

6 - Percepção háptica: propriedades físicas e funcionais de raquetas de ténis de mesa e *badminton* em crianças e idosos

Danny Ferreira & David Catela

6.1. Introdução

6.1.1. Enquadramento

A percepção háptica é uma capacidade não visual que permite determinar propriedades físicas e funcionais de um objeto que é sustentado. (Turvey, 1996). Esta capacidade depende da resistência que o objeto oferece (Kloos & Amazeen, 2002), seja qual for a densidade do meio em que o objeto é sustentado ativamente (e.g., Pagano & Donahue, 1999; Pagano & Cabe, 2003). A consistência percetiva, i.e., a tendência para a percepção se manter constante, embora as mudanças na estimulação, sustenta a hipótese e a importância do conceito de invariante percetiva (Gibson, 1966), i.e., uma variável de estimulação que se mantém constante. No entanto, há constrangimentos intrínsecos que condicionam a capacidade afinada de detetar tais invariantes. Costa, Catela e Barreiros (2008) verificaram que crianças com 5 anos foram mais sensíveis que crianças de 4 anos ao peso de uma haste na estimativa do seu comprimento (cf., Kloos & Amazeen, 2002), estimando a mais leve como mais curta, e que a correção na identificação de qual a haste mais pesada estava diretamente associada à idade (cf., Kloos & Amazeen, 2002, sobre ilusão tamanho-peso). Também verificaram que na haste leve, os dados tendiam a não ter distribuição normal; talvez porque o menor peso do objeto dificultasse a determinação do seu comprimento.

Se o peso de um objeto influencia a percepção que temos das suas características, então, deve ser importante para podermos estimar não visualmente com mais precisão as suas propriedades físicas e funcionais. Tal é particularmente importante quando usamos um instrumento desportivo, por exemplo uma raqueta, e não podemos focar a nossa atenção visual durante a ação (Carello, Thout, Andersen & Turvey, 1999). Girão, Seabra e Catela (2004) e Louro (2005), verificaram que as crianças conseguem diferenciar a localização do comprimento e do centro de percussão de raquetas de *badminton* e de ténis de mesa.

Os mecanismos perceptivos não visuais devem estar envolvidos na utilização de um instrumento desportivo, de modo a ajustarmos melhor a nossa ação motora (Turvey, 1996). Aqueles mecanismos perceptivos mais relacionados com a resistência oferecida por um objeto empunhado, e que se localizam mais a nível muscular-articular e menos a nível tátil, têm sido considerados como enquadrando a percepção háptica (Gibson, 1966). Quando sustentado, conseguimos estimar hapticamente o comprimento de um objeto longilíneo e uniforme (e.g., Fitzpatrick, Carello & Turvey, 1994), com suficiente acuidade, independentemente da sua localização espacial e dos processos neuromusculares envolvidos (articulações mobilizadas), i.e., o sistema háptico deteta invariantes físicas (Solomon, Turvey & Burton, 1989).

Ter um sistema que é capaz de detetar invariantes físicas, significa que seja qual for o comprimento ou distribuição de massa de um objeto, podemos estimar até onde podemos alcançar com determinado objeto, como no caso de quem está a jogar com uma raqueta. Observe-se que uma raqueta não é um objeto com distribuição homogénea de massa, mas os estudos realizados com objetos não homogéneos permitem afirmar que o sistema háptico também deteta invariantes elipsoides e não está dependente do conhecimento prévio da natureza do objeto sustentado ativamente (Burton, Turvey & Solomon, 1990).

Essencialmente, a percepção da distribuição tridimensional da massa num objeto ou nos seus vários segmentos, constrange as estimativas de comprimento, por exemplo, a diminuição do diâmetro de varas sustentadas ativamente influencia a percepção de comprimento dessas varas, porque a força que é necessário produzir para movimentar a vara em torno do seu eixo longitudinal também se altera (e.g., Carello, Fitzpatrick, Flascher & Turvey, 1998). O importante neste fenómeno não é o da ilusão perceptiva mas o da deteção de informação sobre o objeto estar sustentada pelas suas propriedades físicas. São quantidades físicas e não quantidades psicológicas as que explicam a percepção do comprimento de um objeto sustentado (Stroop, Turvey, Fitzpatrick & Carello, 2000).

A inércia provocada pela forma e peso de um instrumento desportivo, desdobrada em efeitos distintos conforme o eixo de rotação em que o instrumento é movimentado e o local da pega onde o instrumento é segurado, permite ao sistema háptico captar diversificada informação, que separada ou combinada favorece a estimativa de propriedades físicas parciais desse objeto, i.e., em direções distintas a partir do local de pega (e.g., Turvey, Park, Dumais & Carello, 1998), e de propriedades funcionais, por exemplo, o melhor local para bater noutro objeto (numa bola ou num volante) (e.g., Santana & Carello, 1999; Shockley, Grocki, Carello, & Turvey, 2001; Wagman & Carello, 2001). A riqueza da informação extraída hapticamente permite independência das estimativas do comprimento e do centro de percussão (i.e., do melhor local para bater noutro objeto) de um instrumento (Cooper, Carello & Turvey, 1999).

Porque se sustenta a conceção de perceção háptica em propriedades físicas universais, é possível assumir-se, tal como foi referido anteriormente, a expressão de invariância, i.e., aquilo que não varia, e.g., é possível estimar o comprimento de uma vara quando ela é sustentada estaticamente ou dinamicamente (Burton & Turvey, 1990), ou, quando ela é movimentada no ar ou dentro de água, sendo que neste caso concreto quem percecione consegue detetar de modo seletivo o padrão de forças associadas à inércia do objeto, separadamente daquele associado ao meio em que age (e.g., Pagano & Cabe, 2003). Tal significa que o sistema perceptivo háptico tem uma capacidade muito consistente de fornecer ao sistema motor informação facilitadora da regulação afinada ação motora.

Existem dois estudos publicados que abordaram diretamente a capacidade de se percecione o centro de percussão de raquetas de ténis de campo, o de Carello, Thuot, Andersen e Turvey (1999), com jovens adultos, que revelou a possibilidade de detetar tal propriedade funcional daquele instrumento desportivo, independentemente do nível de experiência dos participantes; e, o de Carello, Thuot e Turvey (2000), com idosos, e que incluiu também bastões de basebol, revelando que também estes conseguem detetar o centro de percussão embora de modo mais conservador, i.e., percecione os objetos como mais curtos comparativamente com adultos, discrepância que se acentuava com o comprimento do objeto sustentado. Girão, Seabra e Catela (2005) e Louro (2005), realizaram dois estudos com crianças entre os 5 e os 12 anos, tendo encontrado que estas conseguem diferenciar comprimento e centro de percussão em raquetas de ténis de mesa e raquetas de *badminton*; no entanto, nestes estudos com crianças não foi controlada a variável peso do objeto.

Esta capacidade permite a adultos e idosos, experientes ou não, detetar propriedades físicas e funcionais de um objeto desportivo, por exemplo, uma raqueta, através da sua manipulação, sem informação visual (Turvey & Carello, 1995; Turvey, 1996; Carello, Thuot, Anderson & Turvey, 1999; Carello, Thuot & Turvey, 2000). É deste modo que se coloca a hipótese de tais mecanismos perceptivos poderem detetar um tensor de inércia invariável, tido como a quantificação das propriedades do objeto empunhado (e do corpo), o qual pode gerar deformação nos tecidos e, por esta via, propiciar informação sobre propriedades do objeto (Solomon & Turvey, 1988; Turvey, 1996; Turvey & Carello, 1995). A ser assim, um modelo tensorial de toque dinâmico possibilita a testagem desta hipótese.

O tocar dinâmico fornece meios para um indivíduo percecione as propriedades de um objeto que é empunhado e simultânea ou subsequentemente regulando a produção e aplicação de torques na manipulação desse objeto de modo a satisfazer determinado objetivo (Wagman & Carello, 2001). Propriedades como o tamanho, forma global e orientação de um objeto não visível serão percecionadas em função da magnitude das inércias nos vários planos do movimento, assumidas como correspondentes aos eixos cartesianos (Turvey & Carello, 1995).

A inércia de rotação não pode ser quantificada por um único número, pois o objeto pode rodar em várias direções. Assume-se que ele se movimenta em três direções principais, referentes aos eixos cartesianos x , y e z , a partir de um ponto O (no caso do nosso estudo a articulação do pulso), sofrendo diferentes resistências conforme a rotação ocorra nas várias direções, porque a resistência oferecida é diferente conforme o eixo em que o objeto é movimentado; por exemplo, um objeto longilíneo e homogêneo oferece menor resistência quando rodado em torno do eixo longitudinal que quando movimentado no plano horizontal ou no plano sagital. Assim sendo, a percepção da resistência à ação de sustentação e movimentação de um objeto empunhado pelos indivíduos pode ser representada por valores, designados de *eigenvalues* (Amazeen & Turvey, 1996) (figura 6.1.).

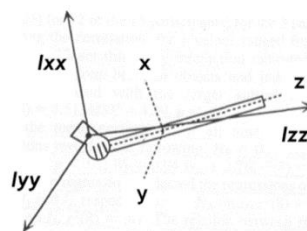


Figura 6.1. Representação dos eixos cartesianos e dos respectivos *eigenvalues*, tendo como origem o centro articular do pulso, em função de um objeto longilíneo e homogêneo empunhado.

Os *eigenvalues* são a dimensão dada aos *eigenvectores*, os quais são definidos pelas principais direções, os eixos de simetria. Representando uma parte substancial do que é necessário para caracterizar tamanhos, formas e orientação de objetos, permite construir uma representação geométrica de um objeto e da sua inércia elipsoide, que envolve a essência da distribuição da sua massa (figura 6.2.). Os *eigenvalues* formam uma figura elipsoide correspondente às magnitudes dos objetos enquanto os *eigenvectores* formam uma figura elipsoide para as direções vetoriais dos objetos (Carello & Turvey, 2000).

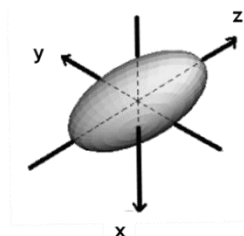


Figura 6.2. Simulação de uma figura elipsoide, em função dos eixos cartesianos, para um objeto longilíneo não homogêneo.

Para o sistema de coordenadas $Oxyz$, esses *eigenvalues* representam a resistência do corpo rígido à aceleração de rotação no ponto O . Este tensor é representável por uma matriz de 3×3 simétrica, composta por nove números, três dos quais estão na grande diagonal e quantificam

os momentos de inércia (I_{xx} , I_{yy} , I_{zz}), enquanto que os restantes seis quantificam os produtos de inércia (I_{xy} , I_{xz} , I_{yx} , I_{yz} , I_{zx} , I_{zy}), simetricamente iguais (Goldstein, 1980; Kibble, 1985; Symon, 1971), refletindo eventual assimetria de distribuição de massa do objeto (figura 6.3.).

$$\begin{pmatrix} I_{xx} & I_{xy} & I_{xz} \\ I_{yx} & I_{yy} & I_{yz} \\ I_{zx} & I_{zy} & I_{zz} \end{pmatrix} \xrightarrow{\text{Diagonalização}} \begin{pmatrix} I_1 & & \\ & I_2 & \\ & & I_3 \end{pmatrix}$$

Figura 6.3. Representação dos momentos de inércia e dos produtos de inércia numa matriz de 3X3.

Para um objeto com critério longitudinal, simétrico e massa homogeneamente distribuída, à maior resistência oferecida pelo mesmo é atribuído o *eigenvalue* I_1 , correspondente a I_{xx} , associado ao seu eixo longitudinal. Este *eigenvalue* é tido como o que melhor permite representar a perceção do comprimento do objeto (Wagman & Carello, 2001). À menor resistência oferecida pelo objeto é atribuído o *eigenvalue* I_3 , correspondente a I_{zz} , no caso de uma raqueta este valor varia com o diâmetro do cabo, quanto maior o seu diâmetro maior a resistência oferecida (Fitzpatrick et al., 1994). Este *eigenvalue* é tido como o que melhor permite representar a perceção da espessura do objeto (Carello, Fitzpatrick, Flascher & Turvey, 1998; Chan, 1995; Fitzpatrick et al., 1994; Solomon et al., 1989b; Turvey et al., 1998). O rácio de I_1/I_3 também é relevante para distinção de forma, e.g., entre hemisfério e cone (Burton & Turvey, 1990; Burton, Turvey & Solomon, 1990; Fitzpatrick et al., 1994). No entanto, a perceção da esfericidade geral de um objeto é propiciada pelo *eigenvalue* I_2 ; num objeto cilíndrico os *eigenvalues* I_1 e I_2 são iguais ou idênticos (Turvey et al., 1998). No caso de uma raqueta supomos que o I_2 possa aproximar-se de I_1 porque a cabeça da raqueta é oval.

Como objetos diferentes têm distribuições de massa diferentes, resistirão de modo diferente ao serem rodados em diferentes direções. Em termos de tensor de inércia, a quantificação da distribuição da massa propicia a distinção de diferentes propriedades do objeto e entre objetos de formato idêntico mas proporções distintas, como é o caso de diferentes raquetas. Como os *eigenvalues* se reportam a resistências à aceleração rotacional nos eixos de simetria, com origem no fulcro da articulação do segmento que sustenta o objeto, e os *eigenvectores* são os seus eixos simétricos, o sistema háptico tem fontes de informação distintas que permitem detetar distintas propriedades do objeto ou entre objetos.

Com base neste modelo teórico, pretendemos verificar se dados de crianças e idosos sobre estimativas de comprimento e localização de centro de percussão de raquetas de ténis de mesa e de *badminton*, diferentes no peso e comprimento, resultam em alterações quantitativas nos valores *eigen*.

6.1.2. Apresentação do problema

Será que os idosos mantêm as capacidades de percepção háptica?

Poderão os *eigenvalues* ser um instrumento válido para a definição de propriedades físicas dos instrumentos desportivos, permitindo um melhor ajuste para diferentes estágios de desenvolvimento motor?

6.1.3. Objetivos

- Verificar a influência do peso, em crianças e idosos, na estimativa de propriedades físicas e funcionais de um instrumento desportivo;
- Verificar a influência do comprimento, em crianças e idosos, na estimativa de propriedades físicas e funcionais de um instrumento desportivo;
- Testar o modelo teórico mediante verificação da relação de escala entre *eigenvalues* (e.g., $I_1 > I_2 > I_3$) e confrontação entre dimensão dos valores dos *eigenvalues* e os resultados decorrentes das estimativas realizadas pelos participantes;
- Verificar se os idosos mantêm as capacidades de percepção háptica;
- Averiguar se os *eigenvalues* podem ser um instrumento válido para a definição de propriedades físicas dos instrumentos desportivos, permitindo um melhor ajuste para diferentes estágios de desenvolvimento motor.

6.2. Métodos

6.2.1. Caracterização da amostra

A amostra contemplou 57 crianças ($8,82 \pm 0,38$ anos, 31 meninos e 26 meninas) e 64 idosos ($71,3 \pm 4,46$ anos, 19 homens e 45 mulheres).

6.2.2. Equipamentos e materiais

Foram usadas três raquetas: uma de ténis de mesa leve (comprimento: 26,2 cm; peso: 97 g; percussão: 18,1 cm), uma de ténis de mesa pesada (comprimento: 25,7 cm; peso: 176 g; percussão: 18 cm), e uma de *badminton* (comprimento: 66,3 cm; peso: 95 g; percussão: 54,2 cm). As raquetas de ténis de mesa leve e de *badminton* possuíam pesos idênticos.

6.2.3. Tarefas, procedimentos e protocolos

Foi obtido consentimento informado dos encarregados de educação das crianças e dos idosos e, adicionalmente, assentimento das crianças. A amostra foi dividida em dois grupos, um para a análise da influência do peso, outra para a análise da influência do comprimento. Num protocolo idêntico ao de Carello, Thuot, Anderson e Turvey (1999), os participantes sustentaram na mão direita uma de duas raquetas de ténis de mesa e uma raqueta de *badminton*, ocultada por uma cortina, com o antebraço apoiado sobre uma mesa. Os participantes estimaram duas localizações: i) comprimento da raqueta; e, ii) onde bateriam na bola (figura 6.4.).



Figura 6.4. Contexto experimental: raqueta de ténis de mesa (esquerda) e raquetas de *badminton* (centro-esquerda e centro-direita). A imagem à direita mostra o aparelho de registo utilizado para indicar o comprimento e a distância para o centro de percussão das raquetas.

Para evitar efeito sobre os resultados por fadiga, aborrecimento, ou outros fatores, cada participante realizou um ensaio por condição com duas das três raquetas. Os participantes não sabiam que objeto estavam a sustentar. A ordem de apresentação das raquetas e estimativas das localizações foram alternadas entre participantes. Foi medida a largura e profundidade do pulso de cada participante e distância do centro articular ao centro de percussão e à extremidade de cada raqueta. Foram estimados os *eigenvalues* de acordo com Fitzpatrick, Carello e Turvey (1994), e Stroop, Turvey, Fitzpatrick e Carello (2000) e Winter (1990).

6.2.4. Desenho experimental e limitações

Este é um estudo quase experimental, essencialmente comparativo, e de testagem de modelo teórico, com nível único de cegueira. De modo a compensar o número de ensaios realizados por participante, procurou-se alargar o tamanho das amostras; facto que foi bem aceite pelo Professor Michael Turvey (ICPA, 2013). Se a percepção háptica é uma realidade, ela deve atuar continuamente, sem necessidade de adaptação a tarefa ou contexto. Nesta perspetiva, usar um único ensaio permite testar o modelo teórico de modo mais exigente.

6.2.5. Variáveis em estudo

Tabela 6.1. Tabela identificativa das variáveis em estudo.

Variável Independente	Tipo	Variável Dependente	Tipo
Grupo Etário	Nominal	Comprimento e Centro de Percussão	Intervalar

6.3. Resultados

Os *eigenvalues* obtidos sustentam o modelo teórico de Turvey e Carello (1995) (tabelas 6.2. e 6.3.). Momentos de inércia, produtos de inércia e, conseqüentemente, *eigenvalues* foram diferentes nos dois grupos etários, destacando a interação entre constrangimentos intrínsecos e extrínsecos. O modelo teórico de Newell (1986), o qual prevê que a ação coordenativa emerge da interação de constrangimentos do atuante, da tarefa e do envolvimento, está bem arquitetado nas equações necessárias para a estimativa dos *eigenvalues*, por exemplo, um comprimento de mão maior nos idosos há de ter resultado numa distância entre centro de massa do membro e centro de massa da raqueta, o que adicionado com uma largura e uma espessura maiores do pulso dos idosos, resulta numa distinta influência da força da gravidade.

Tabela 6.2. *Eigenvalues* estimados para o comprimento das raquetas de ténis de mesa e de badminton.

Variável Peso						
Raqueta	Ténis de Mesa Leve			Ténis de Mesa Pesada		
<i>Eigenvalues</i>	I_1	I_2	I_1	I_2	I_3	I_3
Idosos	11629,4	8414,4	3815,9	13896,3	11661	5265,5
Crianças	9678,6	7155,2	3120,5	10116,6	8479,4	4261,2
Variável Comprimento						
Raqueta	Badminton			Ténis de Mesa Leve		
<i>Eigenvalues</i>	I_1	I_2	I_3	I_1	I_2	I_3
Idosos	19495	15679,6	4146	10802,7	7703,7	3494,8
Crianças	13321,4	10685,8	2959,8	9120,4	6690,3	2803,6

Os *eigenvalues* também demonstram diferenças topológicas entre raquetes, sustentando a hipótese de contribuições diferenciais de cada *eigenvalue* para a percepção da topologia da raquete (Fitzpatrick, Carello & Turvey, 1994), e.g., o *eigenvalue* I_1 é maior para a raqueta de badminton que para o ténis de mesa, e, o I_2 aumenta com o peso nas raquetas de ténis de mesa e com a raquete de badminton (tabelas 6.2. e 6.3.).

Tabela 6.3. *Eigenvalues* estimados para centro de percussão das raquetas de ténis de mesa e de *badminton*.

Variável Peso						
Raqueta	Ténis de Mesa Leve			Ténis de Mesa Pesada		
<i>Eigenvalues</i>	I_1	I_2	I_1	I_2	I_3	I_3
Idosos	9514,7	6889,9	15072,1	11425,3	3977,3	4596,2
Crianças	8156,7	5845,9	9344,7	6888,2	2780,8	3162,2
Variável Comprimento						
Raqueta	Badminton			Ténis de Mesa Leve		
<i>Eigenvalues</i>	I_1	I_2	I_3	I_1	I_2	I_3
Idosos	15072,1	11425,3	3977,3	8974,1	6497,4	2872,5
Crianças	9344,7	6888,2	2780,8	7624,2	5422,1	2575,6

Consequentemente, crianças e idosos estimam diferenciadamente o comprimento e centro de percussão. Adicionalmente, o peso induziu a uma sobreavaliação do comprimento e da localização do centro de percussão (cf. Kloos & Amazeen, 2002), em particular nos idosos (tabela 6.4.); i.e., a raqueta de ténis de mesa mais pesada resultou em estimativas superiores às da raqueta de ténis de mesa mais leve, no entanto esta última era efetivamente ligeiramente mais comprida. Contudo, é de realçar que a estimativa do comprimento da raqueta de *badminton* continua a ser superior às para as raquetas de ténis de mesa, embora fosse mais leve que ambas estas últimas. Resultado este que vem reforçar a hipótese de contribuições diferenciais de cada *eigenvalue* para a perceção da topologia de uma certa raqueta (Fitzpatrick, Carello & Turvey, 1994).

Tabela 6.4. Estimativas (cm) (média \pm desvio padrão) para a raqueta de ténis de mesa e *badminton* (leve, pesada), por faixa etária (crianças, idosos) e por localização (comprimento; centro de percussão).

Raqueta	Ténis de Mesa Leve		Ténis de Mesa Pesada		Badminton	
Grupo	Crianças	Idosos	Crianças	Idosos	Crianças	Idosos
Comprimento	26,2 \pm 7,85	26,46 \pm 9,30	27,4 \pm 5,78	31,4 \pm 6,96	34,0 \pm 10,82	42,0 \pm 9,16
Centro de Percussão	22,3 \pm 8,33	21,6 \pm 8,69	22,2 \pm 7,98	27,8 \pm 10,61	26,7 \pm 7,19	34,0 \pm 11,70

6.4. Discussão

Através do cálculo dos *eigenvalues* referente às diferentes raquetas, verificou-se que os resultados obtidos nos estudos realizados confirmam que o modelo teórico (Turvey & Carello, 1995) tende a representar o que na realidade acontece, por instrumento desportivo e por grupo etário. É interessante verificar como as diferenças antropométricas entre as mãos de idosos e crianças se repercutiram naturalmente nos *eigenvalues* estimados, mas também, e principalmente, como a diferença das estimativas entre os grupos etários coincidiu com o

previsto pelo modelo teórico, via momentos e produtos de inércia. O modelo teórico permite(iu) fazer previsões, decorrente da expressão dos *eigenvalues*.

A grande variedade de peso nas raquetas disponíveis no mercado é, por si mesma, indiciadora da dificuldade ou ausência de critério na definição desta propriedade física. Decorrente dos resultados do nosso estudo e de outros (Kloos & Amazeen, 2002; Costa, 2008), que evidenciam a influência do peso do objeto na percepção não visual do seu comprimento, e porventura de outras propriedades topológicas (e.g., dimensão da pega), afigurasse-nos possível que o recurso a este modelo teórico e, essencialmente, às respectivas equações, propicie uma estimativa de pesos mais adequados para principiantes.

6.5. Conclusões e recomendações

6.5.1. Conclusões

O presente estudo alargou para crianças e confirmou em idosos, os resultados encontrados com raquetes de ténis de campo (Carello, Thuot, Anderson & Turvey, 1999; Carello, Thuot & Turvey, 2000), e para raquetes não anteriormente testadas. Os resultados indicam que os idosos mantêm as capacidades de percepção háptica. Os *eigenvalues* podem ser um instrumento válido para a definição de propriedades físicas dos instrumentos desportivos, permitindo melhor ajuste para diferentes estágios de desenvolvimento motor.

6.5.2. Recomendações para estudos futuros

Seria interessante replicar o estudo em invisuais e verificar de que forma se comportam os resultados, assim como testar/investigar a aprendizagem em crianças numa fase inicial através da utilização de raquetas mais pesadas e menos compridas. Importante ainda seria fazer uma sensibilização para a investigação junto dos fabricantes de instrumentos desportivos de modo a adaptar da melhor forma as suas propriedades físicas a determinada idade em questão.

6.6. Referências bibliográficas

Amazeen, E. L., & Turvey, M. T. (1996). Weight perception and the haptic size-weight illusion are functions of the inertia tensor. *J Exp Psychol Hum Percept Perform*, 22(1), 213-232.

-
- Burton, G., & Turvey, M. T. (1990). Perceiving the lengths of rods that are held but not wielded. *Ecological Psychology*, 2, 295-324.
- Burton, G., Turvey, M.T., & Solomon, H.Y. (1990). Can shape be perceived by dynamic touch? *Percept Psychophys.*, 48(5), 477-87. Burton, G., Turvey, M.T., & Solomon, H.Y. (1990). Can shape be perceived by dynamic touch? *Percept Psychophys.*, 48(5), 477-87.
- Carello, C., & Turvey, M. T. (2000). Rotation Invariants and Dynamic Touch. 1-30.
- Carello, C., Fitzpatrick, P., Flascher, I., & Turvey, M.T. (1998). Inertial eigenvalues, rod density, and rod diameter in length perception by dynamic touch. *Percept Psychophys.*, 60(1), 89-100.
- Carello, C., Thuot, S., & Turvey, M. T. (2000). Aging and the perception of a racket's sweet spot. *Human Movement Science*, 19, 1-20.
- Carello, C., Thuot, S., Anderson, K. L., & Turvey, M. T. (1999). Perceiving the sweet spot. *Perception*, 28(3), 307-320.
- Chan, T. C. (1995). The effect of density and diameter on háptica perception of rod length. *Perception and Psychophysics*, 57(6), 778-786.
- Cooper, M.M., C. Carello, & Turvey, M.T. (1999). Further Evidence of Perceptual independence (Specificity) in Dynamic Touch. *Ecological Psychology*, 11(4), 269-281.
- Costa, S., Catela, D., & Barreiros, J. (2008). Percepção háptica em crianças de 4-5 anos de idade: Detecção do comprimento e localização relativa da pega num objecto pequeno axialmente simétrico. In D.Catela & J.Barreiros (Eds.), *Estudos em Desenvolvimento Motor da Criança* (pp. 51-62). Rio Maior, Portugal: Edições Escola Superior de Desporto de Rio Maior.
- Costa, S., Catela, D., Barreiros, J. (Ed.). (2008). *Percepção háptica em crianças de 4-5 anos de idade: Detecção do comprimento e localização relativa da pega num objecto pequeno axialmente simétrico* (ESDRM Edições ed. Vol. 1). Rio Maior.
- Fitzpatrick, P., Carello, C., & Turvey, M. T. (1994). Eigenvalues of the inertia tensor and exteroception by the "muscular sense". *Neuroscience*, 60(2), 551-568.
- Gibson, J. J. (1966). The senses considered as perceptual systems. *Boston: Houghton Mifflin*.
- Girão, J.C.P., Seabra, A.P., & Catela, D. (2004). Percepção Háptica de características intrínsecas das raquetas de Ténis de Mesa e de Badminton em crianças. *Revista Portuguesa de Ciências do Desporto*, 4 (suplemento), 287-288.
- Goldstein, H. (1980). *Classic mechanics*. Reading, MA: Addison-Wesley.
- Kibble, T. W. B. (1985). *Classic mechanics*. London: Logman.
- Kloos, H., & Amazeen, E. L. (2002). Perceiving heaviness by dynamic touch: An investigation of the size-weight illusion in preschoolers. *British Journal of Developmental Psychology*, 20, 171-183.
- Louro, D.J.S. (2005). Percepção Háptica em Crianças de 5 e 6 anos de Propriedades Físicas e Funcionais das Raquetas de Ténis de Mesa e Badminton. Monografia de Licenciatura, não publicada. Escola Superior de Desporto de Rio Maior - Instituto Politécnico de Santarém. Rio Maior.
-

- Newell, K. M. (1986). Constraints on the development of coordination. In M. G. Wade and H.T.A. Whiting (eds.), *Motor Development in Children: Aspects of Coordination and Control* (pp. 341-360). Boston: Martinus Nijhoff.
- Pagano, C., & Cabe, P. (2003). Constancy in Dynamic Touch: Length perceived by dynamic touch is invariant over changes in media. *Ecological Psychology*, 15(1), 1-17.
- Pagano, C., & Donahue, K.G. (1999). Perceiving the lengths of rods wielded in different media. *Perception & Psychophysics*, 61, 1336-1344.
- Santana, M.V., & Carello, C. (1999). Perceiving whole and partial extents of small objects by dynamic touch. *Ecological Psychology*, 11, 283-307.
- Shockley, K., Grocki, M., Carello, C., & Turvey, M.T. (2001). Somatosensory attunement to the rigid body laws. *Experimental Brain Research*, 136, 133-137.
- Solomon, H. Y., Turvey, M. T., & Burton, G. (1989a). Gravitational and muscular variables in perceiving rod extent by wielding. *Ecological Psychology*, 1(3), 265-300.
- Solomon, H.Y., & Turvey, M.T. (1988). Haptically perceiving the distance reachable with hand-held objects. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 14, 404-427.
- Solomon, H. Y., Turvey, M. T., & Burton, G. (1989a). Gravitational and muscular variables in perceiving rod extent by wielding. *Ecological Psychology*, 1(3), 265-300.
- Solomon, H.Y., Turvey, M.T., & Burton, G. (1989b). Perceiving extents rod extents by wielding: haptic diagonalization and decomposition of the inertia tensor. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 15(1), 58-68.
- Stroop, M., Turvey, M. T., Fitzpatrick, P., & Carello, C. (2000). Inertia tensor and weight-percept models of length perception by static holding. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 26(3), 1133-1147.
- Symon, K. (1971). *Mechanics*. New York: Addison-Wesley.
- Turvey, M. T. (1996). Dynamic touch. *American Psychologist*, 51, 1134-1152.
- Turvey, M. T., & Carello, C. (1995). Dynamic touch. In W. Epstein & S. Rogers (Eds.), *Handbook of Perception and Cognition* (pp. 401-490). New York: Academic Press.
- Turvey, M.T., Park, H., Dumais, S.M., & Carello, C. (1998). Nonvisible Perception of Segments of a Hand-Held Object and the Attitude Spinor. *Journal of Motor Behavior*, 30, 3-19.
- Wagman, J.B., & Carello, C. (2001). Affordances and Inertial Constraints on Tool Use. *Ecological Psychology*, 13, 173-195.
- Winter, D. A. (1990). Biomechanics and Motor Control of Human Movement. *Anthropometry*, 51-74.