motor Behavior*, 37(1), 3-9.
- Teixeira, L. A. (2000). Timing and force components in bilateral transfer of learning. *Brain and Cognition*, 44(3), 455-469.
- Teixeira, L. A. (2006). Declínio de desempenho motor no envelhecimento é específico à tarefa [Task-specific performance decline in aging]. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte [Brazilian Journal of Sports Medicine]*, 12(6), 351-355.
- Teixeira, L. A., Lima, E. S., & Franzoni, M. M. (2005). The continuous nature of timing reprogramming in an interceptive task. *Journal of Sports Sciences*, 23(9), 943-950.
- Tremblay, L., Welsh, T. N., & Elliott, D. (2005). Between-trial inhibition and facilitation in goal-directed aiming: manual and spatial asymmetries. *Experimental Brain Research*, 160(1), 79-88.
- Tresilian, J. R. (2004). The accuracy of interceptive action in time and space. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 32(4), 167-173.
- Tresilian, J. R. (2005). Hitting a moving target: perception and action in the timing of rapid interceptions. *Perception & Psychophysics*, 67(1), 129-149.
- Tresilian, J. R., & Houseman, J. H. (2005). Systematic variation in performance of an interceptive action with changes in the temporal constraints. *Quarterly Journal of Experimental Psychology A*, 58(3), 447-466.

- Tresilian, J. R., Oliver, J., & Carroll, J. (2003). Temporal precision of interceptive action: differential effects of target size and speed. *Experimental Brain Research, 148*(4), 425-438.
- Tresilian, J. R., & Plooy, A. M. (2006). Effects of acoustic startle stimuli on interceptive action. *Neuroscience, 142*(2), 579-594.
- Tretriluxana, J., Gordon, J., & Winstein, C. J. (2008). Manual asymmetries in grasp pre-shaping and transport-grasp coordination. *Experimental Brain Research, 188*(2), 305-315.
- Van Strien, J. W. (1992). Classificatie van links - en rechtshangige proefperrsonen [Classification of left- and right-handed research participants]. *Nederlands Tijdschrift voor de Psychologie, 47*(88-92).
- Velay, J. L., & Benoit-Dubrocard, S. (1999). Hemispheric asymmetry and interhemispheric transfer in reaching programming. *Neuropsychologia, 37*(8), 895-903.
- Williams, L., Jasiewicz, J., & Simmons, R. (2001). Coincidence timing of finger, arm, and whole body movements. *Perceptual and Motor Skills, 92*(2), 535-547.
- Williams, L., & Jasiewicz, J. M. (2001). Knowledge of results, movement type, and sex in coincidence timing. *Perceptual and Motor Skills, 92*(3 Pt 2), 1057-1068.
- Williams, L., Katene, W. H., Fleming, K., & Bennett, S. J. (2002). Coincidence timing of a tennis stroke: Effects of age, skill level, gender, stimulus velocity, and attention demand. *Research quarterly for exercise and sport, 73* (1), 28-37.

Estudo Empírico – 6

Manual asymmetry in a complex coincidence- anticipation task of elderly people.

Artigo submetido à revista *Experimental Aging Research*.

Paula Rodrigues^{1,2}, João Silva^{1,2}, Joana Carvalho^{1,3}, João Barreiros⁴, Olga Vasconcelos^{1,2}

¹Universidade do Porto, Faculdade de Desporto, ²CIF²D, ³CIAFEL

⁴Universidade Técnica de Lisboa, Faculdade de Motricidade Humana

Abstract

Age-related functional asymmetry was tested on a sample of 62 right-handed volunteers (26 male and 38 female) between 65 and 85 years of age. Subjects, divided in two groups (65-75 yrs. and 76-85 yrs), performed a complex coincidence-anticipation task with both preferred and non-preferred hands. Results demonstrated that the proficiency of a complex coincidence-anticipation task was similar for the two age groups, but different for the two hands. The non-preferred hand was more proficient for temporal accuracy but not for response timing, which was similar for both hands. Moreover, the lack of interaction between age and hand, both in response timing and response accuracy, reveal symmetric performance in the two age groups.

Keywords: Manual asymmetry; Aging; Coincidence-anticipation.

Introduction

Manual ability is considered to be essential in activities of daily living. However, a general age-related decline in hand performance and hand function has been extensively described (Kalisch, Wilimzig, Kleibel, Tegenthoff, & Dinse, 2006; Poston, Van Gemmert, Barduson, & Stelmach, 2009; Puh, 2010).

While some studies illustrate the age-related changes both in preferred and non-preferred hand (Amirjani, Ashworth, Gordon, Edwards, & Chan, 2007; Michimata, Kondo, Suzukamo, Chiba, & Izumi, 2008), little is known about asymmetries of hand use that develop across age.

The issue of variation of manual asymmetries in the elderly has been investigated by some researchers who compared motor asymmetries during the performance of several motor tasks (Francis & Spirduso, 2000; Kalisch, et al., 2006; Sale & Semmler, 2005; Teixeira, 2008) or of a single task (Cabral, 2009; Coelho, 2006; Poston, et al., 2009; Saimpont, Pozzo, & Papaxanthis, 2009). Results of the former studies showed that changes in manual asymmetry are task-specific, with an increased confidence in the preferred right hand on tasks regularly practiced throughout most of the lifespan and on more demanding

tasks. The latter studies present some controversial evidence. While some studies fail to find a significant interaction between hand and age (Cabral, 2009; Poston, et al., 2009), others found a larger difference between hands in the elderly (Coelho, 2006; Saimpont, et al., 2009) and others a more balanced performance with both hands with aging (Kalisch, et al., 2006). Kalisch, et al. (2006) for example, using accelerometer-sensors as an objective measure of the use of the preferred and non-preferred hands in everyday activities of 20 to 90 year old right-handed subjects, found a more balanced frequency of preferred and non-preferred hand use by the group of 70 yrs, compared with the 25 yrs. and 50 yrs. The authors attribute the greater decline of the preferred hand to the neural adaptations that may occur throughout a lifetime of preferential hand use for skilled (dominant) and unskilled (non-dominant) motor tasks. This is corroborated by the well known changes in the number of brain areas and in the intensity of their activation in motor tasks of the upper extremities during the human aging process (Bonilha, Eckert, Fridriksson, Hirth, Moser, Morgan, et al., 2009; Sailer, Dichgans, & Gerloff, 2000; Sale & Semmler, 2005).

These studies have been based primarily on a comparison between young and elderly groups. Changes in hand's behavioral asymmetry across an advanced age span have been sparsely explored (Desrosiers, Hebert, Bravo, & Rochette, 1999; Mitrushina, Fogel, D'Elia, Uchiyama, & Satz, 1995). Results have shown an increase in the superiority of the preferred (right) hand with age in the more demanding tasks.

Few studies have addressed the relevance of manual asymmetry on temporal accuracy. A limb-related temporal accuracy difference favoring the preferred limb was found in some studies (Coker, 2004; Rodrigues, Vasconcelos, Barreiros, & Barbosa, 2009), but there are some exceptions to this tendency. Cockerill, Van-Zyl and Nevill (1988), Rodrigues, Vasconcelos, Barreiros, Barbosa and Trifilio (2009), and Coelho (2006) observed greater accuracy and consistency for the non-preferred hand. However, Teixeira (2000) reported similar performance and learning between the preferred and non-preferred motor systems in synchronization tasks. Nevertheless, these studies used

different complexity tasks and they were performed by young adults and adults, with exception of Coelho (2006) which involved elderly people. Since there is limited information regarding age-related differences in manual asymmetry in older people, the present study aimed to better clarify this aspect among elderly subjects residing in Daily Living Centers and in Residential Care Homes during the performance of a complex coincident-anticipation task. We chose this complex task design by Corrêa (2001) because it enables additional measures related to movement pattern.

Methods

Subjects

Sixty four elderly adults (26 male and 38 female) volunteered to participate in the study and comprised two age groups: 65-75 yrs (n=29) and 76-85 yrs (n=35). Participants were recruited from local Daily Living Centers and Residential Care Homes and their handedness was determined using the Dutch Handedness Questionnaire (Van Strien, 1992). Subjects were classified as left- or right-handers based on their score on this questionnaire which identified 62 right-handed and 2 left-handed subjects.

Only right-handers' data were included in the following analyses and they were all strong right-handed (mean=29.72, $sd=.99$, where 30 is maximal right-hand preference).

All subjects were in good health, with normal or corrected-to-normal vision and had no history of motor or neurological disorders as assessed by a brief questionnaire. A Portuguese version of the Mini-Mental State Examination (MMSE) (Guerreiro, Silva, Botelho, Leitão, Castro-Caldas, & Garcia, 1994) was administered to assess global cognitive function of the subjects. MMSE total score range from 0 to 30. According this classification, none of the participants had cognitive impairment (mean score = 27.95 ± 2.13).

The protocol was approved by the Institutional Review Board of University of Porto, and informed consent was obtained from each subject before participation in the study.

Apparatus

The coincidence-anticipation apparatus used in the present study was the *Bassin Anticipation Timer* (Lafayette Instruments no. 50575). This apparatus simulates a moving stimulus with a runway sequentially lit of LED lamps set 4.5 cm apart. Two 16-lamp runways attached end to end (152 cm long) were mounted on two standard tables. The angle of stimulus runway approach was 30° (Payne, 1987). The runways were connected to a 60 cm x 72 cm plywood platform on which six buttons (4 cm in diameter and 1.3 cm in height) disposed on a sequence were placed (see Figure 1). The platform was placed on a third table and was interfaced with a computer. Participants sat at the end of the third table and viewed the target as it moved toward them (see Fig.1).

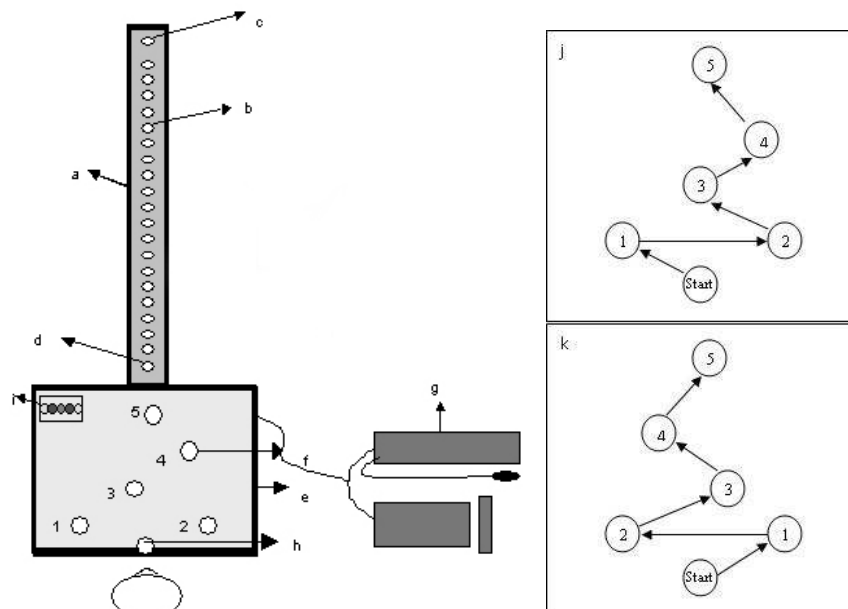


Figure 1: Illustration of the instrument of coincidence-anticipation in a complex task: a) Bassin Anticipation Timer; b) light-emitting diodes; c) alert diode; d) target diode; e) table of wood; f) push-buttons; g) computer and Biopac; h) start button to activate the light-emitting diodes; i) visual feedback; j) sequence with the right hand; k) sequence with the left hand.

Procedures

Participants were instructed to press the start button in order to initiate the stimulus travelling, and then to push the remaining five buttons sequentially (1-2-3-4-5) in a matter such that the last button-push (near the ending of the runway) would coincide with the arrival of the moving stimulus at the last LED. After pressing the start button, participants had to cross their body midline and

push the first button. The sequence used in the left hand performance was a mirror condition of the sequence that was used in the right hand performance.

A constant foreperiod of 0.5 s was used for all trials, at a constant velocity of 1 mph (44.8 cm/s). Following a first non-evaluated trial, five trials were recorded for each hand. Participants were counterbalanced with respect to the starting hand. The difference in time between the arrival of the target light (the last runway lamp) and the response (on the last button – fifth) was measured to the nearest millisecond, early or late. Knowledge of results was provided after each trial, indicating the magnitude (milliseconds) and direction (*early* or *late*) of the response. The software *AcqKnowledge* 3.8.1 (Biopac MP Systems, Inc., Goleta, CA) was used for data acquisition.

Data analysis

Preliminary analyses were performed including gender as a factor, but no significant effect was found in any of the variables analyzed; therefore, data from men and women were pooled.

The difference between the last touch (5th) and the lighting of the final LED was analyzed in terms of timing accuracy. This was measured by means of (i) absolute error (AE), defined as the average magnitude of error without consideration of its direction from zero; (ii) constant error (CE), which takes into consideration the direction of the error: negative, when, on average, the subject underestimates the time of the incoming stimulus arrival; null, when the response coincides with the time of arrival; and positive, when the subject overestimates the time of arrival; (iii) variable error (VE), that expresses the consistency of the responses around the subject's mean CE.

The coincident timing apparatus enabled additional measures related to movement pattern. We have decomposed the overall movement response in the following components: initiation time (IT), as the time delay between the press on the initiating button, in order to initiate the stimulus travelling, and the push on the first button, and movement time (MT), as the elapsed time from the first to the fifth button.

In order to examine the performance of both hands, each variable of timing response (IT and MT) and timing accuracy (AE, CE and VE) was analyzed in a two-way (age, hand) analysis of variance with repeated measures on the last factor.

Effect size (η_p^2) was computed for the significant effects and was estimated giving a partial eta-squared value, which described the proportion of total variability attributable to a factor. Information on the power of the statistical test is also given calculated from a $\alpha=.05$.

Results

Although there was no significant main effect for hand for IT ($F_{1, 60}=3.555$; $P=.064$; $\eta_p^2=.056$; power=.458) and for MT ($F_{1, 60}=1.922$; $P=.171$; $\eta_p^2=.031$; power=.276), the IT for the non-preferred hand was shorter than for the preferred hand and the opposite occurred for MT, the preferred hand being faster than the non-preferred hand. Nevertheless, there was a significant main effect for hand for all variables of temporal accuracy: AE ($F_{1, 60}=38.196$; $P<.001$; $\eta_p^2=.389$; power=1.000), CE ($F_{1, 60}=8.041$; $P=.006$; $\eta_p^2=.118$; power=.797) and VE ($F_{1, 60}=16.347$; $P<.001$; $\eta_p^2=.214$; power=.978). The non-preferred hand was more accurate, negatively biased and less variable than the preferred hand.

A significant main effect for age was found only for IT ($F_{1, 60}=8.475$; $P=.005$; $\eta_p^2=.124$; power=.817), indicating that the 76-85 years group was faster compared with the 65-85 years group. Nevertheless, concerning the other variables, the younger group was faster for MT, more accurate, more negatively biased and less variable than the older group.

Absence of significant effects for the hand by age interaction in all variables analyzed revealed symmetric performance across age groups. However, a closer look to the means (see Table 1) reveals a larger difference between hands in the 65-75 age group in all variables analyzed.

Table 1: Timing response (IT and MT) and timing accuracy (AE, CE and VE) (msec.) for the preferred hand (PH) and non-preferred hand (NPH) according to age groups (mean and standard deviation values).

		VARIABLES				
		Response Timing		Response Accuracy		
AGE	HAND	IT	MT	AE	CE	VE
65-75	PH	1.128±.36	4.353±.11	.189±.07	-0.054±0.10	0.176±0.07
	NPH	1.059±.32	4.398±.13	.126±.07	0.003±0.09	0.126±0.07
76-85	PH	.926±.22	4.409±.14	.198±.07	-0.029±0.13	0.180±0.08
	NPH	.891±.17	4.416±.15	.153±.07	0.005±0.10	0.149±0.09

Discussion

The purpose of this study was to examine possible age-related differences in manual asymmetry during the performance of a complex coincident-anticipation task. The study produced two main conclusions. First, age seems to affect only the IT, the older group being faster than the youngest. This was somewhat an unexpected finding; yet, the effect size was very small, accounting for less than 2% of the variance. For all the other variables, age was not a significant main factor, although the older group was slower, less accurate and more variable. This result does not confirm findings repeatedly documented in the literature (Cabral, 2009; Poston, et al., 2009; Welsh, Higgins, & Elliott, 2007; Yan, Thomas, & Stelmach, 1998) of a decline in performance with aging. Second, while there were no differences in timing response between hands, temporal accuracy was affected by this factor. Although there was no requirement to move immediately to the first button, all participants moved to the first button faster with the left (non-preferred) hand. Moreover, the right (preferred) hand was faster than the left (non-preferred) hand for MT. However, this difference did not reach statistical significance. The results from the present study differ from most previous investigations that analyzed these movement variables in non elderly adults during the performance of the same kind of tasks used here (e.g., Rodrigues, Vasconcelos, Barreiros, & Barbosa, 2009). These studies, with right- and left-handers, found a significant left-hand advantage in IT and a right-hand advantage in MT for both groups. The right-hand advantage is often attributed to the left hemisphere involvement in monitoring the precise control of

the parameters of movement (Bestelmeyer & Carey, 2004; Bryden, Roy, Rohr, & Egilo, 2007; Grouios, 2006). The left-hand advantage in movement preparation (here analysed as IT) is frequently endorsed to the right hemisphere mediation, involving an initial appreciation of spatial processes (Barral & Debu, 2004; Bestelmeyer & Carey, 2004; Ishihara & Imanaka, 2007).

Concerning response accuracy, the findings indicated that the performances of the preferred and non-preferred hands were not identical. Moreover, upon closer investigation, the moderate effect size found for AE and for VE indicated practical difference between hands. In essence, the non-preferred hand was more proficient, supporting findings of Cockerill, et al. (1988), Rodrigues, et al. (2009) and Coelho (2006). Because coincidence-anticipation tasks also implicate a spatial component, these results may indicate an advantage of the right hemisphere over the left hemisphere in the information processing required by this type of task. This assumption is based on the results of studies that registered a left-hand advantage in right-handers on perceptual-motor tasks, such as, for example, tasks involving reaching movements (Ishihara & Imanaka, 2007; Lenhard & Hoffmann, 2007; Neely, Binsted, & Heath, 2005).

In summary, the results demonstrated that the proficiency of a complex coincidence-anticipation task was similar for the two older age groups, but different for the two hands. Moreover, the lack of interaction between age and hand both in response timing and response accuracy reveal symmetric performance across ages. One possible explanation, is that with age there is also a decrease in the involvement of hands in certain motor tasks, either by major difficulties at the level of manual motor skills (e.g. strength, proprioceptive sensibility, reaction time, fine dexterity) or by any general state of lower propensity for action.

References

- Amirjani, N., Ashworth, N. L., Gordon, T., Edwards, D. C., & Chan, K. M. (2007). Normative values and the effects of age, gender, and handedness on the Moberg Pick-Up Test. *Muscle Nerve*, 35(6), 788-792.

- Barral, J., & Debu, B. (2004). Aiming in adults: sex and laterality effects. *Laterality*, 9(3), 299-312.
- Bestelmeyer, P. E., & Carey, D. P. (2004). Processing biases towards the preferred hand: valid and invalid cueing of left- versus right-hand movements. *Neuropsychologia*, 42(9), 1162-1167.
- Bonilha, L., Eckert, M. A., Fridriksson, J., Hirth, V. A., Moser, D., Morgan, P. S., et al. (2009). Age-related relative volume preservation of the dominant hand cortical region. *Brain Research*, 1305, 14-19.
- Bryden, P. J., Roy, E. A., Rohr, L. E., & Egilo, S. (2007). Task demands affect manual asymmetries in pegboard performance. *Laterality*, 12(4), 364-377.
- Cabral, A. A. C. V. (2009). *Análise cinemática do movimento de alcance em jovens e idosos [Movement kinematic analysis of reaching in young and elderly adults]*. Unpublished Master Thesis, Universidade de São Paulo - UNICID S.Paulo.
- Cockerill, I. M., Van-Zyl, P. A., & Nevill, A. M. (1988). Functional asymmetry and the development of anticipation-timing. *The Physical Education Association Research, Suppl*(3), 7-10.
- Coelho, P. (2006). *Assimetria manual e antecipação-coincidência: efeitos da idade e da complexidade da tarefa. [Manual asymmetry and coincidence-anticipation: age and task complexity effects]*. Unpublished Master thesis, Porto University, Porto.
- Coker, C. (2004). Bilateral symmetry in coincident timing: a preliminary investigation. *Perceptual and Motor Skills*, 98(1), 359-365.
- Corrêa, U. (2001). *Estrutura de prática e processo adaptativo na aquisição de habilidades motoras*. 2001. Dissertação (Doutor em Educação Física) - Escola de Educação Física e Esporte, Universidade de São Paulo, São Paulo.

- Desrosiers, J., Hebert, R., Bravo, G., & Rochette, A. (1999). Age-related changes in upper extremity performance of elderly people: a longitudinal study. *Experimental Gerontology, 34*(3), 393-405.
- Francis, K. L., & Spirduso, W. W. (2000). Age differences in the expression of manual asymmetry. *Experimental Aging Research, 26*(2), 169-180.
- Grouios, G. (2006). Right hand advantage in visually guided reaching and aiming movements: brief review and comments. *Ergonomics, 49*(10), 1013-1017.
- Guerreiro, M., Silva, A. P., Botelho, M. A., Leitão, O., Castro-Caldas, A., & Garcia, C. (1994). Adaptação à população portuguesa da tradução do "Mini Mental State Examination" (MMSE) [Portuguese adaptation of "Mini Mental State Examination" (MMSE)]. *Revista Portuguesa de Neurologia, 1*, 9-10.
- Ishihara, M., & Imanaka, K. (2007). Motor preparation of manual aiming at a visual target manipulated in size, luminance contrast, and location. *Perception, 36*(9), 1375-1390.
- Kalisch, T., Wilimzig, C., Kleibel, N., Tegenthoff, M., & Dinse, H. R. (2006). Age-related attenuation of dominant hand superiority. *PLoS ONE, 1*, e90.
- Lenhard, A., & Hoffmann, J. (2007). Constant error in aiming movements without visual feedback is higher in the preferred hand. *Laterality, 12*(3), 227-238.
- Michimata, A., Kondo, T., Suzukamo, Y., Chiba, M., & Izumi, S. (2008). The manual function test: norms for 20- to 90-year-olds and effects of age, gender, and hand dominance on dexterity. *Tohoku Journal of Experimental Medicine, 214*(3), 257-267.
- Mitrushina, M., Fogel, T., D'Elia, L., Uchiyama, C., & Satz, P. (1995). Performance on motor tasks as an indication of increased behavioral asymmetry with advancing age. *Neuropsychologia, 33*(3), 359-364.

- Neely, K., Binsted, G., & Heath, M. (2005). Manual asymmetries in bimanual reaching: the influence of spatial compatibility and visuospatial attention. *Brain and Cognition*, *57*(1), 102-105.
- Payne, V. G. (1987). Effects of angle stimulus approach on coincidence-anticipation timing performance. *Journal of Human Movement Studies*, *13*, 383-390.
- Poston, B., Van Gemmert, A. W., Barduson, B., & Stelmach, G. E. (2009). Movement structure in young and elderly adults during goal-directed movements of the left and right arm. *Brain and Cognition*, *69*(1), 30-38.
- Puh, U. (2010). Age-related and sex-related differences in hand and pinch grip strength in adults. *International Journal of Rehabilitation Research*, *33*(1), 4-11.
- Rodrigues, P., Vasconcelos, O., Barreiros, J., & Barbosa, R. (2009). Manual asymmetry in a complex coincidence-anticipation task: handedness and gender effects. *Laterality*, *14*(4), 395-412.
- Rodrigues, P., Vasconcelos, O., Barreiros, J., Barbosa, R., & Trifílio, F. (2009). Functional asymmetry in a simple coincidence-anticipation task: effects of handedness. *European Journal of Sport Science*, *9*(2), 115-123.
- Sailer, A., Dichgans, J., & Gerloff, C. (2000). The influence of normal aging on the cortical processing of a simple motor task. *Neurology*, *55*(7), 979-985.
- Saimpont, A., Pozzo, T., & Papaxanthis, C. (2009). Aging affects the mental rotation of left and right hands. *PLoS ONE*, *4*(8), e6714.
- Sale, M. V., & Semmler, J. G. (2005). Age-related differences in corticospinal control during functional isometric contractions in left and right hands. *Journal of Applied Physiology*, *99*(4), 1483-1493.
- Teixeira, L. A. (2000). Timing and force components in bilateral transfer of learning. *Brain and Cognition*, *44*(3), 455-469.

- Teixeira, L. A. (2008). Categories of manual asymmetry and their variation with advancing age. *Cortex*, 44(6), 707-716.
- Van Strien, J. W. (1992). Classificatie van links - en rechtshangige proefpersoonen [Classification of left- and right-handed research participants]. *Nederlands Tijdschrift voor de Psychologie*, 47(88-92).
- Welsh, T. N., Higgins, L., & Elliott, D. (2007). Are there age-related differences in learning to optimize speed, accuracy, and energy expenditure? *Human Movement Science*, 26(6), 892-912.
- Yan, J. H., Thomas, J. R., & Stelmach, G. E. (1998). Aging and Rapid Aiming Arm Movement Control. *Experimental Aging Research*, 24, 155-168.

Capítulo IV

CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente dissertação teve como objectivo principal analisar a variação da assimetria manual em destrímanos e sinistrómanos de ambos os sexos pertencentes a vários grupos etários, na execução de tarefas simples e complexas de AC. Deste modo, foi nossa intenção contribuir para um aprofundamento da temática das assimetrias manuais e, assim, possibilitar o desenvolvimento do conhecimento científico construído neste domínio. Consequentemente, as considerações finais apresentadas a seguir reflectem a análise conjugada e integrada das conclusões provenientes dos vários estudos apresentados ao longo da dissertação.

Numa apreciação transversal dos estudos realizados, verificamos um efeito da PM, da idade, do género, da complexidade da tarefa e da velocidade do estímulo na assimetria manual. Analisaremos em seguida cada um destes efeitos.

PREFERÊNCIA MANUAL

A análise da preferência manual por si só demonstrou que, quando ambos os grupos foram comparados (estudos 2 e 4), os sinistrómanos foram mais precisos, em particular os fortemente lateralizados (estudo 4).

Analisando cada grupo separadamente, verificamos que, no que respeita à precisão temporal da resposta (erros de medida), no grupo dos destrímanos a assimetria manual foi observada apenas nos adolescentes (estudo2) no desempenho da tarefa simples. Contudo, no desempenho da tarefa complexa, crianças, adultos e idosos (estudos 1, 4, 5 e 6), a assimetria foi evidente com vantagem da MP comparativamente à MNP. No grupo dos sinistrómanos, os resultados foram um pouco diferentes, uma vez que, na tarefa simples, a assimetria manual variou em função do grupo etário e da velocidade do estímulo. Assim, as crianças (estudo1), mas não os adolescentes (estudo 2), manifestaram uma superioridade da MP em relação à MNP. Esta superioridade foi verificada nos adultos (estudo 3) mas apenas na velocidade mais lenta (268 cm/s).

No que respeita à estrutura temporal do movimento (tempo de início, tempo de movimento e tempo de ajuste), analisada apenas na tarefa complexa e em adultos (estudos 4 e 5), a assimetria manual foi evidente nos dois grupos de PM, favorecendo a mão esquerda no tempo para iniciar o movimento e a MP, no tempo de movimento.

Ao longo destes seis estudos, a assimetria manual variou em função das tarefas utilizadas, sendo mais evidente na tarefa complexa nos destrímanos. Nos sinistrómanos, a assimetria manual revelou-se presente quer na tarefa simples, quer na complexa.

IDADE

Quando se examinou a idade ao longo dos seis estudos, os resultados não demonstram uma tendência, variando em cada grupo de PM. Nos destrímanos, quando a tarefa simples foi utilizada (estudos 1, 2 e 3), apenas os adolescentes evidenciaram uma assimetria manual (unicamente num dos erros de medida analisados). Por outro lado, quando os participantes foram investigados na performance da tarefa complexa (estudos 1, 4, 5 e 6), apenas nos adultos e nos idosos se verificou uma diferença significativa entre as mãos. Nos sinistrómanos, a assimetria foi evidenciada em ambas as tarefas e em todos os grupos analisados (com excepção dos adolescentes). Para além disso, quando a idade foi analisada como factor principal (estudos 1 e 6), o grupo mais velho revelou um desempenho mais elevado (estudo 1).

GÉNERO

O efeito do género evidenciou o sexo masculino com o melhor desempenho, tanto em destrímanos (estudos 1, 2 e 4) como em sinistrómanos (estudos 1, 2, 3 e 4), confirmando a maioria dos estudos efectuados sobre esta temática.

Os resultados obtidos destacam a importância das variáveis analisadas no desempenho da capacidade de AC. O Quadro 1 apresenta uma síntese da

metodologia relativa a cada um dos estudos empíricos e o Quadro 2 expõe um resumo dos resultados das variáveis com efeitos significativos na assimetria manual.

Quadro 1: Descrição sobre a amostra, preferência manual, tarefa e velocidade usadas nos estudos empíricos.

ESTUDO 1	ESTUDO 2	ESTUDO 3	ESTUDO 4	ESTUDO 5	ESTUDO 6
Amostra Crianças	Amostra Adolescentes	Amostra Adultos	Amostra Adultos	Amostra Adultos	Amostra Idosos
PM 56 S e 59 D	PM 33 S e 27 D	PM 12 S e 12 D	PM 41 FS; 73 FD; 22 MS; 20 MD	PM 70 FD e 40 FS	PM 62 D e 2 S
Tarefa Simples e Complexa	Tarefa Simples	Tarefa Simples	Tarefa Complexa	Tarefa Complexa	Tarefa Complexa
Velocidade: S: 6mph C: 1mph	Velocidade 8mph	Velocidade 6 mph 9 mph 12 mph	Velocidade 2mph 4mph	Velocidade 2mph 4mph	Velocidade 1mph

PM: preferência manual; D: Destrímanos; S: Sinistrómanos; FS: fortemente sinistrómanos; FD: fortemente destrímanos; MS: moderadamente sinistrómanos; MD: moderadamente destrímanos; mph: milhas por hora.

Quadro 2: Resumo dos resultados das variáveis com efeitos significativos na assimetria manual.

Estudos	Assimetria manual					Factores principais				
	PM/Mão	Idade	Sexo	Tarefa	Velocidade	PM	Idade	Sexo	Tarefa	Velocidade
Estudo 1	S MP	SE	SE	D Complexa (MP)	NA	NA	D 9-10 S 9-10	D ♂ S ♂	Simples	NA
Estudo 2	< nos S	NA	SE	NA	NA	SE	NA	♂	NA	NA
Estudo 3	SE	NA	SE	NA	S Lenta (MP)	SE	NA	S ♂	NA	D Lenta
Estudo 4	Precisão: MP Movimento: TI: Mão esq. TM: MP	NA	SE	NA	NA	FS + precisos	NA	♂	NA	NA
Estudo 5	Precisão: MP Movimento TI: Mesq. TM: MP	NA	SE	NA	Velocidade rápida só nos D (MP)	SE	NA	SE	NA	SE
Estudo 6	MP	SE	SE	NA	NA	NA	+ velhos + rápidos no TI	SE	NA	NA

D: Destrímanos; S: Sinistrómanos; FS: fortemente sinistrómanos; FD: fortemente destrímanos; MS: moderadamente sinistrómanos; MD: moderadamente destrímanos; PM: preferência manual; MP: mão preferida; TI: tempo de início do movimento; TM: tempo de movimento; NA: não analisada; SE: sem efeito.

As implicações práticas que destes estudos possam advir relacionam-se com questões metodológicas presentes na aprendizagem e desempenho eficazes

de habilidades motoras que impliquem a capacidade de AC. O papel dos professores e dos treinadores na busca da excelência dos processos de aprendizagem motora através de uma intervenção apropriada, nomeadamente ao nível das estratégias na instrução, é fundamental. Tal como referido na introdução, o conhecimento mais aprofundado do comportamento motor relativamente às variáveis consideradas neste estudo possibilita controlar melhor estas mesmas variáveis, quer no delineamento de programas de intervenção em que haja aprendizagem de habilidades motoras, quer na selecção de tarefas prioritárias para cada idade em programas de actividades motoras orientadas à manutenção da motricidade nas pessoas em processo de envelhecimento.

Nos artigos empíricos que constituem esta dissertação, revela-se importante apontar algumas limitações, as quais servirão para um melhor controlo no desenvolvimento de futuras pesquisas.

A primeira diz respeito à dimensão amostral. Apesar de nos estudos com adultos termos conseguido analisar um número considerável de sinistrómanos, nos estudos com crianças e com idosos tal não aconteceu. Especificamente, no estudo com crianças (estudo 1), foram examinados apenas entre 11 e 17 sinistrómanos por grupo de idade e sexo; e no estudo com idosos (estudo 6), encontraram-se apenas 2 sinistrómanos (3% da amostra), os quais foram retirados da análise dos resultados por não ser possível efectuar uma comparação tendo em consideração a PM.

Decorrente desta limitação, surge a que diz respeito à categorização dos sujeitos pela intensidade da PM (fortemente lateralizados vs fracamente lateralizados, considerando ou não a direcção da preferência). Apenas em dois estudos (estudos 3 e 4) foi possível efectuar esta divisão. Dada a reduzida percentagem de sinistrómanos relativamente à de destrímanos em qualquer população considerada, quando pretendemos estabelecer sub-grupos no seio dos sinistrómanos (fortemente lateralizados vs fracamente lateralizados) o número de sujeitos é geralmente reduzido. Torna-se assim necessário a

elaboração de delineamentos experimentais com um número mais elevado de sinistrómanos que permita uma análise onde a variável “intensidade da preferência manual” possa ser analisada, para além da direcção da preferência.

Outras variáveis ainda, relativas aos sujeitos, poderão ser úteis em futuras investigações, tais como a história familiar da preferência manual, o nível de actividade física e a preferência visual, uma vez que diferenças funcionais podem emergir quando os sujeitos são classificados tendo em conta tais variáveis.

Para melhor compreendermos o efeito da idade no comportamento das assimetrias manuais seria interessante efectuar um estudo longitudinal ou transversal-longitudinal envolvendo, tal como aconteceu no nosso estudo, grupos etários distintos de diferente preferência manual e de diferente intensidade dessa preferência.

Seria interessante, em futuras investigações, esboçar um design que contemplasse as tarefas usadas no presente estudo e, através delas com a aplicação da ressonância funcional magnética, tentar identificar padrões de activação das diferentes áreas hemisféricas cerebrais envolvidas na realização quer de movimentos simples (pressão no botão), quer de movimentos mais complexos (sequência de acções inter-relacionadas).

Em síntese, o conjunto dos resultados desta dissertação reforça as actuais evidências sobre a importância de, na análise da assimetria manual, se considerar o controlo de variáveis como a PM, a idade e o género dos participantes, bem como natureza da tarefa motora solicitada.

Capítulo V

ANEXO

QUESTIONÁRIO DE PREFERÊNCIA MANUAL (Van Strien, 1992)

Em baixo está especificada uma lista de actividades, nas quais poderá usar a mão direita ou a mão esquerda. Indique a mão que normalmente usa em cada uma dessas actividades. Se não tiver a certeza em alguma das respostas, tente visualizar a actividade em questão. Se não tiver uma preferência clara, indique que usa qualquer uma das mãos.

Coloque uma cruz no quadrado que lhe parecer mais exacto.

Actividades	Esquerda	Direita	Qualquer delas
1. Qual das mãos usa para segurar uma tesoura quando recorta papel?			
2. Qual das mãos usa para pegar no lápis quando desenha?			
3. Qual das mãos usa para desenroscar a rolha de uma garrafa?			
4. Qual das mãos usa para dar as cartas de um baralho?			
5. Qual das mãos usa para segurar a escova quando lava os dentes?			
6. Qual das mãos usa para lançar uma bola?			
7. Qual das mãos usa para segurar no martelo quando crava um prego?			
8. Qual das mãos usa para segurar a linha quando a enfia numa agulha?			
9. Qual das mãos usa para pegar numa raquete de ténis?			
10. Qual das mãos usa para abrir a tampa de uma caixa?			
11. Qual das mãos usa para abrir uma porta com uma chave?			
12. Qual das mãos usa para segurar a faca quando corta uma corda?			
13. Qual das mãos usa para pegar numa colher quando come sopa?			
14. Qual das mãos usa para apagar com uma borracha?			
15. Qual das mãos usa para segurar no fósforo quando o acende?			