

## NOTE DI RICERCA



# AZIONE E COGNIZIONE: UNO STUDIO SULL'EFFETTO DEL MOVIMENTO NELLA PERCEZIONE DEL TEMPO

ENRICO FREGONI E ELOISA VALENZA

*Università di Padova*

*Riassunto.* Una peculiarità della cognizione temporale è che essa si costruisce su proprietà relate alle azioni (i.e., durata, velocità, ritmo). È quindi plausibile ipotizzare che la percezione e la rappresentazione del tempo risultino influenzate dall'esperienze motoria. Questo studio ha indagato gli effetti di un movimento motorio in un compito di stima temporale (i.e., battere un tamburo in concomitanza di un suono ritmico percepito acusticamente), in presenza (i.e., gruppo sperimentale) o in assenza (i.e., gruppo di controllo) di un movimento eseguito fra due battiti successivi. I risultati dimostrano che il gruppo sperimentale è più preciso del gruppo di controllo probabilmente perché ha potuto beneficiare di un maggior numero di informazioni: quelle provenienti dalla traccia sonora e quelle provenienti dai sensori propriocettivi coinvolti nel movimento del braccio.

## 1. INTRODUZIONE

Il tempo è una delle dimensioni fondamentali lungo la quale gli esseri viventi organizzano e rappresentano la realtà (Malapani e Fairhurst, 2002; van Marle e Wynn, 2006). Adulti umani si dimostrano capaci di elaborare grandezze temporali attraverso processi automatici simili per molti aspetti a quelli utilizzati da altre specie animali (es. Malapani e Fairhurst, 2002; Meck e Church, 1983; Wearden, 1999). Studi recenti dimostrano inoltre che la capacità di discriminare diverse grandezze temporali è già presente precocemente in infanti di soli 6 mesi (Brannon, Suanda e Libertus, 2007; Gava, Valenza, Di Bono e Tosatto, 2012; van Marle e Wynn, 2006). Complessivamente questi risultati suggeriscono che la conoscenza del tempo non richieda né sofisticati processi inferenziali né rappresentazioni di tipo linguistico, ma dipenda da un sistema generale di rappresentazione delle grandezze che risulta essere coinvolto nella rappresentazione dello spazio e dei numeri, oltre che del tempo (Bonato, Zorzi e Umiltà, 2012; Walsh, 2003). Diversi studi hanno infatti dimostrato che negli adulti la rappresentazione del tempo rimanda ad una rappresentazione spaziale simile ad una linea nella quale concetti temporali quali *prima e dopo*, *passato e futuro* vengono collocati in posizioni oppo-

ste. Per esempio, in compiti di stima di durate temporali si rilevano risposte più veloci quando i soggetti devono premere il tasto di una tastiera collocato a sinistra in corrispondenza di suoni di breve durata, e a destra in corrispondenza di suoni di lunga durata (Conson, Cinque, Barbarulo e Trojano, 2008; Vallesi, Binns e Shallice, 2008). È interessante notare che l'associazione tra tempo e spazio risulta modulata da esperienze concrete percettive e motorie, in particolare dalla direzione che caratterizza la scrittura e la lettura: sinistra-destra nelle culture occidentali (Ouellet, Santiago, Israeli e Gabay, 2010), destra-sinistra nella cultura ebraica (Ouellet *et al.*, 2010), alto-basso nella cultura cinese (Boroditsky, Fuhrman e McCormick, 2011; Miles, Tan, Noble, Lumsden e Macrae, 2011). Complessivamente questi studi evidenziano un'importante peculiarità della rappresentazione del tempo, ovvero che essa non si basa su proprietà fisiche degli oggetti come il colore o la forma, ma risulta influenzata piuttosto da proprietà relate alle azioni. Qualsiasi tipo di azione per essere efficace (es. passeggiare, guidare, suonare, ecc.) richiede una serie di movimenti temporalmente coordinati che si prestano ad essere descritti nei termini di *durata, velocità, ritmo*. Quindi l'azione e la cognizione temporale sono intrinsecamente connesse ed è pertanto plausibile ipotizzare che l'esecuzione di un'azione faciliti la percezione di una durata temporale. L'obiettivo di questo studio è verificare questa ipotesi.

L'ipotesi che l'esecuzione di un'azione possa incrementare l'efficacia di un'abilità cognitiva è in linea con alcune evidenze empiriche che mettono in relazione abilità motorie e cognitive in bambini di età scolare e prescolare (James, 2010; Maouene, Hidaka e Smith, 2008; Wassenberg *et al.*, 2005) e in infanti (Smith e Thelen, 2003; Thelen, 2000). Ad esempio è stato dimostrato che l'apprendimento di calcoli matematici può risultare facilitato dall'uso di gesti (Goldin-Meadow, Cook e Mitchell, 2009). Gli autori hanno indagato le abilità di bambini di 9-10 anni ai quali veniva richiesto di risolvere diverse equazioni matematiche che avevano tutte la forma:  $x + y + z = \_ + z$  (es.  $3 + 2 + 8 = \_ + 8$ ). Le prestazioni di un gruppo sperimentale, addestrato all'uso di gesti delle dita che favorivano strategie di raggruppamento delle prime due cifre (es. indica con le dita a V le prime due cifre), sono state confrontate con quelle di un gruppo di controllo non addestrato all'uso di gesti. I risultati di questo studio dimostrano che l'uso del gesto migliora le prestazioni dei bambini del gruppo sperimentale che esplicitano l'utilizzo di una strategia di raggruppamento nella loro spiegazione del modo in cui hanno risolto il problema. Secondo Goldin-Meadow *et al.* (2009) questi dati suggeriscono quindi che il gesto può facilitare l'apprendimento di calcoli matematici complessi aiutando i bambini ad estrarre le informazioni rilevanti per la soluzione di un problema dai movimenti della propria mano.

L'ipotesi che l'esecuzione di un'azione possa incrementare l'efficacia della percezione di una durata temporale è in linea anche con la letteratura che ha dimostrato che la rappresentazione di un evento temporale è multimodale e richiede la sincronizzazione delle informazioni percepite attraverso una modalità con quelle percepite in un'altra modalità sensoriale (Lewkowicz, 2000).

Una persona che suona un violino è un esempio paradigmatico di una rappresentazione multimodale caratterizzata da contiguità temporale: non appena il violinista tocca le corde con l'archetto un osservatore può vedere come le azioni del braccio sono temporalmente contigue al suono che sente. Per esempio, può vedere che ad un'accelerazione del movimento del braccio corrisponde un incremento nel ritmo del suono. Diversi studi hanno dimostrato che gli adulti percepiscono la sincronizzazione temporale di input presentati in diverse modalità (Dixon e Spitz, 1980; Massaro, 1998; Massaro, Cohen e Smeele, 1996; McGrath e Summerfield, 1985) e che tale abilità emerge nel corso dello sviluppo (Lewkowicz, 2000).

In linea con la prospettiva neurocostruttivista, che ipotizza una stretta relazione tra corpo e mente e quindi tra azione e cognizione (Clark, 1999; Westerman, Mareschal, Johnson, Sirois, Spratling e Thomas, 2007), l'obiettivo principale di questo studio è stato quello di indagare gli effetti della presenza/assenza di un movimento motorio in un compito di stima temporale. Ci aspettiamo che la precisione nelle stime temporali sia più accurata quando viene eseguito un movimento motorio nell'intervallo di tempo tra due battiti successivi (es. gruppo sperimentale) rispetto a quando non viene eseguito nessun movimento motorio nell'intervallo di tempo tra due battiti successivi (es. gruppo di controllo).

## 2. METODO

### 2.1. *Campione*

I soggetti che hanno partecipato all'esperimento sono stati 35 bambini, 17 maschi e 18 femmine con età media di 9,75 anni ( $DS = 1,52$ ). I soggetti sono stati casualmente assegnati a due gruppi: *Gruppo sperimentale con movimento* ( $n = 15$ ) e *Gruppo di controllo senza movimento* ( $n = 15$ ). 5 soggetti (2 maschi e 3 femmine) sono stati scartati perché non hanno rispettato la consegna nell'esecuzione del compito. Lo studio è stato approvato dal Comitato Etico della Ricerca Psicologica – Area 17 – dell'Università degli Studi di Padova. Tutti i genitori dei bambini partecipanti sono stati informati della modalità e degli scopi della ricerca e hanno firmato il consenso informato prima

dell'inizio della sessione sperimentale. L'esperimento è stato condotto presso la sede del gruppo AGESCI di Manerbio (BS).

## 2.2. *Stimoli*

Attraverso il software Steinberg Cubase 5, è stata creata una traccia MIDI (*Musical Instrument Digital Interface*) contenente il suono di un tamburo con battiti regolari. All'inizio della traccia erano presenti 4 battiti preparatori, di diverso suono e con intervalli inter-battito pari a un quarto degli intervalli successivi. Il formato MIDI permette di riprodurre la traccia a velocità variabili, consentendo di modificare la frequenza dei battiti.

## 2.3. *Apparato*

Un tamburo è stato collegato ad una scheda audio esterna (frequenza di campionamento: 96 Khz) connessa ad un computer portatile. Attraverso il sistema computer-scheda audio, è stata gestita sia la traccia audio udita dal soggetto attraverso una cuffia, sia la registrazione dei battiti eseguiti dal bambino sul tamburo. Le caratteristiche tecniche della scheda audio hanno permesso di portare al valore 0 la latenza di registrazione: questo significa che il tempo necessario all'apparato per elaborare il suono e registrarlo è da considerarsi nullo. Questa caratteristica è essenziale, come vedremo, per poter calcolare la precisione dei battiti dei soggetti.

## 2.4. *Procedura*

La prova sperimentale comprendeva tre fasi. Nella prima fase (*fase di familiarizzazione*) a ciascun bambino è stato lasciato un minuto di tempo per prendere dimestichezza con il tamburo e la bacchetta in legno consentendogli di suonare lo strumento liberamente usando la mano dominante. Nella seconda fase (fase di addestramento) è stato chiesto al bambino di indossare la cuffia dalla quale poteva percepire la traccia audio che consisteva in un suono ritmico con un intervallo inter-battito regolare di 3 secondi (es. 20 bpm). I soggetti del gruppo di controllo venivano istruiti a battere sul tamburo nello stesso momento del suono percepito in cuffia. Al gruppo sperimentale veniva data la stessa consegna (es. battere sul tamburo in corrispondenza del suono percepito), in più, veniva richiesto di muovere la bacchetta negli intervalli fra un battito e l'altro. Tale movimento simulava il movi-

mento del battere, senza però che ci fosse contatto fra la bacchetta e il tamburo. In questa fase lo sperimentatore verificava che i bambini avessero compreso la consegna del compito, e in caso contrario, la rispiegava. La fase successiva consisteva nella prova vera e propria (*fase sperimentale*). Ai soggetti veniva chiesto di ripetere il compito della fase precedente, con l'avvertenza che la velocità dei battiti sarebbe cambiata. Infatti, per escludere che la pregressa esperienza alla frequenza dei battiti influisse sui risultati, la velocità della traccia stimolo è stata portata a 30 bpm (intervallo inter-battito = 2 sec). Questa fase aveva una durata prefissata di 2 minuti, pertanto, i battiti da eseguire erano 60.

### 3. RISULTATI

Per ciascun soggetto è stato calcolato il *valore medio di precisione* corrispondente alla differenza fra il momento del battito compiuto dalla traccia audio e il momento del battito eseguito dal soggetto. Per ottenere questo dato è stata confrontata la traccia stimolo con la traccia di output dei diversi soggetti ottenendo, battito per battito, una misura dello scarto espressa in millisecondi. Questo valore quantitativo non indica però la modalità con la quale il battito è stato eseguito, ovvero non ci dice se il soggetto ha percosso il tamburo in anticipo o in ritardo rispetto al battito della traccia stimolo. Per avere informazioni qualitative sulla modalità di battuta è stata quindi ricavata la percentuale di battiti fatti in anticipo o in ritardo rispetto ai battiti stimolo della traccia audio, in modo da poter osservare eventuali differenze nei gruppi anche dal punto di vista qualitativo. In tabella 1 sono riportate la media e la deviazione standard della *precisione* (espressa in millisecondi) e la % di battute posticipate ottenute nei 2 gruppi.

Per verificare se il gruppo sperimentale, che ha utilizzato il movimento nell'intervallo fra i battiti, è più preciso del gruppo di controllo, è stata effettuata un'analisi della varianza univariata con un unico fattore fra i soggetti GRUPPO a due livelli (sperimentale *vs.* controllo). È risultato che la differenza fra i due gruppi è statisticamente significativa  $F(1,28) = 25,589$ ;  $p < 0,05$ ,  $\eta_p^2 = .477$ .

Come si vede dalla tabella 1, è emersa la tendenza ad anticipare la battuta nel gruppo sperimentale con movimento e a posticiparla nel gruppo di controllo. È stata quindi condotta una seconda analisi della varianza univariata con un unico fattore fra i soggetti GRUPPO a due livelli (sperimentale *vs.* controllo) per verificare se il gruppo sperimentale e quello di controllo si differenziano anche per le modalità di battuta. È emersa una differenza significativa  $F(1,28) = 23,694$ ;  $p < 0,05$ ,  $\eta_p^2 = .458$ .

TAB. 1. *Precisione e posticipi nei 2 gruppi (effect size: d di Cohen = 1.86)*

	PRECISIONE MEDIA (millisecondi)	DEVIAZIONE STANDARD	% POSTICIPI
Gruppo sperimentale con movimento	141	56	37,85
Gruppo di controllo senza movimento	336	138	79,26

#### 4. DISCUSSIONE

I risultati delle analisi soprariportate dimostrano che un compito di stima temporale come quello da noi proposto viene facilitato dall'esecuzione di un movimento tra una battuta e la successiva: infatti il gruppo sperimentale, addestrato ad eseguire un movimento motorio nell'intervallo di tempo tra due battiti successivi, manifesta una maggior precisione nella stima di una durata temporale rispetto al gruppo di controllo che non ha eseguito nessun movimento motorio. Anche la modalità di battuta è diversa nei due gruppi esaminati: infatti mentre il gruppo sperimentale tende ad anticipare il battito, il gruppo di controllo tende a posticiparlo.

Complessivamente quindi i risultati di questo studio supportano l'ipotesi che l'esecuzione di un'azione faciliti la percezione di una durata temporale. Probabilmente il gruppo sperimentale ha potuto usufruire di una maggior quantità di informazioni rispetto al gruppo di controllo in quanto ha potuto integrare le informazioni provenienti dalla traccia sonora con quelle provenienti dai sensori propriocettivi coinvolti nel movimento del braccio. Anche i dati sulla modalità di battuta sembrano in linea con questa interpretazione. Infatti, nei bambini che non compiono il movimento (es. nel nostro studio il gruppo di controllo) la battuta risulta prevalentemente posticipata probabilmente perché per questi bambini sono disponibili unicamente le informazioni provenienti dai suoni che sentono in cuffia e quindi essi tendono ad aspettare il segnale acustico prima di realizzare la battuta. Al contrario il gruppo con il movimento (es. nel nostro studio il gruppo sperimentale) può fruire anche delle informazioni propriocettive e infatti tende ad anticipare la battuta cioè ad eseguire la battuta non appena ha concluso il movimento che realizza tra una battuta e l'altra.

Complessivamente i risultati di questo studio sono in linea con la letteratura che ha dimostrato che la rappresentazione di un evento temporale risulta facilitata quando è multimodale (es. Dixon e Spitz, 1980; Lewkowicz, 2000; Massaro, 1998; Massaro, Cohen e Smele, 1996; Myer, Cotton e Hilp, 1981), e più in generale con la letteratura che ritiene che le rappresentazioni mentali non rappresen-

tino in modo astratto la realtà ma siano legate alle esperienze sensoriali e motorie che le hanno plasmate (es. *embodiment cognition*, neurocostruttivismo, teoria dei sistemi dinamici). A questo proposito ci sembra importante sottolineare un aspetto non direttamente rilevabile dai dati, ma a nostro avviso comunque interessante. Alcuni bambini della condizione senza movimento hanno spontaneamente esibito dei movimenti per tenere il tempo: c'era chi batteva ritmicamente il piede, chi accennava il ritmo con la testa e chi batteva la mano libera dalla bacchetta sul tavolo. Tali soggetti sono stati esclusi dall'esperimento per non influire sui risultati, tuttavia il loro comportamento ci induce a pensare che, se il movimento emerge in maniera così spontanea in un compito di stima temporale, evidentemente esso risulta funzionale per la percezione e la rappresentazione del tempo. A proposito di questa stretta relazione fra movimento e rappresentazione temporale, va ricordato che la rappresentazione di durate temporali risulta modulata da una rappresentazione spaziale sinistra-destra (es. lunghe durate-sinistra *vs.* brevi durate-destra; Conson *et al.*, 2008; Vallesi *et al.*, 2008), supportando l'ipotesi che, nella cultura occidentale, la rappresentazione del tempo sia influenzata da un'abitudine motoria frequente, ovvero la scrittura da sinistra verso destra. I risultati del nostro studio estendono questa conclusione dimostrando che compiti di stima temporale come quello da noi proposto risultano facilitati anche dall'esecuzione di un movimento la cui direzione non è compatibile con la rappresentazione spaziale sinistra-destra. Infatti, il movimento motorio eseguito dal gruppo sperimentale, ma anche quelli spontaneamente prodotti dai soggetti esclusi, avvenivano seguendo una traiettoria alto-basso.

Il corpo quindi non agisce solo come strumento di manipolazione dell'ambiente o come mezzo per spostarsi nello spazio, ma fornisce *cue* motori alla cognizione ed è quindi intrinsecamente implicato nell'elaborazione di rappresentazioni astratte, come la durata di un intervallo temporale.

In conclusione ci auguriamo che la ricerca futura approfondisca lo studio della relazione tra azione e cognizione temporale soprattutto per le implicazioni applicative che ciò può comportare per gli individui che manifestano deficit a carico dell'elaborazione temporale (es. soggetti ADHD).

## BIBLIOGRAFIA

- BONATO M., ZORZI M., UMITÀ C. (2012). When time is space: Evidence for a mental time line. *Neuroscience and Behavioural Reviews*, 36, 2257-2273.
- BORODITSKY L., FUHRMAN O., MCCORMICK K. (2011). Do English and Mandarin speakers think about time differently? *Cognition*, 118, 123-129.

- BRANNON E.M., SUANDA S., LIBERTUS K. (2007). Temporal discrimination increase in precision over development and parallels the development of numerosity discrimination. *Developmental Science*, 10, 770-777.
- CONSON M., CINQUE F., BARBARULO A.M., TROJANO L. (2008). A common processing system for duration, order and spatial information: Evidence from a time estimation task. *Experimental Brain Research*, 187, 267-274.
- CLARK A. (1999). An embodied cognitive science? *Trends in Cognitive Sciences*, 3, 345-351.
- DIXON N.F., SPITZ L.T. (1980). The detection of auditory visual desynchrony. *Perception*, 9, 719-721.
- GAVA L., VALENZA E., DI BONO M.G., TOSATTO C. (2012). Discrimination and ordinal judgments of temporal durations at 3 months. *Infant Behaviour and Development*, 35, 751-760.
- GOLDIN-MEADOW S., COOK S.W., MITCHELL Z.A. (2009). Gesturing gives children new ideas about math. *Psychological Science*, 3, 267-272.
- JAMES K.H. (2010). Sensori-motor experience leads to changes in visual processing in the developing brain. *Developmental Science*, 13, 279-288.
- LEWKOWICZ D.J. (2000). The development of intersensory temporal perception: An epigenetic systems/limitations view. *Psychological Bulletin*, 126 (2), 281-308.
- MALAPANI C., FAIRHURST S. (2002). Scalar timing in animals and humans. *Learning and Motivation*, 33, 156-176.
- MAOUENE J., HIDAKA S., SMITH L.B. (2008). Body parts and early-learned verbs. *Cognitive Science*, 32, 1200-1216.
- MASSARO D.W. (1998). *Perceiving talking faces: From speech perception to a behavioral principle*. Cambridge, MA: MIT Press.
- MASSARO D.W., COHEN M.M., SMEELE P.M.T. (1996). Perception of asynchronous and conflicting visual and auditory speech. *Journal of the Acoustical Society of America*, 100 (3), 1777-1786.
- MCGRATH M., SUMMERFIELD Q. (1985). Intermodal timing relations and audio-visual speech recognition by normal-hearing adults. *Journal of the Acoustical Society of America*, 77, 678-685.
- MECK W.H., CHURCH R.M. (1983). A mode control model of counting and timing process. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 9, 320-334.
- MILES L.K., TAN L., NOBLE G.D., LUMSDEN J., MACRAE C.N. (2011). Can a mind have two time lines? Exploring space-time mapping in Mandarin and English speakers. *Psychonomic Bulletin & Review*, 18, 598-604.
- SMITH L.B., THELEN E. (2003). Development as a dynamic system. *Trends in Cognitive Science*, 7, 343-348.
- MYERS A.K., COTTON B., HILP H.A. (1981). Matching the rate of concurrent tone bursts and light flashes as a function of flash surround luminance. *Perception & Psychophysics*, 30, 33-38.
- OUELLET M., SANTIAGO J., ISRAELI Z., GABAY S. (2010). Is the future the right time? *Experimental Psychology*, 57, 308-314.
- RUSCONI E., KWAN B., GIORDANO B.L., UMLILT C., BUTTERWORTH B. (2006). Spatial representation of pitch height: The SMARC effect. *Cognition*, 99, 113-129.
- THELEN E. (2000). Grounded in the world: Developmental origins of the embodied mind. *Infancy*, 1, 3-28.
- VALLESI A., BINNS M.A., SHALLICE T. (2008). An effect of spatial-temporal association of response codes: Understanding the cognitive representations of time. *Cognition*, 107, 501-527.

- VAN MARLE K., WYNN K. (2006). Six-month-old infants use analog magnitudes to represent duration. *Developmental Science*, 9, 41-49.
- WASSENBERG R., KESSELS A.G.H., KALFF A.C., HURKS P.P.M., JOLLES J., FERON F.J.M., HENDRIKSEN J.G.M., KROES M., BEEREN M., VLES J.S.H. (2005). Relation between cognitive and motor performance in 5-to 6-year-old children: Results from a large-scale cross-sectional study. *Child Development*, 76, 1092-1103.
- WEARDEN J.H. (1999). «Beyond the fields we know»: Exploring and developing scalar timing theory. *Behavioural Processes*, 45 (1-3), 3-21.
- WESTERMANN G., MARESCHAL D., JOHNSON M.H., SIROIS S., SPRATLING M.W., THOMAS M.S.C. (2007). Neuroconstructivism. *Developmental Science*, 10, 75-83.

[Ricevuto il 12 gennaio 2015]

[Accettato l'11 febbraio 2015]

### **Action and cognition: a study on the effect of movement on time perception.**

*Summary.* A feature of temporal cognition is that it is built on properties linked to action (i.e., duration, speed and rhythm). It is therefore plausible to assume that temporal perception and representation are affected by motor experience. The present study investigated the influence of movement in a time-estimation task (i.e., to beat a drum concurrently with a rhythmic sound acoustically perceived) in the presence (i.e., experimental group) or in the absence (i.e., control group) of a movement performed between two subsequent beats. Findings showed that experimental group is more accurate than control group probably because it benefited of more information: those from the soundtrack and those from the proprioceptive sensors involved in the movement of the arm.

*Keywords:* time perception, embodiment cognition, children.

*La corrispondenza va inviata a Enrico Fregoni, Via Brescia 56, 25020 Bassano Bresciano (BS). E-mail: enrico.fregoni@studenti.unipd.it*

