4º CONGRESSO NACIONAL DE BIOMECÂNICA
L. Roseiro, M. Augusta *et al* (Eds)
Coimbra, Portugal, 4 e 5 de Fevereiro, 2010

CARACTERIZAÇÃO BIOMECÂNICA DO GESTO DE ALCANÇAR EM INDIVÍDUOS PÓS ACIDENTE VASCULAR ENCEFÁLICO

Cláudia Silva [1], Miguel V. Correia [2], João Paulo Vilas-Boas [3] e Rubim Santos [4]

[1] Área Cientifico-Pedagógica da Fisioterapia – Centro de Estudos do Movimento e Actividade Humana (CEMAH), ESTSP/IPP, Vila Nova de Gaia, Portugal; ccs@estsp.ipp.pt

[2] INESCPorto - Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores do Porto

Universidade do Porto, Faculdade de Engenharia, Dept. Eng. Electrotécnica e Computadores, Porto, Portugal; mcorreia@fe.up.pt

[3] CIFI2D, Faculdade de Desporto, Universidade do Porto, Porto, Portugal; jpvb@fade.up.pt

[4] Centro de Estudos do Movimento e Actividade Humana – ESTSP/IPP, Vila Nova de Gaia, Portugal; rss@estsp.ipp.pt

PALAVRAS CHAVE: Avaliação biomecânica, movimento de alcançar, Acidente Vascular Encefálico

RESUMO: *É objectivo deste trabalho caracterizar biomecanicamente o gesto de alcançar em indivíduos pós Acidente Vascular Encefálico. A amostra é constituída por 4 indivíduos sem patologia do foro neuro-músculo-esquelético e 4 indivíduos com confirmação imagiológica do diagnóstico de AVE único e unilateral no território da artéria cerebral média, há pelo menos 3 meses; ausência de neglet; ausência de alterações visuais, perceptivas ou cognitivas e capacidade de realizar movimento activo no membro superior predominantemente afectado de pelo menos 15º no ombro e cotovelo. A partir de uma posição de sentado pré-definida, cada indivíduo foi instruído a executar a tarefa funcional de alcançar um alvo (copo com sumo), colocado sobre uma mesa, no limite anatómico da distância de alcance funcional da mão. Para a análise cinemática foram usadas 4 câmaras dispostas duas a duas para avaliação do movimento de cada um dos membros superiores. Foram colocados marcadores reflectores nas seguintes estruturas ósseas: esterno; acrómio (bilateralmente); epicôndilo lateral; processo estilóide do cúbito, 3º metacarpo e grande trocânter. Foi também colocado um marcador no objecto-alvo. Recorreu-se ao software APAS para análise das seguintes variáveis cinemáticas: tempo de execução do movimento, velocidade máxima da mão, unidades de movimento, trajectória (através do índex de curvatura) e extensão do cotovelo. Verificou-se que no grupo de indivíduos com AVE comparativamente ao grupo de indivíduos sem patologia, o tempo de execução do movimento foi superior (5,8*±2,48 e 0,9±0,22 *respectivamente), a velocidade máxima da mão foi inferior (101,7*±32,62 e 153,3±56,32 *respectivamente), o número de unidades de movimento foi superior (6,3±1,50 e 2,5±0,58 respectivamente), o índex de curvatura foi superior (1,8*±0,*54 e 1,2*±0,1 respectivamente*) e a amplitude de extensão do cotovelo foi inferior (15,3±16,48 e 50,2*±6,72 *respectivamente). Os indivíduos com AVE apresentam alterações nos parâmetros cinemáticos analisados, quando comparados com indivíduos sem patologia.*

1 INTRODUÇÃO

As alterações da função do membro superior decorrentes de um Acidente Vascular Encefálico (AVE) merecem especial relevo no campo da investigação. A caracterização biomecânica e mais especificamente a análise cinemática, constitui, pela sua objectividade uma ferramenta de suma importância, na orientação da reeducação do movimento em indivíduos com disfunção neuromotora por AVE [1,2,3]. É prática comum o uso de escalas de avaliação validadas e com bons índices de fiabilidade, para monitorização da evolução clínica. No entanto, estas não estão isentas de um determinado nível de subjectividade e apresentam uma sensibilidade diminuída para a quantificação de alterações muito específicas inerentes aos componentes do movimento [1,4,5]. O movimento do membro superior está de forma inequívoca direccionado para a resolução de problemas neuromotores [1,6]. O gesto de alcançar constitui o exemplo mais evidente da capacidade deste segmento se organizar no espaço com objectivos específicos e sempre relacionados com a concretização de um propósito motor [6].

Inúmeras tarefas da vida diária, requerem a actividade coordenada dos vários segmentos do membro superior para que o alvo seleccionado seja atingido com sucesso [4,5].

Face ao exposto é objectivo deste estudo realizar uma caracterização biomecânica, através da cinemática tridimensional do gesto de alcançar em indivíduos com alterações neuromotoras decorrentes de um AVE, nomeadamente a analise das variáveis: tempo de execução do movimento, velocidade máxima da mão, unidades de movimento, trajectória e ângulo de extensão do cotovelo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 PARTICIPANTES

Amostra constituída por 8 indivíduos voluntários, divididos em dois grupos: G1 (n=4) e G2 (n=4) seleccionados após a aplicação de um questionário de caracterização. No G1, foram seleccionados indivíduos (3 mulheres e 1 homem) sem patologia do foro neuro-músculo-esquelético, nomeadamente ao nível da coluna cervical e ombro, com média de idades de 52,3± 6,40 anos. No G2 (indivíduos com AVE) definiram-se os seguintes critérios de inclusão: confirmação imagiológica do diagnóstico de AVE único e unilateral no território da artéria cerebral média, há pelo menos 3 meses [2]; ausência de neglet; ausência de alterações visuais, perceptivas ou cognitivas (confirmadas por um *score* > 23 no *Mini Mental State Examination* (MMSE) [7]) e capacidade de realizar movimento activo no membro superior predominantemente afectado de pelo menos 15º no ombro e cotovelo [3]. Como critérios de exclusão definiram-se: AVE do tronco encefálico ou cerebelo e presença de dor ao nível dos membros superiores [8]. Na tabela 1 apresentam-se as características clínicas dos indivíduos do G2, cuja média de idades é de 53,3 ± 8,88 anos.

Tabela 1

Sujeito	Sexo	Hemisfério Lesado	Tempo de evolução (meses)	RMA
H1	M	Direito	96	1/15
H2	F	Direito	13	5/15
H3	M	Esquerdo	10	8/15
H4	M	Esquerdo	11	2/15

Tabela 1: Caracterização clínica dos indivíduos com AVE

Todos os indivíduos foram informados da natureza do estudo e confirmaram por escrito o seu consentimento para a participação.

2.2 INSTRUMENTOS

Para a avaliação cognitiva dos indivíduos utilizou-se a MMSE [7] e para a caracterização clínica do G2 utilizou-se a

secção "Membro Superior" da Escala *Rivermead Motor Assessment* (RMA) [12].

Para a avaliação cinemática do movimento utilizou-se um sistema de aquisição de imagem constituído por 4 câmaras de filmar Sony Handicam DCR-HC53 com uma taxa de 50Hz (Sony Portugal, Lisboa, Portugal). Recorreu-se ao software APAS, versão 12.1.0.10 (*Ariel Performance Analysis System, Ariel Dynamics Inc., Canyon, USA*). Realizou-se um estudo de fiabilidade intra-observador, tendo-se determinado um coeficiente de correlação intraclasse, ICC, de 0,891, sendo o erro padrão de 2,347 (cm). Considerou-se um erro de marcação dos pontos ao nível do marcador reflector de 20 mm.

2.3 PROCEDIMENTOS

Foi realizado um estudo piloto em 3 indivíduos com características semelhantes ao G1, no sentido de aferir a necessidade de eventuais ajustes nos procedimentos.

A avaliação foi realizada no CEMAH, tendo-se assegurado as mesmas condições para cada uma das recolhas.

Cada indivíduo foi sentado numa marquesa hidráulica a uma altura equivalente à distância medida da interlinha articular do joelho até ao chão (correspondente ao comprimento da perna), com 75% do comprimento da coxa (medido desde o grande trocânter até à interlinha articular da articulação do joelho) assente e de pés descalços em total contacto com o chão, ou num degrau de madeira [10].

Foi colocada uma mesa recortada à frente de cada indivíduo, a uma altura correspondente ao alinhamento das cristas ilíacas, sendo que o recorte permitiu o livre movimento da mão. O bordo deste foi alinhado com o limite inferior das coxas do indivíduo.

A colocação do objecto-alvo (copo com sumo) na mesa, teve como referência a avaliação no limite anatómico da distância de alcance funcional da mão, usando-se a distância medida desde o acrómio até à interlinha articular da articulação metacarpofalângica do polegar [10,11]. O indivíduo foi instruído, após comando verbal, a executar a tarefa funcional de alcançar o objecto-alvo, agarrar, levar à boca e retomar a posição inicial. A posição de partida para o movimento obedeceu aos seguintes critérios: mão repousada sobre a coxa; ombro aproximadamente a 0º de flexão/extensão e 0º de rotação medial; cotovelo a 75º-90º de flexão, antebraço em pronação, com a palma da mão apoiada na coxa [1,13]. O gesto foi executado de forma unilateral, tendo-se iniciado sempre o registo do membro predominantemente comprometido. Foram solicitadas repetições de forma a conseguir 3 ensaios satisfatórios com cada membro.

Para a análise cinemática foram usadas 4 câmaras dispostas duas a duas para avaliação do movimento de cada um dos membros superiores. O protocolo para a avaliação cinemática do gesto foi: colocação das câmaras a 4 m do sujeito, uma a 90º, no lado direito e a outra a 45º no lado direito/frontal do sujeito. Este procedimento foi repetido aquando do registo do membro contralateral. Foram colocados marcadores reflectores nas seguintes estruturas ósseas: esterno; acrómio (bilateralmente); epicôndilo lateral; processo estilóide do cúbito, 3º metacarpo, e grande trocânter. Foi também colocado um marcador reflector no objecto-alvo [14].

A aquisição dos parâmetros cinemáticos, com base na posição tridimensional dos marcadores, foi feita através do software APAS versão 12.1.0.10, tendo sido analisadas, as variáveis: tempo de execução do movimento (considerou-se o inicio e o fim do movimento quando a velocidade era respectivamente superior e inferior a 10% da velocidade máxima da mão) [13,15], velocidade máxima da mão, unidades de movimento, correspondendo aos ciclos de aceleração/desaceleração (considerando-se variações de 5% da velocidade), trajectória,

através do índex de curvatura e ângulo de extensão do cotovelo.

3 RESULTADOS

Analisando os dados presentes na Tabela 2, observa-se que em relação ao tempo de execução da sequência de movimento, este se encontra aumentado nos indivíduos do G2 (5,8±2,48). No que se refere à velocidade máxima da mão, analisada relativamente ao marcador colocado no 3º metacarpo, observa-se que apenas 1 dos indivíduos (S2 – 147,3 cm/s) do G2 obteve valores superiores aos conseguidos pelos indivíduos do G1.

Relativamente ao número de unidades de movimento, observa-se que nos indivíduos do G1, este varia entre 2 e 3, com uma média de 2,5±0,58, enquanto que nos indivíduos do G2 se verificou uma média mais elevada (6,3±1,50). A trajectória, representada através do índex de curvatura, varia entre 1,1 e 1,3 nos indivíduos do G1 (dos 4 indivíduos, 3 apresentaram um valor de 1,1 e o S3 apresentou um valor de 1,3), sendo que no G2, os H2 e H4 apresentam um valor de 1,5, o H1 de 2,6 e o H3 de 1,6.

O grau de extensão do cotovelo, considerando o percurso de movimento desde o momento em que a mão está ao nível da mesa, até atingir o alvo, nos indivíduos do G1 apresenta uma amplitude média de 50,2±6,72 e de 15,3±16,48 nos indivíduos do G2

Tabela 2

Sujeito	T.M (s)	VM (cm/s)	UM	IC	E.C. (º)
G1					
S1 (Rosa)	0,68	236,7	2	1,1	55,4
S2 (Rui)	1,04	119,2	3	1,1	47,2
S3 (Catalin	1,16	138	2	1,3	56
S4 (Cris)	0,78	119,2	3	1,1	42,1
Md±dp	0,9±0,22	153,3±56,32	2,5±0,10	1,2±0,10	52,3±6,40
G2					
H1	8,88	69,8	7	2,6	4,5
H2	2,82	147,3	4	1,5	16
H3	5,54	94,4	7	1,6	38,3
H4	5,8	95,3	7	1,5	2,3
Md±dp	5,8±2,48	101,7±32,62	6,3±1,50	1,8±0,54	15,3±16,48

Tabela 2: valores relativos ao TM (tempo de movimento); VM (velocidade máxima); UM (unidades de movimento); IC (índex de curvatura); EC (extensão do cotovelo) no grupo 1 e grupo 2.

4 DISCUSSÃO

Comparando a *performance* do movimento de alcançar nos dois grupos em análise, pode afirmar-se que os indivíduos pós AVE apresentam alterações nos parâmetros avaliados, comparativamente ao grupo de indivíduos sem patologia. Tal também foi verificado em diversos estudos, que à semelhança deste compararam parâmetros cinemáticos, como o tempo de movimento, a velocidade máxima e a trajectória, na execução de tarefas de alcançar e apontar, realizadas por indivíduos com alterações neuromotoras decorrentes de AVE [1,14,15]. Neste estudo encontrámos um tempo de execução do movimento de alcance bastante superior nos indivíduos com AVE, o que vai de encontro ao que seria esperado dadas as repercussões funcionais decorrentes da lesão neurológica e comprovadas pelos valores da escala *Rivermead Motor Assessment*. De facto, tendo em conta que a classificação máxima para a secção "Membro Superior" deste instrumento de avaliação é de 15, claramente se percebe, pelas pontuações atribuídas aos sujeitos (H1-1; H2-5; H3-8; H4-2) que estamos na presença de um grupo que evidencia alterações no controlo e movimento funcional do membro superior [12]. Tempos de execução do movimento significativamente inferiores foram também encontrados, nos indivíduos após AVE, num estudo realizado por Cirstea e Levin [16], tendo estes autores relacionado este parâmetro com o nível de severidade das alterações neuromotoras, e verificado que mesmo nos indivíduos com classificação de ligeiros, o tempo de execução do movimento embora mais próximo do grupo dos saudáveis, era ainda significativamente superior. A diminuição na capacidade de activar de forma adequada os agonistas do movimento pode ser uma das causas para a ocorrência deste aumento na execução do

movimento, observada em indivíduos com AVE [15]. No estudo realizado por Cirstea e Levin [16] foi analisada a variável velocidade máxima da mão, com referência ao marcador colocado na extremidade do dedo indicador, tendo o grupo de indivíduos com AVE obtido em média um valor da velocidade máxima, inferior á do grupo de indivíduos sem patologia. O mesmo foi observado no presente estudo, sendo contudo de realçar que um indivíduo com AVE - H2 – obteve um valor superior à maioria dos indivíduos saudáveis. Contudo, este facto não pode ser discutido sem fazer uma referência às estratégias motoras desenvolvidas na sequência de movimento. Em todos os indivíduos da amostra o instante correspondente à velocidade máxima da mão coincide com o momento em que esta realiza sensivelmente metade do percurso ascendente desde a coxa em direcção à mesa. Na observação da sequência de movimento, através da análise das imagens de cada um dos indivíduos, percebe-se claramente que, enquanto no grupo dos saudáveis a activação decorre de distal para proximal (inicio da activação ao nível da mão), no grupo com AVE ocorre o oposto, ou seja, a mão destaca-se da coxa à custa de uma elevação do ombro homolateral e inclinação lateral do tronco. Assim, poderá questionar-se se este aumento no valor da velocidade máxima da mão, observada no H2 estará relacionada com um maior uso das estratégias compensatórias a um nível proximal e do tronco. O número de unidades de movimento, calculado como o número de picos observados no gráfico representativo da curva da velocidade tangencial da mão, variou, nos indivíduos sem patologia, entre 2 e 3. Este resultado difere ligeiramente dos resultados encontrados noutros estudos. De facto, na pesquisa efectuada, o número de unidades de movimento encontrada em indivíduos saudáveis, foi consistentemente de 1 [13,14]. Importa contudo referir que a sequência analisada no presente estudo, envolve o movimento do membro superior, a partir de uma posição inicial em que a mão se encontra repousada sobre a coxa. Tal não se verifica nos estudos pesquisados, em que a posição inicial da mão é sobre a mesa. Este facto poderá explicar a diferença no número de unidades de movimento encontrada, na suposição de que a chegada da mão à mesa deverá conter um ciclo de aceleração/desaceleração e o percurso até ao alvo deverá conter, pelo menos, mais um. Outro factor explicativo para este resultado poderá prender-se com o facto de que, apesar de ter sido realizada uma análise do movimento de alcançar o copo, a tarefa solicitada aos indivíduos foi a de alcançar o copo, levá-lo à boca e retomar a posição inicial. Assim, a existência de mais do que um ciclo de aceleração/desaceleração poderá estar relacionada com as estratégias motoras de preparação para agarrar o copo e levá-lo á boca. Possivelmente poderíamos ter obtido resultados diferentes caso tivesse sido solicitado aos indivíduos unicamente o alcance do copo. Relativamente ao grupo de indivíduos com AVE, os resultados encontrados neste estudo são similares aos encontrados noutros, que apontam para a ocorrência de 4 ou mais unidades de movimento durante a sequência em análise, indicando que o movimento foi realizado de forma segmentada, à custa de repetidos ciclos de aceleração/desaceleração [13,14,15,16]. Importa ressaltar que a última justificação acima referida para a ocorrência de uma maior número de unidade de movimento no grupo dos saudáveis não pode ser aplicada ao grupo com AVE, uma vez que nenhum dos indivíduos possuía capacidade motora de realizar o movimento para além da sequência de alcançar o copo. A avaliação do índex de curvatura, foi calculado através do coeficiente entre o valor da distância percorrida pela mão (marcador localizado ao nível do 3º metacarpo), desde o momento em que esta se encontrava ao

nível da mesa, até atingir o alvo, e o valor da distância entre o ponto inicial e final. Este valor, considerado uma medida da qualidade da trajectória do movimento, permitiu verificar, neste estudo, que no grupo dos saudáveis, todos os indivíduos, com excepção do S3, obtiveram valores bastante próximos de 1 (1,2 ± 0,10), indicando uma trajectória relativamente linear. No grupo dos indivíduos com AVE o índex de curvatura apresentou uma média mais elevada (1,8 ± 0,54), corroborando os achados de outros estudos, que encontraram também valores deste parâmetro consistentemente superiores nos indivíduos pós lesão [17,18]. Segundo Levin, [15] este facto parece estar relacionado com a pobre coordenação interarticular, característica dos indivíduos com alterações da função ao nível do membro superior, por AVE. Considerou-se para a avaliação da amplitude de extensão do cotovelo, a sequência de movimento, (tal como para a avaliação do índex de curvatura), a partir do momento em que a mão se encontrava ao nível da mesa, até atingir o alvo, tendo-se verificado que o grupo dos saudáveis, realizou em média uma excursão de 50,2±6,72 graus de extensão do cotovelo, para atingir o alvo, enquanto no grupo dos AVE este valor foi de 15,3±16,48 graus. Resultados semelhantes foram encontrados por Cirstea e Levin, [16] na comparação da amplitude de extensão do cotovelo entre indivíduos saudáveis e indivíduos com AVE, no movimento de apontar. Estes autores verificaram que a sequência terminava com uma extensão do cotovelo de 34,4±13,3 graus nos saudáveis enquanto no grupo de AVE este valor foi de 12,4±13,8. Apesar da evidência de um défice significativo na capacidade de realizar a extensão do cotovelo necessária para atingir o objectivo motor, em ambos os estudos se verificou que todos os indivíduos com AVE conseguiram chegar ao alvo. A explicação para tal pode residir no facto de ter ocorrido um maior envolvimento do tronco no movimento, facto que, embora não tenha sido objecto de análise cinemática pôde ser verificado pela análise das imagens de vídeo.

5 CONCLUSÃO

Os indivíduos com alterações da função do membro superior após AVE apresentam alterações nos parâmetros cinemáticos do movimento de alcançar quando comparados com indivíduos sem patologia do sistema nervoso central por AVE.

REFERÊNCIAS

[1] J. M. Wagner, C. E. Lang, S. A. Sahrmann, et al., "Sensorimotor impairments and reaching performance in subjects with poststroke hemiparesis during the first few months of recovery", Physical Therapy, 87, 751-765, 2007.

[2] S. Messier, D. Bourbonnais, J. Desrosiers, et al. "*Kinematic analysis of upper limbs and trunk movement during bilateral movement after stroke"*, Arch Phys Med Rehabil, 87, 1463-1470, 2006.

[3] K. Zachowski, A. Dromerick, S. A. Sahrmann, et al. "*How do strength, sensation, spasticity and joint individuation relate to the reaching deficits of people with chronic hemiparesis"*, Brain, 127, 1035-1046, 2004.

[4] A. R. Guzman, A. G. Agudo, B. P. Martin, et al. "*Kinematic analysis of the daily activity of drinking from a glass in a population with cervical spinal cord injury"*, Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation, 7, 41, 2010.

[5] J.. Bernhardt, P. J. Bate, T. A. Matyas,"*Accuracy of observational kinematic assessment of upper-limb movements"*, Physical therapy, 78, 3, 259-270, 1998.

[6] [2] A..Shumway-Cook, M. Woollacott, *Motor Control – Translating research into clinical practicer*, Lippincott Williams & Wikins, EUA, 2007.

[7] M. M. Gurreiro, *Contributo da neuropsicologia para o estudo das demências*, Dissertação de Doutoramento, Faculdade de Medicina de Lisboa, Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal, 1998.

[8] J. M. Wagner, J. A. Rhodes, C. Patten, "*Reproducibility and minimal change of three-dimensional kinematic analysis of reaching tasks in people with hemiparesis after stroke"*, Physical Therapy, 88, 5, 652-663, 2008.

[9] M. F. Levin, S. M. Michaelsen, C. M. Cirstea, A. Roby-Brami "*Use of the trunk for reaching targets placed within and beyond the reach in adult hemiparesis"*, Exp Brain Res, 143, 171-180, 2002.

[10] D. S. Reisman, J. P. Scholz, "*Workspace location influences joint coordination during reaching in post-stroke hemiparesis"*, Exp Brain Res, 170, 265-276, 2006.

[11] A. Vandenberghe, O. Levin, D. De Schutter, et al., "*Three-dimensional reaching tasks: effect of reaching height and width on upper limb kinematics and muscle activity"*, Gait & Posture, 2010 – article in press.

[12] M. J. Madeira, Contributo para a validação de uma escala funcional em doentes hemiplégicos por Acidente Vascular Cerebral – "Rivermead Motor Assessment", Monografia de final de curso de Licenciatura em Fisioterapia, Escola Superior de saúde de Alcoitão, Alcoitão, Portugal, 1998.

[13] S. M. Michaelsen, A. Luta; A. Roby-Brami, M. F. Levin, "*Effect of trunk restraint on the recovery of reaching movements in hemiparetic patients"*, Stroke, 32, 1875-1883, 2001.

[14] P. Archambault, P. Pigeon, A.G. Feldman "*Recruitment and sequencing of different degrees of freedmon during pointing movements involving the trunk in healthy and hemiparetic subjects"*, Exp Brain Res, 126, 55-77, 1999.

[15] M. F. Levin, "*Interjoint coordination during pointing movements is disrupted in spastic hemiparesis"*, Brain, 119, 281-293, 1996.

[16] M. C. Cirstea, M. F. Levin "*Compensatory strategies for reaching in stroke"*, Brain, 123, 940-953, 2000.

[17] M. C. Cirstea, A. B. Mitnitski, A. G. Feldman, M. F. Levin "*Interjoint coordination dynamics during reaching in stroke"*, Exp Brain Res, 151, 289-300, 2003.

[18] C. E. Lang, J. M. Wagner, A. J. Bastian, et al.,"*Deficits in grasp versus reach during acute hemiparesis"*, Exp Brain Res, 166, 126-136, 2005.

A literature refere que no reach a velocidade máxima da mão ocorre sensivelmente a 60, 70% da fase de transporte, assim como a máxima abertura da mão (gage eta al 2007, artigo no mail artigos enviado pela Catarina)

The location of the target in the environment is transformed from gaze-centered co-ordinates to hand-centered co-ordinates. It is believed that such transformations are made by networks within the frontal and parietal regions of the cortex, which integrate sensory information from visual, vestibular, and proprioceptive sources, and furthermore, that such a network is responsible for the transformation of the exteroceptive representation of target location (and other characteristics, such as size and orientation) into the coordinated reach and and grasp components of the upper limb movement (Crawford et al. 2004; Castiello 2005).