

EFFETTI COMPORTAMENTALI E ELETTROFISIOLOGICI DI UN LIMITE COGNITIVO

FRANCESCA PESCIARELLI, ROBERTO DELL'ACQUA,
DANIELA PALOMBA E REMO JOB

Università di Padova e Università di Ferrara

Riassunto. In un esperimento basato sulla presentazione seriale rapida di stimoli visivi, due stimoli *target* sono stati presentati ad intervalli di tempo variabili nella stessa posizione spaziale. Il primo stimolo *target* (T1) era un numero. Il secondo stimolo *target* era la lettera «E» (T2), che veniva presentata nel 25% delle prove. Il compito sperimentale prevedeva di riferire, in assenza di pressione temporale sulla risposta, l'identità di T1 e la presenza o meno di T2. Oltre all'accuratezza, è stato calcolato il potenziale evocato (PE) associato alla presentazione di T2. I risultati hanno messo in luce un effetto *Attentional Blink* (AB): l'accuratezza nel giudicare la presenza di T2 diminuiva al diminuire dell'intervallo temporale tra T1 e T2. Vi era inoltre una correlazione tra effetto AB e componente P3 del PE: l'effetto AB è risultato direttamente proporzionale all'intensità media della componente P3 del PE registrato a partire dalla presentazione di T2.

INTRODUZIONE

L'effetto *Attentional Blink* (AB; Raymond, Shapiro e Arnell, 1992) è ritenuto una dimostrazione dei limiti implicati nell'identificare due stimoli visivi presentati in sequenza a intervalli di tempo inferiori a 500-600 ms. Negli studi AB, vengono di norma presentate 20 lettere nere in *Rapid Serial Visual Presentation* (RSVP), ognuna per una durata di 100 ms. Due delle lettere nere vengono sostituite con lettere bianche, e ai soggetti viene chiesto di indicare, al termine della presentazione di tutte le lettere, l'identità delle due lettere bianche. La manipolazione sperimentale di maggiore interesse concerne il numero di lettere nere tra la prima lettera bianca (T1) e la seconda lettera bianca (T2). Se tra T1 e T2 intercorrono 6 o più lettere (e quindi, 600 o più ms), la percentuale di risposte corrette a T1 e a T2 è elevata (85-90%). Se il numero di lettere tra T1 e T2 è inferiore, la per-

Gli autori desiderano ringraziare Francesco Vespignani per l'insostituibile aiuto fornito nella fase di registrazione ed elaborazione dei dati elettrofisiologici. Durante lo svolgimento della presente ricerca, Francesca Pesciarelli ha beneficiato di un finanziamento da parte dell'Ateneo di Padova (fondi START-UP 1998 - resp. R. Cubelli). Le richieste di ulteriori informazioni circa tutti gli aspetti della presente ricerca sono da inviarsi a F.P. (francesca.pesciarelli@unipd.it).

centuale di risposte corrette a T1 rimane immutata, mentre diminuisce nettamente la percentuale di risposte corrette a T2.

L'AB è stato considerato da alcuni evidenze di una soglia quantitativa nelle risorse attentive disponibili al sistema visivo (Shapiro, Raymond e Arnell, 1994), o al sistema visivo e a quello uditivo (Duncan, Martens e Ward, 1997). Altri sostengono che l'AB sia dovuto a limiti strutturali del sistema cognitivo, e attribuiscono il deficit nelle risposte a T2 ai processi di consolidamento dell'informazione in memoria a breve termine (MBT; Chun e Potter, 1995; Jolicoeur e Dell'Acqua, 1998).

Negli studi sul fenomeno AB si è recentemente introdotta la misurazione del potenziale evocato (PE) associato alla presentazione di T2. Vogel, Luck e Shapiro (1998; Luck, Vogel e Shapiro, 1996) hanno presentato ai loro soggetti serie RSVP composte da 19 lettere in colore nero e un numero in colore rosso. Il numero era presentato in posizione T1, e una delle lettere presentate dopo T1 era presentata in colore rosso. La lettera rossa, presentata 100, 300, o 700 ms dopo T1, poteva essere la lettera E (T2) nel 25% dei casi o una qualsiasi altra lettera nel 75% dei casi. Il compito sperimentale era di indicare, senza alcuna pressione temporale sulla risposta, l'identità di T1, e se T2 era presente o meno tra gli stimoli che seguivano T1. I dati comportamentali hanno messo in luce un effetto AB. I dati elettrofisiologici hanno indicato una correlazione tra effetto AB e ampiezza di una componente del PE prodotto da T2. In coincidenza con il decremento dell'accuratezza nell'identificare T2, la componente P3 del PE risultava selettivamente soppressa. Vogel *et al.* conclusero che la causa dell'AB era la momentanea inibizione dei processi di generazione di tracce mnestiche MBT, l'attività dei quali è direttamente riflessa dalla componente P3 (cfr. Donchin, 1981).

Lo scopo del presente esperimento è connesso all'osservazione che parte dei risultati di Vogel *et al.* risultano incongruenti con quanto argomentato da Visser, Bischof e Di Lollo (1999). L'effetto AB ottenuto da Vogel *et al.* non era monotonicamente, ovvero, presentava un andamento ad U determinato dall'alta percentuale di risposte corrette a T2 (e da una P3 di ampiezza non diminuita) quando T2 era la lettera immediatamente seguente T1. L'alta percentuale di risposte corrette a T2 ad intervalli tra T1 e T2 brevissimi (≤ 100 ms) è un fenomeno noto nella letteratura sull'AB con il nome di *lag-1 sparing*. Dai risultati della meta-analisi eseguita da Visser *et al.* sulla quasi totalità dei risultati AB, si evincono alcuni principi che si riferiscono alla probabilità di ottenere *lag-1 sparing* in un esperimento AB. Ad esempio, *lag-1 sparing* si osserva con regolarità in condizioni sperimentali in cui a) sia massima l'omogeneità categoriale tra T1 e T2, e b) sia massima la somiglianza tra i compiti da eseguire in base alle informazioni veicolate

da T1 e T2. La presenza di *lag-1 sparing* nello studio di Vogel *et al.* costituisce un'eccezione, poiché *a*) T1 e T2 differivano categorialmente (T1: numero; T2: lettera), così come *b*) differivano i compiti su T1 e T2 (compito su T1: identificazione; compito su T2: rilevazione).

Usando una metodologia d'indagine molto simile a quella impiegata da Vogel *et al.*, ci proponiamo di replicare gli aspetti più interessanti dei loro risultati. Alla luce delle argomentazioni di Visser *et al.*, comunque, non ci aspettiamo che nel presente esperimento si evidenzino *lag-1 sparing*.

ESPERIMENTO

Metodo

Hanno preso parte all'esperimento 10 studenti. Gli stimoli erano costituiti da lettere nere e da numeri bianchi presentati sullo sfondo grigio chiaro di un monitor. In ogni prova, 22 caratteri erano presentati al centro del monitor, ciascuno per 100 ms e con un *Inter-stimulus Interval* (ISI) pari a 0 ms. Un numero di lettere che variava a caso tra 6 e 9 precedeva la presentazione di T1, che era un numero. Dopo T1, 0, 2, o 6 lettere erano presentate prima di T2, che era la lettera «E» (25% delle prove) o un'altra lettera a caso (75% delle prove). T2 poteva quindi essere presentato con uno *Stimulus Onset Asynchrony* (SOA) di 100, 300 o 700 ms rispetto a T1. L'esperimento era organizzato in 10 blocchi composti da 60 prove ciascuno. Per metà dei blocchi, i soggetti erano invitati ad ignorare T1 e a decidere circa la presenza o meno di T2. Per l'altra metà dei blocchi, i soggetti erano invitati a riferire l'identità di T1 e a decidere circa la presenza o meno di T2. I soggetti erano invitati a premere uno dei tasti della tastiera del computer per indicare quale numero era stato presentato come T1 e a premere il tasto «E» nel caso in cui T2 fosse stato presentato dopo T1. I soggetti erano esplicitamente informati che il tempo per le risposte non sarebbe stato registrato.

La registrazione elettroencefalografica (EEG) è stata effettuata con elettrodi posizionati sui siti Fz, Cz e Pz. I movimenti oculari verticali (EOG) sono stati registrati con due elettrodi posti sopra e sotto l'occhio sinistro. Le prove associate a artefatti oculari, movimenti o saturazione degli amplificatori sono state scartate (4%). Onde differenziali sono state ottenute sottraendo la forma d'onda prodotta nelle prove in cui T2 non era presente dalla forma d'onda prodotta nelle prove in cui T2 era presente. La componente P3 è stata stimata come l'ampiezza media del PE sotteso alle onde differenziali nella finestra temporale 400-800 ms post-stimolo, rispetto ai 200 ms di *baseline* pre-stimolo.

Le analisi statistiche (ANOVA) si sono concentrate sulle seguenti variabili dipendenti: la proporzione media di risposte corrette a T1, la proporzione media delle risposte corrette a T2, e l'intensità media (in mV) della componente P3 del PE calcolato a partire dalla presentazione di T2. Le analisi della proporzione media delle risposte corrette a T2 e del PE per T2 erano limitate alle prove in cui la risposta a T1 è risultata corretta. Le variabili indipendenti (entro i soggetti) sono state il compito su T1 (Ignora T1 *vs.* Riferisce T1), e l'SOA tra T1 e T2 (100 *vs.* 300 *vs.* 700 ms). Nelle analisi sul tracciato EEG, anche la sede di registrazione (Fz *vs.* Cz *vs.* Pz) è stata considerata come variabile indipendente. Una visione schematica dei risultati principali è riportata in figura 1.

Nel pannello superiore della figura 1 è riportata la proporzione media di risposte corrette a T2 in funzione dell'SOA tra T1 e T2, e in funzione del compito eseguito su T1. La funzione che descrive l'accuratezza nel rilevare T2 nella condizione in cui T1 poteva essere ignorato (simboli circolari) indica una prestazione generalmente migliore rispetto alla condizione in cui T1 doveva essere identificato e relativamente stabile al variare dell'SOA tra T1 e T2. La funzione che descrive l'accuratezza nel rilevare T2 nella condizione in cui T1 doveva essere riferito (simboli quadrati) indica un effetto AB: l'accuratezza nel rilevare la presenza di T2 cala considerevolmente al diminuire dell'SOA tra T1 e T2. Non risulta la presenza di *lag-1 sparing*. I risultati comportamentali sono analoghi a quanto si osserva nei PE calcolati a partire dalla presentazione di T2. I PE sono riportati in figura 1 in funzione del compito eseguito su T1 ed in funzione dell'SOA tra T1 e T2. Nella condizione in cui T1 poteva essere ignorato, la componente P3 (la componente positiva con un picco attorno ai 500 ms) risulta stabile al variare dell'SOA tra T1 e T2. Nella condizione in cui T1 doveva essere riferito, l'ampiezza media della componente P3 diminuisce al diminuire dell'SOA tra T1 e T2. Non risulta la presenza di *lag-1 sparing* neppure nei risultati elettrofisiologici.

Le analisi statistiche hanno messo in luce un'interazione significativa tra la variabile SOA e tipo di compito su T1, tanto in relazione ai dati comportamentali, $F(2,18) = 25.2$, $MSe = .01$, $p < .001$, quanto in relazione ai dati elettrofisiologici, $F(2,18) = 5.0$, $MSe = 11.2$, $p < .02$. L'accuratezza nel rilevare la presenza di T2 nella condizione «Riferisce T1» non differiva significativamente nelle condizioni SOA = 100 ms e SOA = 300 ms ($F < 1$). L'ampiezza media della componente P3 nella condizione «Riferisce T1» non differiva significativamente nelle condizioni SOA = 100 ms e SOA = 300 ms ($F < 1$). L'interazione tra SOA e compito su T1 evidenziata nei due pannelli inferiori di figura

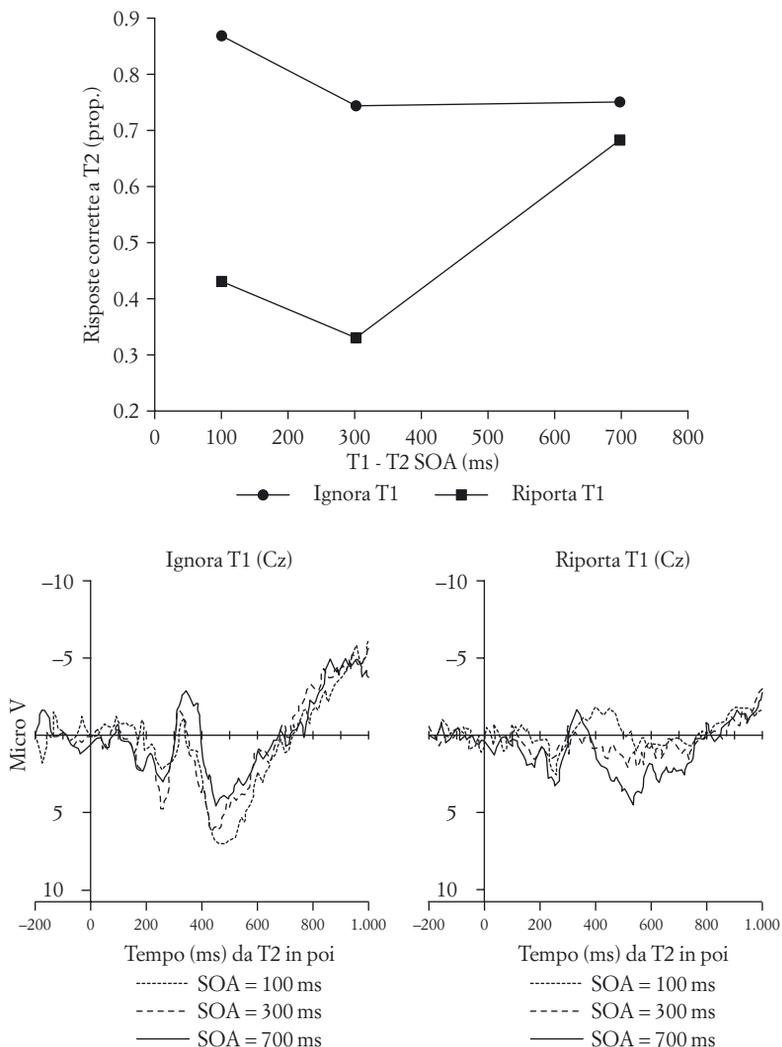


FIG. 1. PANNELLO SUPERIORE: Risposte corrette (proporzione media) a T2 in funzione dell'SOA tra T1 e T2, e in funzione del compito eseguito su T1 (Ignora T1 *vs.* Riferisce T1). PANNELLO INFERIORE SINISTRO: Potenziale evocato medio registrato in sede centrale (canale Cz) e riferito all'istante di presentazione di T2 nella condizione in cui T1 poteva essere ignorato (Ignora T1). Come da convenzione, la polarità positiva è riportata nella parte inferiore del grafico. L'ampiezza della componente P3 (con picco positivo attorno ai 500 ms) non varia al variare dell'SOA tra T1 e T2. PANNELLO INFERIORE DESTRO: Potenziale evocato medio registrato in sede centrale (canale Cz) e riferito all'istante di presentazione di T2 nella condizione in cui T1 doveva essere riferito (Riferisce T1). Come da convenzione, la polarità positiva è riportata nella parte inferiore del grafico. L'ampiezza della componente P3 decresce al diminuire dell'SOA tra T1 e T2.

1 è risultata costante al variare dei siti di registrazione del PE (Fz, Cz e Pz). Nell'ANOVA eseguita sui dati EEG, l'interazione tra SOA, compito su T1 e canale di registrazione era associata a $F < 1$.

La proporzione media delle risposte corrette a T1 è stata di .97. Nessuna variabile indipendente ha prodotto effetti significativi su questa variabile dipendente.

DISCUSSIONE

I risultati ottenuti da Vogel *et al.* sono stati replicati nel presente studio. Attraverso una metodologia d'indagine sostanzialmente uguale a quella impiegata da Vogel *et al.*, si è osservato un effetto AB: al diminuire dell'intervallo di tempo tra T1 e T2, l'accuratezza nel rilevare la presenza di T2 nella serie di stimoli che seguivano T1 decresceva. Come già messo in luce nel lavoro di Vogel *et al.*, i risultati comportamentali erano correlati con l'ampiezza media della componente P3 del PE calcolato a partire dalla presentazione di T2. L'ampiezza della componente P3 era inferiore nelle condizioni in cui i risultati comportamentali erano associati ad effetto AB rispetto *a)* alle componenti P3 quando T1 poteva essere ignorato, e *b)* alla componente P3 quando T1 doveva essere riferito e l'SOA tra T1 e T2 era particolarmente lungo (700 ms).

Un aspetto dei risultati di Vogel *et al.* che non è stato replicato nel presente studio è la presenza di *lag-1 sparing* osservata da Vogel *et al.* tanto nei risultati comportamentali quanto in quelli elettrofisiologici. Nel loro studio, nella condizione «Riferisce T1», l'accuratezza nel rilevare la presenza di T2 e l'ampiezza della P3 associata a T2 risultavano maggiori nella condizione SOA = 100 ms rispetto alla condizione di SOA = 300 ms. Ciò che ci sembra meritevole di particolare considerazione è che, a differenza di quelli riportati da Vogel *et al.*, i risultati del nostro studio sono in linea con i principi suggeriti dalla meta-analisi di Visser *et al.* che sono stati discussi nell'Introduzione. I nostri risultati forniscono ulteriore evidenza a favore di una fonte cognitiva dell'AB (quindi non sensoriale né tanto meno motoria), a livello di processi che precedono l'accesso dell'informazione in MBT (e.g. Donchin, 1981). Crediamo che tali processi siano quelli che Chun e Potter e Jolicoeur e Dell'Acqua hanno chiamato processi di consolidamento.

BIBLIOGRAFIA

- CHUN M.M., POTTER M.C. (1995). A two-stage model for multiple target detection in rapid serial visual presentation. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 21, 109-127.

- DONCHIN E. (1981). Surprise!... Surprise? *Psychophysiology*, 18, 493-513.
- DUNCAN J., MARTENS S., WARD R. (1997). Restricted attentional capacity within but not between sensory modalities. *Nature*, 387, 808-810.
- JOLICOEUR P., DELL'ACQUA R. (1998). The demonstration of short-term consolidation. *Cognitive Psychology*, 36, 138-202.
- LUCK S., VOGEL E.K., SHAPIRO K.L. (1996). Word meanings can be accessed but not reported during the attentional blink. *Nature*, 383, 616-618.
- RAYMOND J.E., SHAPIRO K.L., ARNELL K.M. (1992). Temporary suppression of visual processing in an RSVP task: An attentional blink? *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 18, 849-860.
- SHAPIRO K.L., RAYMOND J.E., ARNELL K.M. (1994). Attention to visual pattern information produces the attentional blink in rapid serial visual presentation. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 20, 357-371.
- VISSER T.A.W., BISCHOF W.F., DI LOLLO V. (1999). Attentional switching in spatial and nonspatial domains: Evidence from the attentional blink. *Psychological Bulletin*, 125, 458-469.
- VOGEL E.K., LUCK S.J., SHAPIRO K.L. (1998). Electrophysiological evidence for a postperceptual locus of suppression during the attentional blink. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 24, 1656-1674.

[Ricevuto il 7 maggio 2001]

[Accettato il 6 giugno 2001]

Summary. Two visual targets were presented at variable Stimulus Onset Asynchronies (SOAs) embedded in a Rapid Serial Visual Presentation (RSVP) stream of distractors. The first stimulus, T1, was a white digit. The second stimulus was a black letter, which could be either an «E» (T2) on 25% of the trials, or a different letter on the remaining trials. Subjects were asked to report, with no time pressure, both the identity of the T1 digit and whether or not T2 was presented following T1. Besides accuracy, the Event Related Potential (ERP) locked to the onset of T2 was measured. Results indicated an Attentional Blink (AB) effect, i.e., T2 report accuracy decreased as the T1-T2 SOA was shortened. There was also a correlation between T2 accuracy and the P3 component amplitude of the ERP, i.e., the P3 amplitude decreased monotonically as the T1-T2 SOA was shortened.

La corrispondenza va inviata a Roberto Dell'Acqua, Dipartimento di Scienze Umane, Università di Ferrara, Via Savonarola 38, 44100 Ferrara, email: dar@unife.it