

## Modelização dos efeitos da massa e da velocidade do alvo na magnitude do Momento Representacional

Nuno de Sá Teixeira\*

Armando Mónica de Oliveira\*\*

Fátima Simões\*\*\*

---

**Resumo:** O momento representacional (MR), ou erro de localização da última posição ocupada por um objecto em movimento, suscitou interesse enquanto análogo representativo (perceptivo/cognitivo) do momento físico, correspondente ao produto da massa pela velocidade instantânea de um objecto. Mais recentemente, foi proposta a sua utilização como medida da percepção causal, assente na verificação de uma redução do MR quando o alvo é “lançado” por um outro objecto (Hubbard, 2005). Apesar da atenção que lhe tem sido dedicada, o comportamento-base do MR em função de variáveis como a velocidade ou a massa do alvo não foi ainda sistematicamente investigado, e menos ainda a forma como estas duas variáveis (uma abertamente cinemática, a outra com uma forte associação à dinâmica) influem conjuntamente no MR. O presente estudo cruza numa tarefa factorial de integração, utilizando o MR como dimensão de resposta, a variável “velocidade” (4 níveis) e a variável “massa” (3 níveis, obtidos através da manipulação do tamanho do alvo) de um objecto em movimento. Dois factores considerados adicionalmente foram a modalidade de resposta de localização (por meio de rato óptico, ponteiro, teclado) e o sentido do movimento do alvo (esquerda-direita, direita-esquerda), contrabalançado através dos ensaios. Os resultados documentam efeitos tanto da massa como da velocidade no MR e um modelo de integração aditivo destas variáveis (discordante do modelo físico normativo, de tipo multiplicativo). Uma redução clara do MR no sentido direita-esquerda foi igualmente observada, pondo em questão a prática frequente que consiste em tratar de modo agregado os efeitos nas duas direcções. Finalmente, a modalidade de resposta utilizada revelou também efeitos significativos, indicando o envolvimento do circuito percepção-acção na determinação do MR. O texto discute estes resultados, colocando algumas hipóteses explicativas a considerar em trabalhos futuros.

**Palavras-chave:** Momento Representacional, Modelos Algébricos, Física Implícita, Percepção-Acção.

### Modelling the effects of mass and speed of the target in the magnitude of the representational momentum

**Abstract:** Representational Momentum, the localization error for the last seen position of a moving object, has been suggested as a representational analogue (perceptive/

---

\* Núcleo de Psiconomia e Factor Humano, Instituto de Psicologia Cognitiva, Faculdade de Psicologia e de Ciências da Educação da Universidade de Coimbra- E-mail: nunoteixeira@fpce.uc.pt

\*\* Núcleo de Psiconomia e Factor Humano, Instituto de Psicologia Cognitiva, Faculdade de Psicologia e de Ciências da Educação da Universidade de Coimbra. E-mail: l.dinis@fpce.uc.pt

\*\*\* Departamento de Psicologia e Educação, Universidade da Beira Interior. E-mail: simoesfati@gmail.com

cognitive) of physical momentum, the product of mass and instantaneous velocity of an object. More recently, the capability of RM to gauge causal perception has been suggested on the basis of an observed RM reduction for causally “launched” targets (Hubbard, 2005). Despite considerable interest has been devoted to RM, the way it behaves as function of variables such as speed and mass is still far from being completely understood, and even less so the joint action of those variables (the former typically kinematical, the later rather close to dynamics) in determining RM magnitude. The present study factorially combines in an integration task, using RM as response, 4 levels of velocity and 3 levels of mass (obtained by manipulating target’s size) of a moving object. Two additional factors included in the experiment were response modality (wireless mouse, touchscreen pointer, keyboard keys) and movement direction (leftward/rightward), counterbalanced across trials. Outcomes reveal significant effects of both mass and velocity and an additive type model for their joint integration (contrasting with the normative multiplicative rule). A clear reduction of RM for the leftward direction was observed, which calls into question the usual practice of aggregating both directions for data analysis. Finally, response modality also displayed significant effects, supporting an involvement of the perception-action circuit in the production of RM. Results are discussed in light of previous findings in the literature and some tentative hypothesis are suggested for further work.

**Key-Words:** Representational Momentum, Algebraic Models, Implicit Physics, Perception-Action.

Estabelecido inicialmente por Freyd & Finke (1984) em situações de movimento tanto real como induzido (e mesmo no caso de instantâneos fotográficos com sugestão dinâmica), o momento representacional (MR) – erro de localização, na direcção do movimento, da última posição ocupada por um objecto móvel – tem sido recentemente interpretado segundo uma “física do ímpeto”, pré-newtoniana (Hubbard, 1996, 1997, 1999, 2005), sensível, além do mais, a variáveis dinâmicas como a velocidade e aceleração e forças implícitas como a fricção (“fricção representacional”: Hubbard, 1995a, 1995b), gravidade (“gravidade representacional”: Hubbard, 1995a, 1997, 2002) e acção centrífuga (Hubbard, 1995b, 1996).

De um modo geral, dados favoráveis a esta interpretação têm sido crescentemente relatados, reforçando a convicção de que o MR indexa uma estrutura de conhecimento implícito correspondente a uma

Física Intuitiva (Kozhevnikov & Hegarty, 2001). Contudo, o nível e natureza – perceptiva, cognitiva – dos processos que lhe estão subjacentes é ainda tema de discussão (Kerzel, 2002, 2005; Kerzel & Gegenfurtner, 2003; Verfaillie & d’Ydewalle, 1991).

Dada a adopção original do termo “Momento Representacional”, a inspiração de Freyd e Finke nas propriedades funcionais da noção de “momento físico” resulta óbvia, bem como a sugestão implícita de uma internalização dos invariantes físicos ecológicos no sistema perceptivo (Shepard, 1984). Nesta linha de ideias, e partindo da equação normativa da Física para o Momento (quantidade de movimento),

$$M = vm \quad (1),$$

tanto a velocidade como a massa constituem, de modo natural, variáveis independentes a considerar no estudo do Momen-

to Representacional. Contudo, se a manipulação da velocidade apenas é limitada pela sofisticação dos dispositivos experimentais, já a massa só indirectamente pode ser tomada como variável, sendo a manipulação do tamanho dos objectos a forma mais óbvia de o conseguir. Nos poucos estudos publicados acerca do papel da massa sugerida pelo tamanho, a conclusão genérica aponta para a ausência de efeitos significativos, tanto para o movimento aparente (Cooper & Munger, 1993) como para o movimento contínuo (Hubbard, 1995b), nos movimentos horizontais, mas para a existência de efeitos significativos nas medidas de MR vertical (Hubbard, 1997; Kozhevnikov and Hegarty, 2001). Estes dados têm servido de base à afirmação de que o “peso” e não a “massa” propriamente dita tem influência no MR, correspondendo a noção de “peso” (fisicamente, a acção da gravidade sobre a massa) a uma concepção intuitiva-subjectiva da massa baseada na experiência dos seus efeitos dinâmicos. Em linha com esta hipótese, de Sá Teixeira & Oliveira (2007) relataram recentemente um efeito significativo do tamanho dos objectos em cenários de colisão (lançadores maiores provocam maior MR no objecto lançado). Não obstante, das revisões gerais da literatura sobre MR (cf., Hubbard, 2005) resulta a ausência de um estudo sistemático do efeito conjunto das variáveis dinâmicas e cinemáticas na amplitude do MR. Esta circunstância tem contribuído para manter separadas, no essencial, as tradições de estudo do MR e do estudo da percepção de eventos e quantidades dinâmicas, orientado pela hipótese da “especificação cinemática da dinâmica” (*Kinematic Specification of Dynamics* (KSD); Jacobs et al, 2001; Runeson, 1995; Runeson & Frykholm, 1981, 1983; Runeson & Vedeler, 1993; Runeson e tal,

2000), no quadro da qual a sensibilidade de sujeitos humanos a diferenças de massa, induzidas por padrões cinemáticos pré e pós colisionais, tem sido sistematicamente relatada.

Adicionalmente, nos estudos em que tais variáveis têm sido consideradas, ainda que isoladamente, nem a amplitude das manipulações experimentais nem o foco conceptual das experiências têm sido orientados para o esclarecimento sistemático do papel dessas variáveis na determinação da magnitude do MR.

O mesmo se pode dizer do estudo do papel do MR na «percepção-para-a-acção» (por oposição à «percepção-para-o-reconhecimento»); (Ashida, 2004; Brower et al, 2004; Choi & Scholl, 2006; Kerzel & Gegenfurtner, 2003; Zago & Lacquaniti, 2005). Apesar das evidências disponíveis sobre o seu envolvimento na apreciação do “tempo para a colisão” (Bertamini, 1993, 2002; Gray & Thornton, 2001), essencial para a intersecção eficaz de objectos móveis, a variável de resposta utilizada (e.g., sonda mnésica, localização de um cursor controlado pelo rato ou resposta directa de “apontar” num ecrã de toque) raramente tem sido tomada como variável independente na abordagem experimental do MR. Utilizando respostas de “apontar” directas, Daum & Frick (2003) observaram recentemente a desapareição do efeito de “gravidade representacional” em trajectórias verticais descendentes, um resultado que sublinha a importância da modalidade de resposta na determinação do MR. Pode admitir-se, neste contexto, que vários dos resultados encontrados no estudo das representações dinâmicas sejam na realidade contingentes à modalidade de resposta empregue na experiência.

Em suma, uma característica dominante dos estudos da percepção de eventos dinâmicos tem sido a consideração isolada de uma

só variável independente, resultando na ausência de uma compreensão dos padrões de funcionamento conjunto das diferentes variáveis (Anderson, 1992; Schlottman & Anderson, 1993). Para além de impossibilitar o conhecimento de leis funcionais no domínio da “física implícita”, esta situação impede uma quantificação adequada da importância das diferentes variáveis e dos seus níveis, bem como uma caracterização compreensiva das diferenças individuais, associadas em larga medida a diferenças no padrão de integração das variáveis (Schlottmann & Anderson, 1993). A utilização da teoria da Medida Funcional (Anderson, 1974; 1981; 1982; 1996; 2001; 2004; Weiss, 2006) em tarefas de integração de fontes de informação (variáveis) relevantes para a percepção causal tem proporcionado as únicas exceções a este estado de coisas (Anderson, 1996; Anderson & Wilkening, 1991; Anderson, 1992; Léoni et al, 2002; Schlottmann & Anderson, 1993; Vicentini & Vidotto, 2006). Adoptando esta metodologia, o presente estudo tem por objectivo estudar o papel conjunto da velocidade e da massa (sugerida por variações de tamanho) na determinação da magnitude do Momento Representacional, visando estabelecer as regras da sua integração funcional e aceder à quantificação funcional dos seus efeitos.

## Método

### Sujeitos

24 estudantes de Psicologia da Universidade de Coimbra participaram na presente experiência em troca da obtenção de créditos para a avaliação curricular da cadeira de Percepção e Atenção. Os sujeitos não dispunham de qualquer conhecimento sobre o tópico em estudo e possuíam visão normal ou corrigida para o normal.

### Estímulos

Os estímulos usados consistiram em animações AVI, comprimidas com o codec Cinepack e apresentadas a uma velocidade de 40 fotogramas/s. Em todas as animações um quadrado negro (alvo), com uma área de 0.5, 1 ou 1.5 cm<sup>2</sup>, deslocavase no ecrã a velocidades de 6, 10, 14 ou 18 cm/s sobre um fundo branco, num movimento contínuo horizontal (centrado verticalmente). Após percorrer cerca de 70% da amplitude horizontal do monitor, o alvo desaparecia subitamente. A direcção do movimento (direita/esquerda e esquerda/direita) foi contrabalançada ao longo dos ensaios. Todas as animações foram criadas no programa *Interactive Physics 2000* e em seguida editadas no *VirtualDub*.

### Montagem Experimental

A experiência foi implementada e aplicada no ambiente Super Lab 4.0., num computador com processador *dualcore* equipado com um ecrã plano LSD de toque (*touchscreen*). As respostas recolhidas foram de três tipos: respostas de localização por meio de rato óptico sem fios ou por meio de teclado (que em ambos os casos controlavam um cursor [+]  
visível no ecrã), e através de toque directo no ecrã com utilização de um ponteiro.

### Procedimento

A experiência obedeceu a um plano factorial completo de medidas repetidas: 3 (tamanho do alvo) × 4 (velocidade) × 2 (Direcção) × 3 (Modalidade de Resposta - esta última variável manipulada por blocos contrabalançados intrasujeitos), com duas replicações. No início de cada bloco (modalidade de resposta) eram ministradas aos sujeitos novas instruções, bem como um conjunto de ensaios de treino (não incluídos nas análises). Todas as instruções tinham em comum a solicitação

feita ao sujeito para que indicasse o local de desaparecimento do objecto, identificando o ponto correspondente ao centro geométrico do quadrado na última posição em que fora visto. No caso das respostas com o rato e teclado, o cursor surgia no centro do ecrã imediatamente após o término do estímulo. Nas respostas por ponteiro, os sujeitos eram instruídos a só levantar o braço da mesa quando a animação terminasse. A análise dos resultados recorreu essencialmente a ANOVAs de medidas repetidas.

Os sujeitos sentavam-se a uma distância de cerca de 60 cm do ecrã, sem restrições de movimentos de cabeça, mas com instruções para manter uma mesma postura corporal ao longo da totalidade da experiência. A apresentação dos estímulos no interior de cada bloco foi aleatorizada pelo Superlab 4.0.

## Resultados

O Momento Representacional foi calculado através da diferença entre as coordenadas (em pixels) da resposta do sujeito no eixo horizontal e as coordenadas correspondentes ao centro do alvo no último fotograma de cada animação. Os dados assim obtidos foram submetidos a uma ANOVA factorial de medidas repetidas. Dado o elevado número de comparações, o critério de significância estatística foi fixado em  $\alpha < 0.01$ .

Na imagem 1 encontram-se representados os gráficos factoriais *Velocidade X Tamanho* (massa implícita), separados por *Modalidade de Resposta* (nas diferentes linhas) e *Direcção* (colunas). Globalmente, é possível observar tanto um efeito da *Velocidade*, correspondente ao declive das linhas (dependente, sobretudo, do último nível), como da *Massa Implícita* (tamanho),

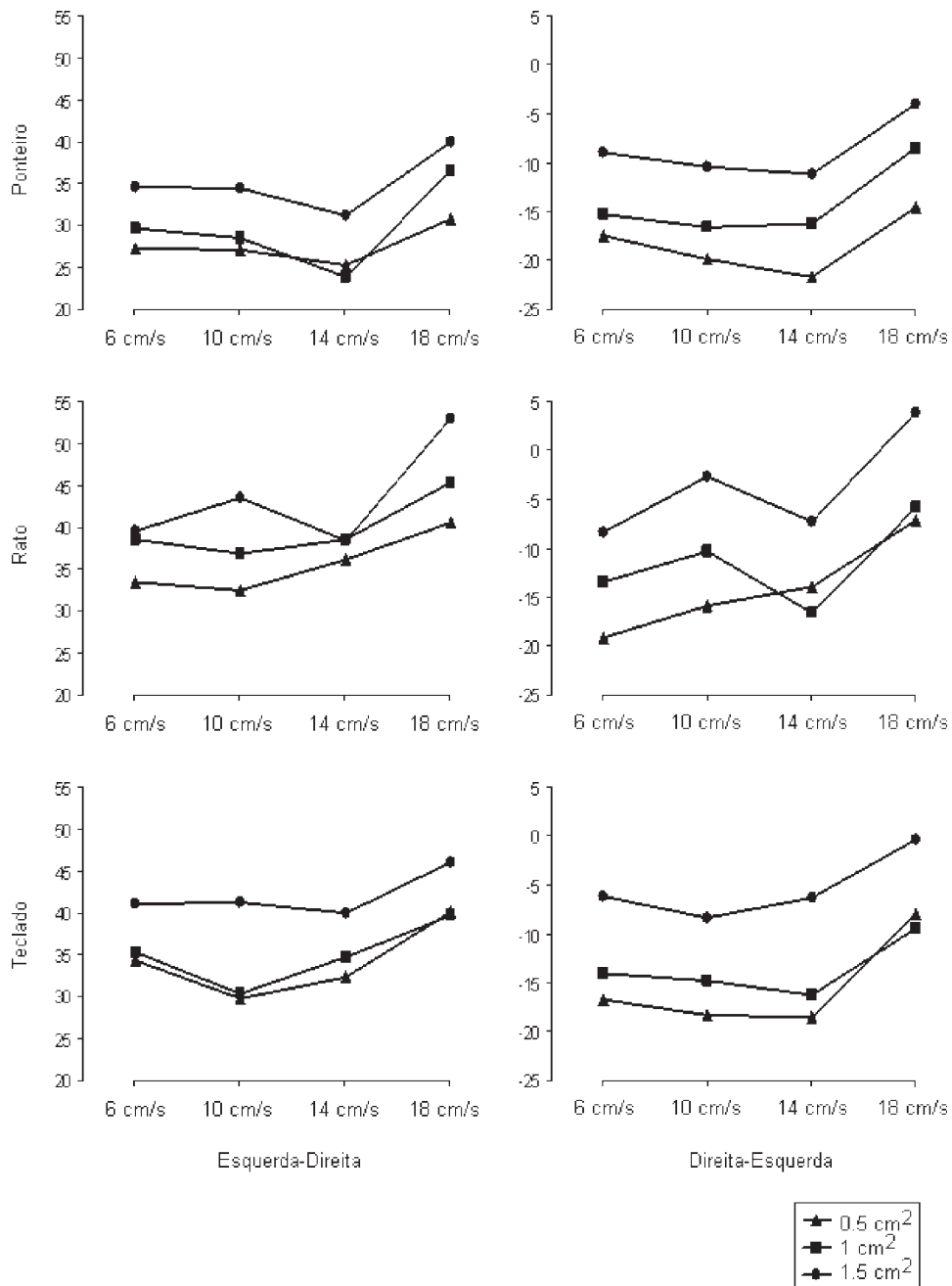
visível na separação vertical das linhas. A variável *Direcção do Movimento* produz também diferenças evidentes, com um MR positivo para o sentido esquerdadireita e negativo para o sentido direitaesquerda. Adicionalmente, é possível notar que o maior efeito no MR foi obtido para as respostas dadas com o rato, seguidas pelas respostas com teclado e, por fim, com ponteiro.

No geral, os resultados estatísticos comprovam aqueles já assinalados pela inspecção visual. Todas as variáveis atingiram um efeito principal significativo: *Modalidade de Resposta*:  $F(2, 46) = 9.264, p < 0.01$ ; *Massa* (tamanho):  $F(2, 46) = 132.021, p < 0.01$ ; *Velocidade*:  $F(1.482, 42.374) = 27.858, p < 0.01$ ; *Direcção*,  $F(1, 23) = 312.804, p < 0.01$ . Adicionalmente, nenhuma interacção atingiu a significância estatística, o que é conforme ao padrão de paralelismo observado.

Um conjunto de comparações múltiplas subsequentes (com correcção de Bonferroni) revelou o seguinte perfil de diferenças: a modalidade “ponteiro” distingue-se significativamente da modalidade “rato” ( $p < 0.01$ ); por outro lado, todos os níveis de *Massa* (tamanho dos alvos) se distinguem entre si ( $p < 0.01$ ). Já na variável *Velocidade*, de acordo com a sugestão fornecida pela inspecção visual, apenas o último nível se distingue dos restantes ( $p < 0.01$ ).

No conjunto, o paralelismo global observado suporta um modelo de tipo aditivo para a integração perceptiva da *Massa Implícita* e da *Velocidade*. Embora este tipo de desenho experimental não permita excluir em definitivo um modelo de média com pesos iguais em ambos os factores (também de tipo aditivo), a combinação de considerações de plausibilidade física e de parcimónia permitem encarar como bastante mais provável uma regra puramente *sumativa*, isto é:

**Figura 1 - Gráficos factoriais da *Velocidade* (eixo dos xx) × *Massa Implícita* (parâmetro da curva), separados por *Direcção* (colunas) e *Modalidade de Resposta* (linhas)**



$$MR = c_0 + f(\text{Massa}) + g(\text{Velocidade}) \quad (2)$$

sendo  $c_0$  um parâmetro individual, e  $f$  e  $g$  funções psicofísicas das dimensões “massa implícita” e “velocidade”, respectivamente.

### Discussão e Conclusão

O efeito sistemático da direcção do movimento na magnitude do MR constitui um resultado digno de nota, já que, apesar de alguns estudos apontarem para um MR inferior na direcção direitaesquerda (Halpern and Kelly, 1993; Kerzel, 2003), tal facto não tem sido consistentemente reportado pela literatura (cf. Hubbard, 2005). Uma explicação definitiva para este efeito encontra-se fora do escopo da presente experiência, que confunde duas variáveis potencialmente relevantes, a saber, a direcção do movimento do objecto e a direcção do acto motor de resposta (no presente estudo o sentido da resposta motora coincide invariavelmente com o do movimento do objecto). A título provisório, podem admitir-se como hipóteses explicativas uma lateralização preferencial da percepção do movimento (interagindo eventualmente com a excentricidade do ponto de desaparecimento do alvo), a existência de uma preferência motora pela direcção esquerdadireita (pelo menos quando a mão direita é utilizada para a resposta), ou ainda uma combinação dos dois casos anteriores. Os efeitos observados da velocidade seguem genericamente o padrão reportado na literatura sobre MR; no entanto, face ao comportamento ilustrado pelos gráficos, é possível que os níveis mais baixos do factor velocidade utilizados no nosso estudo tenham sido afectados por dificuldades de discriminação perceptiva.

No que se refere aos efeitos de massa, e como referimos na introdução, o presente estudo parece ser o primeiro a relatar efeitos robustos desta variável em movimentos de tipo horizontal. Apesar da existência de apenas dois trabalhos efectivamente publicados, a ausência de MR horizontal associado a variações do tamanho do alvo parece ter sido aceite como consensual, uma opção contrariada pelos resultados da presente investigação. Neste contexto, merece particular destaque a diferença algébrica entre as equações 1 e 2: um fenómeno fisicamente multiplicativo é assim tomado como intrinsecamente aditivo pelo sistema perceptivo-cognitivo, sublinhando o desacordo entre “física normativa” e “física ingénua” dos eventos dinâmicos. Adicionalmente, os dados ilustram a integração consistente de variáveis cinemáticas (velocidade) e dinâmicas (massa) na determinação do MR. O padrão de integração é essencialmente equivalente ao encontrado por de Sá Teixeira & Oliveira (2007) em cenários colisionais, sugerindo um mecanismo funcional similar em ambos os casos. Contudo, os efeitos da “massa sugerida” (através de variações do tamanho do alvo) requerem qualificações adicionais: dado que a localização do centro geométrico se torna progressivamente mais incerta com o aumento do tamanho do objecto, convirá replicar os efeitos observados com instruções que pedem a localização da extremidade do alvo no momento da sua desaparecimento (permitindo excluir uma eventual interacção do MR com a incerteza da localização como explicação para os efeitos devidos à manipulação do tamanho). Por fim, as diferenças registadas entre os diferentes tipos de resposta apontam para o envolvimento do circuito percepção-acção na determinação da magnitude do MR. Considerando as diferentes latências

associadas a cada modalidade de resposta, é possível que o curso temporal do MR (crescente, no caso de movimentos implícitos, até cerca de 300 ms, e decrescente em seguida) constitua um dos mecanismos através dos quais a relação percepção-acção influi no momento representacional.

### Referências bibliográfica

- Anderson, N. H. (1974). Information integration theory: a brief survey. In D. H. Krantz, R. C. Atkinson, R. D. Luce & P. Suppes (Eds.). *Contemporary Developments in Mathematical Psychology (Volume II): Measurement, Psychophysics, and Neural Information Processing*. San Francisco: W. H. Freeman and Company.
- Anderson, N. H. (1981). *Foundations of information integration theory*. New York: Academic Press.
- Anderson, N. H. (1982). *Methods of information integration theory*. New York: Academic Press.
- Anderson, N. H. (1992). Integration psychophysics and cognition. In D. Algom (Ed.). *Psychophysical approaches to cognition* (pp. 13-114). Amsterdam: North Holland.
- Anderson, N. H. (1996). *A functional theory of cognition*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- Anderson, N. H. (2001). Information integration theory. *Psychologica*, 28, 4761.
- Anderson, N. H. (2004). Psychophysical law and psychological law. In A. M. Oliveira, M. Teixeira, G. F. Borges & A. J. Ferro (Eds.). *Proceedings Fechner Day 2004*. Coimbra: International Society for Psychophysics.
- Anderson, N. H., & Wilkening, F. (1991). Adaptive thinking in intuitive physics. In N. H. Anderson (Ed.). *Contributions to Information Integration Theory*. (pp. 142). Hillsdale: Erlbaum.
- Ashida, H. (2004). Action-specific extrapolation of target motion in human visual system. *Neuropsychologia*, 42, 1515-1524.
- Bertamini, M. (1993). Memory for position and dynamic representations. *Memory & Cognition*, 21, 449-457.
- Bertamini, M. (2002). Representational momentum, internalized dynamics, and perceptual adaptation. *Visual Cognition*, 9, 195-216.
- Brouwer, A. M., Franz, V. H., & Thornton, I. M. (2004). Representational momentum in perception and grasping: Translating versus transforming object. *Journal of Vision*, 4, 575-584.
- Choi, H., & Scholl, B. J. (2006). Measuring causal perception: Links to representational momentum? *Acta Psychologica*, 123, 91111.
- Cooper, L. A., & Munger, M. P. (1993). Extrapolations and remembering positions along cognitive trajectories: Uses and limitations of analogies to physical momentum. In N. Eilen, R. McCarthy, & B. Brewer (Eds.), *Spatial representation: Problems in philosophy and psychology*. Cambridge, MA: Blackwell.
- Daum M M, Frick A, (2004). Cognitive effects on representational momentum: The role of knowledge about the intention of an object, *Perception*, 33, ECVF Abstract Supplement.
- de Sá Teixeira, N. A., & Oliveira, A. M. (2007). An information integration approach to perception of causality through continuous behavioural measures. In S. Mori, T. Miyaoka, & W. Wong (Eds.), *Fechner Day 2007: Proceedings of the 23rd Annual Meeting of the International Society for*



- Psychophysics*. Tokyo, Japan: The International Society for Psychophysics (pp. 487-492).
- Freyd, J. J., & Finke, R. A. (1984). Representational momentum. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 10, 126-132.
- Gray, R., & Thornton, I. M. (2001). Exploring the link between time to collision and representational momentum. *Perception*, 30, 1007-1022.
- Halpern, A. R., & Kelly, M. H. (1993). Memory biases in left versus right implied motion. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 19, 471-484.
- Hubbard, T. L. (1995a). Cognitive representation of motion: Evidence for friction and gravity analogues. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 21, 241-254.
- Hubbard, T. L. (1995b). Environmental invariants in the representation of motion: Implied dynamics and representational momentum, gravity, friction, and centripetal force. *Psychonomic Bulletin & Review*, 2, 322-338.
- Hubbard, T. L. (1996). Representational momentum, centripetal force, and curvilinear impetus. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 22, 1049-1060.
- Hubbard, T. L. (1997). Target size and displacement along the axis of implied gravitational attraction: Effects of implied weight and evidence of representational gravity. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 23, 1484-1493.
- Hubbard, T. L. (1999). How consequences of physical principles influence mental representation: The environmental invariants hypothesis. In P. R. Killeen & W. R. Uttal (Eds.). *Fechner Day 99: The end of 20th century psychophysics. Proceedings of the 15th Annual Meeting of the International Society for Psychophysics*. Tempe, AZ, USA: The International Society for Psychophysics (pp. 274-279).
- Hubbard, T. L. (2005). Representational momentum and related displacements in spatial memory: A review of the findings. *Psychonomic Bulletin & Review*, 12, 822-851.
- Jacobs, D. M., Runeson, S., & Michaels, C. F. (2001). Learning to Visually Perceive the Relative Mass of Colliding Balls in Globally and Locally Constrained Task Ecologies. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 27, 1019-1038.
- Kerzel, D. (2002). A matter of design: No representational momentum with predictability. *Visual Cognition*, 9, 66-80.
- Kerzel, D. (2003). Centripetal force draws the eyes, not memory of the target, toward the center. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 29, 458-466.
- Kerzel, D. (2005). Representational momentum beyond internalized physics: Embodied mechanisms of anticipation cause errors of visual short-term memory. *Current Directions in Psychological Science*, 14, 180-184.
- Kerzel, D., & Gegenfurtner, K. R. (2003). Neuronal processing delays are compensated in the sensorimotor branch of the visual system. *Current Biology*, 13, 1975-1978.
- Kozhevnikov, M., & Hegarty, M. (2001). Impetus beliefs as default heuristics: Dissociation between explicit and implicit knowledge about motion. *Psychonomic Bulletin & Review*, 8, 439-453.

- Léoni, V., Mullet, E., & Chasseigne, G. (2002). Aging and intuitive physics. *Acta Psychologica, 111*, 1, 29-43.
- Runeson, S. (1995). Support for the cue-heuristic model is based on suboptimal observer performance: Response to Gilden and Proffitt (1994). *Perception & Psychophysics, 57*, 1262-1273.
- Runeson, S., & Frykholm, G. (1981). Visual perception of lifted weight. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance, 7*, 733-740.
- Runeson, S., & Frykholm, G. (1983). Kinematic specification of dynamics as an informational basis for person-and-action perception: Expectation, gender recognition, and deceptive intention. *Journal of Experimental Psychology: General, 112*, 585-615.
- Runeson, S., & Vedeler, D. (1993). The indispensability of precollision kinematics in the visual perception of relative mass. *Perception & Psychophysics, 53*, 617-632.
- Runeson, S., Juslin, P., & Olsson, H. (2000). Visual perception of dynamic properties: Cue heuristics versus direct perceptual competence. *Psychological Review, 107*, 525-555.
- Schlottman, A., & Anderson, N. H. (1993). An information integration approach to phenomenal causality. *Memory & Cognition, 21*, 785-801.
- Shepard, R. N. (1984). Ecological constraints on internal representation: Resonant kinematics of perceiving, imaging, thinking, and dreaming. *Psychological Review, 91*, 417-447.
- Verfaillie, K., & d'Ydewalle, G. (1991). Representational momentum and event course anticipation in the perception of implied periodical motions. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 17*, 302-313.
- Vicentini, M., & Vidotto, G. (2006). Integration of distance, slope and friction in intuitive physics. In D. E. Kornbrot, R. M. Msetfi, & A. W. MacRae (Eds.). *Fechner Day 2006: Proceedings of the 22th Annual Meeting of the International Society for Psychophysics*. St. Albans: ISP.
- Weiss, D. J. (2006). *Analysis of variance and functional measurement: a practical guide*. New York: Oxford University Press.
- Zago M., & Lacquaniti F. (2005). Cognitive, perceptual and action-oriented representations of falling objects. *Neuropsychologia, 43*, 178-188.