

3

L'attenzione

di Roberto Dell'Acqua e Giovanni Galvano

1. Introduzione

Questo capitolo intende affrontare due temi su cui si sono concentrati gli sforzi più recenti nel campo degli studi cognitivi sull'attenzione in soggetti umani adulti. Entrambi i temi ruotano attorno alla domanda di quale sia la struttura dei processi mentali che rende possibile prestare attenzione a determinati stimoli visivi ignorandone altri. La scelta della modalità sensoriale d'elezione per questi studi, la visione, non dovrebbe sorprendere. Come ribadito in altri capitoli di questo manuale, i processi visivi sono di gran lunga quelli più studiati e conosciuti nella comunità scientifica degli psicologi, neuropsicologi e neuroscienziati cognitivi. Studiare l'attenzione facendo uso di stimolazione visiva implica inoltre la possibilità di utilizzare apparecchiature elettroniche che garantiscono un grado di controllo sulle modalità di gestione degli esperimenti che, a tutt'oggi, non trova riscontro in campi d'indagine in cui si studiano processi mentali elicitati da stimoli presentati attraverso modalità sensoriali diverse.

Nella prima parte del capitolo, illustreremo gli effetti legati all'allocazione di risorse attentive nel tempo. Ci concentreremo su un fenomeno di recente scoperta (denominato *attentional blink*, o AB) che si è soliti osservare quando due stimoli cui deve essere prestata attenzione sono inclusi in una rapida sequenza di stimoli presentati uno alla volta nella stessa posizione spaziale. Nella seconda parte del capitolo, illustreremo una famiglia di effetti legati all'allocazione di risorse attentive nello spazio, descrivendo paradigmi sperimentali che vengono ormai tradizionalmente utilizzati per capire in che modo l'attenzione moduli l'efficacia con cui sono elaborati gli oggetti che popolano il nostro campo visivo.

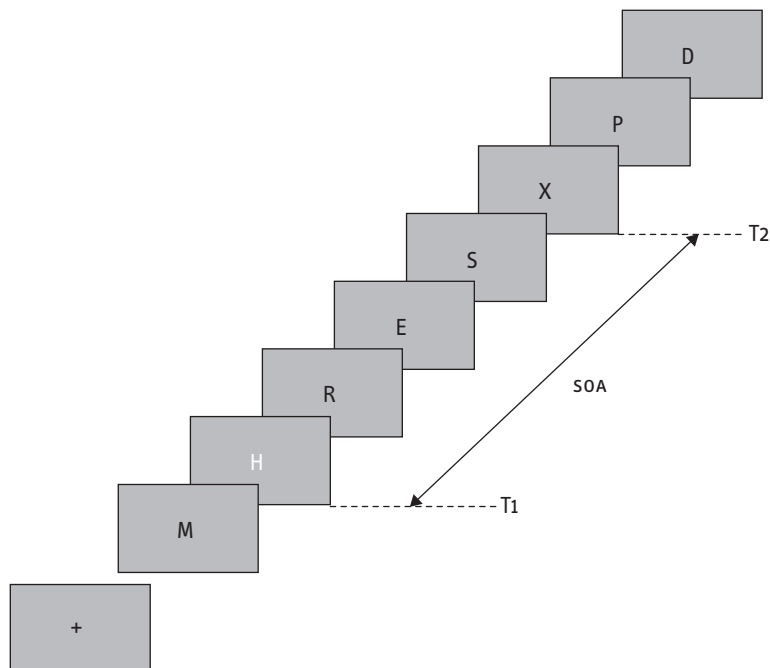
Attenzione
temporale
e attenzione
spaziale

2. Attenzione temporale

2.1. L'effetto *attentional blink* (AB) La procedura sperimentale classica che consente di osservare un effetto AB prevede la presentazione visiva seriale rapida (*rapid serial visual presentation*; RSVP) di sequenze di stimoli nella stessa

posizione spaziale, di norma il centro del monitor del computer. Una visione schematica di una prova di tale paradigma è rappresentata in fig. 1.

FIGURA 1 Paradigma RSVP standard



In questo esempio, la sequenza di stimoli è preceduta da un punto di fissazione (+) e dopo un breve intervallo di tempo esso scompare e inizia la sequenza di stimoli. T1 è, in questo caso, una lettera di colore bianco presentata tra lettere di colore nero e T2 è la lettera X. Le manipolazioni sistematiche di principale interesse sono quelle che riguardano il SOA tra T1 e T2 e il compito richiesto su T1.

Il paradigma di presentazione seriale rapida

Ogni sequenza RSVP è di regola preceduta da un punto di fissazione che segnala il punto esatto in cui la sequenza di stimoli sarà presentata. Ogni stimolo ha una durata di presentazione di 15-120 ms e può essere seguito o meno da una schermata vuota di 20-75 ms, traducendosi solitamente in frequenze di presentazione pari a 8-15 stimoli/sec. All'interno di ogni sequenza RSVP sono inseriti due stimoli target (convenzionalmente denominati T1 e T2). Gli stimoli T1 e T2 possono essere definiti da caratteristiche fisiche (ad es., il colore: due lettere rosse presentate all'interno di una sequenza di lettere di colore bianco), semantiche (ad es., la categoria alfanumerica: due numeri presentati all'interno di una sequenza di lettere), o da una combinazione di queste caratteristiche. Nell'esempio riportato in fig. 1, T1 è una

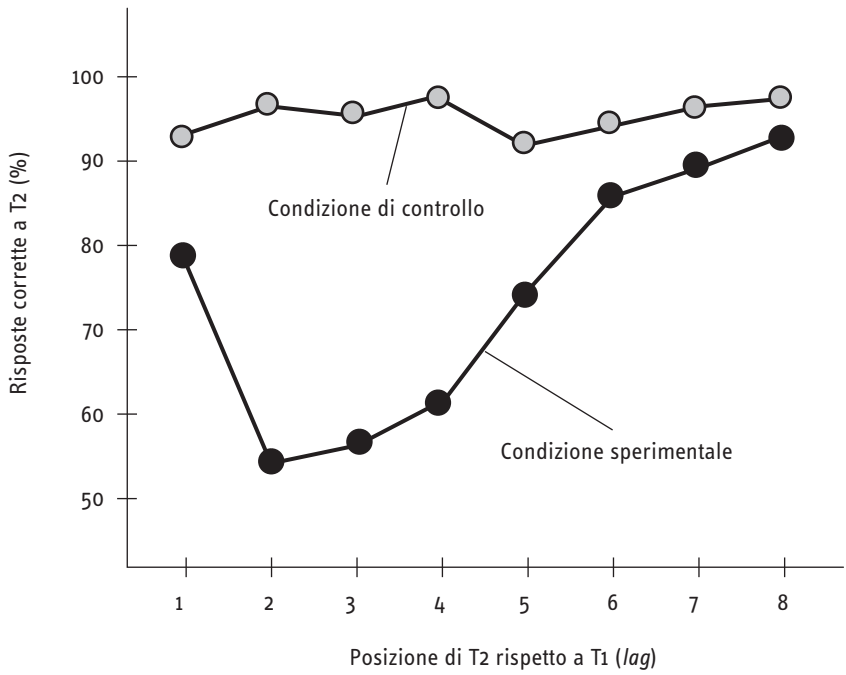
lettera di colore bianco presentata tra lettere di colore nero e T₂ è la lettera X del medesimo colore delle lettere che fungono da distrattori. Sono solitamente due i fattori manipolati sistematicamente in questo paradigma sperimentale. Il primo fattore riguarda l'intervallo temporale di presentazione tra i due target (*stimulus onset asynchrony*; SOA), che è manipolato variando il numero di distrattori interposti tra T₁ e T₂. Il secondo fattore riguarda il tipo di compito che è richiesto ai partecipanti su T₁. Nella condizione sperimentale, i partecipanti devono identificare e/o rilevare T₁ e T₂ rispondendo in modo congruo alla fine della prova mediante la pressione di tasti contrassegnati sulla tastiera del computer. Le risposte devono essere fornite senza alcuna pressione temporale, in altre parole, non è richiesta una risposta veloce e non vengono registrati i tempi di reazione (TR). Riferendoci all'esempio riportato in fig. 1, i partecipanti dovranno riferire l'identità della lettera di colore bianco (T₁; la lettera H) e dovranno decidere se la lettera X (T₂) è stata presentata o meno all'interno della sequenza RSVP. Nella condizione di controllo, i partecipanti vengono invitati a ignorare T₁ e a identificare/rilevare solo T₂.

I risultati più importanti e informativi sono costituiti dalla percentuale di risposte corrette a T₂, in funzione della distanza temporale tra T₁ e T₂ e dal compito richiesto su T₁. Un grafico riassuntivo dei risultati che tipicamente si ottengono tramite l'utilizzo di questa procedura è riportato in fig. 2. Solo raramente i risultati che concernono l'accuratezza nell'identificare T₁ vengono esaminati poiché si è notato che, nella condizione sperimentale, T₁ è solitamente associato a una prestazione che approssima il 100% di risposte corrette.

Nella condizione sperimentale, quando i partecipanti devono porre attenzione sia a T₁ che a T₂, ciò che di norma si osserva è un marcato decremento dell'accuratezza di risposta a T₂ quando il SOA tra T₁ e T₂ è inferiore ai 500-600 ms. Tale decremento è l'effetto AB. L'intervallo di tempo che va tra i 200 e i 600 ms dopo la presentazione di T₁ può essere considerato la "finestra temporale critica" per osservare un effetto AB. La prestazione dei partecipanti è diversa nella condizione di controllo: in queste condizioni, l'accuratezza di risposta a T₂ è, in genere, piuttosto buona e, soprattutto, non è dipendente dal SOA tra i due target. La porzione di area racchiusa tra le due funzioni, sperimentale e di controllo, riportate in fig. 2 fornisce una stima quantitativa dell'effetto AB. Il confronto tra le due funzioni è di fondamentale importanza. È bene tenere presente che la differenza nell'accuratezza di risposta a T₂ nelle due condizioni non può che dipendere dal tipo di elaborazione cui è stato sottoposto T₁ sulla base delle diverse consegne sperimentali nelle due condizioni. Poiché T₁ viene presentato all'interno della sequenza RSVP tanto nella condizione sperimentale quanto in quella di controllo, ne consegue che non è la mera presenza fisica di T₁ a determinare l'effetto AB, quanto piuttosto il fatto

L'effetto AB
e la visibilità di T₂

FIGURA 2 Effetto AB



In ascissa è rappresentata la posizione di T2 nella sequenza di stimoli rispetto a T1 (*lag* = distanza). In ordinata è rappresentata la percentuale di risposte corrette (%) nel compito associato a T2..

che nella condizione sperimentale i partecipanti devono porre attenzione a T1 per rispondere in modo accurato al termine della prova. Si noti inoltre una peculiarità della funzione associata alla condizione sperimentale. Quando T2 segue immediatamente T1 (circa 100 ms) in alcuni casi si osserva che la prestazione associata a T2 è notevolmente migliore rispetto alla condizione in cui T2 è presentato dopo 200-600 ms e paragonabile ai livelli di accuratezza di risposta a T2 che si ottengono per SOA tra T1 e T2 superiori ai 600 ms.

Questa peculiarità è stata etichettata con il termine *lag-1 sparing* (*to spare* = preservare; in questo caso, quando T2 occupa la posizione T1 + 1 nella sequenza RSVP, T2 è preservato dall'effetto AB) e si osserva con maggiore frequenza in condizione in cui c'è omogeneità fisica e categoriale tra T1 e T2 (ad es., due lettere bianche in una sequenza di numeri neri) nonché un grado elevato di omogeneità dei compiti a essi associati (ad es., identifica entrambe le lettere bianche, rispetto a condizioni in cui T1 debba essere identificato e T2, diversamente, categorizzato come vocale/consonante; per una rassegna si veda Visser, Bischof, Di Lollo, 1999).

L'effetto AB
e il fenomeno
lag-1 sparing

2.2. Le spiegazioni dell'effetto AB Sono numerosi i modelli teorici che, dalla sua iniziale scoperta (che risale al 1992), sono stati formulati per spiegare l'effetto AB. Una disamina puntuale dei singoli modelli, per la quale si rimanda il lettore interessato alle recenti rassegne di Dux e Marois (2009) e Martens e Wyble (2010), è al di là degli scopi della presente trattazione. Qui cercheremo di fornirne una sommaria descrizione classificando i modelli sulla base di alcuni assunti che danno l'idea di come possano divergere, anche all'interno dello stesso campo d'indagine, le concettualizzazioni dei processi mentali sottesi all'allocatione delle risorse attentive nel dominio temporale. Tali divergenze sono tipiche negli studi sull'attenzione in generale (si veda anche il paragrafo successivo in cui sarà trattato il tema dell'allocatione delle risorse attentive nel dominio spaziale) e riflettono la varietà di prospettive con cui le moderne scienze e neuroscienze cognitive guardano ai fenomeni di natura attentiva.

Al livello più alto, i modelli AB possono essere suddivisi in due categorie. La prima categoria è costituita da modelli che assumono come causa dell'effetto AB una o più operazioni mentali cui T_1 è sottoposto affinché se ne possa generare una traccia mnestica (ad es., una traccia mnestica nella memoria a breve termine visiva) che guidi in ultimo il partecipante a rispondere a T_1 in modo corretto. La seconda categoria è costituita da modelli che assumono come causa dell'effetto AB una o più operazioni mentali elicitate da uno o più distrattori che intercorrono tra la presentazione di T_1 e T_2 . Entrambe le categorie contengono tanto modelli di carattere cognitivo/funzionale, quanto modelli che sono stati sviluppati partendo da considerazioni di carattere neuroanatomico circa le vie nervose di elaborazione visiva, nonché modelli di natura computazionale che, manipolando architetture artificiali (ad es., reti neurali), hanno simulato l'effetto AB sulla scorta di considerazioni plausibili circa l'articolazione dei processi mentali coinvolti nella codifica di informazione visiva.

La dualità
delle spiegazioni
dell'effetto AB

L'attenzione come limite strutturale del sistema cognitivo L'idea di fondo dei modelli che assumono T_1 come causa scatenante dell'effetto AB è che T_1 produca una perturbazione attentiva il cui effetto è quello di ridurre l'efficacia di elaborazione visiva di stimoli che seguono T_1 per un lasso di tempo limitato (circa 500-600 ms, come si diceva precedentemente). Se T_2 è uno degli stimoli che seguono T_1 in questo lasso di tempo, T_2 è elaborato meno efficacemente e la probabilità che la risposta a T_2 sia corretta è ridotta. Per spiegare l'effetto di *lag-1 sparing*, questa categoria di modelli fa ricorso al concetto di selezione attentiva che opererebbe metaforicamente come una sorta di cancello istruito a "lasciar passare" T_1 e T_2 e a impedire l'accesso a vie più alte di elaborazione ai distrattori frapposti tra T_1 e T_2 . Il cancello si aprirebbe in modo pressoché istantaneo alla presentazione di T_1 , ma si chiuderebbe con un breve margine di ritardo a seguito della

L'effetto AB
è imputabile a T_1

scomparsa di T_1 , tale per cui anche lo stimolo $T_1 + 1$ verrebbe selezionato. Se lo stimolo $T_1 + 1$ è T_2 , T_2 beneficerebbe di tale ritardo nella disattivazione della selezione attentiva (o nella chiusura del cancello, stando con la metafora) innescata da T_1 , e verrebbe riportato con un buon margine di accuratezza.

T_1 e T_2 devono essere consolidati in memoria a breve termine visiva

Un modello che implementa i principi delineati fin qui e che rappresenta, sul piano funzionale, un punto di riferimento nel panorama degli studi sull'effetto AB è il modello a due stadi formulato da Chun e Potter (1995). In questo modello, s'ipotizza l'esistenza di due distinti stadi di elaborazione dell'informazione visiva. Il primo stadio (Stadio-1) è implicato nell'elaborazione percettiva di tutti gli stimoli inclusi nella sequenza RSVP. Durante lo Stadio-1, che si assume privo di costi attentivi, ogni stimolo verrebbe rapidamente identificato a seguito dell'elaborazione pressoché istantanea delle sue caratteristiche sensoriali e semantiche. La rappresentazione di uno stimolo – sia esso T_1 , T_2 o un distrattore – generata durante lo Stadio-1 avrebbe proprietà simili a una rappresentazione visiva di tipo iconico, ossia, sarebbe caratterizzata da persistenza sensoriale temporalmente limitata (si veda il cap. 2) e alta vulnerabilità all'effetto di mascheramento sensoriale esercitato dallo stimolo successivo incluso nella sequenza RSVP. Gli stimoli nella sequenza che rivestono particolare importanza ai fini dell'esecuzione del compito assegnato, T_1 e T_2 , devono essere sottoposti a ulteriore elaborazione finalizzata a renderne le relative rappresentazioni mentali temporalmente stabili e “protette” da effetti di mascheramento esercitati dai distrattori. Questa ulteriore elaborazione avviene durante lo Stadio-2, laddove le rappresentazioni di T_1 e T_2 prodotte durante lo Stadio-1 vengono consolidate e tradotte in tracce mnestiche trattenute nella memoria di lavoro visiva, notoriamente più stabile della memoria iconica e meno vulnerabile a effetti di mascheramento sensoriale. Il mancato trasferimento durante lo Stadio-2 delle rappresentazioni di T_1 e/o T_2 entro un breve intervallo di tempo ne determina, con ogni probabilità, la perdita. L'assunzione su cui si regge il modello di Chun e Potter (1995) è che lo Stadio-2 comporti tempi più lunghi rispetto alla durata di esposizione dei singoli stimoli nella sequenza RSVP (che, come si diceva, si aggira attorno ai 100 ms/stimolo), richieda risorse attentive e, soprattutto, operi in modo seriale: solo un target alla volta può essere sottoposto allo Stadio-2. La dinamica che genera l'effetto AB è legata allo scenario in cui T_1 e T_2 sono stimoli temporalmente ravvicinati, che vengono presentati a distanze temporali inferiori ai fatidici 500-600 ms menzionati in precedenza. In queste condizioni, la rappresentazione di T_2 , generata durante lo Stadio-1, non può guadagnare l'accesso allo Stadio-2 (ed essere sottoposta all'operazione di consolidamento) fino a quando la rappresentazione di T_1 non sia stata consolidata. Questo ritardo nell'eseguire operazioni che avvengono allo Stadio-2 su T_2 ne determinano la perdita, perché la rappresentazione

di T₂ generata allo Stadio-1 decadrebbe rapidamente e sarebbe soggetta a mascheramento sensoriale prodotto dai distrattori che seguono T₂ nella sequenza RSVP.

L'attenzione come sistema di controllo dei processi mentali L'idea di fondo dei modelli che assumono i distrattori frapposti tra T₁ e T₂ (in particolare, il distrattore immediatamente successivo a T₁, presentato nella posizione T₁ + 1) come causa scatenante l'effetto AB è che tale distrattore scateni una perturbazione attentiva il cui effetto è quello di ridurre l'efficacia di elaborazione visiva nel quadro di un sistema di processi mentali che non è soggetto ad alcuna limitazione attentiva e/o strutturale. Questa classe di modelli è imperniata sull'assunto che sia demandato a un operatore centrale il controllo esecutivo, organizzazione e ottimizzazione, dei processi sottesi all'elaborazione degli stimoli inclusi nella sequenza RSVP che necessitano di una risposta, ovvero, T₁ e T₂. Tali modelli non negano che le azioni dell'operatore richiedano attenzione e/o siano temporalmente dispendiose. Si assume piuttosto che queste operazioni di configurazione siano intraprese dall'operatore centrale nel lasso di tempo che intercorre tra l'esposizione di una sequenza RSVP e la successiva, e che per tale ragione – in linea di principio – limiti di carattere attentivo non dovrebbero essere visibili durante l'esposizione a sequenze RSVP. La spiegazione dell'effetto AB viene fatta risalire al potenziale perturbativo che i distrattori eserciterebbero sulla configurazione dei processi mentali che è ottimizzata per l'elaborazione di T₁ e T₂. Un modello che implementa i principi delineati fin qui e che rappresenta, sul piano funzionale, un punto di riferimento nel panorama degli studi sull'effetto AB è il modello a due stadi formulato da Di Lollo e collaboratori (2005). In uno degli esperimenti di questi autori (esperimento 1, p. 193) venivano presentate due tipologie di sequenze RSVP. Dopo una prima sequenza di numeri, in una delle condizioni dell'esperimento denominata "uniforme", venivano presentate tre lettere consecutivamente (quindi tre stimoli appartenenti alla stessa categoria). Nell'altra condizione dell'esperimento, denominata "variata", una delle tre lettere consecutive, nello specifico la lettera intermedia, era sostituita da un numero selezionato in modo casuale, ovvero da uno stimolo distrattore. In ognuna delle due condizioni, i partecipanti avevano il compito di riportare alla fine della sequenza l'identità di tutte le lettere presentate (quindi, l'identità di tre lettere nella condizione uniforme e l'identità di due lettere nella condizione variata). Le analisi dei dati si sono concentrate sull'accuratezza di identificazione della prima lettera presentata e della lettera presentata in terza posizione. Per semplicità si chiameranno queste lettere T₁ e T₂. I risultati hanno evidenziato un decremento dell'accuratezza di identificazione di T₂ (cioè un effetto AB) nella condizione variata ma non in quella uniforme, dove invece l'accuratezza nel riportare T₂ era equiparabile all'accuratezza nel riportare T₁.

L'effetto AB
è imputabile
a ciò che accade
dopo T₁

Il controllo
esercitato
da un operatore
centrale

Di Lollo e collaboratori (2005) hanno proposto un modello esplicativo del fenomeno AB in cui, come accennato in precedenza, si assume che il sistema visivo sia inizialmente, prima che al partecipante venga esposta una sequenza RSVP, configurato in modo tale da ottimizzare la prestazione associata a T_1 . Quando T_1 viene presentato, l'operatore centrale viene momentaneamente impegnato nell'ottimizzarne l'elaborazione, producendo una temporanea perdita di controllo nel mantenimento della configurazione visiva inizialmente predisposta per l'elaborazione di T_1 e T_2 . In queste circostanze, la configurazione risulta essere soggetta al controllo esogeno da parte dello stimolo $T_1 + 1$. Se lo stimolo frapposto tra T_1 e T_2 (nell'esperimento citato, lo stimolo $T_1 + 1$, essendo le lettere sempre consecutive) condivide con T_1 e T_2 le caratteristiche per cui il sistema visivo era inizialmente configurato (seguendo con l'esempio, la caratteristica di essere una lettera da riportare alla fine della sequenza RSVP), T_2 può accedere a stadi di elaborazione successiva che sono a carico dell'operatore centrale senza problemi. Se, al contrario, lo stimolo $T_1 + 1$ non risponde alle caratteristiche di configurazione iniziale del sistema visivo, tale stimolo, in assenza di controllo da parte dell'operatore centrale momentaneamente occupato a ottimizzare l'elaborazione di T_1 , perturba la configurazione iniziale del sistema visivo a detrimento di T_2 , che "sfugge" alle azioni di ottimizzazione dell'operatore centrale, venendo quindi riportato correttamente con minore probabilità.

2.3. L'effetto AB come strumento d'indagine Quest'ultimo paragrafo si propone l'obiettivo di offrire al lettore alcuni spunti circa le potenzialità del paradigma di RSVP e dell'effetto di AB quali strumenti di indagine in diversi ambiti delle scienze cognitive. Verranno a tale scopo presentati brevemente quattro lavori, due applicati a campioni di popolazioni neurologiche e due applicati a soggetti normali.

AB e dislessia Lacroix e collaboratori (2005) hanno confrontato un gruppo di adolescenti dislessici e un gruppo di adolescenti che non presentavano questo disturbo in un compito di AB. Venivano presentate sequenze RSVP di numeri di colore bianco contenenti due numeri di colore rosso (T_1 e T_2) e il compito era quello di identificare i due numeri colorati. L'ipotesi di questi autori era che gli individui dislessici necessitassero di maggiori risorse a livello della memoria a breve termine per lo spostamento dell'attenzione da uno stimolo al successivo e per questo si attendevano una prestazione maggiormente compromessa nell'accuratezza di risposta a T_2 da parte degli individui dislessici.

I dislessici mostrano
un effetto AB ridotto

Contrariamente a quanto atteso, questo esperimento mise in luce risultati per certi versi paradossali, con una prestazione migliore dei soggetti dislessici rispetto al gruppo di controllo: in particolare, l'effetto AB aveva una durata significativamente minore nel primo gruppo di partecipanti. Gli

autori interpretarono questo risultato a posteriori come la conseguenza di processi di continua elaborazione e integrazione della sequenza di stimoli inclusi nella sequenza RSVP, un processo automatico per i lettori normali che i dislessici non sarebbero in grado di mettere in atto, limitandosi al compito di codifica dei target per il successivo compito di identificazione. Da questa difficoltà nella capacità di integrazione di stimoli simbolici deriva, nell'ottica degli autori, il paradossale risultato di un effetto AB ridotto nei dislessici, un dato congruente con l'idea che questi soggetti abbiano un disturbo specifico nel creare tracce di memoria episodica (Nicolson, Fawcett, 2000).

AB e neglect Ancora in ambito clinico, Husain e collaboratori (1997; cfr. anche Shapiro, Hillstrom, Husain, 2002) hanno impiegato il paradigma di RSVP per monitorare l'estensione dell'effetto AB in pazienti con neglect. Classicamente il neglect è definito come un disturbo d'orientamento spaziale in seguito a lesioni del lobo parietale. In particolare, in questo studio sono stati confrontati tre diversi gruppi di partecipanti: individui sani, pazienti con lesioni cerebrali che non presentavano neglect e pazienti con neglect. Questi tre gruppi sono stati sottoposti a un compito di AB i cui le sequenze RSVP venivano presentate al centro dello schermo.

I pazienti neurologici senza neglect avevano una prestazione paragonabile a quella degli individui sani, mentre il gruppo di pazienti neurologici con neglect mostrava un effetto AB più severo e prolungato nel tempo (sino a 1.300 ms circa di SOA tra T₁ e T₂). Inoltre, i risultati hanno messo in luce una correlazione significativa tra il punteggio ottenuto da questi pazienti nel test di cancellazione di Mesulam che stima la gravità del disturbo da neglect e l'ampiezza dell'effetto AB. Gli autori di questo importante studio hanno concluso che il neglect non è solamente un disordine di orientamento spaziale poiché, come i loro dati mettono in evidenza, si assiste anche a un decremento dell'efficacia dell'attenzione nel dominio temporale.

Attenzione spaziale
e temporale
interagiscono

AB ed elaborazione semantica Rolke e collaboratori (2001) hanno indagato la diffusione automatica dell'attivazione a livello del sistema semantico nel contesto di un paradigma modificato di RSVP in cui venivano presentate tre parole target (T₁, T₂ e T₃) di colore bianco tra parole di colore nero. Il SOA tra T₁ e T₂ era fissato a 250 ms, un valore critico per la generazione dell'effetto AB, mentre il SOA tra T₂ e T₃ era di 583 ms. La manipolazione sistematica di interesse consisteva nella relazione semantica tra T₂ (*prime*) e T₃ (*probe*) in modo tale che questa fosse forte, debole o assente. I partecipanti avevano il compito di identificare alla fine di ogni sequenza RSVP le tre parole target. In concomitanza con il compito veniva rilevata l'attività elettroencefalografica dei partecipanti.

L'effetto AB
non preclude
l'elaborazione
semantica di T2

L'obiettivo era quello di indagare se l'elaborazione di una parola prime non identificata (T2 non veniva riportato nella maggior parte dei casi poiché presentato entro la finestra di AB innescato dalla elaborazione di T1) potesse elicitarne una componente N400, che riflette processi di natura semantica, in risposta alla presentazione di T3. I risultati hanno mostrato che parole prime non riportate dai partecipanti non elicitarono alcuna P3, a dimostrazione del fatto che queste parole non venivano riconosciute in modo esplicito. Tuttavia sia le parole prime non riportate che quelle riportate correttamente elicitarono una risposta elettroencefalografica N400 all'atto della presentazione di T3. Questo risultato è di grande interesse nell'ambito dei processi coinvolti nell'elaborazione di natura semantica poiché dimostra che la diffusione automatica dell'attivazione può essere innescata da parole che non vengono esplicitamente riconosciute e che questo processo automatico, anche in assenza di consapevolezza, può evocare una componente N400 in risposta a stimoli presentati successivamente, ovvero, T3, lo stimolo probe.

3. Attenzione spaziale

Sono trascorsi molti secoli da quando gli esseri umani hanno iniziato a riflettere sull'abilità di spostare l'attenzione nello spazio. Aspetti relativi alla selezione spaziale nell'attenzione sono menzionati già nel secondo libro del *De anima* di Aristotele, e nel *De musica* di Sant'Agostino di Ippona, ma il primo a studiare la capacità umana di concentrare l'attenzione su una specifica area del campo visivo applicando il metodo scientifico è stato probabilmente Hermann von Helmholtz (1871). In una serie di esperimenti condotti con apparecchiature molto ingegnose per l'epoca, von Helmholtz raccolse le prime evidenze sperimentali che dimostravano in maniera rigorosa *a)* che gli esseri umani possono spostare l'attenzione nello spazio in maniera indipendente dallo sguardo e *b)* che la qualità dell'analisi cui va incontro uno stimolo posto in un'area cui si sta prestando attenzione è superiore rispetto a quella cui può andare incontro uno stimolo che si sta fissando ma cui non si sta prestando attenzione.

Le ricerche
di von Helmholtz

Le ricerche di von Helmholtz sono importanti in quanto sottolineano due aspetti critici relativi alla capacità di spostare l'attenzione nello spazio che sono rilevanti anche nella ricerca più recente. La nostra trattazione di questi argomenti procederà attraverso l'illustrazione di due dei paradigmi sperimentali più importanti atti allo studio dell'allocazione di risorse attentive nello spazio. Il primo di questi paradigmi, reso popolare da Michael Posner e dai suoi collaboratori, è noto come il paradigma del suggerimento (o indizio) spaziale (*spatial cueing*). Il secondo paradigma è quello della ricerca visiva (*visual search*) e la sua rilevanza è legata al fatto che rappresenta uno strumento che ha il vantaggio di essere caratterizzato da una elevata versatilità e validità ecologica, oltre che di permettere di studiare le possibili interazioni fra attenzione e memoria.

3.1. Il paradigma di *spatial cueing* Lo sviluppo di questo paradigma era inizialmente legato all'esigenza di disporre di una tecnica standardizzata che permettesse di stimare *dove* le persone spostano la propria attenzione in modo implicito (cioè, indipendentemente dalla direzione del proprio sguardo) e *quando* questi spostamenti hanno luogo. A questo fine, sono state proposte tecniche anche molto diverse, tutte accomunate dal fatto di prevedere la presentazione ai soggetti sperimentali di una qualche forma di suggerimento spaziale (*cue*) circa la posizione di un successivo stimolo target che richiedeva un certo tipo di risposta. In tutte queste procedure, la variabile dipendente di elezione era rappresentata dal tempo di risposta e dall'accuratezza al compito. Tranne rarissime eccezioni per modalità sensoriali diverse da quella visiva (ad es., Broadbent, 1954), i tentativi di sviluppare queste tecniche risalgono solo ai primi anni settanta del secolo scorso.

Le ragioni per cui c'è voluto quasi un secolo per sviluppare una metodologia per studiare l'orientamento implicito dell'attenzione nello spazio (abbiamo detto che i primi studi risalgono a von Helmholtz) sono da imputare, da un lato, alla forte influenza dell'impostazione comportamentista (si veda il cap. 1), secondo cui l'attenzione era di scarso interesse in quanto non direttamente osservabile e, dall'altro, alla mancanza di apparecchiature tecnologicamente adeguate e non invasive per controllare i movimenti oculari. La disponibilità di questi strumenti era infatti condizione necessaria per poter accertare che gli spostamenti dell'attenzione nello spazio avvenissero effettivamente in assenza di movimenti oculari e riposizionamento discreto della retina.

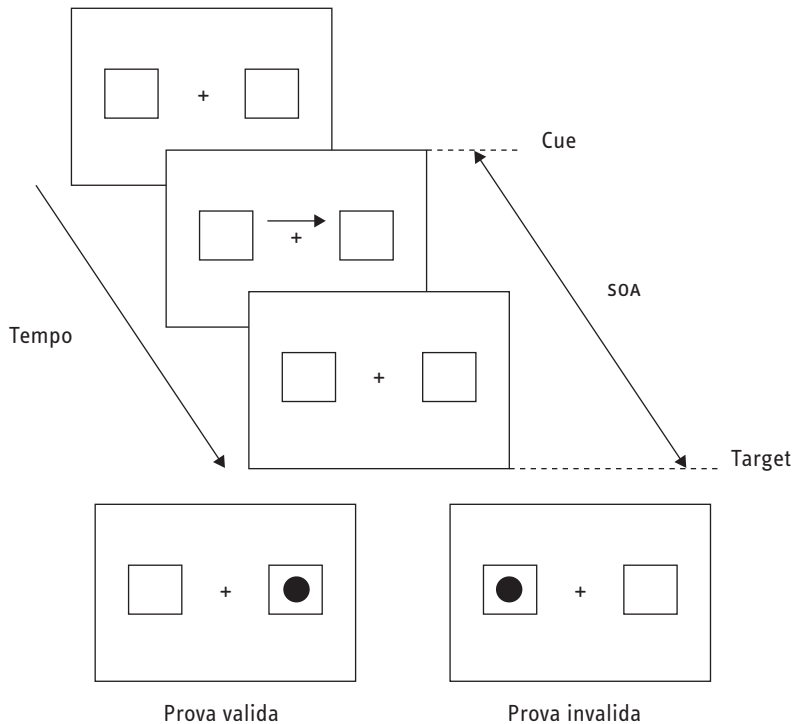
Una delle prime tecniche di *spatial cueing* nella modalità visiva fu implementata da Eriksen e Hoffman (1973), i quali dimostrarono che i loro soggetti erano più rapidi nel riconoscere una lettera dell'alfabeto se questa era preceduta da un segnale visivo che compariva in prossimità della posizione dove sarebbe stata presentata la lettera. Questa fu una delle prime dimostrazioni dell'effetto di facilitazione che l'aver preventivamente orientato l'attenzione sulla posizione di comparsa di uno stimolo ha sulla sua elaborazione. Successivamente, Posner e i suoi collaboratori (cfr., ad es., Posner, Nissen, Ogden, 1978) hanno proposto un paradigma molto semplice ma allo stesso tempo molto elegante per indagare le dinamiche degli spostamenti impliciti dell'attenzione nello spazio. Sebbene esistano diverse versioni, la maggior parte degli esperimenti che utilizza il paradigma dello *spatial cueing* prevede tre elementi relativamente invariati. Innanzitutto, è presente un punto di fissazione centrale sul quale i soggetti sono istruiti a mantenere il proprio sguardo per l'intera durata di ogni singola prova sperimentale. Inoltre, tipicamente, è presente uno stimolo target che i soggetti devono analizzare per fornire una risposta nel più breve tempo possibile. Infine, prima della presentazione del target, viene generalmente presentato il *cue*, uno stimolo che indica, con una certa probabilità, la posizione spaziale dove comparirà il target.

Problemi metodologici per dimostrare l'orientamento dell'attenzione

La definizione di cue e target

Questo stimolo può essere elaborato dai soggetti per spostare la propria attenzione verso la posizione segnalata, in maniera tale che l'attenzione si troverà già allineata con il target al momento della sua comparsa. La sequenza di eventi tipica è illustrata nella fig. 3. In questo esempio, ripreso da Posner *et al.* (1978), si può notare come, successivamente alla presentazione del punto di fissazione, viene mostrato il cue che è rappresentato da una freccia posta sopra al punto di fissazione. La freccia è orientata casualmente a sinistra oppure a destra e, dopo un certo intervallo temporale (SOA), è seguita dal target che compare a sinistra o a destra del punto di fissazione in posizione congruente oppure incongruente rispetto a quanto indicato dal cue. Negli esperimenti riportati da Posner *et al.* (1978), i soggetti erano istruiti a eseguire diverse tipologie di compiti, come decidere in quale posizione era comparso il target premendo uno tra due possibili tasti di risposta o, più semplicemente, premere un unico tasto non appena questo veniva rilevato (detezione semplice). La probabilità che il target comparisse nella posizione segnalata dalla freccia era circa l'80% delle prove totali.

FIGURA 3 Paradigma di spatial cueing



In questo paradigma sperimentale, nelle prove valide il target compare nella posizione segnalata dal cue. Nelle prove invalide, il target è presentato in posizione opposta.

Per convenzione, vennero chiamate prove valide o spazialmente congruenti le prove nelle quali il target appariva nella stessa posizione indicata dal cue, prove invalide o spazialmente incongruenti quelle nelle quali il target appariva in posizione opposta a quella indicata dal cue, e prove neutre le prove nelle quali la posizione di comparsa del target era segnalata da un cue che non forniva indicazioni spaziali specifiche (per esempio una freccia che indicava contemporaneamente sia la posizione a destra che quella a sinistra della fissazione). Posner (1980) pose l'accento su due possibili modalità di orientamento dell'attenzione nello spazio.

La prima, definita *esplicita*, è direttamente osservabile nei soggetti e consiste nel movimento delle parti del corpo come il busto, la testa e gli occhi verso una porzione di spazio o un oggetto. Tale modalità è quella che usiamo nella quasi totalità delle situazioni della vita quotidiana e ha la funzione di allineare la zona dove maggiore è la concentrazione di recettori retinici (la fovea) con l'oggetto o l'area di interesse. La seconda modalità di orientamento, definita *implicita*, si riferisce alla capacità di allineare un meccanismo interno con alcuni input sensoriali, in assenza di una qualsiasi modificazione comportamentale visibile. Il movimento "invisibile" dell'attenzione, descrivibile metaforicamente come un fascio luminoso, può essere inferito misurando l'efficienza dell'elaborazione dello stimolo target nelle prove spazialmente congruenti e incongruenti, basandoci sull'assunto che l'elaborazione sarà migliore per stimoli presentati in prossimità della posizione cui si sta presentando attenzione. Posner *et al.* (1978) osservarono che la prestazione dei soggetti (misurata attraverso la registrazione dei TR per le risposte corrette allo stimolo target) era significativamente migliore (più rapida) nelle prove valide rispetto alle prove neutre. Inoltre, i TR erano significativamente più bassi (e la prestazione era dunque migliore) nelle prove neutre rispetto alle prove invalide.

Applicando una logica sottrattiva, e considerando le prove neutre come una situazione di controllo nella quale l'attenzione è plausibilmente distribuita fra entrambe le possibili posizioni di comparsa del target oppure è collocata a caso in una delle due, si possono stimare i benefici e i costi attentivi dovuti rispettivamente all'aver preventivamente orientato l'attenzione sulla posizione del target oppure sulla posizione opposta. I benefici si calcolano sottraendo i TR delle prove valide ai TR delle prove neutre. Analogamente, sottraendo i TR delle prove invalide ai TR delle prove neutre, otterremo una misura dei costi attentivi dovuti al fatto che l'attenzione, nelle prove invalide, occupa una posizione opposta a quella di comparsa del target. Per la sua corretta detezione sarà necessario riorientare il focus attentivo verso la posizione corretta, il che giustifica il maggior tempo impiegato per eseguire il compito. Negli studi recenti, l'analisi costi-benefici non viene generalmente più applicata in quanto è stato osservato che le prove neutre sono raramente davvero "neutre" e pertanto possono non rappresentare una reale situazione di con-

Prove valide
e prove invalide

Orientamento
implicito
e orientamento
esplicito

L'analisi
costi-benefici

trollo (Jonides, Mack, 1984). Generalmente, gli studi recenti che impiegano il paradigma dello *spatial cueing* si limitano a un confronto della prestazione nelle prove valide e invalide.

La definizione di *cueing effect*

Nello specifico, si definisce *cueing effect* il pattern di risultati in base al quale la prestazione è migliore (i soggetti sono più rapidi e/o più accurati) nelle prove valide rispetto alle prove invalide. Come abbiamo detto, la caratteristica peculiare degli esperimenti riportati da Posner *et al.* (1978) era che il cue (la freccia) indicava nell'80% delle prove la corretta posizione di comparsa dello stimolo target. I soggetti venivano esplicitamente messi al corrente di questa manipolazione, con l'obiettivo di indurre delle aspettative precise circa l'attendibilità del cue che potessero motivare i soggetti a orientare l'attenzione sulla posizione indicata *in maniera volontaria*, in quanto questo comportamento era utile ai fini di una corretta esecuzione del compito e di una risposta efficiente allo stimolo target. In sostanza, il cue era *spazialmente informativo*, in quanto indicava con una probabilità diversa dal caso la posizione di comparsa del target, e specificamente *predittivo*, in quanto il target compariva più spesso nella posizione segnalata rispetto a quella non segnalata. Sulla base dei risultati che abbiamo appena discusso, cue centrali come le frecce poste in prossimità della fissazione sono stati considerati come in grado di produrre un orientamento volontario dell'attenzione.

Il modello dello *spotlight* di Posner

Come brevemente accennato sopra, Posner (1980) ha proposto un modello dell'attenzione spaziale che descrive gli spostamenti dell'attenzione nello spazio attraverso una metafora che descrive l'attenzione come un fascio di luce (*spotlight*) che si sposta in modo discreto. Nello specifico, il meccanismo sotteso alle dinamiche di movimento dell'attenzione nello spazio si baserebbe su tre distinte operazioni cognitive. La prima operazione sarebbe quella di disancoraggio dal punto di fissazione, poi seguirebbero il movimento vero e proprio dell'attenzione e, infine, l'ancoraggio dell'attenzione sulla nuova posizione spaziale. Il modello sembra essere avvalorato da studi neuropsicologici che hanno dimostrato come le tre operazioni appena descritte possano risultare selettivamente compromesse in seguito a lesioni specifiche della corteccia parietale posteriore (che sarebbe responsabile dell'operazione di disancoraggio dell'attenzione), di una struttura mesencefalica chiamata collicolo superiore (responsabile del movimento vero e proprio), e di un nucleo del talamo chiamato pulvinar (responsabile dell'ancoraggio attentivo). Il *cueing effect* descritto da Posner *et al.* (1978) rifletterebbe in sostanza il maggior numero di operazioni cognitive implicate nelle prove invalide rispetto alle prove valide. Per una discussione degli studi neuropsicologici a favore del modello, si rimanda il lettore al lavoro di Posner e Petersen (1990).

Orientamento automatico e volontario Una volta dimostrato sperimentalmente che è possibile misurare lo spostamento implicito dell'attenzione nello spazio, il passo successivo è stato quello di indagare le modalità di controllo

delle dinamiche attentive. In altre parole, i ricercatori si sono preoccupati di accertare se l'attenzione possa essere non solo orientata nello spazio secondo le aspettative e gli scopi dell'osservatore, ma anche catturata da eventi esterni. Jonides (1981) adattò il paradigma dello *spatial cueing* utilizzando un cue diverso da quello impiegato negli esperimenti che abbiamo esaminato nel paragrafo precedente. Nella vita quotidiana, non è raro avere l'impressione che stimoli che compaiono all'improvviso nel nostro campo visivo possano catturare la nostra attenzione in modo esplicito.

Per tentare di riprodurre queste situazioni in laboratorio, Jonides usò un cue che era contraddistinto dall'accensione improvvisa di uno dei box periferici nei quali successivamente poteva comparire lo stimolo target. In sostanza, il cue implementato da Jonides era uno stimolo che indicava una precisa posizione spaziale in modo diretto, senza che i soggetti dovessero interpretare il significato veicolato dal cue. Gli aspetti salienti di questa nuova tipologia di cue riguardavano quindi il fatto che 1. non era presentato in prossimità della fissazione, bensì in periferia, e 2. non era di natura simbolica (come invece era il caso delle frecce viste nel paragrafo precedente). Jonides osservò che, per SOA della durata fino a 200 ms, era possibile osservare un *cueing effect* significativo anche con un cue periferico come l'accensione improvvisa di uno dei box periferici che avrebbero potuto contenere lo stimolo target. Nella stessa ricerca, Jonides confrontò la nuova tipologia di cue con la freccia esaminata nel paragrafo precedente al fine di testare il grado di automaticità degli effetti di orientamento prodotti dai due cue.

Il concetto di automaticità nell'ambito dell'orientamento dell'attenzione si concretizzava secondo Jonides nel pieno soddisfacimento di tre criteri fondamentali: indipendenza dal carico cognitivo, resistenza alla soppressione, indipendenza dalle aspettative dei soggetti. Gli esperimenti condotti dimostrarono che l'orientamento prodotto da un cue periferico soddisfaceva il primo criterio in quanto, diversamente da quello prodotto da una freccia, non era influenzato dal fatto che i soggetti dovessero eseguire un compito concomitante. Questo dato era in linea con l'idea che l'orientamento mediato da cue periferici (che rappresentava una cattura dell'attenzione) non richiedesse quindi particolari risorse cognitive, in quanto era relativamente immune al fatto che, in un contesto di doppio compito, un compito concomitante potesse sottrarre una quantità anche importante di risorse di elaborazione. Altri esperimenti mostrarono che l'orientamento prodotto da cue periferici era genuinamente automatico in quanto era osservabile anche quando i soggetti erano al corrente che il cue non era informativo della posizione del target e non avevano alcun motivo di prestarvi attenzione. Lo studio di Jonides ha rappresentato una tappa importante in quanto ha permesso di gettare le basi di una dicotomia ancora oggi utilizzata nell'ambito dei processi di orientamento dell'attenzione nello spazio, quella fra processi automatici e volontari.

I cue periferici

Tre criteri per definire l'automaticità nell'orientamento dell'attenzione

Cue diretti
e cue simbolici

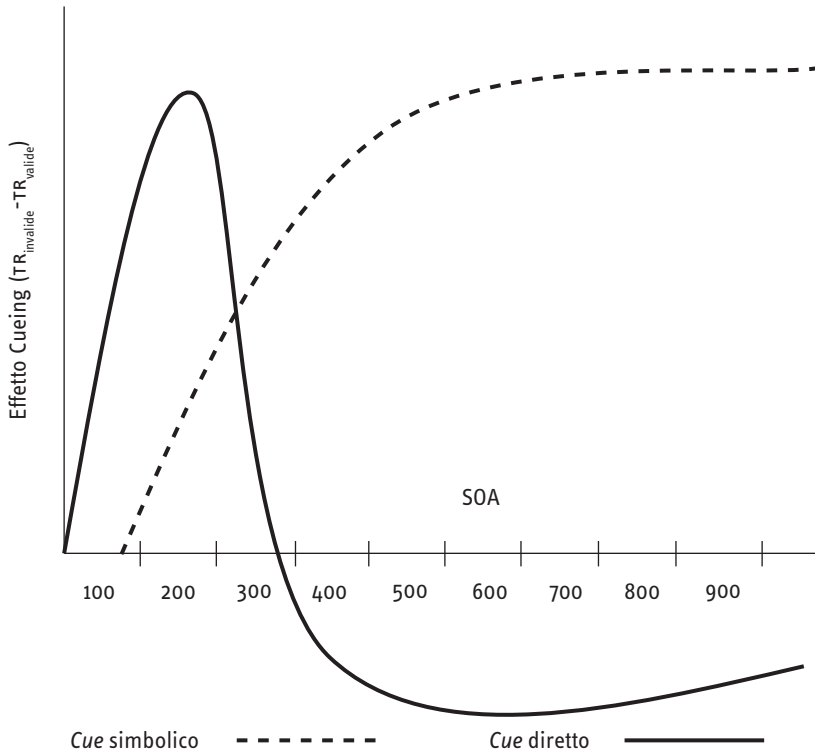
Secondo questa dicotomia, i processi sottostanti agli spostamenti dell'attenzione prodotti da cue simbolici sarebbero molto diversi rispetto a quelli elicitati da cue diretti (cfr., ad es., Egeth, Yantis, 1997). Come abbiamo già detto poco sopra, i cue simbolici devono essere interpretati per poter essere usati. Per questo motivo si dice che l'esecuzione di uno spostamento attentivo elicitato da un cue simbolico è guidata da un obiettivo ed è quindi volontaria: il soggetto elabora l'informazione spaziale veicolata dal cue e, sulla base di questa, sviluppa un obiettivo (orientare l'attenzione sulla posizione segnalata) che gli permette di ottimizzare la sua prestazione al compito sperimentale (rispondere al target efficacemente, ossia avendo possibilmente l'attenzione già allineata sulla posizione corretta di comparsa di questo). I cue diretti, invece, producono un orientamento attentivo in funzione dell'essere fisicamente vicini alla possibile posizione di comparsa del target. Sembra, quindi, che il cueing effect nel caso di cue diretti sia da imputare a una sorta di pre-attivazione sensoriale che ha luogo nella posizione segnalata dal cue che migliora la risposta al successivo target. Come abbiamo accennato sopra, i cue diretti non necessitano di alcuna interpretazione ma catturano in modo immediato l'attenzione ed è proprio per questa ragione che lo spostamento attentivo indotto da un cue diretto è involontario e guidato dallo stimolo. In anni recenti, è stato dimostrato che, in realtà, anche cue come le frecce possono generare un certo grado di orientamento guidato dallo stimolo, in quanto è possibile osservare un cueing effect anche in contesti nei quali le frecce siano rese non-informative circa la corretta posizione di comparsa del target (si veda, ad es., Tipples, 2002). Alla luce di questa osservazione, si ritiene attualmente più corretto classificare le frecce come cue almeno parzialmente diretti, in quanto veicoli di indicazioni spaziali che ci sono particolarmente familiari in quanto oggetto di un apprendimento massivo nel corso della nostra vita.

Decorso temporale dell'orientamento dell'attenzione Studi che si sono interessati di tracciare la dicotomia fra orientamento volontario e automatico dell'attenzione hanno esaminato possibili differenze fra l'orientamento prodotto da cue diretti e indiretti nei termini del loro andamento temporale. Questo è stato possibile usando il classico paradigma di spatial cueing e manipolando in maniera sistematica la durata del SOA. Questo parametro è molto importante in quanto ci permette di ottenere una stima (anche se indiretta e grossolana) della posizione dell'attenzione al momento della comparsa del target. Semplificando, infatti, possiamo dire che la variazione di questo parametro ci consente di campionare la posizione dell'attenzione. Per capire, implementare un SOA pari a 0 ms significa che il cue e il target appaiono simultaneamente, mentre implementare un SOA pari a 1.000 ms significa che il cue precede di un secondo la comparsa del target.

Ricerche che hanno usato SOA di diverse durate hanno appurato che cue di tipo simbolico come le frecce non producevano effetti di *cueing* degni di nota per SOA inferiori a 300 ms (cfr., ad es., Müller, Rabbitt, 1989). Per SOA della durata di 300 ms, invece, si iniziava a osservare *cueing effect* robusto che si manteneva anche per durate superiori al secondo (si veda la fig. 4).

L'orientamento volontario e quello automatico hanno un decorso temporale diverso

FIGURA 4 Illustrazione del decorso temporale del *cueing effect*



La funzione indicata con la linea tratteggiata è quella tipicamente osservata per cue simbolici informativi (ad es., una freccia). La funzione indicata con la linea continua, viceversa, è quella osservata per cue diretti non informativi della posizione del target (ad es., l'accensione improvvisa di uno dei box periferici).

Per quanto riguarda i cue diretti e non informativi come la comparsa improvvisa di un oggetto o la presentazione di un segnale transiente (una modificazione repentina dell'informazione sensoriale in entrata), l'andamento temporale era molto diverso. Posner e Cohen (1984) osservarono che un cue diretto generava un orientamento dell'attenzione rilevabile già con SOA della durata di appena 50 ms. Il *cueing effect* sembrava mantenersi per SOA della durata di circa 200-250 ms. Con un SOA della durata di circa 300 ms, si os-

servava che i TR a un compito di detezione semplice erano simili per le prove valide e per quelle invalide, ovvero il cueing effect tendeva a sparire. Per SOA di durata superiore a 300 ms fu osservato un risultato sorprendente: il cueing effect si invertiva, per cui i soggetti erano più rapidi a rispondere nelle prove invalide rispetto alle prove valide.

L'inibizione
di ritorno

Questo fenomeno è stato successivamente replicato in molti contesti sperimentali e ha preso il nome di inibizione di ritorno. La spiegazione che è stata data a questo pattern di risultati è che, per un breve periodo di tempo, i cue diretti hanno la capacità di catturare l'attenzione in maniera molto forte. Tuttavia, se il target non compare entro un tempo breve dalla presentazione del cue, l'attenzione viene plausibilmente riportata al centro, sul punto di fissazione. L'osservazione di un cueing effect inverso sarebbe da attribuire a un meccanismo che tenderebbe a impedire di riportare l'attenzione su posizioni spaziali cui si sia già prestato attenzione. In sostanza, i soggetti sarebbero più rapidi a rispondere nelle prove invalide perché in queste prove il target viene presentato su una posizione su cui non si è ancora orientata l'attenzione. Secondo Posner e Cohen (1984), questo meccanismo avrebbe la funzione di facilitare l'esplorazione dell'ambiente. Come vedremo meglio in un paragrafo successivo espressamente dedicato all'argomento, questa proposta è stata confermata sperimentalmente, ed è stato dimostrato come l'inibizione di ritorno possa riflettere una forma di memoria a breve termine che aiuta l'orientamento dell'attenzione nello spazio in contesti visivi particolarmente complessi.

L'orientamento mediato dallo sguardo Come abbiamo visto nei paragrafi precedenti, gli studi classici che hanno usato il paradigma dello spatial cueing hanno portato i ricercatori a tracciare una sostanziale dicotomia fra cue centrali (ad es., frecce), che determinano un orientamento attento in larga parte volontario, e periferici (ad es., segnali transienti) che sono invece associati a un orientamento in larga misura automatico.

Una freccia orienta
l'attenzione anche
se non è informativa
circa la posizione
del target

Questa distinzione classica è stata messa recentemente in crisi dalla dimostrazione, anticipata sopra, che le frecce possono determinare un orientamento dell'attenzione anche quando non informative circa la posizione del target (cfr., ad es., Tipples, 2002). Un'ulteriore evidenza sperimentale difficilmente spiegabile attraverso la dicotomia classica viene dalla dimostrazione dell'orientamento mediato dallo sguardo. Questo fenomeno è stato scoperto usando un paradigma di spatial cueing modificato, nel quale il cue era fornito dalla direzione dello sguardo di un volto stimolo presentato al centro dello schermo. In particolare, fu osservato che la prestazione nel rispondere a un target presentato in posizione congruente con la direzione dello sguardo era migliore rispetto a quando il target era presentato in posizione incongruente, sia quando il volto che conteneva lo sguardo era schematico (Friesen, Kingstone, 1998), sia quando era la fotografia di un volto reale (Driver *et al.*, 1999).

La forte peculiarità dell'orientamento mediato dallo sguardo derivava dal fatto che tale fenomeno sembrava condividere alcune caratteristiche con l'orientamento classico osservato con le frecce, in quanto uno sguardo presentato al centro dello schermo è a tutti gli effetti un cue centrale. Inoltre, al pari dell'orientamento indotto da una freccia, l'orientamento ad opera dello sguardo si protrae con SOA che vanno ben oltre i 300 ms. Tuttavia, lo sguardo induce un orientamento con caratteristiche molto simili a quello prodotto da cue periferici, in quanto è osservabile a prescindere dal fatto di essere informativo o meno. Inoltre, è stato dimostrato come il cueing effect indotto dallo sguardo sia il risultato di un orientamento automatico, in quanto l'essere a conoscenza che la direzione dello sguardo è addirittura contro-predittiva della posizione di comparsa del target (cioè è molto più probabile che il target sia presentato nella posizione opposta a quella segnalata dallo sguardo) non indebolisce minimamente l'effetto (Driver *et al.*, 1999).

L'orientamento mediato dallo sguardo ha un decorso temporale particolare

Inoltre, l'orientamento mediato dallo sguardo emerge con SOA della durata molto breve, il che depono ancora a favore di un effetto fortemente automatico. La natura particolare dell'orientamento indotto dallo sguardo si riscontra anche nel fatto che l'effetto è presente anche con SOA molto lunghi e che l'inibizione di ritorno inizi a manifestarsi solo con SOA di 2.000 ms, a dimostrare che, una volta orientata l'attenzione su una posizione indicata da uno sguardo, sia molto difficile spostarla da lì. Questo potrebbe riflettere il fatto che lo sguardo, rispetto ai cue che abbiamo esaminato in precedenza, ha una rilevanza superiore, in quanto potrebbe rappresentare un segnale in grado di rivelare eventi importanti nell'ambiente circostante (ad es., possibili minacce), e di segnalare cosa ha esplicitamente catturato l'attenzione dei nostri simili.

L'orientamento mediato dallo sguardo è fortemente automatico

L'importanza di questo cue per l'attenzione spaziale è stata recentemente chiarita in uno studio di Ristic *et al.* (2005) nel quale è stato dimostrato che individui con un disturbo dello spettro autistico e con funzionalità attentive nella norma hanno un deficit che interessa selettivamente l'orientamento mediato dallo sguardo. I risultati di questa ricerca supportano l'idea che l'abilità di spostare l'attenzione in accordo con la direzione dello sguardo di un altro individuo possa giocare un ruolo critico anche nella sfera della cognizione sociale (per una rassegna recente a questo proposito si rimanda a Frisken, Bayliss, Tipper, 2007).

L'orientamento mediato dallo sguardo e la cognizione sociale

3.2. Il paradigma della ricerca visiva Il secondo paradigma che illustriamo per studiare l'orientamento dell'attenzione nello spazio è quello noto col nome di ricerca visiva, che è stato reso popolare da Anne Treisman e dai suoi collaboratori (cfr., ad es., Treisman, Gelade, 1980). Questo paradigma ha il notevole vantaggio, rispetto a quello dello spatial cueing, di riprodurre in laboratorio un compito che è molto simile a contesti che ci troviamo a dover affrontare nella vita quotidiana.

Validità ecologica
del paradigma
della ricerca visiva

Insomma, quello della ricerca visiva è un paradigma caratterizzato da una buona validità ecologica in quanto sono innumerevoli le occasioni nella vita quotidiana nelle quali ci troviamo a cercare uno specifico oggetto in un ambiente dove ci sono molti altri oggetti, per esempio quando cerchiamo la nostra automobile nel parcheggio di un grande centro commerciale o, più semplicemente, quando cerchiamo il latte nel frigorifero di casa. La ricerca visiva rappresenta un compito che svolgiamo frequentemente nella vita quotidiana. In certe situazioni, tuttavia, è anche un compito particolarmente importante se esaminiamo le possibili ricadute che può comportare il fatto di non eseguirlo in modo efficiente. Basti pensare a cosa può accadere quando un radiologo non riesce a trovare i segni di un tumore sulla lastra di un paziente o quando il personale di polizia aeroportuale non riesce riportare la presenza di un'arma nel bagaglio a mano di un possibile malintenzionato. Tipicamente, il paradigma di ricerca visiva consiste nella presentazione simultanea di un insieme di oggetti in mezzo ai quali, solitamente in metà delle prove e in posizione del tutto casuale, è presente un oggetto target. Gli oggetti non-target sono chiamati stimoli distrattori. Il compito del soggetto è in genere quello di indicare se il target è presente o assente (cfr., ad es., Wolfe, 1998). Le variabili dipendenti tradizionalmente misurate sono quelle comportamentali classiche: il TR e l'accuratezza della risposta. La maggior rilevanza dell'una sull'altra dipende dalla modalità di presentazione degli stimoli. Quando la presentazione degli stimoli è sufficientemente breve da impedire un movimento oculare (ad es., con esposizioni degli stimoli pari a o più corte di 150 ms) si privilegia l'accuratezza. Tuttavia, nella stragrande maggioranza degli studi, la configurazione degli stimoli resta visibile al soggetto fino alla risposta, e in questo caso si privilegia l'analisi del TR.

Il *display-size*
è la variabile
indipendente critica
nel paradigma
di ricerca visiva

La variabile indipendente cruciale nella ricerca visiva è rappresentata dalla numerosità degli oggetti presenti nella configurazione-stimolo, che prende il nome di *display-size*. In particolare, si assume che la funzione che lega questa variabile alla variabile dipendente possa rappresentare una misura affidabile delle richieste attentive imposte dallo specifico tipo di ricerca visiva e, in ultima analisi, della efficienza del processo di ricerca stesso. Il numero totale degli oggetti nella configurazione-stimolo varia in modo randomizzato da una prova all'altra del test.

In genere, quando il target differisce dai distrattori per una caratteristica (ad es., il colore) che lo rende unico rispetto agli altri, i soggetti sono in grado di rilevarlo rapidamente, a prescindere dal numero dei distrattori presenti. Un tipico esempio è dato dalla situazione in cui vengono presentati alcuni quadrati verdi, i distrattori, variabili in quantità (ad esempio 4 o 9), tra i quali può essere presente o meno un quadrato rosso, lo stimolo target. Date queste condizioni, si è soliti osservare che il TR richiesto per rilevare la presenza del target non varia all'aumentare del numero degli elementi (Treisman, Gelade, 1980). Tracciando su un grafico la relazione fra TR e *display-size*, ne risulta una funzione quasi piatta.

Questo pattern viene descritto ipotizzando che il target risalti immediatamente nella scena, un fenomeno chiamato *pop-out*. In tali condizioni ideali, la rilevazione del target avverrebbe secondo alcuni autori in modalità preattentiva (Treisman, Gelade, 1980), secondo altri invece l'attenzione sarebbe comunque coinvolta e attratta o guidata immediatamente sull'elemento target (Wolfe, 1994). Qualora invece il target condivide con i distrattori alcune caratteristiche cruciali per il compito, la sua identificazione richiederebbe una ricerca di congiunzioni di caratteristiche.

Come esempio possiamo immaginare un compito dove lo stimolo target sia sempre un quadrato rosso, ma questa volta presentato assieme a cerchi verdi e a quadrati verdi. In tali condizioni una ricerca sulla singola caratteristica risulta inefficiente, mentre diviene necessaria una ricerca per la combinazione di caratteristiche, processo che implicherebbe un'analisi seriale di tutti gli elementi presentati, con un aumento del TR in funzione del loro numero. Da quanto abbiamo appena detto dovrebbe essere chiaro che la pendenza della funzione che lega TR e display-size è usata come misura dell'efficacia della ricerca visiva. Quando la funzione è piatta si inferisce che la ricerca è molto efficiente, in quanto si assume che il tempo necessario per elaborare ciascuno stimolo sia trascurabile. Riformulando questo ragionamento nel contesto della metafora del faro di luce, quando la funzione è piatta si inferisce che il target è sempre il primo stimolo su cui viene orientata l'attenzione.

Quando il TR aumenta in maniera significativa all'aumentare del display-size, si inferisce che la ricerca parte a caso da uno degli oggetti nella configurazione stimolo e che i soggetti debbano soffermarsi per un tempo discreto su ciascun oggetto (il target non è soggetto al fenomeno del pop-out) prima di orientare l'attenzione sull'oggetto successivo. In questo caso si parla di ricerca visiva inefficiente. Una caratteristica peculiare dei compiti particolarmente inefficienti è che, assumendo un meccanismo di ricerca seriale auto-terminante come strategia necessaria per eseguire il compito, la prestazione nelle prove con target assente sarà molto più lenta rispetto alle prove con target presente. Questo avverrebbe perché nelle prove con target assente, prima di poter rispondere correttamente, i soggetti devono esplorare tutti gli stimoli. Viceversa, nelle prove a target presente, il numero di stimoli esplorati prima di poter rispondere correttamente varierà considerevolmente da una prova all'altra e, assumendo una esplorazione casuale degli oggetti, i soggetti dovranno esplorare in media solo metà degli stimoli nella scena visiva.

In particolare, è stato dimostrato che l'efficienza di una ricerca visiva dipende criticamente da due fattori: la salienza del target e il grado di omogeneità dei distrattori. La salienza del target definisce il grado con cui il target è diverso rispetto a ciascuno dei distrattori presenti nella scena visiva: maggiore è la salienza del target e maggiore sarà l'efficienza della ricerca visiva (la pendenza della funzione che lega TR e display-size sarà quasi piatta). L'omogeneità dei distrattori, invece, definisce il grado di somiglianza dei distrattori fra di loro.

Il fenomeno del *pop-out*

La ricerca di congiunzioni di caratteristiche

La pendenza della funzione che lega TR e display-size come indice dell'efficienza della ricerca visiva

Fattori che influenzano l'efficienza del processo di ricerca visiva

Duncan e Humphreys (1989) hanno dimostrato che più i distrattori sono simili fra loro maggiore sarà l'efficienza della ricerca visiva (si veda la fig. 5 per un esempio). Uno dei modelli di ricerca visiva di maggiore successo negli anni recenti è quello proposto da Wolfe e dai suoi collaboratori che prende il nome di modello della Ricerca Guidata (cfr., ad es., Wolfe, 1994). L'idea di base del modello è che vi sia una rappresentazione iniziale dell'ambiente visivo che viene analizzata da mappe topografiche specifiche per ogni caratteristica dell'oggetto (colore, orientamento, forma ecc.).

Il modello
della Ricerca
Guidata di Wolfe

All'interno di ognuna di queste "mappe di caratteristiche" viene computata la salienza dell'oggetto per la specifica caratteristica analizzata dalla mappa. Si vengono così a creare, all'interno di ogni mappa, dei picchi di attivazione corrispondenti alle zone del campo visivo in grado di catturare l'attenzione. Questo meccanismo è responsabile della cattura dell'attenzione. Il modello di Wolfe (1994), oltre alle mappe bottom-up, prevede anche delle mappe *top-down*, necessarie per rendere conto dell'influenza delle conoscenze e/o aspettative del soggetto nel processo di ricerca del target. La differenza fondamentale rispetto alle mappe bottom-up consiste nel fatto che la salienza di un elemento è determinata dalla sua somiglianza con il modello del target che il soggetto si costruisce in base alle consegne sperimentali. Le mappe bottom-up e top-down vengono poi unite tra loro dando origine a un'unica mappa di attivazione generale. L'attenzione sarà diretta sulle posizioni in corrispondenza delle quali si trovano gli oggetti che presentano l'attivazione maggiore. Secondo il modello della Ricerca Guidata, l'efficienza della ricerca visiva non è una questione risolvibile in una semplice dicotomia. Piuttosto esistono vari gradi di efficienza. Nel prossimo paragrafo esamineremo come il paradigma di ricerca visiva è stato usato per studiare i meccanismi di memoria che supportano l'orientamento dell'attenzione nello spazio.

L'inibizione di ritorno aiuta l'orientamento dell'attenzione? Come accennato nel paragrafo relativo al decorso temporale dell'orientamento dell'attenzione, Posner e Cohen (1984) hanno proposto che l'inibizione di ritorno possa svolgere la funzione di facilitare l'esplorazione dello spazio, determinando un *bias* nell'orientare l'attenzione su zone o oggetti ancora inesplorati. Klein (1988) ha testato questa spiegazione funzionale dell'inibizione di ritorno sulla base di due osservazioni legate all'utilità adattiva di un simile meccanismo.

Inibizione
di ritorno
come ponte
fra attenzione
e memoria

Innanzitutto, una qualche forma di memoria per le posizioni su cui si sia già orientata l'attenzione sarebbe particolarmente rilevante per spiegare la prestazione nelle ricerche visive particolarmente difficili o inefficienti. In secondo luogo, un meccanismo del genere avrebbe l'importante funzione di impedire che l'attenzione venga continuamente catturata da stimoli particolarmente salienti ma irrilevanti ai fini del compito che stiamo svolgendo. Il paradigma sviluppato da Klein prevedeva un compito di ricerca visiva combinato con un secondo compito che consisteva nella semplice detezione di

uno stimolo *probe* presentato immediatamente dopo la risposta al compito di ricerca visiva. La logica sperimentale era relativamente semplice. Se davvero l'inibizione di ritorno funziona come un meccanismo che facilita la ricerca visiva, allora è ragionevole pensare che le posizioni e gli stimoli che sono già stati esplorati siano in qualche modo contrassegnati con delle "etichette" che servano a tenere traccia del fatto che quegli stimoli non si sono rivelati interessanti in quanto non erano lo stimolo target e servano a scoraggiare un nuovo orientamento sulle posizioni occupate da questi stessi oggetti. Di conseguenza, è plausibile che l'elaborazione di uno stimolo *probe* presentato in corrispondenza di stimoli già ispezionati dall'attenzione sia meno efficace (in conseguenza della presenza di inibizione) rispetto a quando lo stesso *probe* viene presentato su una zona del campo visivo che non è ancora stata esplorata dall'attenzione.

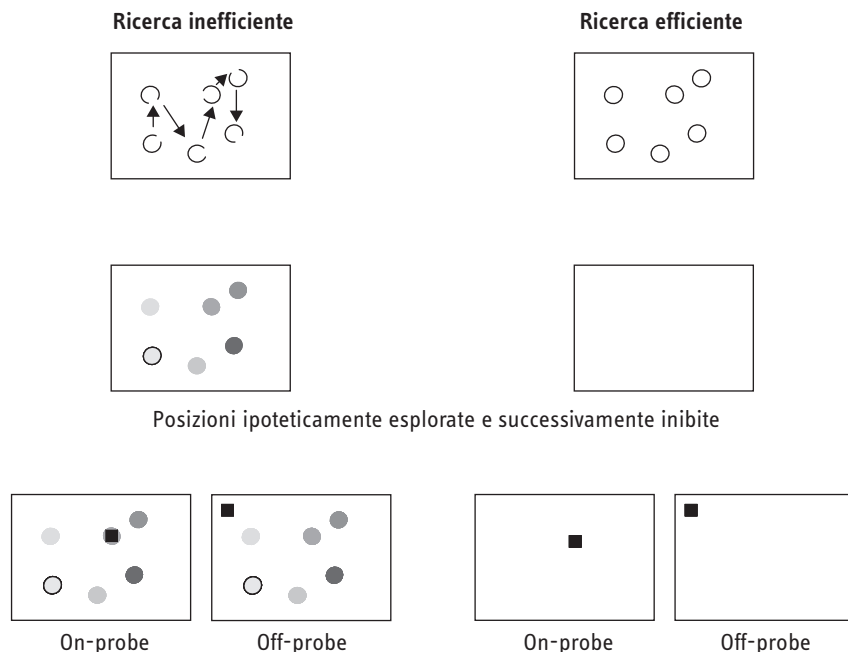
Sostanzialmente, nella logica adottata da Klein, il compito di ricerca visiva viene usato per produrre l'inibizione di ritorno e il compito di risposta al *probe* viene usato per misurarla. Nello studio di Klein, i soggetti dovevano riportare la presenza o meno della lettera O e i distrattori consistevano in lettere C presentate con orientamento casuale. Come si vede in fig. 5 (pannello di sinistra), in una condizione sperimentale il target era molto simile ai distrattori e aveva dunque bassa salienza. Inoltre i distrattori, essendo tutti orientati in maniera diversa, erano molto eterogenei fra di loro. Questo significa che, in base a quanto abbiamo detto nel paragrafo precedente, il compito era particolarmente difficile e la ricerca particolarmente inefficiente. Non appena i soggetti rispondevano in base al fatto che il target fosse presente o assente, sul display compariva lo stimolo *probe* (un piccolo quadrato nero in fig. 5). La manipolazione cruciale era che il *probe* appariva in maniera casuale sulla posizione precedentemente occupata da uno degli stimoli che componevano il display per il compito di ricerca visiva, oppure su una posizione vuota.

Queste due condizioni erano definite rispettivamente *on-probe* e *off-probe*. Se l'inibizione di ritorno giocava davvero un ruolo nella ricerca visiva, allora era plausibile che gli stimoli o le posizioni già esplorate fossero stati successivamente inibiti, il che avrebbe dovuto portare a TR più corti per rilevare lo stimolo *probe* nella condizione *off-probe* (*probe* su una posizione inesplorata) rispetto a quella *on-probe* (*probe* su una posizione già ispezionata). Tuttavia, questo ipotetico dato avrebbe anche potuto essere spiegato attraverso fenomeni percettivi più semplici legati per esempio al mascheramento. Per questa ragione, Klein realizzò anche una condizione di controllo (si veda la fig. 5, pannello di destra). Questa era rappresentata da un compito in cui la ricerca visiva era molto efficiente. Invertendo l'identità di target e distrattori del compito inefficiente, si aveva che il target era una lettera C e i distrattori erano tutte lettere O. In questo caso, anche se il target era simile ai distrattori, questi erano tutti uguali fra loro, il che si traduceva in una buona salienza del target.

Il compito
per elicitare
l'inibizione
di ritorno: ricerca
visiva

Il compito
per misurare
l'inibizione
di ritorno: *on-probe*
e *off-probe*

FIGURA 5 Inibizione di ritorno e ricerca visiva



Nel pannello di sinistra è illustrato un esempio di ricerca inefficiente, dove i soggetti devono riportare la presenza o assenza della lettera O tra stimoli distrattori costituiti da lettere C presentate in diversi orientamenti. In questo esempio è raffigurata una prova con target assente. Nel riquadro più in alto, oltre agli stimoli, sono presenti delle frecce che hanno lo scopo di illustrare gli ipotetici spostamenti dell'attenzione da un oggetto all'altro, resi necessari dal fatto che la ricerca del target è difficile. Nel riquadro intermedio è raffigurata l'ipotetica distribuzione delle "etichette" inibitorie nel momento in cui i soggetti rispondono che il target è assente, dopo avere esplorato tutti gli elementi della scena. Le tonalità di grigio raffigurano possibili differenze nella forza dell'inibizione (grigio più scuro = maggiore inibizione) che è plausibilmente maggiore per gli stimoli visitati più recentemente. Il T_R per rilevare il *probe* (ultimo riquadro in basso) è significativamente più lungo nella condizione *on-probe* rispetto alla condizione *off-probe* in quanto il *probe* viene presentato in una posizione non ancora esplorata dall'attenzione e pertanto non inibita. Nel pannello di destra è illustrato un esempio di ricerca efficiente, dove i soggetti devono riportare la presenza o assenza della lettera C (target assente nel caso specifico) tra stimoli distrattori costituiti da lettere O. Nel riquadro in alto, non vi è alcuna freccia a indicare spostamenti sequenziali dell'attenzione da un oggetto all'altro, poiché non è necessaria una strategia di ricerca seriale auto-terminante. L'implicazione è che nessuna posizione sarà inibita, pertanto il T_R per rilevare il *probe* sarà simile nelle condizioni *on-probe* e *off-probe*.

L'inibizione di ritorno si osserva solo se la ricerca visiva è inefficiente

Questo significa che in questo tipo di ricerca, le richieste attentive non sono particolarmente robuste e l'attenzione dei soggetti andrà immediatamente sulla posizione occupata dal target quando questo sarà presente. In altri termini, il soggetto non avrà alcun bisogno di ispezionare tutti gli oggetti uno a uno e non ci sarà bisogno che un meccanismo come l'inibizione di ritorno

entri in gioco. La previsione per questa condizione era di non trovare alcuna differenza nel TR per rilevare lo stimolo probe, proprio perché la ricerca era efficiente, l'unico item esplorato era il target e nessuno stimolo è stato inibito. I risultati dell'esperimento si mostrarono pienamente conformi alle previsioni. Inoltre, è stato osservato che, coerentemente con una strategia seriale auto-terminante, per il compito di ricerca inefficiente, la grandezza dell'effetto (la differenza fra TR per la condizione on-probe e off-probe) era maggiore nelle prove con target assente (dove i soggetti dovevano esplorare tutti gli stimoli del display di ricerca visiva) rispetto alle prove con target presente (dove, come abbiamo visto nel paragrafo precedente, i soggetti in media esploravano solo metà degli stimoli). In un lavoro successivo, Gilchrist e Harvey (2000) hanno testato se il meccanismo sottostante all'inibizione di ritorno nella ricerca visiva avesse limitazioni relative alla capacità (quante posizioni è possibile inibire, ovvero mantenere in memoria), e hanno osservato che effettivamente, in una ricerca visiva inefficiente, maggiore è il numero di oggetti presenti nel display di ricerca visiva e maggiore diventa la probabilità di re-ispezionare un oggetto sul quale si sia già orientata l'attenzione.

4. Conclusioni

Il presente capitolo ha cercato di offrire una panoramica quanto più esaustiva e aggiornata dei fenomeni riconducibili a dinamiche attentive che si sviluppano nel corso dei primi 900-1.000 ms di elaborazione di uno stimolo visivo da parte di soggetti umani adulti. Nel campo degli studi sull'attenzione umana, il termine "aggiornato" deve tuttavia essere preso con una certa cautela, poiché non esiste probabilmente altro settore delle scienze cognitive caratterizzato da un grado di vitalità teorica tale da tradursi in una sorprendente rapidità con cui vengono avanzate nuove proposte che modificano o rimpiazzano modelli che divengono altrettanto rapidamente obsoleti. Sia nell'ambito dell'attenzione temporale che di quella spaziale, le proposte più recenti – che sono per altro difficilmente descrivibili in un contesto divulgativo prettamente funzionale come quello in cui questo capitolo si colloca – fanno un deciso richiamo alla neuroanatomia e alla citoarchitettura delle vie visive implicate nell'elaborazione di stimoli presentati sequenzialmente. Le evidenze empiriche derivate dall'implementazione combinata di tecniche di monitoraggio *on-line* dell'attività cerebrale (ad es., risonanza magnetica funzionale, spettroscopia nel vicino infrarosso o algoritmi più raffinati rispetto agli attuali nel campo delle indagini elettroencefalografiche e/o magnetoencefalografiche) e di quelle classiche della cronometria mentale forniscono conoscenze sempre più avanzate in grado di testare la bontà e la portata esplicativa delle proposte che sono state prese in considerazione. È comunque bene ricordare che la rilevanza dei fenomeni considerati nel presente capitolo va oltre il mero interesse di un lettore che abbia specifici interessi

nella ricerca di base. I fenomeni che abbiamo discusso hanno infatti una forte valenza applicativa, in quanto illustrano processi che usiamo praticamente in ogni momento della vita quotidiana. Questo significa che i fenomeni che abbiamo considerato trovano un forte riscontro nell'ambito della diagnosi e della riabilitazione di disturbi della funzionalità attentiva di natura acquisita o evolutiva, così come nell'ambito dell'ergonomia, in particolar modo per la progettazione di interfacce tecnologiche sostenibili per il sistema cognitivo umano.

Riferimenti bibliografici

- BROADBENT D. E. (1954), *The Role of Auditory Localization and Attention in Memory Spans*, in "Journal of Experimental Psychology", 47, pp. 191-6.
- CHUN M. M., POTTER M. C. (1995), *A Two-Stage Model for Multiple Target Detection in Rapid Serial Visual Presentation*, in "Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance", 21, pp. 109-27.
- DI LOLLO V., KAWAHARA J., GHORASHI S. M. S., ENNS J. T. (2005), *The Attentional Blink: Resource Depletion or Temporary Loss of Control?*, in "Psychological Research", 69, pp. 191-200.
- DRIVER J., DAVIS G., RICCIARDELLI P., KIDD P., MAXWELL E., BARON-COHEN S. (1999), *Gaze Perception Triggers Reflexive Orienting*, in "Visual Cognition", 6, pp. 509-40.
- DUNCAN J., HUMPHREYS G. W. (1989), *Visual Search and Stimulus Similarity*, in "Psychological Review", 96, pp. 433-58.
- DUX P. E., MAROIS R. (2009), *The Attentional Blink: A Review of Data and Theory*, in "Attention, Perception, & Psychophysics", 71, pp. 1683-700.
- EGETH H. E., YANTIS S. (1997), *Visual Attention: Control, Representation, and Time Course*, in "Annual Review of Psychology", 48, pp. 269-97.
- ERIKSEN C. W., HOFFMAN J. E. (1973), *The Extent of Processing of Noise Elements during Selective Encoding from Visual Displays*, in "Perception & Psychophysics", 14, pp. 155-60.
- FRIESEN C. K., KINGSTONE A. (1998), *The Eyes Have It! Reflexive Orienting Is Triggered by Nonpredictive Gaze*, in "Psychonomic Bulletin and Review", 5, pp. 490-5.
- FRISCHEN A., BAYLISS A. P., TIPPER S. P. (2007), *Gaze Cueing of Attention: Visual Attention, Social Cognition, and Individual Differences*, in "Psychological Bulletin", 133, pp. 694-724.
- GILCHRIST I., HARVEY M. (2000), *Refixation Frequency and Memory Mechanisms in Visual Search*, in "Current Biology", 10, pp. 1209-12.
- HUSAIN M., SHAPIRO K., MARTIN J., KENNARD C. (1997), *Abnormal Tempo-*

- ral Dynamics of Visual Attention in Spatial Neglect Patients*, in "Nature", 385, pp. 154-6.
- JONIDES J. (1981), *Voluntary versus Automatic Control over the Mind's Eye's Movement*, in J. Long, A. Baddeley (eds.), *Attention and Performance IX*, Erlbaum, Hillsdale (NJ), pp. 187-203.
- JONIDES J., MACK R. (1984), *On the Cost and Benefit of Cost and Benefit*, in "Psychological Bulletin", 96, pp. 29-44.
- KLEIN R. (1988), *Inhibitory Tagging System Facilitates Visual Search*, in "Nature", 334, pp. 430-1.
- LACROIX G. L., CONSTANTINESCU I., COUSINEAU D., DE ALMEIDA R. G., SEGALOWITZ N., VON GRÜNAU M. (2005), *Attentional Blink Differences between Adolescent Dyslexic and Normal Readers*, in "Brain and Cognition", 57, pp. 115-9.
- MARTENS S., WYBLE B. (2010), *The Attentional Blink: Past, Present, and Future of a Blind Spot in Perceptual Awareness*, in "Neuroscience and Biobehavioral Reviews", 34, pp. 947-57.
- MÜLLER H. J., RABBITT P. M. A. (1989), *Reflexive and Voluntary Orienting of Visual Attention: Time Course of Activation and Resistance to Interruption*, in "Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance", 15, pp. 315-30.
- NICOLSON R. I., FAWCETT A. J. (2000), *Long-Term Learning in Dyslexic Children*, in "European Journal of Cognitive Psychology", 12, pp. 357-93.
- POSNER M. I. (1980), *Orienting of Attention*, in "Quarterly Journal of Experimental Psychology", 32A, pp. 3-25.
- POSNER M. I., COHEN Y. (1984), *Components of Visual Orienting*, in H. Bouma, D. G. Bouwhuis (eds.), *Attention and Performance X*, Erlbaum, Hillsdale (NJ), pp. 531-56.
- POSNER M. I., NISSEN M. J., OGDEN W. C. (1978), *Attended and Unattended Processing Modes: The Role of Set for Spatial Location*, in H. L. Pick, I. J. Saltzman (eds.), *Modes of Perceiving and Processing Information*, Erlbaum, Hillsdale (NJ), pp. 137-57.
- POSNER M. I., PETERSEN S. E. (1990), *The Attention System of the Human Brain*, in "Annual Review of Neuroscience", 13, pp. 25-42.
- RISTIC J., MOTTRON L., FRIESEN C. K., IAROCCI G., BURACK A. J., KINGSTONE A. (2005), *Eyes Are Special but not for Everyone: The Case of Autism*, in "Cognitive Brain Research", 24, pp. 715-8.
- ROLKE B., HEIL M., STREB J., HENNINGHAUSEN E. (2001), *Missed Prime Words within the Attentional Blink Evoke an N400 Semantic Priming Effect*, in "Psychophysiology", 38, pp. 165-74.
- SHAPIRO K., HILLSTROM A. P., HUSAIN M. (2002), *Control of Visuotemporal Attention by Inferior Parietal and Superior Temporal Cortices*, in "Current Biology", 12, pp. 1320-5.

TIPPLES J. (2002), *Eye Gaze Is not Unique: Automatic Orienting in Response to Uninformative Arrows*, in "Psychonomic Bulletin and Review", 9, pp. 314-8.

TREISMAN A., GELADE G. (1980), *A Feature-Integration Theory of Attention*, in "Cognitive Psychology", 12, pp. 97-136.

VISSER T. A. W., BISCHOF W. F., DI LOLLO V. (1999), *Attentional Switching in Spatial and Nonspatial Domains: Evidence from the Attentional Blink*, in "Psychological Bulletin", 125, pp. 458-69.

VON HELMHOLTZ H. (1871), *Über die zeit, welche nötig ist, damit ein gesichtseindruck zum bewusstsein kommt*, in "Berliner Monatsberichte", Juni, pp. 333-7.

WOLFE J. M. (1994), *Guided Search 2.0: A Revised Model of Visual Search*, in "Psychonomic Bulletin and Review", 1, pp. 202-38.

ID. (1998), *Visual Search*, in H. Pashler (ed.), *Attention*, Psychology Press, London, pp. 13-73.