



Psicobiologia e Psicologia Fisica

Prof. Tiziano Agostini

e-mail: agostini@units.it

Ricevimento: dopo lezione o via e-mail

PROGRAMMA

A.M. Williams, K. Davids, J.G. Williams. *Visual perception & action in sport*. London: Spon Press.

Il corso verterà sulla valutazione delle funzioni cognitive e sulla loro influenza sulla prestazione sportiva.

Verrà affrontato il tema del rapporto tra cognizione e azione, il ruolo della percezione nel comportamento motorio, la mente rappresentazionale e l'organizzazione del movimento.

Nello specifico saranno approfondite le seguenti funzioni cognitive:

Percezione

- Il sistema visivo e la prestazione sportiva
- Dai sensi all'informazione, dal vedere al percepire, percezione e azione
- Il sistema visivo e le necessità funzionali nello sport
- Strategie di ricerca visiva nello sport
- La valutazione delle strategie di ricerca visiva tramite le tecniche di registrazione dei movimenti oculari e altri paradigmi
- L'allenamento delle strategie di ricerca visiva nello sport

Attenzione

- Modelli cognitivi dell'attenzione e loro rilevanza per l'attenzione selettiva nello sport
- Attenzione e azione
- Automatismo e prestazione di alto livello
- La valutazione dell'automatismo nello sport
- Sviluppare automatismo e attenzione selettiva nello sport

Decisione

- Anticipazione e decisione nello sport
- Paradigmi di valutazione della capacità di codifica e recupero dell'informazione specifica nello sport
- Utilizzo degli indizi di anticipazione e paradigmi di valutazione
- Conoscenza dichiarativa e procedurale nello sport e paradigmi di valutazione
- Modelli cognitivi dell'expertise nello sport

L'informazione

Negli ultimi decenni c'è stato un crescente riconoscimento scientifico riguardo al ruolo dei processi cognitivi nella performance sportiva vincente.

Gli atleti dipendono dal costante ingresso di informazione accurata ed affidabile proveniente dall'ambiente mentre eseguono movimenti complessi.

L'informazione è necessaria per eseguire azioni complesse come stare in equilibrio su una trave, correre verso un target, intercettare un proiettile, riconoscere lo schema difensivo degli avversari nei giochi di squadra.

La ricerca ha dimostrato uno stretto legame tra la raccolta da parte del sistema percettivo delle fonti di informazione e la prestazione efficace nello sport.

Gran parte dell'informazione che riceviamo e usiamo per pianificare le nostre azioni proviene dal sistema visivo.

L'attenzione principale sarà quindi data a come l'informazione viene percepita dal sistema visivo umano e da come viene utilizzata per supportare l'azione nello sport.

Una ginnasta accelera il movimento delle gambe verso la parallela asimmetrica inferiore e temporizza precisamente il momento di stacco per avvantaggiarsi delle forze reattive per facilitare l'oscillazione verso l'alto.

Un giocatore di basket in carrozzina modula le forze sulle ruote della carrozzina per arrivare di fronte al canestro in tempo per intercettare il passaggio del compagno di squadra.

Queste descrizioni aneddotiche di azioni specializzate nello sport sottendono un'importante domanda:

come fanno gli esecutori abili a rispettare i severi limiti spazio-temporali imposti ai loro comportamenti dalle regole e dagli eventi dello sport e delle attività fisiche?

Più nello specifico, come fanno gli atleti abili a percepire informazione da ambienti altamente dinamici e complessi al fine di eseguire azioni così precisamente temporizzate e sistematiche?

Per esempio, Regan (1986) ha dimostrato che i battitori di cricket hanno spesso solo 230 ms per rispondere a una palla che arriva a 150 km/h.

Bootsma e van Wieringen hanno trovato nei pongisti una variabilità nell'inizio di un attacco di diritto tra 2.03 e 4.72 ms.

Gli atleti sono quindi in grado di riprodurre sistematicamente pattern stabili di attività motoria coordinata in condizioni di elevata pressione competitiva, senza che le azioni diventino stereotipate.

Infatti i movimenti variano sottilmente e vengono coordinati per far fronte agli improvvisi cambiamenti nella situazione ambientale.

Per comprendere come i processi cognitivi e il controllo motorio supportano il comportamento nello sport, è utile studiare non solo gli atleti di alto livello, ma anche i principianti.

Comprendere infatti lo sviluppo delle funzioni cognitive e delle loro relazioni con l'azione può fornire importanti informazioni che possono essere utilizzate nell'insegnamento e nell'allenamento delle attività sportive.

Spesso infatti la pianificazione e l'organizzazione delle sedute di allenamento si basano più o meno implicitamente su un modello teorico di come l'allievo acquisisce le abilità necessarie (vedi Handford, Davids, Bennet & Button, 1997).

Il ruolo della percezione visiva nel comportamento motorio

La percezione comprende il rilevare e l'interpretare i cambiamenti in varie forme di energia che attraversano l'ambiente come raggi di luce, onde sonore e attivazione neurale (Bruce, Green & Georgeson, 1996).

I cambiamenti ambientali che possono essere percepiti da questi cambiamenti del flusso di energia nello spazio e nel tempo sono usati per supportare le azioni dirette a uno scopo dell'atleta.

Per esempio, un giocatore di pallamano deve essere capace di rilevare e interpretare l'informazione che proviene dalla luce riflessa dalla superficie della palla per effettuare una presa a due mani.

Nell'eseguire questo compito sono necessarie informazioni precise sulla posizione della palla nello spazio (informazione "dove") e sul tempo (informazione "quando").

Le informazioni spazio-temporali riguardo all'oggetto che si avvicina devono essere rapidamente colte per poter coordinare nel tempo il sistema scheletrico e muscolare.

Inoltre il sistema percettivo supporta il controllo e il bilanciamento posturale dell'atleta impegnato nella ricezione, nonché il riconoscimento di schemi nella formazione opposta, il che permette di integrare la ricezione della palla in una sequenza tattica di gioco.

Percezione visiva: elaborazione e definizione

Lo studio di percezione e azione è quindi relato alla necessità dell'atleta di percepire la struttura spazio-temporale dell'informazione ambientale per eseguire con successo azioni motorie (Turvey, 1990).

Non che le altre forme di informazione sensoriale non continuo, ma quella visiva è quella che usiamo maggiormente (Cutting, 1986).

La percezione visiva può quindi essere compresa come il processo di raccolta dell'informazione ambientale che da forma a oggetti, superfici, eventi, all'interno di un percettore.

La gran parte del lavoro teorico che cerca di spiegare la natura di percezione e azione in ambienti complessi viene dalla psicologia.

Il livello di analisi psicologico è necessario per supportare gli scarsi dati neurofisiologici riguardo ai meccanismi del SNC sottostanti a percezione e azione.

La mente rappresentazionale

La capacità della mente di rappresentare il mondo internamente è stata comparata al funzionamento del computer.

Il modo in cui un computer elabora e rappresenta informazione all'interno del sistema nella forma di linguaggio codificato simbolicamente è stato usato come metafora dei processi mentali.

La scienza cognitiva crede che la conoscenza sia composta da simboli che rappresentano gli oggetti esterni nella mente (vedi Edelman, 1992).

La cognizione implica il manipolare questi simboli in modo astratto e regolato da una sintassi. Operare secondo queste regole è definito computazione. Come un computer, la mente leggerebbe le rappresentazioni simboliche in maniera semantica.

Queste rappresentazioni simboliche servono per le nostre attività finalizzate.

L'approccio dell'elaborazione delle informazioni

Il ruolo del sistema percettivo è stato concettualizzato come ciò che fornisce lo stimolo necessario per la messa in atto di uno specifico programma di azione o come la contestualizzazione di una rappresentazione simbolica di movimento.

In questo senso, i processi della percezione visiva possono essere collegati a una serie di computazioni effettuate sulle sensazioni grezze registrate a livello retinico durante la performance sportiva (vedi Williams et al, 1992).

Il modello cognitivo di base della percezione, che prevede che gli indizi sensoriali ambigui vengano comparati con l'informazione immagazzinata in memoria prima che avvenga l'output del sistema, ha reso popolare la metafora del computer nello spiegare percezione e azione nel comportamento umano.

Nel pianificare una risposta motoria gli psicologi cognitivisti hanno supposto che gli esecutori abili usino la conoscenza rappresentata internamente per:

- prestare attenzione alle fonti rilevanti di informazione ambientale e ignorare le altre;
- effettuare una ricerca visiva in modo sistematico e abile;
- anticipare gli eventi negli sport con limitazioni temporali prima che accadano effettivamente;
- verificare l'informazione impoverita che il sistema percettivo riceve dall'ambiente.

Spiegazioni rappresentazionali dell'organizzazione del movimento

Il modello prototipico per una rappresentazione del movimento nella psicologia cognitiva ha una struttura gerarchica. Le rappresentazioni interne sono credute contenere istruzioni più o meno dettagliate per regolare il comportamento motorio, incluse le forze, la programmazione e la durata delle contrazioni muscolari necessarie (vedi Schmidt, 1988).

Queste spiegazioni rappresentazionali tentano di spiegare il controllo motorio, cioè come il sistema motorio è organizzato e controllato dal cervello e dalle altre componenti del SNC.

Inoltre si sono rivelati importanti i generatori centrali di pattern ritmici, gruppi di neuroni che cooperano in rete a livello spinale del SNC che forniscono un output neurale ritmico che agisce da stimolo per la locomozione.

In realtà questa visione rigida del controllo motorio non rende conto della flessibilità nel contestualizzare l'azione alle modifiche ambientali improvvise.

In seguito c'è stata una riconcettualizzazione della composizione dei programmi per contenere informazione più astratta, come gli scopi dell'esecutore, e per essere eseguiti con diversi effettori (ad esempio, nel calcio, lo stesso programma di intercettazione può essere implementato per il contatto con la palla con le mani, i piedi, la testa).

Inoltre bisogna tener conto dell'importanza dell'informazione percettiva nel modificare e adattare il comportamento in corso.

Ora i modelli teorici dei programmi motori tengono conto della cooperazione tra sistema percettivo e rappresentazioni motorie immagazzinate, tenendo conto sia delle condizioni esterne che di quelle interne.

Alcune idee chiave dell'approccio dell'elaborazione delle informazioni a percezione e azione

Poulton (1957, 1965) ha supposto che due tipi di informazione predittiva sono necessari per una prestazione efficace nelle azioni di intercettazione, come l'afferrare una palla.

Primo, l'informazione anticipatoria che viene dai recettori al momento di arrivo della palla sulla mano che afferra. Questo processo è utilizzabile quando l'esecutore ha una visione chiara di un oggetto che si avvicina.

Le azioni di intercettazione efficaci dipendono da una serie complessa di indizi di velocità e distanza, relate alle memorie passate di eventi simili.

Nell'approccio dell'elaborazione delle informazioni si ritiene che l'osservatore derivi il tempo di collisione (T_c) da numerose variabili, tra cui l'informazione di distanza, velocità e dimensione dell'oggetto.

La lunga esperienza in una situazione permette all'osservatore di sviluppare un algoritmo interno per calcolare il valore di ogni variabile nel temporizzare un azione. Per questi calcoli è necessaria la conoscenza della dimensione dell'oggetto che si avvicina, e viene acquisita attraverso l'esperienza specifica in un particolare setting ed è rappresentata simbolicamente in memoria. Quindi, maggiore è l'informazione immagazzinata in memoria, maggiore la probabilità che la temporizzazione del comportamento sia efficace.

Secondo, dopo che l'esecutore ha interpretato indizi importanti riguardo a velocità e posizione della palla, bisogna prevedere quando iniziare il movimento.

La conoscenza della durata temporale di un'azione di intercettazione, come ad esempio l'oscillazione della mazza nel baseball, permette all'esecutore di prevedere correttamente quando iniziare il movimento.

La lunga pratica di un movimento permette agli atleti di alto livello di includerlo nel repertorio delle azioni programmate (Frans, Weicker & Robertson, 1985).

Va notato che la selezione efficace del corretto programma di movimento dipende dalla percezione esperta delle caratteristiche del volo della palla.

Abernethy ha notato come i limiti temporali degli sport di palla veloci sono così restrittivi ai massimi livelli della performance che non è possibile modificare prontamente la durata di parti del movimento (ad esempio, per un battitore di baseball, velocizzare una fase di un'azione bifasica di intercettazione).

L'atleta esperto utilizza i segnali anticipatori che provengono dai movimenti degli avversari per prendere una decisione e prepararsi alla risposta.

I giocatori di alto livello hanno sviluppato modelli sofisticati del mondo che permettono loro di prevedere gli eventi e di selezionare sequenze di movimenti pre-programmate al fine di risolvere compiti di intercettazione.

L'abilità nelle azioni di intercettazione rapide si basa sulla capacità di rilevare e interpretare l'informazione percettiva tramite una comparazione con una struttura mnemonica interiorizzata basata sull'esperienza passata in situazioni simili.

Gli atleti esperti non reagiscono a eventi inaspettati, operano nel futuro, usando una modalità anticipatoria dell'azione (Whiting, Alderson & Sanderson, 1973).

Quindi i meccanismi cognitivi interni forniscono all'atleta esperto la base per l'interpretazione dei segnali precoci che vengono dal volo della palla e dai movimenti dell'avversario. La conoscenza della situazione di gioco fornisce informazioni sulle possibili scelte strategiche, calcolandone le relative probabilità in anticipo. Inoltre, la capacità di programmare anticipatamente i movimenti posturali e di orientamento in ricezione è ritenuta liberare meccanismi attenzionali, che permettono all'atleta esperto di concentrarsi su indizi più sofisticati riguardo a che fare una volta che la palla è stata intercettata.

Per esempio, un giocatore inesperto dovrà stare attento alla posizione del proprio corpo in modo da eseguire il gesto di intercettazione in modo corretto, quello esperto potrà esplorare il campo visivo per decidere in che direzione indirizzare la palla una volta intercettata.

Spesso gli allenatori insegnano a mantenere sempre gli occhi sulla palla, ma nei momenti critici, gli esperti sembrano essere in grado di spostare l'attenzione tra diverse fonti di informazione ambientale, come la posizione degli avversari e dei compagni di squadra e la posizione di oggetti e obiettivi.

Hubbard & Seng (1954) furono i primi a studiare se battitori professionisti di baseball avevano la necessità di fissare la palla per tutto il suo volo per colpirla efficacemente. Hanno filmato la prestazione di 29 professionisti, e nonostante alcune differenze individuali, hanno trovato che i battitori esperti avevano bisogno di inseguire fovealmente la palla fino a 2,4-4,5 m dalla mazza.

La mancanza di movimenti oculari o della testa nelle ultime fasi del volo della palla può indicare che la lunga pratica permette ai battitori professionisti di sviluppare una rappresentazione interna dell'evento, in modo da usare gli indizi precoci provenienti dal lanciatore e dal volo iniziale della palla.

Bahill & LaRitz hanno dimostrato che spesso i lanci nel baseball raggiungono velocità che eccedono i limiti della capacità di inseguimento dei movimenti oculari.

Da un punto di vista cognitivo, gli atleti sembrano ridurre i gradi di libertà del sistema motorio programmando anticipatamente la risposta motoria.

L'ipotesi del timing operativo

Tyldesley & Whiting (1975) sostengono che la temporizzazione operativa permette di ridurre l'incertezza temporale in ambienti in qualche modo prevedibili allenando un'azione finché è altamente costante nella sua durata, il che ridurrebbe le esigenze di elaborazione dell'esecutore a quelle del solo timing di input, termine con cui si intende la capacità dell'esecutore di calcolare le informazioni di distanza e velocità dalle caratteristiche del volo della palla al fine di prevedere correttamente il tempo d'inizio di un'azione che ha una durata temporale nota.

Sono stati studiati giocatori di tennistavolo inesperti, intermedi ed esperti, nella prestazione del colpo di diritto indirizzato a una certa area del tavolo.

Sia gli esperti che gli intermedi sono in grado di riprodurre un alto livello di precisione e consistenza nel tiro. La differenza principale tra i due gruppi è di natura spaziale e temporale nel pattern motorio. Nei punti chiave dell'inizio del movimento e del contatto racchetta/palla le differenze di spostamento tra prove sono trascurabili; la variabilità del timing operativo per entrambi i gruppi più esperti è nell'ordine dei 4 ms.

Gli inesperti, invece, non mostrano precisione spazio-temporale, risultando in prestazioni più scarse in velocità e accuratezza dei movimenti.

Gli esperti quindi devono solo affrontare il problema della previsione temporale di quando iniziare una sequenza motoria che è stata interamente programmata in anticipo.

Come l'abilità si sviluppa, le esigenze di programmazione cosciente coinvolte nel raccogliere adeguata informazione sul timing di input si concentrano solo sulla fase iniziale del volo della palla, liberando i meccanismi percettivi per eliminare le perturbazioni minori nell'output della risposta in corso e per la pianificazione strategica.

Il sistema visivo e la prestazione sportiva

L'esecutore umano può essere considerato una piattaforma mobile (il tronco) con dispositivi manipolativi (braccia e gambe) operati tramite un processore "intelligente" (il cervello e il SNC), circa il 30% del quale è dedicato all'informazione visiva (Hubel, 1988).

Gli umani conducono le loro attività quotidiane in un ambiente dinamico e disordinato, all'interno del quale la sopravvivenza dipende pesantemente dall'informazione processata visivamente.

Nello sport, in cui i partecipanti e gli oggetti spesso si muovono su traiettorie rapide e complesse, una visione efficiente è fondamentale.

Nel baseball, per esempio, un battitore può colpire una palla di soli 23 cm di circonferenza che si avvicina a 160 km/h con una mazza di 20 cm di circonferenza, spesso proiettando l'oggetto a oltre 360 m.

Sostanzialmente l'azione sportiva richiede di più che la capacità di "vedere".

C'è chi sostiene che la performance, specie nei giochi di palla veloci, sia funzione della qualità del sistema visivo individuale (prospettiva dell'hardware).

Altri sostengono che l'abilità percettiva è funzione della conoscenza acquisita tramite l'esperienza (prospettiva del software).

Di fatto, c'è un'ovvia interdipendenza tra hardware e software: la performance nello sport dipende da un'accettabile integrità di entrambi gli elementi.

Movimenti oculari (motilità oculare)

è la capacità di coordinare accuratamente i due occhi in modo che mantengano "unicità" come l'atleta (statico o in movimento) guarda ad un posto all'altro e/o un target in movimento. Deficit in questa capacità possono influenzare tutti i giudizi di orientamento spaziale, di profondità e la visione immediata e nitida, singola, di ogni oggetto nel campo visivo.

Flessibilità di fuoco (accomodamento)

è la capacità che permette all'atleta di cambiare rapidamente fuoco da un punto all'altro nello spazio. Accomodamento, convergenza e divergenza lavorano assieme. Deficit in questa capacità possono causare eccessivo sforzo nel sistema di convergenza/divergenza, rallentando la capacità di seguire rapidamente e accuratamente un oggetto che si avvicina o allontana.

Flessibilità di fusione (binocularità)

è la capacità dell'atleta di fondere rapidamente e accuratamente le due immagini degli occhi in una. Deficit in questa capacità possono far esperire all'atleta visione doppia, difficoltà a seguire gli oggetti e giudicare scorrettamente direzioni e distanze.

Percezione della profondità (stereopsi)

è la capacità di utilizzare rapidamente e accuratamente le immagini fuse dei due occhi per giudicare le distanze e le relazioni spaziali tra oggetti e luoghi. È strettamente collegata ai movimenti oculari e alla binocularità. Deficit in questa capacità possono provocare errori nel giudicare dove gli oggetti sono in relazione agli altri.



Tempo di reazione visivo

è il tempo necessario per percepire e rispondere alla stimolazione visiva. Coinvolta in questa capacità è la capacità di usare l'informazione acustica (suono) per aiutare la stimolazione visiva. Deficit in questa capacità possono rendere lenti gli atleti nel rispondere alle azioni.

Consapevolezza centrale periferica

è la capacità degli atleti di prestare attenzione a ciò che hanno di fronte (centrale) ma di essere consapevoli e di usare ciò che c'è di lato (periferia) senza muovere gli occhi dall'oggetto considerato. Deficit in questa capacità possono far sì che gli atleti vedano le cose/persona che hanno di lato a dove stanno guardando, e siano distratti da queste.

Coordinamento occhio-mano-corpo

è la capacità di integrare occhi e mani/corpo in un'unità. Gli occhi devono guidare il sistema motorio del corpo. Deficit in questa capacità possono influire su tutti i livelli di performance che richiedono movimenti di atleta, racchetta, mazza, palla, etc.

Aggiustamento visivo

è la capacità di essere abbastanza flessibili da aggiustare rapidamente e guidare le risposte motorie del corpo rapidamente e accuratamente mentre vi sono cambiamenti nell'ambiente circostante. È l'atto di essere "sintonizzati" nelle risposte del corpo, anche se le richieste della situazione variano. Deficit in questa capacità possono rallentare considerevolmente le risposte di un atleta e rendere le risposte che sta affrontando imprevedibili e inconsistenti.

Visualizzazione

è la capacità di immaginare mentalmente e visualizzare situazioni, azioni e risposte che possono e accadono durante l'attività sportiva, modificarle per renderle più efficienti e corrette, e essere in grado di usare questa informazione durante le effettive situazioni di gioco subito e nel futuro. Deficit in questa capacità possono minare la correttezza delle risposte dell'atleta nelle varie situazioni di gioco, rendono difficile l'apprendere dagli errori da egli o altri commessi.

Dai sensi all'informazione

Lo scopo "biologico" principale del sistema visivo è la percezione visiva, che è la trasformazione, l'organizzazione e l'interpretazione della luce riflessa che arriva al cervello tramite i recettori sensoriali, e i movimenti oculari servono a questo scopo.

Un sistema che produce movimenti controllati come saccadi e movimenti di inseguimento deve usare un meccanismo di controllo che implica qualche tipo di "interpretazione".

La questione che interessa da sempre gli scienziati della visione è come la luce riflessa diventi un percepito.

Nonostante molti decenni di ricerca non si ha ancora una risposta definitiva al riguardo.

Sono ormai noti molti dei meccanismi che portano alla visione, ma come il vedere diventa il percepire?

Anche in questo caso, nonostante grandi scoperte, non si ha ancora una risposta esauriente.

Dal vedere al percepire

È stata dimostrata l'esistenza di diversi percorsi paralleli che l'informazione in ingresso nel sistema percettivo prende nell'arrivare al cervello (Hubel & Wiesel, 1979; Livingston & Hubel, 1987; Merigan & Maunsell, 1993; Milner & Goodale, 1993).

Dal punto di vista dell'elaborazione dell'informazione, l'idea è che i canali iniziano a livello retinico e rimangono separati fino ai livelli superiori della corteccia visiva.

Queste diverse vie sono considerate servire a diverse specifiche funzioni visive.

Inizialmente si pensava che le vie magno- e parvo-cellulari rimanessero separate oltre la corteccia visiva primaria.

Per Ungerleider & Mishkin (1982) la via dorsale che va dalla corteccia striata a quella parietale posteriore è coinvolta nella percezione del movimento e nella localizzazione spaziale (dov'è?), mentre quella ventrale che va dalla corteccia striata alla regione infero-temporale è coinvolta nel riconoscimento degli oggetti (cos'è?).

Sembra che la via dorsale, sebbene prevalentemente magnocellulare, contenga una componente seppur piccola di input parvocellulare, mentre la via ventrale riceverebbe input da entrambi i sistemi. Inoltre la via dorsale riceve input dal collicolo superiore e dal genicolato laterale (Goodale, 1993).

È noto che il collicolo superiore è coinvolto strettamente nel controllo dei movimenti saccadici (Sparks & Mayes) e nel coordinamento di mano, testa e movimenti posturali (Kandel, Schwartz & Jessel, 1991).

Questa integrazione estesa delle diverse vie è stata condivisa largamente da Milner & Goodale (1995), che hanno contribuito significativamente alla conoscenza sull'azione integrata dei sistemi percettivo e visuomotorio.

Percezione e azione

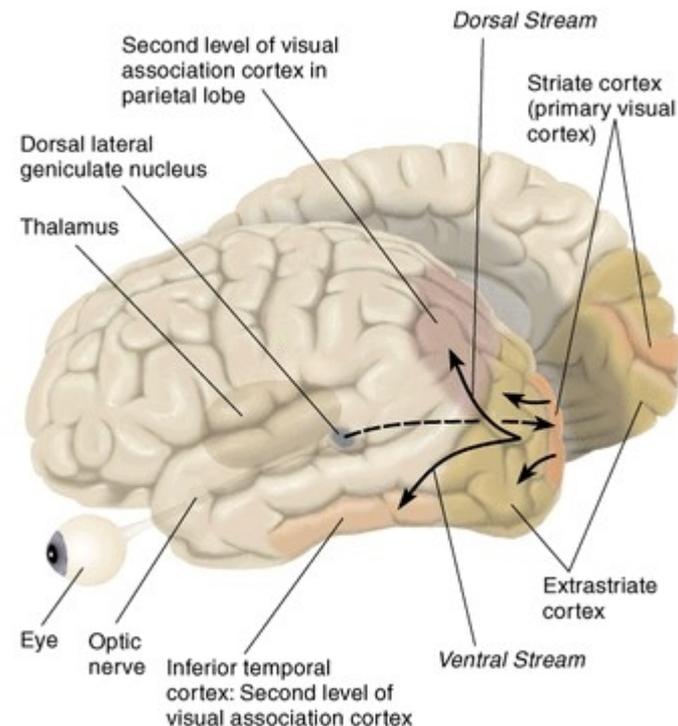
Milner & Goodale (1995) hanno trovato delle evidenze a favore del fatto che via dorsale e ventrale servano a diverse funzioni visive.

La via ventrale sarebbe critica per la percezione degli oggetti, la via dorsale medierebbe le trasformazioni sensomotorie richieste per le azioni guidate dalla vista dirette agli oggetti.

La via ventrale permetterebbe la formazione di rappresentazioni percettive e cognitive che comprendono le caratteristiche durevoli degli oggetti e le loro reciproche relazioni spaziali, mentre nella via dorsale avverrebbero delle trasformazioni che utilizzano le caratteristiche immediate e egocentriche degli oggetti, e medierebbe il controllo delle azioni visuomotorie.

Entrambe le vie lavorerebbero in orchestrazione l'una con l'altra.

Propongono la distinzione "cosa" vs "come" per definire le differenze funzionali tra le due vie.



Strategie di ricerca visiva nello sport

In molti sport gli esecutori devono prendere delle decisioni rapide in ambienti complessi e in continuo cambiamento, per esempio, nei giochi di quadra con la palla, è necessario agire sulla base dell'informazione che viene dalla palla, dai compagni di squadra e dagli avversari (Williams et al, 1994), il tutto sotto la pressione degli avversari che cercando di restringere il tempo e lo spazio disponibili per eseguire le azioni.

Una performance efficace in questi contesti richiede che il giocatore focalizzi la sua attenzione solo sulle fonti di informazione più rilevanti e cruciali.

Quindi il sapere "dove" e "quando" guardare sono aspetti importanti della prestazione vincente.

Il modo in cui gli atleti muovono continuamente i loro occhi per focalizzarsi su aree selezionate del campo visivo ha generato un notevole interesse nella ricerca recente.

Si sa da tempo che gli esperti usano nella ricerca visiva delle strategie percettive (Bard & Fleury, 1981), in cui i movimenti oculari sono controllati da una strategia di ricerca in modo da permettere all'esecutore di fare un uso più efficiente del tempo disponibile per l'analisi del campo visivo.

Movimenti oculari nello sport

Gli esecutori che affrontano il compito di raccogliere l'informazione rilevante nello sport si trovano a mettere in azione processi di ricerca visiva.

Il processo di ricerca visiva prevede l'uso della visione per ottenere informazione dall'ambiente al fine di determinare cosa fare in ogni dato istante (Magill, 1993).

Per esempio, un giocatore di basket di alto livello, mentre attraversa il campo di gioco palleggiando deve ottenere informazioni sul canestro e sulla posizione di compagni e avversari per decidere se passare o meno e a chi.

Per ottenere ciò, deve fare piccoli e rapidi movimenti oculari per spostare le aree informative del campo visivo dalla periferia della retina, in cui la risoluzione è scarsa, alla fovea, che copre circa 1-2° dell'area centrale della retina e riceve l'immagine più focalizzata e nitida (Zeki, 1993). Questa area è composta da soli coni, che data la relazione 1 a 1 con le cellule bipolari e gangliari permette un'acuità visiva fine (Sivak & MacKenzie, 1992).



La chiarezza dell'immagine visiva decresce gradualmente come lo stimolo si sposta nella parafovea, che copre circa 10° di arco visivo, e più rapidamente nella periferia, che si estende fino a 160° verticalmente e 200° orizzontalmente, e ciò è dovuto alla riduzione nella concentrazione di coni e all'aumento di bastoncelli.

I bastoncelli sono più sensibili alla luce e al movimento, a causa della relazione 1 a molti con le cellule gangliari, ma manca in capacità di rilevare dettaglio e colore.

Pertanto, per vedere gli oggetti in movimento con la massima chiarezza, l'esecutore deve continuamente aggiustare la posizione della fovea.

Nel processo di ricerca visiva si assume che un oggetto sia inizialmente rilevato in visione periferica, che fornisce informazione riguardo a "dov'è". L'oggetto viene poi identificato o percepito portando lo stimolo nelle regioni foveali della retina, che fornisce informazioni riguardo a "cos'è" (Trevarthen, 1968).

La rilevazione in periferia si assume generalmente essere subconscia o comunque non richiedere attenzione (preattentiva). Ciò però non preclude che la visione periferica possa essere usata consapevolmente nel processo di ricerca visiva (vedi Williams & Davids, 1998).

Lo stadio foveale della prestazione si assume conscio o richiedente attenzione, ed è definito lo stadio "attentivo" del processo di ricerca visiva (Neisser, 1967).

Movimenti oculari saccadici

I movimenti oculari più frequenti in contesti con limiti temporali come lo sport sembrano essere le saccadi.

Queste sono movimenti coniugati degli occhi (cioè entrambi si muovono nella stessa direzione) che sono responsabili per i rapidi salti che portano una nuova parte del campo visivo in visione foveale (Carpenter, 1988).

Saccadi



Nello sport, un atleta può usare le saccadi per esplorare rapidamente passando da un giocatore all'altro o dalla palla a un target come il cerchio del canestro.

Quindi le saccadi sono movimenti rapidi degli occhi verso un nuovo punto di fissazione, permettendo che venga fissata una nuova area informativa.

La ricerca ci dice che durante le saccadi vi è un drammatico calo nella sensibilità visiva (Massaro, 1975), cioè l'informazione visiva non può essere acquisita durante le saccadi, definito **soppressione saccadica**.

In teoria, a causa di questo, si assume più efficace una strategia di ricerca che preveda un numero minore di fissazione di durata maggiore e quindi una necessità ridotta di saccadi (Williams et al, 1994).

In realtà, questa assunzione non è stata sempre confermata.

Fissazioni

Lo scopo delle saccadi è di spostare l'immagine di un'area informativa del campo visivo dalla periferia alla fovea, ma siccome la sensibilità visiva è ridotta marcatamente durante le saccadi, i ricercatori hanno studiato le fissazioni che separano i movimenti oculari.

Le fissazioni rendono possibile all'esecutore di stabilizzare un'area informativa, come una palla o un giocatore, in visione foveale, permettendo un'elaborazione più dettagliata.

La durata del periodo di fissazione è stata considerata dai ricercatori come il segnale dell'importanza relativa e della complessità dell'area del campo visivo per l'osservatore; più è l'informazione che deve essere elaborata, più lunga la durata della fissazione (Just & Carpenter, 1976).

Per questo motivo, la durata delle fissazioni varia sensibilmente a seconda della natura e della difficoltà del compito e del tipo di situazione visiva presentata agli osservatori (vedi Abernethy, 1988).

Nello sport, fissazioni di durata relativamente lunga (850-1500 ms) sono state riportate in situazioni visive complesse in giochi di squadra come il calcio (Williams & Davids, 1998), mentre valori bassi come 100 ms sono tipici di esecutori con alto livello di esperienza o nel rivedere stimoli altamente familiari (Vickers, 1992).

Movimenti di inseguimento

I movimenti di inseguimento lento permettono agli occhi di seguire target che si muovono lentamente all'interno del campo visivo, come la palla o un avversario, in modo da mantenere un'immagine retinica stabile.

La velocità massima di questi movimenti oculari è di circa $100^\circ/\text{s}$, sebbene la capacità di inseguimento degli occhi cominci a deteriorarsi a velocità angolari superiori a $30^\circ/\text{s}$ (Rosenbaum, 1991).

Quindi, il successo del sistema visivo nel ottenere un'immagine retinica stabile dipende dalla velocità dell'oggetto da inseguire (Sekuler & Blake, 1990).

I movimenti di inseguimento sono pertanto limitati a situazioni come seguire il target nel tiro al piattello, guardare la palla dopo un tiro a golf, seguire una battuta flottante nella pallavolo, o seguire i movimenti di un giocatore distante in un campo di rugby.

In genere, però, i rapidi cambiamenti nel campo visivo tipici di gran parte degli sport veloci come lo squash e l'hockey su ghiaccio, rendono difficile il seguire visivamente un oggetto usando movimenti oculari di inseguimento (Haywood, 1984).

A velocità eccessive gli atleti esperti non cercano di seguire la palla per tutta la sua traiettoria di volo ma usano le saccadi per prevedere la posizione finale della palla (Ripoll, 1991).

Pertanto, gran parte della ricerca che studia le strategie di ricerca visiva nello sport è stata svolta sulle saccadi piuttosto che sui movimenti di inseguimento.

Riflesso vestibolo-oculare

Il riflesso vestibolo-oculare serve a stabilizzare lo sguardo e assicurare visione nitida durante i movimenti della testa; serve principalmente a mantenere chiarezza visiva durante le situazioni dinamiche.

Per esempio, il giocatore di hockey su ghiaccio che cerca di raccogliere informazione da un compagno o un avversario può ottenerla o iniziando dei movimenti saccadici per portare il giocatore in fovea o mantenendo gli occhi fissi e spostando la testa.

Il riflesso vestibolo-oculare comprende una serie di strutture, poste nell'orecchio interno, che permettono di produrre movimenti oculari di compensazione più rapidamente (circa 16 ms) rispetto ai cambiamenti determinati dal solo sistema visivo (circa 70 ms) (Leigh & Zee, 1991).

Pertanto la testa, il corpo e il sistema di controllo oculomotorio funzionano in modo coordinato durante la performance di successo.

La ricerca recente ha dimostrato un'importante relazione funzionale tra la posizione di testa e occhi nelle attività di mira e tiro (vedi Schmidt & Zambardi, 1991).

Questi studi suggeriscono che, mirando a target lontani, come il cerchio del canestro, gli occhi si muovono prima della testa, localizzando prima il target e iniziando la discriminazione visiva immediatamente dopo la fissazione, anche se la testa è in movimento (Gauthier et al, 1991).

Tecniche di registrazione dei movimenti oculari

Ci sono molte tecniche per misurare i movimenti oculari (vedi Leigh & Zee, 1991).

La procedura più comune nello studio del comportamento motorio è stata il metodo dei sistemi a riflessione corneale montati su caschetto.

Questa tecnica si basa sul principio che la riflessione di un fascio di luce posto di fronte alla cornea forma un'immagine vicina alla superficie che deve essere registrata su video.

La riflessione di questa sorgente di luce nella porzione centrale della cornea è assunta essere una funzione della posizione degli occhi e quindi del punto di fissazione. Un cambiamento nel punto di fissazione cambia la posizione della cornea, che può essere colta dal sistema di riflessione corneale.

I modelli più recenti, meno ingombranti, sono più adatti all'uso nello sport, sono più confortevoli, più accurati, più facili da calibrare e più tolleranti ai movimenti della testa e del corpo.

Inoltre sono stati sviluppati sistemi che riducono il tempo richiesto per le analisi dei dati grazie a procedure semi-automatiche, e permettono di studiare le integrazioni tra movimenti oculari e della testa in contesti di performance dinamica.

Strategie di ricerca visiva e raccolta selettiva dell'informazione

La letteratura sulla ricerca visiva suggerisce che la posizione della fissazione e la sua durata sono caratteristiche indicative della strategia percettiva usata dall'esecutore per estrarre informazione significativa dal campo visivo (Abernethy, 1985).

La posizione delle fissazioni si suppone riflettere gli indici usati nel processo di decisione, mentre il numero e la durata delle fissazioni si presumono riflettere la richiesta di elaborazione dell'informazione da parte dell'esecutore.

In realtà, l'orientamento visivo, implicato dalle caratteristiche di fissazione, può non essere direttamente relato all'estrazione dell'informazione (Williams et al, 1993); è possibile fissare un oggetto senza estrarne informazione specifica. Ci si riferisce a questo come alla differenza tra "guardare", che implica fissazioni sulla fovea, e "vedere", che implica un'elaborazione dell'informazione o l'estrazione di indizi (Abernethy, 1988).

Strategie di ricerca visiva e raccolta selettiva dell'informazione

Inoltre, siamo in grado di rilocalizzare l'attenzione all'interno del campo visivo senza fare movimenti oculari per cambiare il punto di fissazione (Williams & Davids, 1998); è infatti possibile "guardare" in un punto del campo ma estrarre informazione dalla periferia.

Per esempio, un giocatore di basket può fissare la palla o il giocatore in possesso della palla ma raccogliere informazione dalla visione periferica riguardo ai movimenti dei giocatori sul campo.

Da una prospettiva pratica, mantenere lo sguardo fisso su un punto rende difficile all'avversario anticipare la direzione di un passaggio o di un attacco imminente.

Wright & Ward (1994) affermano che gli spostamenti nell'attenzione visiva possono essere guidati dallo scopo o dallo stimolo.

Gli spostamenti dell'attenzione guidati dallo scopo o endogeni sono volontari e si assumono guidati dalla necessità del soggetto di cogliere indizi informativi dalla periferia.

Gli spostamenti dell'attenzione guidati dallo stimolo o esogeni partono come riflessi in risposta a indizi inaspettati o improvvisi nell'ambiente.

La ricerca indica che i secondi sono associati strettamente alle saccadi, mentre i primi possono essere indipendenti, in quanto gli atleti possono spostare l'attenzione indipendentemente dai movimenti oculari (Castiello & Umiltà, 1992), e avvengono senza la perdita di informazione in input normalmente associata alle saccadi (Abernethy, 1985).

Strategie di ricerca visiva e raccolta selettiva dell'informazione



Esplorazione libera

Valutare lo stato economico degli individui nell'immagine



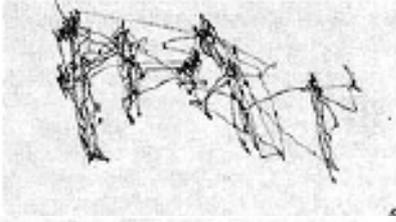
Indovinare cosa stessero facendo prima dell'arrivo del visitatore



Ricordare i dettagli dell'ambiente in cui si trovano



Giudicare l'età degli individui nell'immagine



Ricordare i dettagli dell'abbigliamento delle persone



Per quanto tempo è stato assente il visitatore?

È noto che l'informazione elaborata tramite la visione periferica gioca un ruolo importante nella prestazione percettivo-motoria (Williams & Davids, 1998).

Sicuramente i movimenti oculari rinforzano la selettività, ma questa può essere raggiunta anche in loro assenza (Broadbent, 1982).

Infine, la durata della fissazione indica l'importanza dell'area fissata (Gould, 1973).

Tuttavia i dati raccolti con la registrazione dei movimenti oculari non sono univoci, siccome la durata delle fissazioni rappresenta sia il tempo di elaborazione cognitiva che il tempo necessario a determinare la successiva posizione di fissazione e l'inizio della saccade seguente (Abernethy, 1985), definito periodo oculomotorio.

Pertanto, durate lunghe di fissazione possono indicare sia l'intervento di processi cognitivi o ritardi oculomotori.

È interessante però notare che la durata delle fissazioni sembra render conto di gran parte delle differenze che si trovano tra esperti e principianti nello sport e in ergonomia.

Una prospettiva cognitiva sulle strategie di ricerca visiva nello sport

In genere, si assume che le strategie di ricerca visiva sono determinate da strutture di conoscenza specifiche per il compito immagazzinate simbolicamente nella MLT. Si suppone che tramite l'apprendimento un esecutore costruisce una base ampia di conoscenza che può essere usata per interpretare gli eventi sulla base di esperienze passate in circostanze simili.

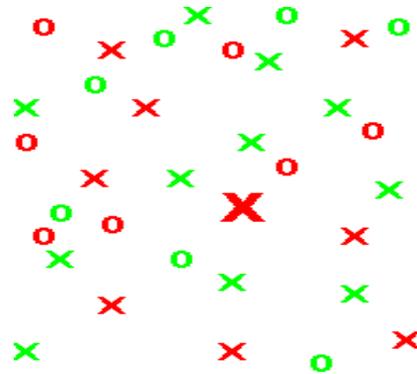
Queste conoscenze orienterebbero le strategie di ricerca visiva dell'esecutore verso le aree più importanti del campo visivo sulla base dell'esperienza passata e dell'informazione contestuale.

Sostanzialmente le strategie di ricerca visiva si svilupperebbero in anni di allenamento, esercizio, gioco e osservazione. Gli esperti sanno quali sono le aree più informative del campo visivo e possono quindi ignorare le aree a basso contenuto di informazione.

Un'importante teoria cognitiva riguardo a come certi indizi nell'ambiente vengono selezionati è la **teoria dell'integrazione delle caratteristiche** di Treisman (1985, 1988), che suggerisce che durante i processi di ricerca visiva inizialmente riconosciamo gli oggetti sulla base delle loro diverse caratteristiche sensoriali, come colore, orientamento, dimensione o movimento. Queste caratteristiche sono rilevate automaticamente o inconsciamente, senza bisogno di attenzione (preattentivamente).

Attenzione e ricerca visiva

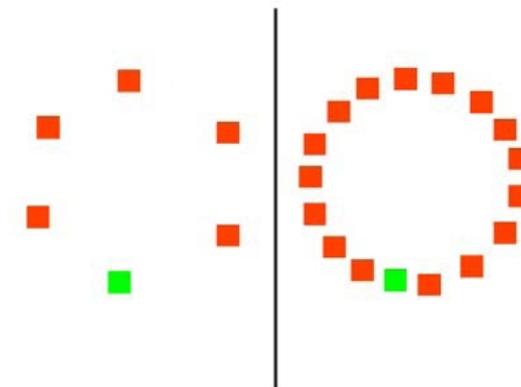
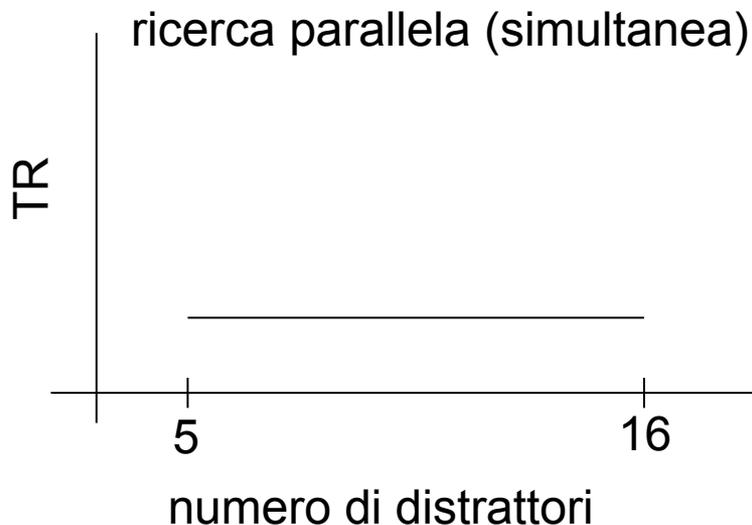
Anne Treisman (1998 – **teoria dell'integrazione delle caratteristiche**) ha studiato la percezione degli oggetti in esperimenti di **ricerca visiva** in cui si deve identificare la presenza di uno stimolo bersaglio in mezzo a dei distrattori.



Attenzione e ricerca visiva

Nella **prima** fase, le caratteristiche visive elementari (colore, orientamento, dimensione, posizione, 3D, movimento) verrebbero rilevate e rappresentate in diverse *mappe* in parallelo, simultaneamente e **pre-attentivamente**.

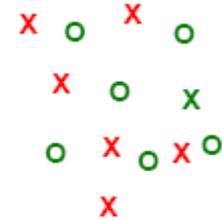
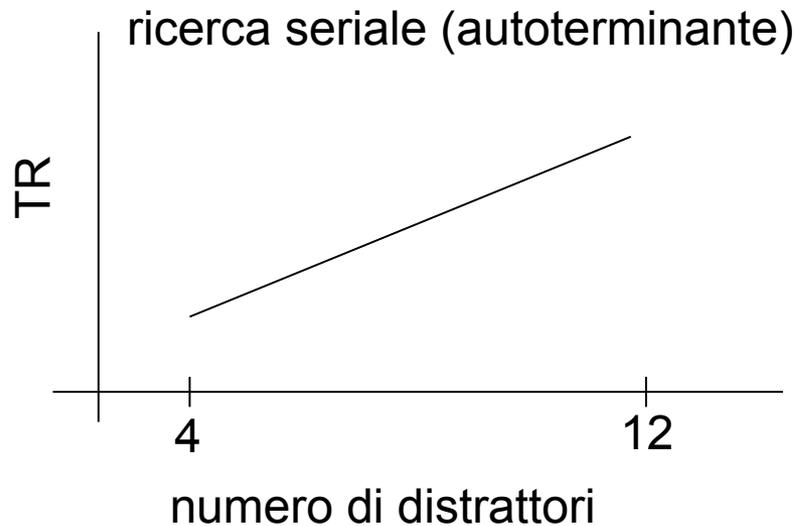
- Effetto **pop out**: quando lo stimolo è diverso per una sola caratteristica dai distrattori il TR non varia all'aumentare del numero di distrattori (**prima** fase).



Attenzione e ricerca visiva

■ Viceversa quando varia per 2 o più caratteristiche: combinarle in un oggetto richiede che l'attenzione si *focalizzi* sulla posizione occupata dall'oggetto.

L'attenzione può essere focalizzata solo su una posizione alla volta, *serialmente* (**seconda** fase).



Esempio di ricerca visiva seriale



Attenzione e ricerca visiva

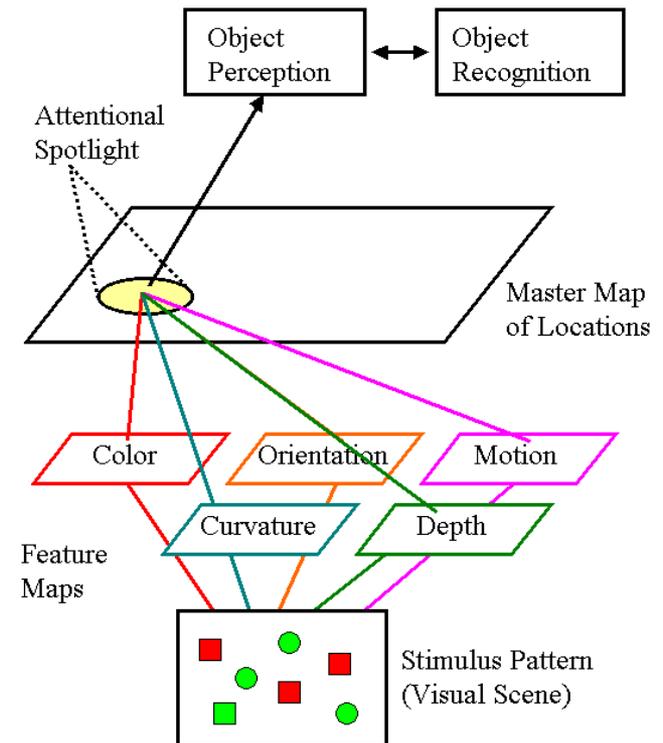
Nella **seconda** fase, l'**attenzione** viene impiegata per congiungere queste caratteristiche (focalizzandosi in modo seriale su una per volta) e per la creazione dell'oggetto completo.



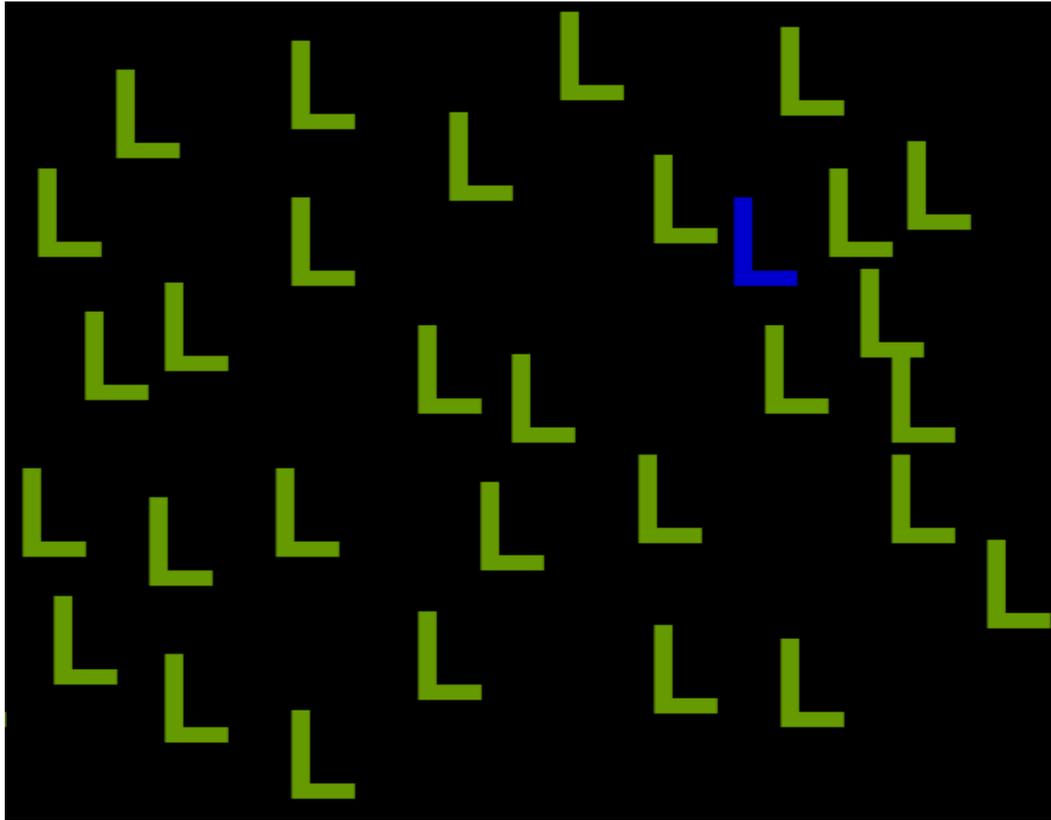
Teoria dell'integrazione delle caratteristiche (Treisman):

solo con l'intervento dell'attenzione percepiamo un oggetto; prima dell'attenzione l'oggetto è un insieme di caratteristiche elementari elaborate in aree separate del cervello.

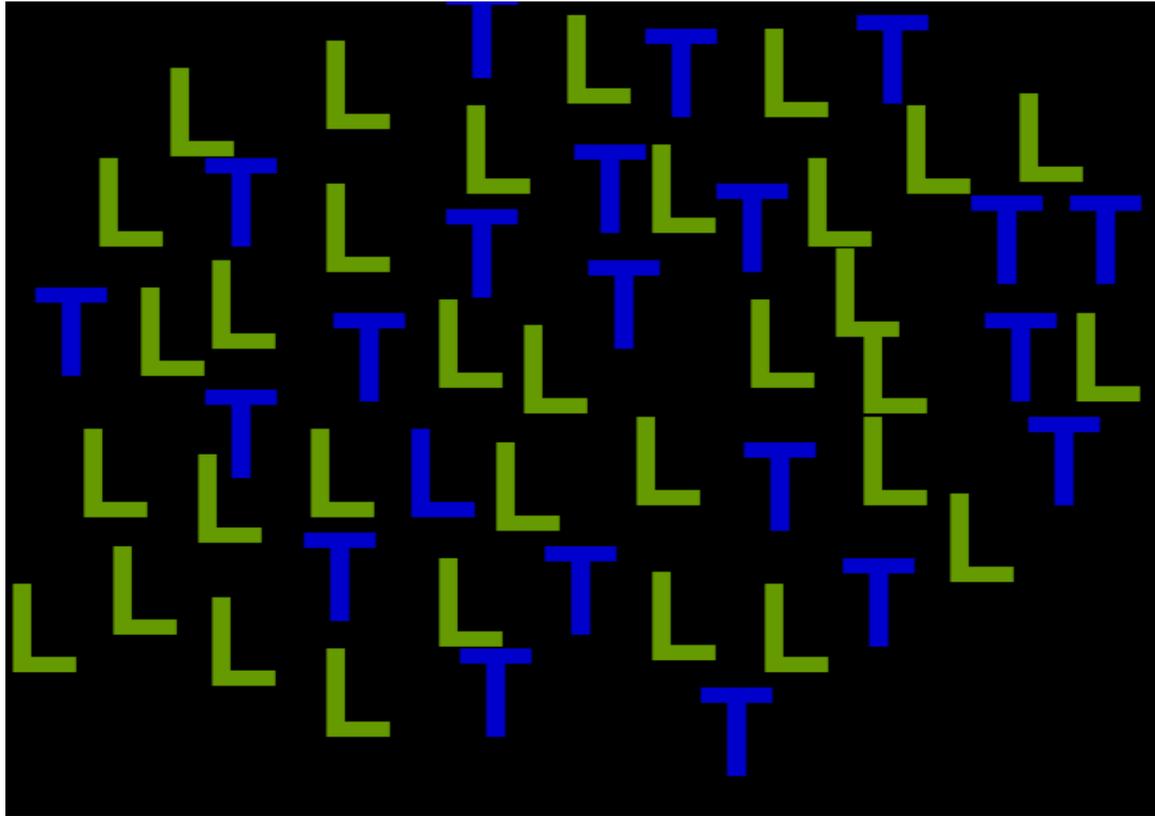
Feature Integration Theory (Treisman)



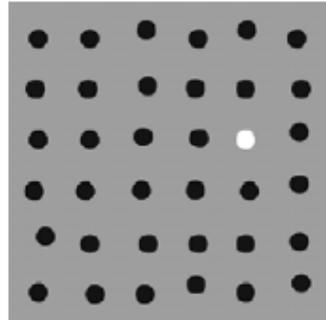
Esempio: trova la lettera L blu



Esempio: trova la lettera L blu



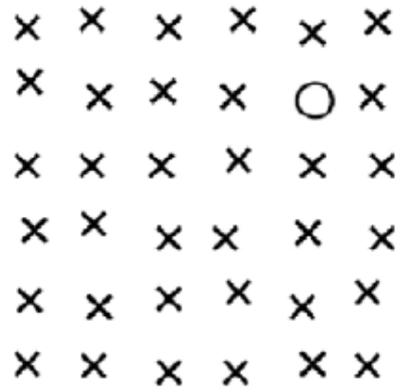
Pop out: colore



Pop out: orientamento



Pop out: forma



Attenzione e ricerca visiva



Attenzione e ricerca visiva



Attenzione e ricerca visiva



Una prospettiva cognitiva sulle strategie di ricerca visiva nello sport

A questo livello di elaborazione, la scena visiva è organizzata o categorizzata in oggetti potenziali per un'analisi percettiva più dettagliata, cioè queste mappe cognitive divengono la base per ulteriori processi di ricerca visiva quando il compito richiede che specifici indizi vengano identificati.

Per esempio, una giocatrice di hockey può categorizzare il colore rosso delle maglie dei suoi avversari, separandolo dal verde delle proprie compagne, in modo da identificarne le relative posizioni.

La chiave del processo di identificazione è la formazione di mappe cognitive che contengono informazione relata ai diversi valori di ogni caratteristica.

Gli esecutori quindi avranno una mappa delle caratteristiche per il colore e per l'orientamento, permettendo di distinguere i diversi colori (es. rosso, verde, blu) o i diversi tipi di movimento (es. verticale, orizzontale, diagonale), il tutto preattentivamente.

L'attenzione è poi necessaria per collocare e combinare le caratteristiche per definire specifici oggetti. Questa selezione avviene focalizzando l'attenzione su una particolare posizione di una mappa "master" di caratteristiche immagazzinata in MLT, rendendo possibile un recupero automatico delle caratteristiche attive in quella posizione per compararle con l'informazione presente nelle diverse mappe delle caratteristiche.

Quindi la percezione conscia dipende dall'appaiamento dell'informazione che sta nelle mappe delle caratteristiche con le descrizioni di oggetti/eventi immagazzinati nella mappa master in MLT.

Studio della ricerca visiva tramite l'uso di diapositive statiche

Questi studi indagano le differenze nelle strategie di ricerca visiva quando i soggetti vengono sottoposti a diapositive schematiche di situazioni sportive.

Per esempio, Bard & Fleury (1976) hanno esaminato i pattern di ricerca di 5 giocatori di basket esperti e 5 inesperti nel vedere tipiche situazioni d'attacco. I soggetti dovevano dire rapidamente e accuratamente se avrebbero risposto tirando, dribblando o passando a un compagno.

I movimenti oculari venivano registrati. Le variabili dipendenti erano il tempo di decisione e la frequenza e la posizione delle fissazioni.

I risultati non mostrano differenze significative nel tempo di decisione tra i 2 gruppi, anche se tendenzialmente gli esperti erano più veloci.

Gli esperti facevano significativamente meno fissazioni prima di rispondere. Inoltre, i principianti fissavano principalmente un compagno quando decidevano di passare, mentre gli esperti fissavano ulteriori fonti di informazione come la posizione del difensore più vicino e lo spazio disponibile tra il difensore e il canestro.

Infine, il numero di fissazioni necessarie prima della risposta coincidevano con il livello di complessità presentato nella diapositiva, come aumentava, entrambi i gruppi avevano bisogno di più fissazioni prima di rispondere.

Questo ultimo risultato è stato molte volte confermato in letteratura, suggerendo che la frequenza della ricerca può essere funzione dell'incertezza presentata nell'immagine.

Tydesley et al (1982) hanno presentato a dei soggetti esperti e inesperti delle diapositive statiche di un calciatore che tira un rigore, cui veniva chiesto di prevedere la direzione del calcio di rigore più velocemente e accuratamente possibile premendo uno di 4 tasti (alto/basso, destra/sinistra).

I risultati dimostrano che i giocatori esperti erano significativamente più veloci; inoltre, nell'osservare un giocatore destro che colpisce la palla, non fissavano né la gamba di appoggio né nessuna parte del lato sinistro del corpo. Il loro comportamento esplorativo era più strutturato e coerente dei principianti, con fissazioni ristrette al lato destro del corpo e alla gamba di tiro.

I principianti avevano un tempo di fissazione che era tipicamente di 26,6 ms più lunga, che può essere interpretato come una difficoltà nel cogliere informazione dall'immagine.

Entrambi i gruppi richiedevano più fissazioni prima di rispondere se dovevano scegliere tra 4 opzioni (minimo 2 fissazioni) piuttosto che tra 2 (solo l'altezza o il lato corretti).

Il 60% delle prime fissazioni erano dirette alle anche e il 30% a gambe, piedi e palla. Le seconde tendevano a essere dirette alle spalle.

Questo dato suggerisce una strategia di ricerca visiva che inizia dalla parte inferiore del corpo e poi sale.

I portieri esperti potrebbero inizialmente determinare la direzione del rigore sulla base di informazione anticipatoria che proviene dalle anche e dalle regioni inferiori del corpo, mentre l'altezza del calcio sarebbe determinata in seguito dalla parte superiore del corpo del rigorista o dalla porzione iniziale del volo della palla.

Williams & Burwitz (1993), usando i resoconti verbali dei portieri, confermano questa conclusione. Infatti, per un giocatore destro, l'apertura delle anche può indicare la direzione del tiro. È interessante che queste informazioni sono maggiormente evidenti quando il rigore è calciato con l'interno del piede.

Studio della ricerca visiva tramite l'uso di film dinamici

Bard et al (1980) hanno studiato le strategie di ricerca visiva e l'utilizzo di indizi usando giudici di ginnastica con 2 livelli diversi di expertise. I soggetti dovevano valutare un film di 2 ginnaste. I giudici più esperti esibivano il 27% di fissazioni in meno dei meno esperti, ma la differenza non era statisticamente significativa. Gli esperti fissavano di più la parte alta del corpo delle ginnaste (testa e braccia), mentre i principianti si focalizzavano sulle gambe. Gli inesperti inoltre rilevavano la metà degli errori rispetto agli esperti, anche se la differenza non era statisticamente significativa.

Helsen & Pauwels (1993) hanno studiato le strategie di ricerca durante le decisioni tattiche nel calcio. Esperti e principianti vedevano un film a dimensioni quasi reali di sequenze di azioni, e dovevano decidere velocemente e accuratamente con una palla ai piedi se tirare in porta, passare a un compagno o dribblare. Le variabili dipendenti erano l'inizio del movimento, il tempo di contatto piede-palla, il tempo totale di risposta e l'accuratezza. I dati sulla ricerca visiva comprendevano numero, durata e posizione delle fissazioni. Gli esperti erano significativamente più veloci nell'inizio del movimento, nel tempo di contatto piede-palla e i tempi totali, ed erano più accurati. I movimenti oculari rivelano che i pattern di ricerca visiva degli esperti erano più economici con meno fissazioni su diverse aree dell'immagine, erano più interessati alla posizione del libero e delle potenziali aree libere, mentre gli inesperti guardavano gli attaccanti, la porta e la palla.

Williams et al (1994) hanno chiesto ai soggetti di anticipare la direzione della palla in sequenze di calcio presentate a grandi dimensioni, e registrate direttamente da partite di professionisti che comprendevano situazioni di gioco molto complesse, filmate in modo che il campo di gioco fosse visibile dalla prospettiva del difensore centrale. I risultati indicano una superiore prestazione anticipatoria degli esperti, e i dati sulla ricerca visiva mostrano che gli inesperti fissano di più la palla e il giocatore che la passa, mentre gli esperti fissano di più le posizioni e i movimenti lontano dalla palla. Gli esperti mostrano strategie di ricerca visiva che prevedono un numero maggiore di fissazioni di durata più breve su un numero significativamente maggiore di posizioni in ogni prova.

La maggiore frequenza di ricerca degli esperti in questa ricerca contraddice dati precedenti. In questo caso, secondo gli autori, la strategia di ricerca più estesa permette ai difensori di essere consapevoli di molte fonti di informazione; i potenziali vantaggi di questa strategia nei giochi di squadra possono superare gli svantaggi dell'aumento della soppressione saccadica che si ha con elevate frequenze di ricerca.

Similmente, Ripoll (1989) ha trovato frequenze di ricerca significativamente più elevate per giocatori esperti di tennistavolo in condizioni di scontro reale rispetto a situazioni di esercitazione o di allenamento.

Teoricamente, ci si aspetterebbe che gli esperti abbiano una frequenza di ricerca inferiore a causa del ridotto carico di elaborazione dell'informazione o perché richiedono meno input sensoriale per creare una rappresentazione percettiva coerente del campo visivo (Abernethy, 1990).

Williams & Davids (1998) hanno comparato le strategie di ricerca osservate in simulazioni di calcio di 3 vs 3, 1 vs 1, 11 vs 11. Il tempo d'inizio (IT), il tempo di movimento (MT), il tempo di risposta (RT) e l'accuratezza (RA) erano le variabili indipendenti, così come l'ordine della ricerca, la posizione, durata e numero di fissazioni.

I risultati dimostrano che i giocatori esperti erano migliori nell'anticipare la direzione dei passaggi nella situazione 3 vs 3, avevano IT e RT più rapidi, mentre non c'erano differenze in MT o RA. I dati sulla ricerca visiva non mostrano differenze.

Gli esperti sono superiori nell'anticipazione anche nella situazione 1 vs 1, RT più veloci e RA superiore, ma nessuna differenza in IT o MT, e mostrano più fissazioni di durata più breve e fissano di più nella regione delle anche. Riguardo all'ordine, gli esperti alternano le fissazioni più frequentemente tra palla e anche, ad indicare che sono aree rilevanti nell'anticipare i movimenti dell'avversario.

L'analisi delle diverse frequenze di ricerca nelle 3 simulazioni (11 vs 11, 3 vs 3 e 1 vs 1) supportano l'ipotesi iniziale che le caratteristiche di ricerca siano determinate dalle limitazioni di ogni compito.

Per esempio, nella situazione 11 vs 11 gli esperti impiegano una strategia di ricerca che comprende più fissazioni di durata inferiore; questa strategia di ricerca estensiva è vantaggiosa in questo contesto perché i difensori devono essere consapevoli di un numero elevato di fonti di informazione, posizionate disparatamente in un'ampia area del campo.

Nella situazione 3 vs 3 le limitazioni del compito, espresse dal numero di fonti di informazione percettiva, sono meno rigide, risultando in una maggiore enfasi sul ruolo della visione periferica. In queste situazioni l'abilità percettiva coinvolge un accurato ancoraggio del sistema visivo al fine di diffondere l'attenzione. I difensori abili colgono informazione dal giocatore in possesso della palla mentre simultaneamente monitorano i cambiamenti di posizione del gioco nella periferia.

Questo tipo di approccio ha molti vantaggi. Primo, le saccadi che separano le fissazioni sono periodi di elaborazione delle informazioni inattivi, quindi in circostanze limitate nel tempo un pattern di ricerca con meno fissazioni è più efficace. Inoltre è più rapido spostare l'attenzione da un'area dell'immagine a un'altra usando la visione periferica invece dei movimenti oculari (Posner & Raichle, 1994).

Secondo, la ricerca suggerisce che possiamo usare la visione periferica per elaborare l'informazione relata al movimento più rapidamente della visione foveale (Milner & Goodale, 1995).

Infine, nella situazione 1 vs 1 gli osservatori necessitano di informazione altamente precisa dalle invarianti di movimento fornite dai cambiamenti negli angoli delle articolazioni chiave per specificare l'informazione su direzione, velocità e forza del movimento nel dribbling. Le anche e le regioni inferiori gambe-palla sembrano fornire informazione significativa in queste situazioni. Questo tipo di informazione può essere fornita solo scarsamente dal sistema di visione periferica, costringendo quindi l'osservatore a usare la visione foveale gran parte del tempo.

Queste scoperte hanno importanti implicazioni per allenare le strategie di ricerca visiva nello sport. Quando i difensori tentano di determinare la struttura generale offensiva degli avversari, come nelle sequenze 11 vs 11, frequenze di ricerca più elevate sono necessarie per essere consapevoli dei movimenti e delle posizioni di un gran numero di giocatori. In queste situazioni, l'area di gioco può essere troppo ampia per i difensori per affidarsi alla visione periferica per cogliere informazione da compagni e avversari, quindi i giocatori sono costretti a muovere gli occhi per foveare importanti aree del campo visivo.

Una frequenza elevata, per gli inesperti, è utile anche nella situazione 1 vs 1, per cogliere informazione da varie invarianti di movimento come l'orientamento di anca, ginocchio, piede relativamente alla palla.

Al contrario, in situazioni che prevedono un numero ridotto di potenziali fonti di informazione, frequenze di ricerca inferiori possono essere richieste, permettendo ai soggetti di usare la stimolazione retinica non foveale per estrarre informazione specifica al compito. Siccome ci sono prove che l'informazione venga colta più rapidamente in periferia che in fovea (Milner & Goodale, 1995), questo approccio può essere particolarmente importante in circostanze limitate dal tempo.

Similmente Ripoll (1991) propone che la differenza tra esperti e principianti stia nel fatto che i primi effettuano **un'analisi sintetica**, dirigendo il loro sguardo in una posizione in cui molti eventi possono essere visti assieme in una singola fissazione, mentre i secondi effettuano **un'analisi analitica**, guardando agli eventi secondo il loro ordine cronologico di comparsa.

Studio della ricerca visiva sul campo

Sebbene le limitazioni nella tecnologia dei movimenti oculari hanno in genere ristretto la ricerca a compiti in cui l'osservatore è relativamente stazionario, ci sono anche alcuni studi sul campo.

Bard & Fleury (1981) hanno chiesto a portieri di hockey su ghiaccio esperti e principianti di rispondere a un modello "in diretta" che eseguiva 2 tipi di tiro. I risultati mostrano che gli esperti iniziano la risposta molto prima, indipendentemente dal tiro. Si concentrano principalmente sul bastone e sul disco, ma gli esperti fissano il 65% delle volte il bastone per entrambi i tipi di tiro, mentre i principianti usano strategie diverse per i 2 tiri. Secondo gli autori, gli esperti preferiscono anticipare il volo di un tiro usando indizi provenienti dall'orientamento del bastone e la velocità di movimento, mentre i principianti tendono a prendere la decisione dopo che il disco è stato colpito.

Petrakis (1986) ha studiato le strategie di ricerca nei maestri di tennis, e ha chiesto a esperti e inesperti di vedere l'esecuzione "in diretta" di un tennista che eseguiva un diritto e un servizio. I movimenti oculari rivelano che gli esperti fissavano di più le anche per il diritto, mentre nel servizio si concentravano sulla parte superiore del corpo e la racchetta, mentre i principianti la testa e la racchetta soltanto. Non c'erano differenze nella frequenza di ricerca.

Risultati comparabili sono stati ottenuti con maestri di danza: i novizi fissano braccia, anche e gambe, gli esperti testa, braccia e gambe.

Vickers (1992) ha comparato le strategie visive di golfisti di basso e di alto livello mentre eseguivano una serie di 3 putt. I più esperti usavano il 27,8% meno movimenti oculari per putt e tendevano a fissare, nella fase di preparazione la palla e il target, mentre gli inesperti guardavano la testa del putter. Durante la fase critica dell'oscillazione avanti/indietro del putting, gli inesperti facevano quasi il doppio dei movimenti oculari, in varie posizioni, facevano fissazioni più corte sulla palla e propendevano a guardare la mazza all'apice dell'oscillazione indietro, mentre gli esperti si concentrano più sulla palla. Durante la fase di contatto il gruppo di esperti tendeva a fissare sotto la palla come la testa della mazza raggiungeva il contatto. Infine i dati mostrano che c'era maggiore probabilità di successo se il soggetto fissava la palla durante la fase di swing e la superficie sotto la palla dopo il contatto. Questa scoperta correla con il suggerimento degli allenatori di mantenere la testa e la linea dello sguardo stabile durante l'esecuzione del colpo (Palmer & Dobereiner, 1986).

Un altro approccio promettente è quello di valutare lo sguardo del soggetto registrando simultaneamente le sue azioni, in quanto permette di esaminare la relazione tra la percezione (inferita dal punto di sguardo) e l'azione (determinata dai movimenti del soggetto) in contesti reali.

Vickers (1996) ha esaminato il comportamento dello sguardo di giocatori di basket d'élite e di livello inferiore mentre eseguivano tiri riusciti e non. Lo schermo diviso veniva usato per dividere il tiro libero in 4 fasi distinte: preparazione, pre-tiro, tiro e fase di volo. 6 posizioni di fissazione sono state identificate: la palla, le mani del soggetto, il cerchio di fronte, in mezzo e il tabellone.

Gli esperti mostravano movimenti della testa meno frequenti, meno fissazioni e fissazioni più lunghe su cerchio del canestro durante le fasi di preparazione e pre-tiro. Inoltre mostravano una durata più lunga del **"quiet eye"**, definito come *il periodo di tempo che va dalla fissazione sul target al primo movimento osservabile* delle mani nell'azione di tiro. Una volta iniziato il movimento, gli esperti spostano la fissazione lontano dal target più presto, impiegano più fissazioni e battiti degli occhi con un'incidenza maggiore di movimenti della testa durante le fasi del tiro e del volo. Secondo l'autrice, la frequenza superiore di battiti degli occhi può essere usata per sopprimere l'interferenza dalle mani e dalla palla in movimento nel campo visivo. Secondo la sua ipotesi, è inizialmente necessaria una durata maggiore della fissazione sulla posizione del target (il cerchio del canestro o il tabellone). Nella seconda fase di impulso, il movimento deve essere iniziato lentamente per mantenere la fissazione. Infine, nella fase di esecuzione, la fine della fissazione deve avvenire presto, seguita da una soppressione della visione per evitare interferenze da parte dell'input visivo durante l'esecuzione.

Critiche

Una delle principali critiche fatte a molti di questi studi è l'uso di immagini statiche per rappresentare situazioni sportive dinamiche. È noto che le immagini dinamiche forniscono diverse informazioni rispetto a quelle statiche, e che gli oggetti in movimento sono molto più informativi di quelli fermi (Cutting, 1978).

Per esempio, nello studio di Tydesley et al (1982) le diapositive di un giocatore di calcio 10-50 ms prima di calciare la palla, il che elimina informazione pertinente dalla rincorsa, dalla fase preparatoria e dal periodo prima e dopo il contatto con la palla, stadi che possono fornire informazione cruciale quando si tenta di anticipare la direzione della palla (Williams & Burwitz, 1993).

L'assenza di informazione temporale, direzionale e sequenziale del movimento può influenzare le strategie di ricerca visiva in questi compiti (Bourgeaud & Abernethy, 1987).

Sebbene gli studi con i film dinamici abbiano molti vantaggi rispetto alle diapositive statiche, ci sono ancora alcuni problemi. Per esempio, non è chiaro quale effetto abbia la riduzione della dimensione dell'immagine e l'assenza di tridimensionalità sulla ricerca visiva.

Abernethy (1990) ha confrontato la prestazione di soggetti nella previsione della direzione e della forza di un tiro di squash a seguito della visione di un film o di un modello "in diretta". I risultati indicano alcune differenze nelle strategie di ricerca visiva, tuttavia poco marcate e complessivamente i risultati nelle due situazioni erano molto simili, fornendo quindi validità alle ricerche basate sulla presentazione di film.

Inoltre, non è chiaro se le strategie di ricerca visiva osservate in condizioni di laboratorio riflettano il comportamento visivo dei soggetti in condizioni realistiche sul campo in cui la motivazione, l'ansia e le emozioni possono influenzare la prestazione (Abernethy, 1987).

Per esempio è noto che alti livelli d'ansia portano a un restringimento del campo percettivo (restringimento periferico), mettendo effettivamente in crisi la rilevazione dell'informazione tramite la visione periferica (Bacon, 1974).

I soggetti possono compensare aumentando la frequenza delle fissazioni foveali in aree periferiche del campo visivo, aumentando la frequenza di ricerca visiva.

Gli effetti delle circostanze provocanti ansia sulle strategie di ricerca visiva sono state studiate da Williams & Elliott (1997). A esperti e principianti di arti marziali è stato chiesto di rispondere fisicamente a filmati in dimensioni naturali di 3 karateka che eseguivano 10 diverse tecniche. Sono stati registrati posizione, numero e durata delle fissazioni e l'ordine della ricerca. I soggetti si trovavano in una di 2 condizioni: alto e basso livello d'ansia, che è stata manipolata introducendo un ambiente competitivo. I risultati mostrano che nelle condizioni di ansia elevata entrambi i gruppi impiegavano più fissazioni in un numero maggiore di posizioni, e c'era una riduzione nella quantità di tempo speso a fissare le aree centrali dell'immagine (testa e petto) e un aumento per le posizioni periferiche (spalle, braccia/pugni, gambe/piedi). I risultati supportano l'ipotesi che l'ansia riduca l'ampiezza degli indizi cui si presta attenzione e restringa la periferia.

Un'altra critica è l'accento sulla percezione ad esclusione dell'azione.

La psicologia ecologica insegna che percezione e azione dovrebbero essere viste come processi ciclici, mutuamente interdipendenti, in cui ciò che è percepito è strettamente limitato dall'azione precedente, che a sua volta è influenzata dalla percezione.

Ci sono poche ricerche che hanno confrontato dati sui movimenti oculari in situazioni con e senza una componente di azione.

Se le strategie di ricerca visiva sono influenzate dallo sganciamento dei normali collegamenti funzionali tra percezione e azione, questo metterebbe in discussione la validità di gran parte della ricerca in quest'area.

A questo riguardo Ripoll (1991) ha distinto tra funzione visiva **semantica** e **sensomotoria**. Il ruolo della prima è di identificare e interpretare l'informazione ambientale con cui si confronta l'esecutore, mentre la seconda riguarda l'effettiva esecuzione della risposta motoria. Questo è compatibile con l'esistenza di 2 canali visuomotori separati nella corteccia visiva (Milner & Goodale, 1995).

La maggior parte della ricerca si è interessata della funzione visiva semantica, ma gran parte degli sport richiedono la coordinazione di entrambe le funzioni.

I lavori di Vickers e Williams con lo schermo suddiviso sono esempi positivi di quello che è necessario per indagare entrambe le caratteristiche.

Paradigmi complementari per valutare le strategie di ricerca visiva

Tecniche di occlusione

L'occlusione può essere **temporale** o **spaziale**.

L'occlusione **temporale** prevede il filmare l'appropriata situazione ambientale, come il servizio nel tennis, dalla prospettiva dell'avversario. Il film viene poi editato in diversi punti per fornire ai soggetti una quantità variabile di informazione anticipatoria e del volo della palla (ad es. occluso prima del contatto palla racchetta, all'impatto, dopo il contatto). Il film viene poi fatto vedere ai soggetti, cui viene chiesto di giudicare la posizione finale di atterraggio della palla. Questo approccio serve quindi per valutare l'uso di indizi nello sport. Si indaga il tempo necessario a selezionare l'informazione necessaria per dare una risposta corretta.

L'occlusione **spaziale** prevede la selettiva occlusione di fonti di indizi per la durata della prova. L'assunzione è che se la prestazione è peggiore quando una particolare area o fonte di informazioni è occlusa, allora si può inferire che quella regione è importante per una performance efficace.

Gli studi di occlusione spaziale indicano l'esistenza di differenze significative tra gruppi. Per esempio nel badminton (Abernethy & Russel 1987) trovano che gli esperti avevano il maggiore decremento nella performance quando veniva occlusa la regione braccio/racchetta. Sebbene anche i principianti fissassero aree simili dell'immagine, vi era una differenza nella capacità di estrarre informazione significativa, quindi nell'uso dell'informazione disponibile.

Williams & Davids (1998) arrivano a conclusioni simili in uno studio in cui sono state confrontate le strategie di ricerca visiva e l'attenzione selettiva usando l'occlusione spaziale. Nelle simulazioni 3 vs 3 veniva oscura l'informazione in aree diverse da palla/passatore di palla, mentre in quella 1 vs 1 venivano mascherate la testa e le spalle, le anche o la parte inferiore delle gambe della palla.

I risultati mostrano che il mascherare le aree diverse da palla/passatore di palla influivano la prestazione degli esperti nella situazione 3 vs 3, indicando che estraggono informazione da queste regioni.

Tuttavia gli esperti dimostrano una prestazione superiore sia nelle condizioni occluse che non, suggerendo che estraggono informazione anche da palla/passatore di palla.

Nella situazione 1 vs 1, l'occlusione delle anche e della parte inferiore delle gambe e della palla influenza ugualmente esperti e non.

Sebbene i dati con la registrazione dei movimenti oculari ha suggerito che gli esperti estraggono più informazione dalle anche, il nuovo risultato suggerisce che sono anche in grado di acquisire informazione simile da altre parti non occluse del campo visivo o che fissano sulla regione delle anche per ancorare la visione foveale mentre impiegano quella periferica per estrarre informazione specifica per il compito.

Piedi e ginocchia



Anche



Testa e spalle



Resoconti verbali

Questo approccio richiede ai soggetti di verbalizzare l'area del campo visivo che considerano più informativa.

Il dato può essere raccolto o durante la prestazione o retrospettivamente dopo il compito.

Studi retrospettivi

Williams & Burwitz (1993) hanno usato questa tecnica per identificare l'uso di indizi dai portieri durante i rigori.

I risultati mostrano che le principali fonti di informazione usati dagli esperti sono la posizione delle anche del rigorista, l'angolo del tronco e del piede prima del contatto con la palla.

Va notato che questi dati concordano con quelli di Tyldesley et al (1982) con i movimenti oculari.

Abernethy (1990) chiede a soggetti esperti e non di identificare l'importanza relativa di 7 fonti di indizi anticipatori nello squash. La racchetta e il braccio che la impugna vengono considerati gli indizi più importanti per anticipare la direzione e la profondità del colpo da entrambi.

La critica che si può fare a questa tecnica è che i resoconti verbali possono essere contaminati da bias dei soggetti e aspettative a priori, e possono non essere più accurati di una ricostruzione razionale da parte della prospettiva di una terza persona, cioè possono essere corrotti dal tentativo più o meno consapevole del soggetto di "pulire" ciò che è realmente accaduto, o di razionalizzarlo (Green, 1995).

Inoltre talvolta i soggetti non sono consapevoli dell'esistenza di uno stimolo che ha influito sulla performance; molta della conoscenza usata dagli esecutori è subconscia e può quindi essere difficile articolarla in procedure di resoconto verbale.

Protocolli di verbalizzazione simultanea

Questa procedura permette ai soggetti di verbalizzare le informazioni che stanno in quel momento elaborando in MBT (Ericsson & Oliver, 1989).

Nei resoconti retrospettivi l'informazione deve essere recuperata dalla MLT, e questo processo è passibile di errori, il risultato può essere che importanti fonti di informazione vengono omesse o che informazione ridondante venga inclusa (Brinkman, 1993). Inoltre, nei resoconti retrospettivi è difficile distinguere l'informazione cui si è prestato attenzione durante il compito e quella acquisita o usata in seguito (o prima) del completamento del compito (Green, 1995).

Resoconti verbali simultanei sono stati usati da Vickers (1988) con ginnasti di alto livello, intermedio e principianti. Ha trovato una relazione tra le fissazioni dei soggetti su diapositive di immagini di esercizi ginnici e la loro verbalizzazione, con una corrispondenza del 70,4. Entrambi i dati rivelano che i ginnasti esperti fissano in aree diverse rispetto ai meno esperti.

Anche Williams & Davids (1997) hanno studiato la relazione tra movimenti oculari e resoconti verbali simultanei. Le situazioni erano 11 vs 11 e 3 vs 3 in nel calcio. Per ridurre la quantità di verbalizzazione da verbalizzare, lo schermo era diviso in 3 aree: "area" (palla-passatore di palla), "destra" (lato destro dello schermo), "sinistra" (lato sinistro dello schermo). I risultati nella situazione 11 vs 11 mostrano molte somiglianze tra i resoconti verbali e i movimenti oculari: non c'erano differenze nei 2 metodi nell'identificare il fuoco dell'attenzione e/o le posizioni delle fissazioni. Entrambi i metodi dimostrano che i meno esperti spendevano più tempo a fissare nell'"area", mentre gli esperti fissano più a lungo e prestano attenzione a altre aree dell'immagine, suggerendo che aree diverse dall'"area" possono essere più informative.

Nella situazione 3 vs 3 i sono delle differenze tra resoconti verbali e movimenti oculari; i secondi non trovano differenze nella distribuzione delle fissazioni, mostrando che i soggetti fissano principalmente l'area, mentre le verbalizzazioni mostrano che gli esperti distribuiscono la loro attenzione uniformemente in tutte le aree.

Gli esperti riportano di prestare attenzione nell'area per un periodo di tempo più breve di quanto effettivamente facciano con i movimenti oculari.

Questo suggerisce che, anche se fissavano nell'area, stavano usando la visione periferica per estrarre informazione da altre aree dell'immagine, usando l'area come un punto di riferimento centrale mentre simultaneamente esplorano con la visione periferica le posizioni e i movimenti dei giocatori.

Per i giocatori meno esperti non c'erano differenze tra movimenti oculari e resoconti verbali; questi fanno meno uso della visione periferica e preferiscono foveare la palla o il giocatore in possesso di palla per estrarre informazione. Questo dato è coerente con altri studi con tecniche di occlusione.

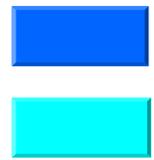
Riassumendo, questi studi dimostrano la validità del metodo della registrazione dei movimenti oculari come metodo per determinare le differenze nell'attenzione selettiva, che è in relazione, almeno in parte, con il livello di expertise e il tipo di compito.

Point light display

Questo metodo per studiare i processi percettivi è stato iniziato da Johansson (1973, 1975).

Questa tecnica consiste nella presentazione di un film, o display "in diretta" o simulati al computer che consistono nel movimento di punti di luce che rappresentano lo spostamento dei centri di articolazione e i punti di riferimento chiave dell'azione di un'atleta/avversario.

Movimento biologico



Abernethy & Packer (1989) hanno usato questa tecnica per esaminare l'uso degli indizi nello squash. Atleti di diverso livello dovevano giudicare la direzione e la forza del colpo di un avversario da un filmato a 26 punti luce. Sebbene ci fosse un calo nella prestazione di previsione, dovuto alla mancanza di informazione dai contorni e dallo sfondo, sia esperti che inesperti erano in grado di percepire le informazioni cinematiche rilevanti per prevedere la direzione del tiro e la forza. *Pertanto sembra esserci uno stretto legame tra abilità percettive e proprietà cinematiche dell'immagine vista.*

Abernethy (1992) suggerisce che questa tecnica possa essere usata per derivare le invarianti chiave coinvolte nella percezione nello sport.

L'idea è che manipolando i point light display i ricercatori possono identificare le rappresentazioni dei centri di articolazione necessari a preservare l'accuratezza della previsione.

La riduzione nella prestazione che si osserva quando un certo punto luce viene occluso evidenzia che quell'indizio è usato normalmente dai soggetti per prevedere il colpo dell'avversario.

Usando questa tecnica è possibile determinare sia gli indizi importanti usati nella previsione anticipatoria del colpo e il momento nel tempo in cui questi diventano preminenti durante il processo di anticipazione.

Sebbene questo approccio abbia molte somiglianze con le tecniche di occlusione, questa tecnica presenta la possibilità di usare modelli simulati al computer.

Allenare le strategie di ricerca visiva nello sport

La ricerca ha dimostrato che la conoscenza delle aree informative pertinenti del campo visivo è cruciale per una performance efficace (Ripoll, 1988).

Non è solo l'allocazione dell'attenzione a essere importante ma la capacità di stabilire una relazione significativa tra la relazione estratta e il comportamento conseguente (Goulet et al, 1989).

Per cui, un allenamento orientato alla sola focalizzazione sulle aree informative senza sottolineare la relazione critica tra le caratteristiche importanti dell'immagine per l'allievo non facilita la prestazione.

Quindi un allenamento efficace si deve basare sia sull'insegnamento delle strategie migliori di ricerca visiva ma anche sulla spiegazione di cosa le aree dell'immagine in questione significano e quale effetto hanno sulla performance conseguente.

Per esempio, nel calcio, questo può essere ottenuto usando fasi di attacco e difesa in cui gli allenatori fermano il gioco e sottolineano le aree informative del campo visivo e la loro importanza per lo sviluppo del gioco.

La consapevolezza della posizione dei giocatori può essere aumentata tramite giochi "silenziosi" (Taylor, 1992).

Queste pratiche possono essere usate per incoraggiare i giocatori a dirigere la loro attenzione verso i movimenti e le posizioni dei giocatori senza la palla, sviluppando quindi l'anticipazione.

Similmente nel tennis gli allenatori possono insegnare ai giocatori la relazione tra specifici angoli della racchetta e direzione risultante del colpo, tuttavia, devono anche riconoscere che l'evidenziare gli indizi rilevanti agli atleti rende il legame tra informazione percettiva e azione di risposta esplicito.

Lunga pratica è quindi necessaria per far uso di queste fonti di informazione in maniera implicita o subconscia, richiedendo quindi meno attenzione da parte dell'atleta.

Una tecnica alternativa può essere quella di usare programmi di allenamento basati sui video, per evidenziare il legame tra indizi percettivi importanti e risultato finale (Burwitz & Davids, 1994). Fermando il video in momenti specifici e richiedendo all'allievo di identificare quale sarà il risultato dell'azione, si possono stabilire dei legami tra gli indizi informativi e il risultato dell'azione.

Williams & Burwitz (1993) hanno dimostrato un significativo miglioramento nella prestazione anticipatoria quando la relazione tra importanti indizi posturali e calci di rigore quando segnalati a un gruppo di portieri principianti.

Pochi studi però hanno verificato il trasferimento dell'abilità appresa in un contesto reale di gioco (Adolphe et al, 1997).

Indipendentemente dal fatto di usare sequenze video o modelli "in diretta", gli allenatori dovrebbero introdurre poi indizi principali di anticipazione, introducendone altri progressivamente, con l'aumento del livello di abilità dell'allievo. In altre parole, come certi aspetti della prestazione diventano automatici, richiedendo quindi minore attenzione da dedicare alla tecnica esecutiva, l'attenzione dell'esecutore può essere dedicata al riconoscimento e all'uso di ulteriori indizi (Williams & Davids, 1994).

Infine, una volta che gli atleti hanno raggiunto un alto livello di prestazione, gli allenatori dovrebbero incoraggiarli a essere inventivi e a introdurre degli indizi fuorvianti nel loro repertorio, rendendo quindi più difficile all'avversario l'anticipare la loro azione (Maschette, 1980).

Per esempio, usare gli stessi atti preparatori per eseguire tiri simili, pratica ingannevole comune nel servizio del tennis.

L'attenzione nello sport

L'attenzione è una delle più note e complesse aree della psicologia (Parasurman, 1984).

Molti autori hanno sottolineato l'importanza dell'attenzione nella performance di alto livello (Boucher, 1992), ma non c'è molta ricerca applicata che abbia esaminato i meccanismi attentivi sottostanti alla prestazione sportiva.

Da una prospettiva cognitiva, il termine attenzione viene usato per riferirsi a 3 diversi processi.

Primo, il costrutto di attenzione è stato ritenuto spiegare la selettività dell'attenzione (cioè **l'attenzione focalizzata**).

Secondo, viene collegata alla nostra capacità di distribuire l'attenzione tra diversi compiti concomitanti (cioè **l'attenzione divisa**).

Terzo, si riferisce al nostro stato di allerta o prontezza per l'azione (**vigilanza** o **livello di attivazione**).

L'attenzione selettiva viene vista come la rilevazione, l'identificazione e il riconoscimento della stimolazione selezionata (Woods, 1990).

È il processo per cui certe informazioni vengono elaborate mentre altre ignorate.

Per esempio, un battitore esperto nel baseball si focalizza solo sugli aspetti pertinenti dell'azione di lancio del lanciatore e ignora l'informazione esterna.

L'attenzione selettiva è coinvolta a un certo livello in praticamente ogni compito, anche se il soggetto presta solo attenzione a un indizio visivo o uditivo, gli input propriocettivi e enterocettivi competono simultaneamente per l'attenzione.

Il secondo significato del termine si correla al fatto che gli esecutori esperti possono regolare le loro risorse mentali in molte azioni simultanee. Consideriamo il pilota esperto che cambia marcia in un tornante mentre esplora la strada davanti e controlla la posizione degli avversari nello specchietto retrovisore. Questa capacità di eseguire due o più compiti assieme distingue l'elaborazione **controllata** da quella **automatica** (Schneider et al, 1984).

L'elaborazione controllata è lenta, richiede sforzo, attenzione e controllo cosciente. Per esempio, un golfista usa l'elaborazione controllata nel selezionare il tiro appropriato sul green (Boucher, 1992).

L'elaborazione automatica è veloce, senza sforzo e senza controllo cosciente, non richiede attenzione. Il golfista esperto probabilmente la usa quando effettua un drive dal tee.

Ovviamente lo sport richiede una combinazione di elaborazione controllata e automatica; in alcune situazioni gli atleti funzionano in modo automatico, in altri devono prendere decisioni e elaborare l'informazione consapevolmente (Nougier et al, 1991). La capacità di spostarsi rapidamente ed efficacemente tra questi due modi di elaborazione è una caratteristica importante dell'expertise (Keele & Hawkins, 1982).

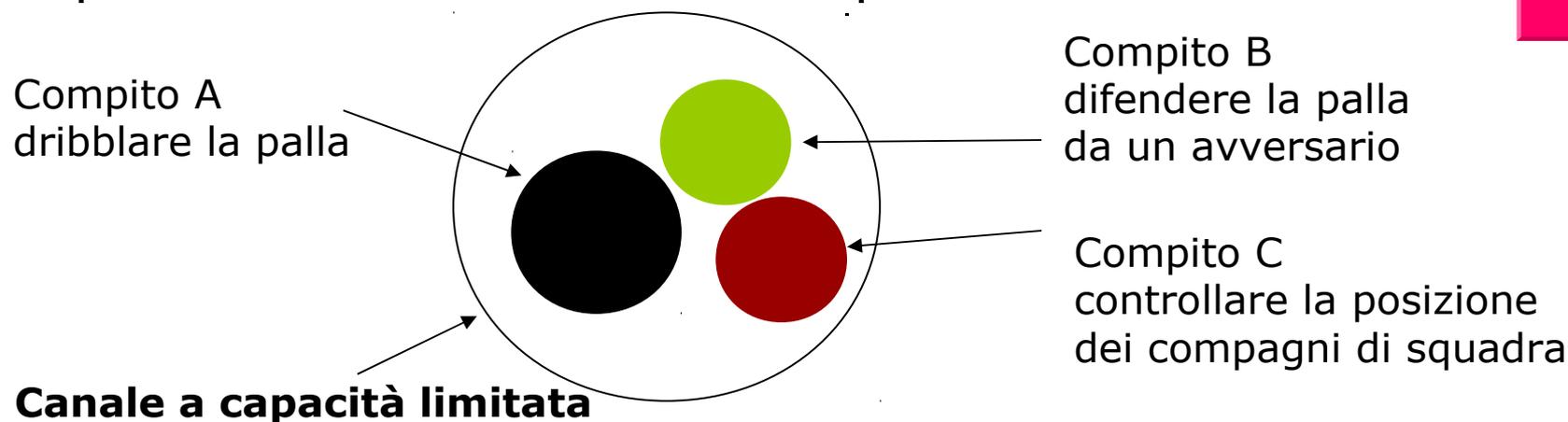
Il terzo uso del termine attenzione denota il nostro stato di allerta o preparazione per l'azione. In genere la ricerca in questa area ha studiato gli effetti dell'allerta e dell'attivazione sulla prestazione sportiva (vedi Gould & Krane, 1992).

Modelli cognitivi dell'attenzione e loro rilevanza per l'attenzione selettiva nello sport

I processi cognitivi possono essere considerati come una serie di stadi ipotetici durante i quali sono eseguite delle trasformazioni sull'informazione sensoriale in ingresso (Solso, 1995). Questi stadi che intervengono tra segnale e risposta includono la percezione, la memoria, la presa di decisione e l'attenzione.

Le teorie della capacità limitata

Assumono che ci sia un limite di capacità per l'elaborazione dell'informazione e che la prestazione si deteriora se tale capacità è superata dalle richieste del compito.



Canale a capacità limitata

Finché i cerchi più piccoli stanno dentro al cerchio grande che rappresenta la capacità limitata del sistema, l'esecutore sarà in grado di eseguire i compiti in modo efficace, altrimenti si avrà un calo della prestazione in uno o più di questi compiti. Per i principianti, il dribbling probabilmente richiederà quasi tutto lo spazio di elaborazione disponibile, con l'aumentare dell'esperienza le richieste attenzionali del dribbling diminuiscono e quindi l'atleta è in grado di difendere simultaneamente la palla e valutare le opzioni di passaggio senza deficit attenzionali.

Sebbene esistano molti modelli a capacità limitata, differiscono solo in termini di tempo o stadio all'interno del modello di elaborazione delle informazioni in cui avviene la selezione dell'input rilevante (Gopher & Sanders, 1984).

I modelli ipotizzano che in un qualche stadio della catena dell'elaborazione delle informazioni vi sia un collo di bottiglia o filtro selettivo che restringe la quantità di informazione cui si può prestare attenzione allo stesso tempo.

Il primo modello è stato proposto da Broadbent (1958) che ha suggerito che il blocco avviene durante la fase precoce di categorizzazione dello stimolo.

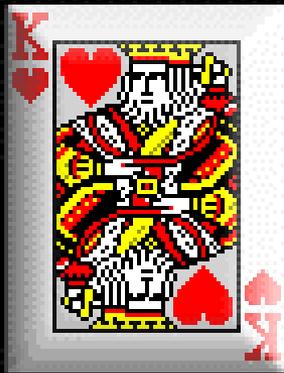
Treisman (1964) concorda su un filtro precoce, ma non totale bensì attenuativo, che amplifica alcuni input e ne indebolisce altri.

Per altri, tutti gli stimoli ricevono un'analisi semplice e automatica, subconscia, degli stimoli, ma solo quelli pertinenti ricevono ulteriore elaborazione (Deutsch & Deutsch, 1963; Norman, 1968; Keele, 1973; Kantowitz, 1974).

Inattention blindness

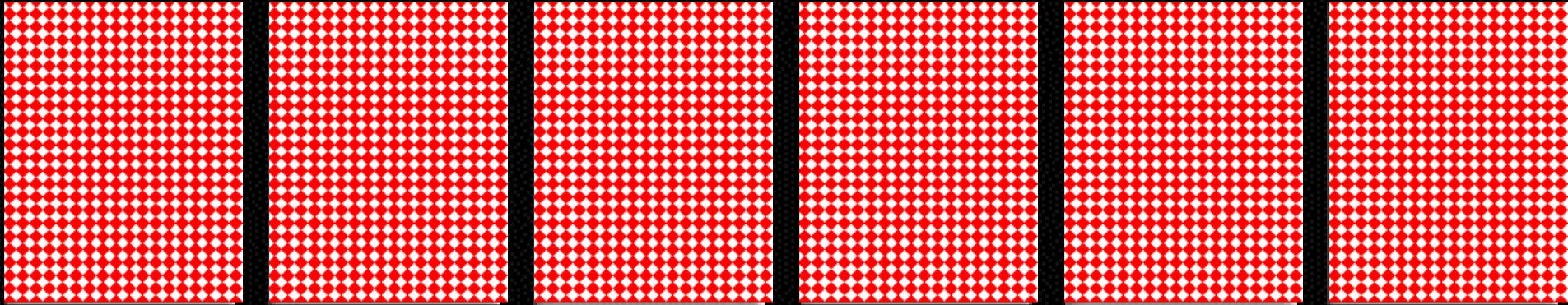
(Levin e Simons, 1998)

Scegli una carta e pensala intensamente

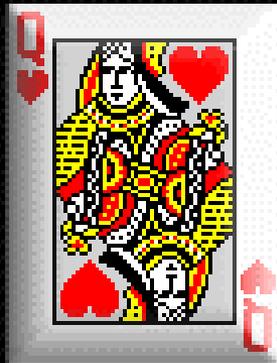


Inattentional blindness

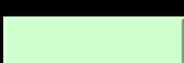
... pensala intensamente...



Ho tolto la carta a cui hai pensato!



Inattention blindness

	<i>Airplane</i>
	<i>Chopper</i>
	<i>Corner</i>
	<i>Dinner</i>
	<i>Farm</i>
	<i>Field</i>
	<i>Harbor</i>
	<i>Market</i>
	<i>Money</i>
	<i>Sailboats</i>
	<i>Tourists</i>

Nello sport il modello più polare è stato quello della **pertinenza** di Norman (1968, 1969).

Tutti i segnali che arrivano ai recettori passano attraverso una fase precoce di analisi, effettuata da processi fisiologici (il **meccanismo di analisi dello stimolo**). I parametri estratti da questi processi verrebbero usati per determinare dove la rappresentazione del segnale sensoriale è immagazzinata in memoria. Quindi tutti i segnali sensoriali stimolano le loro rappresentazioni immagazzinate in memoria.

Secondo Norman questa analisi è subconscia e non presenta richieste per i limiti della capacità di elaborazione dell'esecutore.

Allo stesso tempo dell'analisi sensoriale avviene un esame dei segnali precedenti che si trovano il MLT. Questo processo stabilisce, sulla base dell'esperienza passata e dell'informazione contestuale, una classe di eventi che si stimano pertinenti all'analisi in corso.

Il modello implica che, tramite l'apprendimento, un esecutore costruisce un vasto repertorio di esperienza che può essere usato per interpretare gli eventi incontrati in situazioni simili a quelle precedentemente esperite.

La rappresentazione maggiormente stimolata dalla combinazione di input sensoriali e di pertinenza sarà selezionata per ulteriore analisi e attenzione specifica.

Per Norman tramite l'esperienza l'esecutore impara l'importanza degli indizi contestuali all'interno del campo visivo. Il riconoscimento di questi indizi stabilisce le probabilità o aspettative che un certo risultato si verifichi.

Nello sport, la conoscenza specifica del compito implica che ci sia maggiore ridondanza nella strategia percettiva di un esperto.

L'esperto conosce l'informazione importante all'interno dell'immagine visiva e può focalizzare l'attenzione sulle fonti rilevanti di informazione e ignorare le altre.

La conoscenza costruita tramite l'esperienza riduce la quantità di informazione che deve essere elaborata e quindi diminuisce la velocità di risposta (Starkes & Allard, 1993). *Infatti gli esperti usano più efficacemente l'informazione contestuale (indizi visivi di anticipazione) e le aspettative (probabilità situazionali) nell'anticipazione e nella presa di decisione.*

Per esempio, consideriamo una situazione di attacco nel calcio, in cui la palla viene giocata dietro alla difesa in una posizione sull'ala destra con l'opportunità di crossare la palla nell'area di rigore dalla linea della porta. Il libero, assieme agli altri difensori, tornerà indietro verso la porta. Il libero codificherà informazioni dal campo visivo e gli input più importanti, selezionati dal meccanismo di analisi dello stimolo, verranno mantenuti in MBT. Simultaneamente, il libero esperto farà uso dell'esperienza passata per stabilire aspettative e probabilità che certi eventi accadano.

Il contesto è importante per stabilire la pertinenza di una particolare classe di eventi. In questa situazione, c'è una probabilità piuttosto alta di un cross basso nell'area tra il portiere e i difensori. Inoltre, è probabile che il giocatore usi indizi contestuali quali l'approccio dell'attaccante alla palla, la rincorsa preparatoria e la prima parte della tecnica del calcio per anticipare la direzione della palla (Williams & Burwitz, 1993). Ancora, i movimenti degli altri giocatori sono importanti fonti di informazione contestuale (Williams et al, 1994).

La combinazione dell'informazione derivata dalle aspettative e dagli indizi contestuali poi stimola in memoria gli eventi più importanti o pertinenti su cui allocare l'attenzione.

L'interazione tra informazione sensoriale e esperienza passata permette all'atleta di selezionare e prestare attenzione alle aree del campo visivo più importanti e informative.

I modelli a capacità flessibile

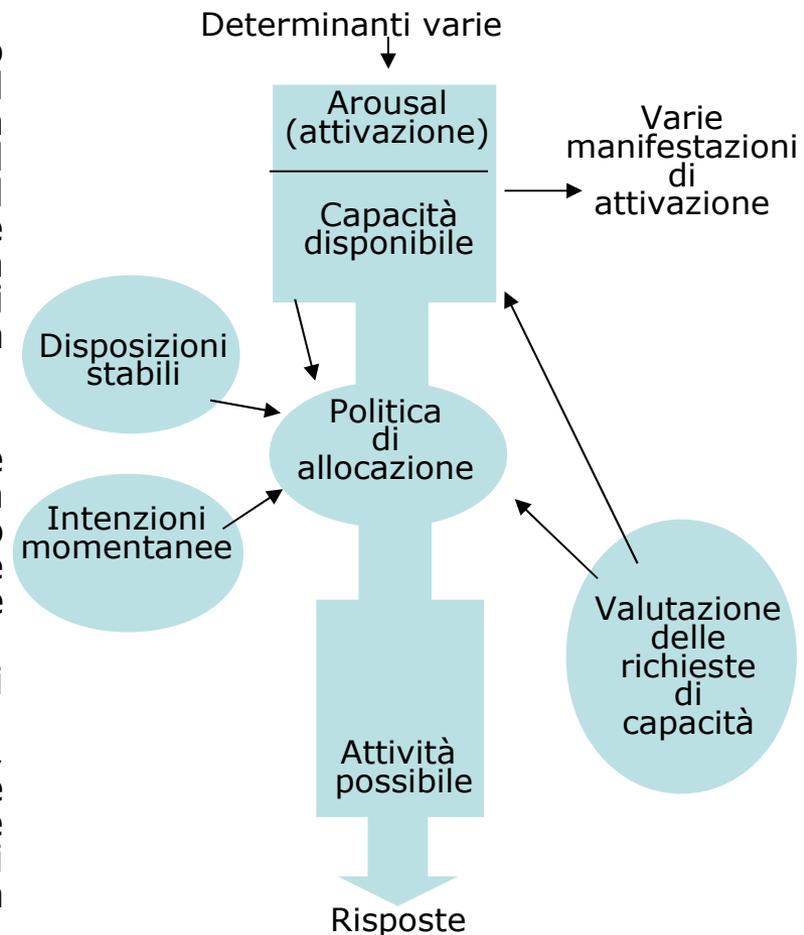
Secondo Kanheman (1973), la capacità non va considerata come fissa, poiché cambia a seconda delle richieste del compito. Propone che come la difficoltà di 2 compiti contemporanei aumenta, più capacità è resa disponibile, finché non viene oltrepassata. L'attenzione viene vista come un serbatoio di sforzo che può essere distribuito a molte attività concomitanti sulla base della politica di allocazione dell'individuo e delle caratteristiche del compito. *L'allocazione efficiente dell'attenzione o attenzione selettiva gioca un ruolo importante in questo modello.*

La capacità attentiva disponibile rappresenta il serbatoio di risorse limitate disponibili in un dato momento. Il livello di attivazione dell'individuo influenza la capacità disponibile. All'aumentare della difficoltà del compito, il livello di arousal aumenta, che a sua volta aumenta il livello di capacità disponibile. Infine, quando le richieste attenzionali del compito cominciano a superare la capacità massima, si notano dei cali in uno o più dei compiti simultaneamente svolti, ossia si verifica dell'interferenza.

La politica di allocamento è determinata

1. dalle disposizioni stabili, che sono le regole dell'attenzione involontaria, come l'allocazione della capacità per stimoli nuovi, oggetti in movimento improvviso o stimoli molto intensi. Sono risposte automatiche di orientamento verso cui l'attenzione dell'esecutore è attratta (Martens, 1987).

2. dalle intenzioni momentanee, come le istruzioni di guardare un certo giocatore o ascoltare l'allenatore. Queste istruzioni sviluppano un "mind-set", per esempio, a stare in allerta per certi indizi nell'ambiente. Sviluppare appropriati mindset o disposizioni stabili è cruciale perché conoscere gli indizi cui prestare attenzione e quali sono i potenziali distrattori può aumentare in maniera sostanziale le capacità anticipatorie dell'atleta.



La relazione tra attenzione e arousal è stata proposta da Easterbrook (1959), che suggerisce che in condizioni di bassa attivazione l'atleta ha un focus troppo ampio per rilevare gli indizi rilevanti (es il movimento dei compagni) e irrilevanti (es il movimento dell'arbitro), mano a mano che aumenta, l'attenzione comincia a restringersi (Landers, 1982).

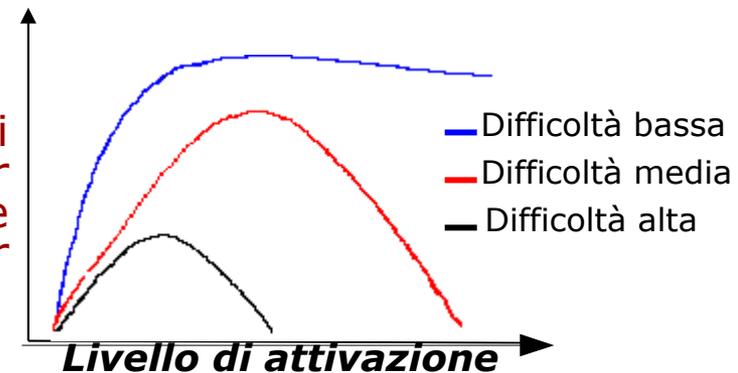
A un certo punto ottimale, il restringimento dell'attenzione blocca gli indizi irrilevanti e permette a quelli rilevanti di essere colti.

Se aumenta ulteriormente, l'attenzione continua a restringersi e verranno filtrati anche gli indizi rilevanti, causando un deterioramento della prestazione (Proctor & Dutta, 1995), oltre a causare un peggioramento nella capacità di discriminare gli stimoli rilevanti dai non rilevanti.



Regola di Yerkes:

Il livello ottimale di attivazione per compiti difficili è basso, mentre per compiti facili è alto.



Le teorie delle risorse multiple

Suggeriscono che l'attenzione vada concettualizzata come molti serbatoi di risorse, ognuno con la sua capacità e designato a trattare certi tipi di elaborazione dell'informazione.

La prestazione dipenderebbe dalle diverse risorse che sono limitate in quantità (Logan, 1985).

Un punto chiave è che non c'è un meccanismo speciale di selezione per spiegare la selettività attenzionale, la selezione viene vista semplicemente come in processo di allocazione delle risorse.

I compiti più difficili richiedono più risorse, rendendone meno disponibili per i compiti concomitanti.

L'interferenza e il calo della prestazione avvengono solo quando 2 compiti condividono le stesse risorse. Quando 2 compiti, anche difficili, sono svolti contemporaneamente ma richiedono risorse differenti, la capacità non viene oltrepassata e la prestazione non verrà limitata.

Nello sport, quindi, un giocatore di hockey sarà in grado di correre con la palla e gridare istruzioni a un compagno, perché sono compiti che impiegano diverse modalità di output, come il giocatore di squash potrà controllare la posizione dell'avversario eseguendo il colpo appropriato, siccome sono richieste diverse modalità di input e output.

Una delle principali critiche a queste teorie sta nel fatto che non è però sempre così, come dimostrato dai principianti che non sono in grado di fare entrambe le cose senza un calo nella performance.

Inoltre, il modello non è parsimonioso e non è falsificabile (Allport, 1989), in quanto è sempre possibile definire ulteriori risorse per render conto dei dati.

La visione "funzionale" dell'attenzione

L'assunzione di base di questo approccio è che si focalizza sulla relazione funzionale tra la capacità limitata e l'attenzione selettiva (Neumann, 1990). Sarebbe la selettività dell'azione a spiegare perché la capacità è limitata.

L'attenzione selettiva è necessaria a causa delle limitazioni fisiche che richiedono agli esecutori di selezionare tra azioni alternative o in competizione; questi limiti fisici fanno sì che gli esecutori selezionino l'informazione più rilevante per controllare l'azione.

Le azioni e i modi di eseguirle che sono in competizione devono essere inibiti. I compiti simultanei possono essere eseguiti purché siano controllati da un comune piano d'azione (es. correre per afferrare una palla). Non sarebbe la percezione ma l'azione, e non la capacità di un sistema centrale di elaborazione dell'informazione ma la capacità del corpo a rendere necessaria la selezione.

La selezione è selezione per l'azione (Allport, 1987).

Vi sono 2 tipi di problemi di selezione nel controllo dell'azione.

Il primo è detto il problema del "reclutamento degli effettori", in modo da evitare che siano intraprese azioni incompatibili, come afferrare e tirare la palla allo stesso tempo. Per risolvere questo problema il sistema ha bisogno di meccanismi di inibizione comportamentale che, una volta che gli effettori sono stati selezionati, tutti gli altri input vengono bloccati, in modo che solo un piano d'azione per volta abbia accesso al sistema effettore. Il problema diventa quindi quello di selezionare quale categoria o modo di azione deve avere priorità temporale.

Il secondo problema di selezione è detto "specificazione del parametro". Questo avviene quando un'azione può essere effettuata in molti modi diversi, ma per essere eseguita accuratamente, solo una delle opzioni deve essere selezionata in ogni singolo momento. Nella letteratura del controllo motorio viene definito "equivalenza motoria (vedi Davids et al, 1994).

Il problema è di determinare quale delle possibili specificazioni dei parametri mettere in atto. Per esempio, nel rugby ci sono molti target potenziali verso cui un'azione selezionata può essere diretta, in funzione di se il giocatore sta attaccando o difendendo. Il giocatore può calciare, passare o correre con la palla, o essere forzato alla mischia o al placcaggio. Deve quindi decidere quale obiettivo seguire in un certo momento nel tempo.

Secondo van der Heijden (1992) questa forma di selezione viene portata avanti dall'attenzione selettiva e opera all'interno dei limiti posti dal compito e in cooperazione con le aspettative e le intenzioni.

Questo processo assicura che ai parametri vengano assegnati valori diversi, in modo che non ce ne siano 2 che possano essere assegnati allo stesso compito allo stesso tempo.

Almeno parte della selezione viene fatta usando l'appropriata informazione sensoriale dall'ambiente (Neumann, 1990), cioè alcuni processi selettivi sono necessari per mappare un indizio informativo rilevante dall'ambiente sul parametro di controllo per l'azione appropriata. L'informazione sensoriale limita le azioni alternative che competono per il reclutamento degli effettori così come l'insieme di modi alternativi per eseguire un'azione selezionata. Questo processo viene considerato il requisito funzionale della selezione per l'azione (Allport, 1989).

La selezione per l'azione ha luogo all'interno, ed è controllata da specifiche strutture di controllo o capacità (Neumann, 1990).

Queste strutture di controllo specificano i parametri dell'azione in parte generando internamente i comandi motori rilevanti e in parte usando l'informazione ambientale; traducono quindi proprietà specifiche dello stimolo in specifici parametri d'azione (cioè cicli di percezione-azione).

Questo approccio è di carattere ecologico, in quanto propone che la selettività attenzionale risulti dalla scoperta e dallo sviluppo di legami diretti tra la percezione (informazione) e l'azione (controllo).

Selezione e azione non possono essere adeguatamente comprese in isolamento; i meccanismi di selezione si sono evoluti per avere a che fare con il controllo dell'azione, in modo che una volta che un'azione è stata selezionata non possa essere disturbata da altre azioni.

Questo approccio quindi riconosce la co-evoluzione degli esecutori e del loro ambiente.

Ad esempio, un giocatore di tennis con un'intenzione momentanea di giocare un passante o una volée, percepisce molta informazione in parallelo durante gli stadi iniziali; una volta che una risposta viene selezionata, i processi concorrenti vengono impediti o possono avvenire con grande difficoltà. L'interferenza tra 2 compiti simultanei non avviene perché è necessaria l'attenzione (come capacità o risorsa), ma perché un'azione è già stata selezionata.

Quindi le limitazioni di capacità risultano dai problemi di selezione coinvolti, piuttosto che viceversa.

Una critica a questo approccio è che non specifica un meccanismo per spiegare come l'informazione limita la selezione. L'idea è quella di un meccanismo biologico che si è evoluto in quanto funzionale.

Automatismo e prestazione efficace

Come un principiante diviene più esperto vi è un notevole incremento nella performance. Per esempio, imparando a curvare con gli sci paralleli l'attenzione può essere inizialmente diretta verso molti aspetti della tecnica, come la posizione degli sci e dei bastoncini, l'inclinazione del tronco, la distribuzione del peso sugli sci a valle a monte, l'angolo delle ginocchia e la rotazione del tronco. È probabile che i principianti debbano considerare ognuna di queste parti quando eseguono l'azione, conseguentemente, la performance sarà piuttosto impacciata e non così piana ed efficiente come quella degli esperti. Nel diventare più competenti, cominceranno a smettere di pensare a tutte le parti della prestazione, ma saranno raggruppate in parti più ampie, in modo che l'intera azione diventa più coordinata ed efficiente. A questo stadio l'attenzione può quindi essere focalizzata, ad esempio, solo sulla posizione del bastoncino a valle, mentre il resto dell'azione viene eseguito senza sforzo e senza pensare consciamente riguardo a nessun particolare aspetto della tecnica. Questa progressione permette alle risorse attenzionali di essere allocate ad altre attività concomitanti e allo sviluppo di strategie d'esecuzione più raffinate (Glencross, 1978). Inoltre, se gli sciatori esperti pensano troppo a ciò che fanno quando sciano su una pista difficile, potrebbe peggiorare la loro performance (Baumeister, 1984).

Da una prospettiva cognitiva, il dirigere l'attenzione conscia a varie parti dell'abilità può disturbare il programma motorio stabilito che controlla l'azione, definito "paralisi tramite l'analisi".

A seguito di una lunga pratica, le capacità possono essere eseguite automaticamente, richiedendo limitata attenzione cosciente.

Sono stati distinti **processi consci** e **subconsci** (vedi Schneider et al, 1984).

Le procedure conscie sono definite processi controllati, sono lenti, di capacità limitata, richiedono risorse attenzionali e possono essere usati flessibilmente nelle situazioni che si modificano. Per esempio, il giocatore di tennis seleziona il tipo di servizio o il golfista che sceglie la mazza appropriata.

I meccanismi subconsci sono definiti processi automatici, non hanno limiti di capacità, sono veloci, paralleli e non richiedono attenzione, sono difficili da modificare una volta appresi. Per esempio, nell'eseguire un servizio nel tennis i giocatori esperti probabilmente impiegheranno processi subconsci.

Secondo questa distinzione, l'automatismo risulta quando l'esecutore passa dall'elaborazione cosciente a quella subconscia.

Ciò implica che le capacità possono essere eseguite con una domanda attenzionale ridotta, conservando quindi l'attenzione per altri compiti importanti.

Valutare l'automatismo nello sport: il paradigma del doppio compito

Un approccio usato per studiare come gli esperti dividono l'attenzione tra 2 compiti in competizione è il paradigma del doppio compito (Abernethy, 1988, 1993).

È basato sul chiedere ai soggetti di eseguire 2 compiti simultaneamente; il compito per valutare la richiesta di attenzione viene detto compito primario, mentre quello secondario misura la performance da cui deriva la richiesta del primario.

Prestazioni scarse nel secondario sono attese a seguito di un primario difficile (richiedente attenzione).

Per esempio, Parker (1981) ha studiato la performance concomitante di afferrare e tirare una palla (primario) e un compito di rilevazione in visione periferica (secondario), usando soggetti esperti, intermedi e inesperti.

Questo compito riproduce le richieste di una situazione effettiva di gioco in cui i giocatori devono afferrare e tirare la palla mentre controllano la posizione dei compagni e degli avversari.

I risultati mostrano che non c'erano differenze nella prestazione al primario tra i 3 gruppi, mentre la prestazione peggiorava per tutti i gruppi quando dovevano eseguire entrambi i compiti simultaneamente. La prestazione al secondario variava con il livello di expertise, in quanto gli esperti facevano significativamente meno errori dei meno esperti.

Il vantaggio degli esperti è dato dal fatto che il primario richiede meno attenzione, permettendo all'attenzione visiva di dirigersi al compito secondario.

L'approccio del doppio compito è stato usato anche per studiare la richiesta attenzionale durante gli stadi preparatori della prestazione.

Per esempio Rose & Christina (1990) hanno studiato la richiesta attenzionale del tiro con la pistola in gruppi di esperti, intermedi e principianti. Il compito primario consisteva nell'attività del tiro di precisione, mentre il secondario prevedeva l'effettuare una risposta manuale a uno stimolo uditivo presentato in momenti diversi durante il periodo che portava al tiro.

I risultati mostrano che i tempi di reazione aumentano come il momento del tiro si avvicina per tutti i 3 gruppi, indicando un aumento nella richiesta attentiva. È interessante notare che c'era un calo nella prestazione maggiore nel secondario per i tiratori d'élite rispetto ai principianti, in particolare le differenze erano più pronunciate nello stadio di mira, in cui i gruppi più esperti tendevano significativamente a perdere più stimoli degli inesperti. Questo dato è stato interpretato indicare che gli esecutori esperti focalizzano di più la loro attenzione sugli indizi rilevanti al compito in questo stadio rispetto agli inesperti.

Un approccio simile è stato usato da Castiello & Umiltà (1988) per studiare come la richiesta attenzionale influisce la prestazione di una risposta al servizio nella pallavolo e nel tennis. Il primario prevedeva la ricezione di un servizio mentre il secondario una risposta vocale a un segnale uditivo. I risultati mostrano che la ricezione della battuta flottante richiede maggiore attenzione rispetto alla battuta al salto. La battuta flottante è meno prevedibile siccome la traiettoria della palla può cambiare nettamente durante il volo, richiedendo quindi maggiore attenzione. Interessante è che la domanda attenzionale aumenta come la palla passa la rete, raggiungendo il massimo quando sta per essere ricevuta. Nella risposta al servizio nel tennis, siccome la risposta al segnale uditivo era sempre significativamente superiore nel doppio compito rispetto al singolo, si è concluso che tutti gli stadi richiedono attenzione. Inoltre, come nella pallavolo, il periodo immediatamente prima della ricezione richiedeva il massimo dell'attenzione.

Sebbene si classifichino i compiti in primario e secondario, questa designazione non è necessaria, le istruzioni possono indicare un peso uguale per entrambi i compiti. Questo approccio è più utile se si è interessati alla capacità dei soggetti di spostare l'attenzione tra compiti concomitanti invece che rilevare la richiesta di attenzione del compito primario.

Leavitt (1979) ha studiato le richieste attentive del pattinaggio e del maneggiare la mazza nell'hockey su ghiaccio. Giocatori di diversi livelli di esperienza dovevano pattinare e/o dribblare un disco in 4 condizioni sperimentati: pattinare solo, pattinare identificando figure geometriche mostrate su uno schermo, pattinare e dribblare o maneggiare con la mazza un disco, o pattinare dribblando un disco e identificare figure geometriche. La variabile dipendente era la velocità nel pattinare. I risultati mostrano che i giocatori esperti possono eseguire compiti più complessi come pattinare, dribblare e identificare visivamente figure simultaneamente senza calare la velocità. I giocatori più giovani e meno esperti non avevano automatizzato a sufficienza queste capacità.

Smith & Chamberlin (1992) hanno ottenuto gli stessi risultati con gruppi di principianti, intermedi ed esperti nel calcio.

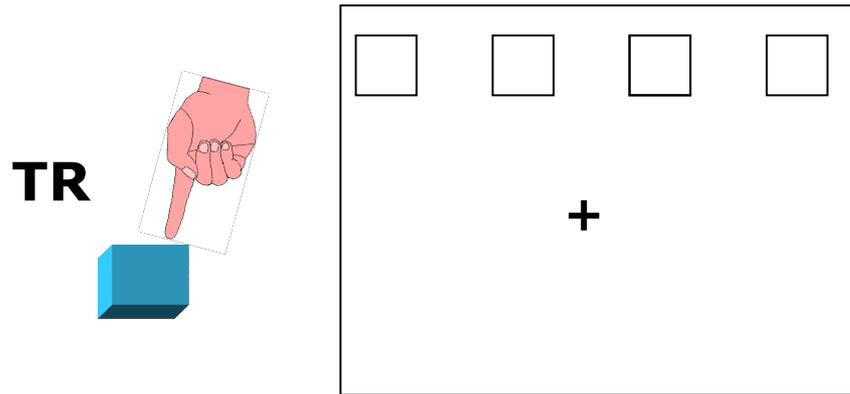
Una caratteristica importante della prestazione efficace nei compiti doppi è la capacità dell'esecutore di spostare rapidamente l'attenzione visiva da un'area del campo visivo ad un'altra.

La flessibilità nell'attenzione è tipicamente definita come la capacità di liberare, spostare e agganciare l'attenzione rapidamente in diverse posizioni dello spazio (Tenenbaum & Bar-Eli, 1995).

Gran parte del lavoro sulla flessibilità attenzionale nello sport si basa sul lavoro di Posner e collaboratori (Posner & Snyder, 1975; Posner et al, 1980).

L'attenzione visiva spaziale implicita può essere indagata sperimentalmente chiedendo al soggetto di mantenere gli occhi fissi su un punto e di elaborare un evento in periferia del campo visivo.

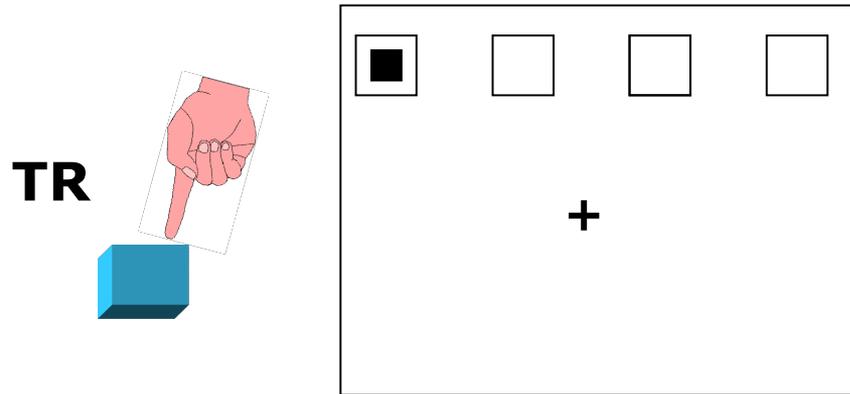
L'informazione è elaborata in modo più efficace nella posizione cui si presta attenzione.



Gran parte del lavoro sulla flessibilità attenzionale nello sport si basa sul lavoro di Posner e collaboratori (Posner & Snyder, 1975; Posner et al, 1980).

L'attenzione visiva spaziale implicita può essere indagata sperimentalmente chiedendo al soggetto di mantenere gli occhi fissi su un punto e di elaborare un evento in periferia del campo visivo.

L'informazione è elaborata in modo più efficace nella posizione cui si presta attenzione.



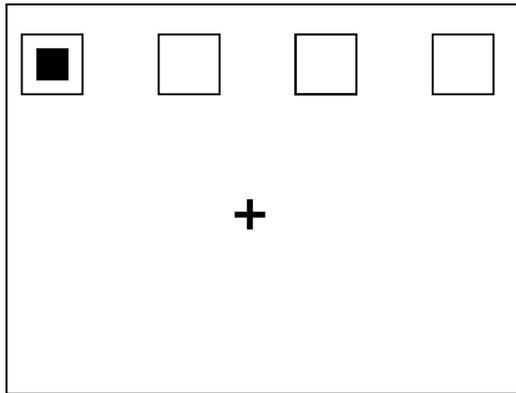
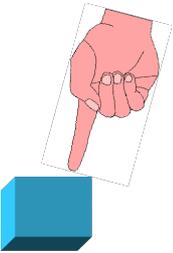
Gran parte del lavoro sulla flessibilità attenzionale nello sport si basa sul lavoro di Posner e collaboratori (Posner & Snyder, 1975; Posner et al, 1980).

L'attenzione visiva spaziale implicita può essere indagata sperimentalmente chiedendo al soggetto di mantenere gli occhi fissi su un punto e di elaborare un evento in periferia del campo visivo.

L'informazione è elaborata in modo più efficace nella posizione cui si presta attenzione.

prova neutra

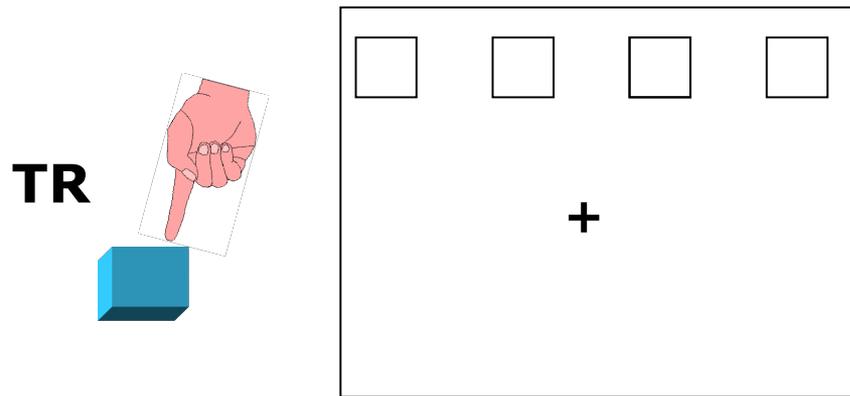
TR



Gran parte del lavoro sulla flessibilità attenzionale nello sport si basa sul lavoro di Posner e collaboratori (Posner & Snyder, 1975; Posner et al, 1980).

L'attenzione visiva spaziale implicita può essere indagata sperimentalmente chiedendo al soggetto di mantenere gli occhi fissi su un punto e di elaborare un evento in periferia del campo visivo.

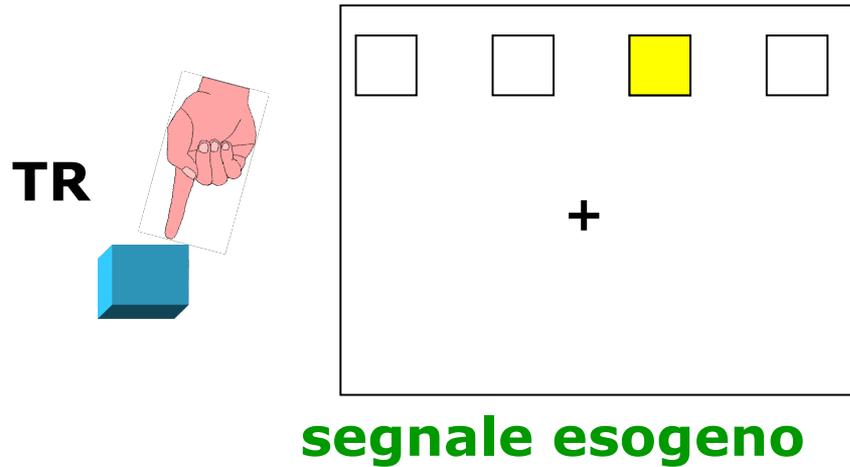
L'informazione è elaborata in modo più efficace nella posizione cui si presta attenzione.



Gran parte del lavoro sulla flessibilità attenzionale nello sport si basa sul lavoro di Posner e collaboratori (Posner & Snyder, 1975; Posner et al, 1980).

L'attenzione visiva spaziale implicita può essere indagata sperimentalmente chiedendo al soggetto di mantenere gli occhi fissi su un punto e di elaborare un evento in periferia del campo visivo.

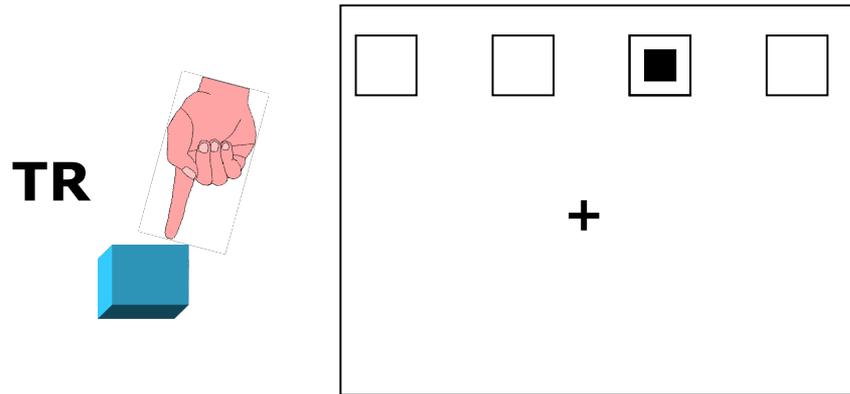
L'informazione è elaborata in modo più efficace nella posizione cui si presta attenzione.



Gran parte del lavoro sulla flessibilità attenzionale nello sport si basa sul lavoro di Posner e collaboratori (Posner & Snyder, 1975; Posner et al, 1980).

L'attenzione visiva spaziale implicita può essere indagata sperimentalmente chiedendo al soggetto di mantenere gli occhi fissi su un punto e di elaborare un evento in periferia del campo visivo.

L'informazione è elaborata in modo più efficace nella posizione cui si presta attenzione.

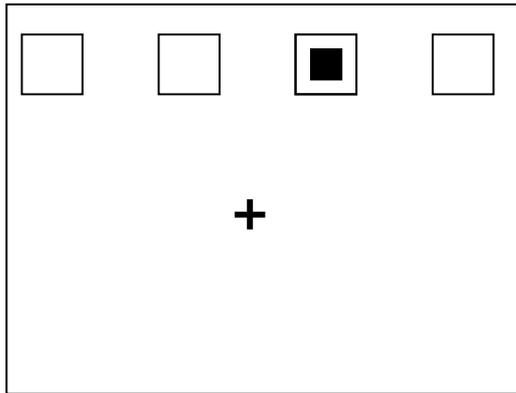
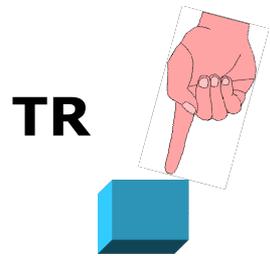


Gran parte del lavoro sulla flessibilità attenzionale nello sport si basa sul lavoro di Posner e collaboratori (Posner & Snyder, 1975; Posner et al, 1980).

L'attenzione visiva spaziale implicita può essere indagata sperimentalmente chiedendo al soggetto di mantenere gli occhi fissi su un punto e di elaborare un evento in periferia del campo visivo.

L'informazione è elaborata in modo più efficace nella posizione cui si presta attenzione.

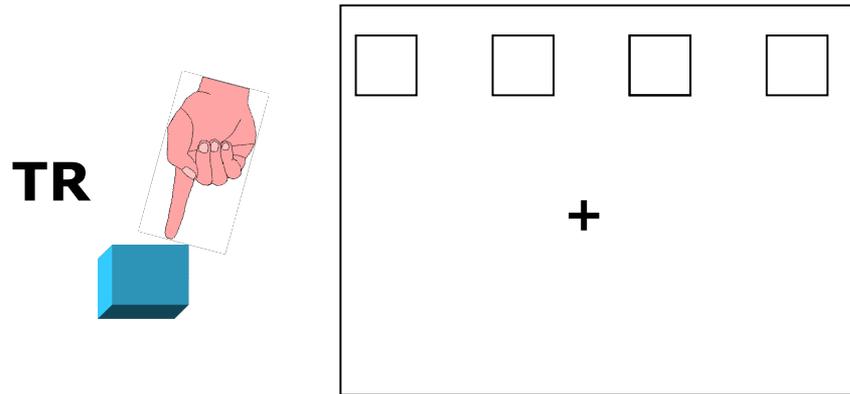
prova valida



Gran parte del lavoro sulla flessibilità attenzionale nello sport si basa sul lavoro di Posner e collaboratori (Posner & Snyder, 1975; Posner et al, 1980).

L'attenzione visiva spaziale implicita può essere indagata sperimentalmente chiedendo al soggetto di mantenere gli occhi fissi su un punto e di elaborare un evento in periferia del campo visivo.

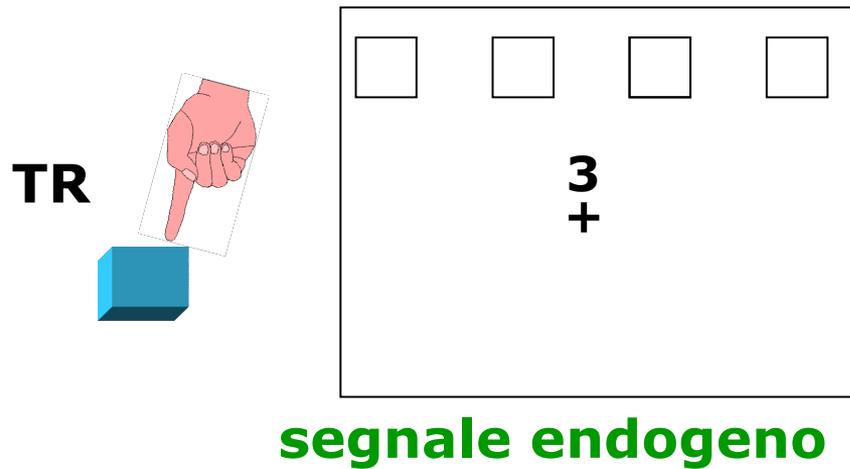
L'informazione è elaborata in modo più efficace nella posizione cui si presta attenzione.



Gran parte del lavoro sulla flessibilità attenzionale nello sport si basa sul lavoro di Posner e collaboratori (Posner & Snyder, 1975; Posner et al, 1980).

L'attenzione visiva spaziale implicita può essere indagata sperimentalmente chiedendo al soggetto di mantenere gli occhi fissi su un punto e di elaborare un evento in periferia del campo visivo.

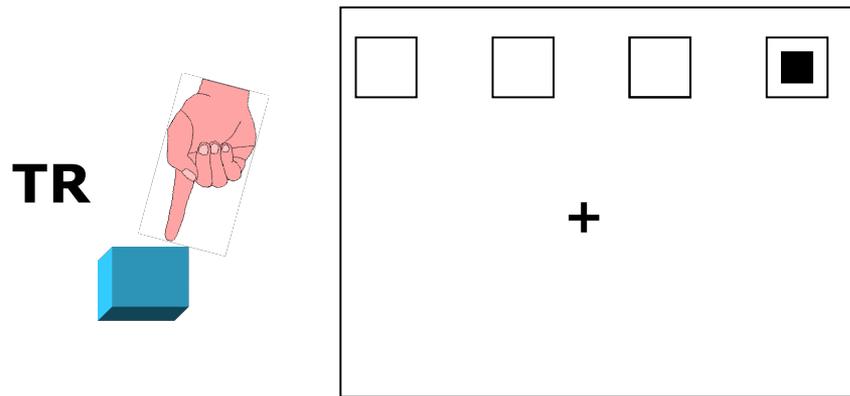
L'informazione è elaborata in modo più efficace nella posizione cui si presta attenzione.



Gran parte del lavoro sulla flessibilità attenzionale nello sport si basa sul lavoro di Posner e collaboratori (Posner & Snyder, 1975; Posner et al, 1980).

L'attenzione visiva spaziale implicita può essere indagata sperimentalmente chiedendo al soggetto di mantenere gli occhi fissi su un punto e di elaborare un evento in periferia del campo visivo.

L'informazione è elaborata in modo più efficace nella posizione cui si presta attenzione.

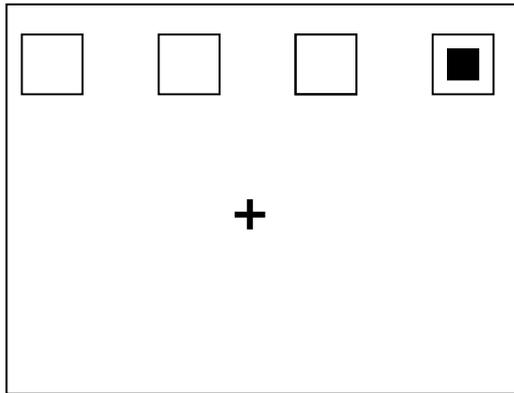
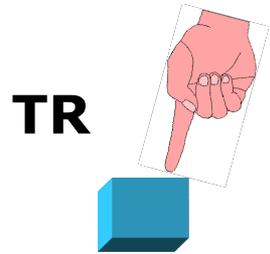


Gran parte del lavoro sulla flessibilità attenzionale nello sport si basa sul lavoro di Posner e collaboratori (Posner & Snyder, 1975; Posner et al, 1980).

L'attenzione visiva spaziale implicita può essere indagata sperimentalmente chiedendo al soggetto di mantenere gli occhi fissi su un punto e di elaborare un evento in periferia del campo visivo.

L'informazione è elaborata in modo più efficace nella posizione cui si presta attenzione.

prova invalida

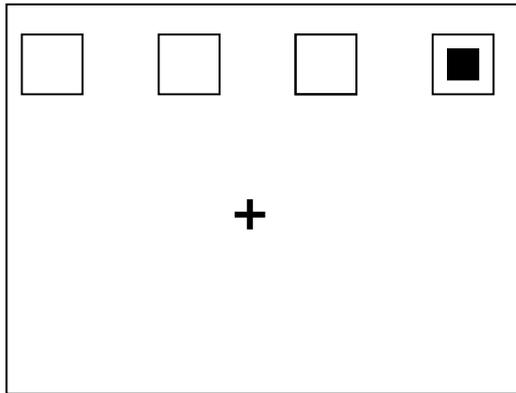
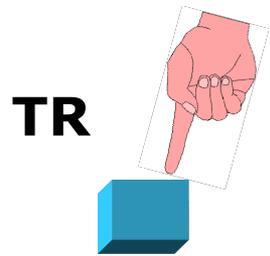


Gran parte del lavoro sulla flessibilità attentzionale nello sport si basa sul lavoro di Posner e collaboratori (Posner & Snyder, 1975; Posner et al, 1980).

L'attenzione visiva spaziale implicita può essere indagata sperimentalmente chiedendo al soggetto di mantenere gli occhi fissi su un punto e di elaborare un evento in periferia del campo visivo.

L'informazione è elaborata in modo più efficace nella posizione cui si presta attenzione.

prova invalida



Il segnale **esogeno** richiama in maniera automatica la nostra attenzione.

Il segnale **endogeno** richiede un'interpretazione consapevole del suo significato e quindi richiede una distribuzione volontaria dell'attenzione.

La differenza tra i TR condizione *neutra* – TR condizione *valida* = **beneficio** dal fatto di orientare l'attenzione nella posizione da elaborare (~10-15 ms).

La differenza tra i TR condizione *neutra* – TR condizione *invalida* = **costo** dal fatto di orientare l'attenzione in una posizione sbagliata (~20-30 ms).

*Il rapporto tra costi e benefici determina l'effetto attentzionale o **flessibilità** mostrato dal soggetto.*

Nougier et al (1989) hanno usato questo approccio per esaminare le strategie attentive impiegate da gruppi di pugili, tiratori con l'arco e pentatleti esperti o principianti.

I risultati mostrano che gli esperti erano ugualmente veloci a rispondere alle posizioni segnalate o non segnalate, erano in grado di ottimizzare la distribuzione dell'attenzione, aumentando quindi i benefici e diminuendo i costi dei processi attenzionali. I risultati confermano l'ipotesi che gli esperti sono caratterizzati da maggiore flessibilità attentiva, che permette loro di spostare più efficacemente l'attenzione visiva da un indizio a un altro.

Nella prestazione efficace la capacità di spostare rapidamente l'attenzione è importante. Per esempio, un calciatore raggiunto da un avversario in possesso di palla può essere svantaggiato dal non essere in grado di alternare rapidamente l'attenzione tra le capacità di ricevere la palla, monitorare il campo visivo per le opzioni di passaggio e passare la palla (Moran, 1996).

Una spiegazione alternativa è che gli atleti esperti sono in grado di distribuire l'attenzione più efficacemente in posizioni multiple, risultando in un grado inferiore di impegno su una posizione singola (Enns & Richards, 1997).

Riassumendo, la capacità dell'esecutore di richiamare la conoscenza e le procedure specifiche di un compito in modo automatico è fondamentale nello sport.

Tuttavia, lo sviluppo degli automatismi non va visto come una categoria distinta, ma come un continuum a vari gradi della velocità di elaborazione, e l'interferenza indica la relativa posizione dei 2 compiti in questo continuum (Anderson, 1992).

I processi che sono automatizzati sono comunque ancora suscettibili di qualche grado di interferenza e richiesta attenzionale (Cohen et al, 1992).

Anche dopo una lunga pratica, 2 compiti difficili non possono mai essere eseguiti simultaneamente senza un qualche grado di mutua interferenza, e non ci sono capacità che sono completamente libere dall'attenzione (Neumann, 1987).

Automatismo nello sport: uno sfondo teorico

L'automatismo risulta dal rafforzamento della relazione tra percezione e azione (Schmidt, 1987). Questo si suppone essere il risultato del raffinamento di molti meccanismi.

Primo, si crede che la pratica porti a uno spostamento nell'affidamento che pone il soggetto nelle diverse fonti di feedback sensoriale. Una possibilità è che la pratica porti a maggiore affidamento sull'informazione cinestesica rispetto a quella esteroceettiva (Fleishman & Rich, 1963). Molte ricerche indicano che gli esperti sono meno influenzati dalla perdita di propriocezione visiva rispetto ai principianti, suggerendo che sono in grado di usare più efficacemente la propriocezione articolare durante il controllo motorio (Bennet & Davids, 1995).

Secondo, sebbene ci siano dati contraddittori, gli esperti sembrano usare meno i processi di feedback durante il controllo del movimento dovuto a una transizione dal controllo closed-loop a un controllo open-loop (Pew, 1966). La pratica porta allo sviluppo di programmi motori che sono completi, nel senso di controllare e coordinare maggiori gradi di libertà, e capaci di controllare il comportamento per una durata superiore. L'idea è che immagazzinati con il programma motorio ci sono i comandi di movimento richiesti per il controllo dell'azione (Schmidt, 1988). Questi vengono richiamati e invocati prima dell'inizio del movimento, in modo che l'intera sequenza sia eseguita automaticamente senza richiesta attenzionale conscia. L'automatismo implica che il programma motorio diventi sempre più responsabile per un gran numero della parti sequenziali del movimento (Lee & Swinnen, 1993).

Terzo, l'automatismo può risultare da un miglioramento della capacità di rilevazione degli errori dovuto al miglioramento della traccia percettiva o del riconoscimento in memoria. Adams (1971) si riferisce allo spostamento da uno stadio verbale-motorio a uno puramente motorio, in cui gli esecutori mostrano una capacità aumentata di rilevare e correggere i propri errori sulla base di un riferimento interiorizzato di correttezza (Schmidt & White, 1972). Una riduzione nella richiesta attenzionale può derivare anche da un ruolo maggiore di processi di correzione subconsci o riflessi. Assieme può anche esserci una maggiore capacità di usare i meccanismi di feedforward, preparando il sistema per la ricezione dell'informazione sensoriale in arrivo. Infine Schmidt (1987) suggerisce che l'automatismo si sviluppa perché pattern di informazione sensoriale possono essere rilevati rapidamente e accuratamente; sembrano innescare le azioni appropriate senza sforzo mentale.

La capacità di riconoscere pattern di informazione sensoriale risulta dallo sviluppo di una capacità di riconoscimento di pattern che permette agli esecutori di raccogliere l'informazione in interi più grandi, integrati e significativi (**chunk**) (vedi Williams & Davids, 1995). Il vantaggio di questa capacità è che il numero di stimoli, prima elaborati indipendentemente e serialmente, può essere elaborato come un gruppo unico, simultaneamente e in parallelo. Non solo velocizza il processo, perché gli stimoli possono essere colti in un'occhiata, ma anche interpretati più facilmente, permettendo lo svolgimento di altri compiti.

Con la pratica, la relazione tra uno stimolo (es. un tiro smorzato nel badminton) e una risposta (es. i movimenti verso la rete per rispondere) diviene più compatibile e risulta in azioni più rapide (Proctor & Reeve, 1990).

Logan (1988) propone che

1. ogni volta che uno stimolo viene incontrato e elaborato viene immagazzinata una traccia in memoria di quella particolare relazione S-R;
2. la pratica continuativa con lo stesso stimolo porta all'immagazzinamento di sempre più informazione riguardo allo stimolo e alle risposte alternative;
3. questo aumento nella conoscenza specifica al compito porta al recupero rapido ed efficiente dell'informazione non appena lo stimolo appropriato viene presentato;
4. l'automatismo conseguente è basato sull'efficienza del recupero della conoscenza dalla memoria.

Dalla teoria alla pratica: sviluppare l'automatismo e l'attenzione selettiva nello sport

Un obiettivo fondamentale dell'allenamento è la riduzione della richiesta attenzionale per produrre una data risposta. Una riduzione nella richiesta di risorse attenzionali nella performance permette all'attenzione di esser usata per rifinire la strategia e la tattica (Glencross, 1978).

Wickens (1989) sottolinea 3 tecniche che gli allenatori possono usare per sviluppare l'automatismo.

I doppi compiti prevedono il far pratica di più compiti contemporaneamente, come difendere una palla da un avversario e dribblare guardando in giro per valutare le opzioni di passaggio.

I compiti parziali prevedono la pratica su dei sottoinsiemi di componenti del compito come preludio alla pratica o all'esecuzione del compito intero. Allenare le componenti separate (es la difesa, il dribbling, l'esplorazione visiva) non permette di esercitare le capacità temporali.

La ricerca ha dimostrato che i soggetti che si sono esercitati con il doppio compito imparano meglio la capacità di quelli che hanno appreso ogni componente separatamente (Connelly et al, 1987).

Tuttavia, siccome l'apprendimento efficace dipende dall'attenzione si può supporre che l'allenamento con i compiti parziali possa essere più adatto per i principianti. Siccome il processo di apprendimento richiede attenzione, tentare di apprendere un compito che di per sé richiede attenzione può risultare in una mancanza di attenzione per l'acquisizione della capacità.

Il sovraccarico attentivo può portare a prestazioni piene di errori, e infine alla riduzione della motivazione del soggetto di apprendere.

Questo approccio può essere vantaggioso particolarmente con principianti o allievi di scarsa attitudine (Wightman & Lintern, 1985).

L'allenamento adattivo è una tecnica in cui la difficoltà del compito viene gradualmente aumentata come la prestazione migliora.

Wickens (1989) propone che se il compito da apprendere contiene consistenze (sequenze ripetute di eventi) gli allievi beneficeranno di più dai compiti parziali o dall'allenamento adattivo, cioè quando le caratteristiche da apprendere sono parte del compito e questo presenta richieste molto complesse di elaborazione delle informazioni, allora sarà utile cominciare lentamente o spezzando il compito in parti più semplici.

Il pericolo di questi 2 metodi è che ai livelli più facili i principianti possono apprendere abitudini che devono poi essere disapprese a livelli più difficili.

Per esempio, nell'insegnare le capacità di controllo della palla e di dribbling nel calcio, si insegna prima a controllare la palla in modo da ridurre le richieste attenzionali della situazione per poi concentrarsi sul dribbling e sul correre con la palla. Gli avversari possono essere introdotti gradualmente in funzione dell'abilità dell'esecutore. L'uso di coni o di avversari statici può essere considerato un passo intermedio prima di progredire verso contesti di apprendimento dinamici più realistici.

Gradualmente si aumenta il movimento e la pressione, in modo da simulare quelle della competizione, o anche maggiori.

Questa pratica di partire a livelli facili e poi costruire movimenti e pressione può essere usata per insegnare praticamente ogni capacità complessa.

Leavitt (1979) ha fornito supporto empirico per l'allenamento adattivo, studiando giocatori di hockey su ghiaccio cui veniva chiesto di pattinare solo, pattinare identificando figure geometriche mostrate su uno schermo, pattinare e dribblare o maneggiare con la mazza un disco, o pattinare dribblando un disco e identificare figure geometriche. Dovevano farlo o usando un disco normale o uno molto più grande, il cui uso dovrebbe ridurre le richieste attenzionali del compito, aumentando la velocità. I risultati confermano questa ipotesi.

Quindi certe caratteristiche della capacità possono essere alterate per ridurre il carico attenzionale e quindi dedicare attenzione ad altre aree di sviluppo della capacità, e facilitare l'apprendimento.

L'allenatore deve poi aiutare gli allievi a sviluppare dei mindset di aspettative riguardo a quali indizi prestare attenzione e quali ignorare, per esempio utilizzando programmi di allenamento basati sui filmati (Williams & Burwitz, 1993) o sottolineando l'informazione importante durante l'allenamento in modo che si distingua dalle distrazioni di sfondo (Maschette, 1980).

Questo ultimo approccio può essere ottenuto usando schemi codificati dal colore per rappresentare indizi chiave. Per esempio, se il lancio della palla è un indizio importante nel servizio del tennis, allora un avversario può indossare un guanto o una fascia da polso colorata per attirare l'attenzione su questa area del campo visivo, o la testa della racchetta può essere dipinta di un colore brillante in modo che l'allievo colga gli angoli rilevanti della racchetta quando colpisce la palla.

Vanno introdotti pochi indizi chiave per guidare l'attenzione selettiva, introducendone progressivamente degli altri in linea con i progressi dell'allievo.

Infine gli allenatori dovrebbero cercare di aumentare la consapevolezza di indizi interni importanti relativi alla prestazione. Per esempio, chiedere all'allievo come ha sentito il movimento e quanto bene pensa di aver eseguito il gesto, costringendolo a innescare elaborazioni dell'informazione sul movimento e ad auto-rilevare gli errori immediatamente dopo la prestazione (Swinnen, 1990), cioè forzando l'allievo a prestare attenzione selettiva al feedback sensoriale e a valutarlo soggettivamente.

In alternativa l'allenatore dirige l'attenzione dell'allievo verso le più importanti informazioni sensoriali prima del movimento.

Anticipazione e decisione nello sport

La psicologia cognitiva considera l'anticipazione e la decisione come mediate dalle strutture di conoscenza immagazzinate in memoria.

Gli esperti possiederebbero una conoscenza specifica per il compito più elaborata dei principianti.

Questa premessa pare supportata dalla ricerca; gli esperti sono diversi in quanto a tipo di conoscenza e modo in cui questa informazione viene usata nell'anticipazione e nella decisione.

Codificare e recuperare l'informazione specifica nello sport

Si assume che la capacità di codificare e recuperare l'informazione specifica per il compito sia un'importante componente dell'anticipazione nello sport.

La **codificazione** si riferisce a come l'informazione viene trasferita in una forma che possa essere immagazzinata in memoria, mentre il **recupero** si riferisce al modo in cui si accede all'informazione in memoria al fine di rispondere al compito (Eysenck & Keane, 1995).

Il paradigma della rievocazione

Il lavoro di partenza in psicologia cognitiva è stato svolto da de Groot (1965) con giocatori di scacchi di alto livello; quando agli scacchisti esperti veniva mostrata una configurazione di gioco per intervalli tra i 5 e i 10 s, erano in grado di rievocare la posizione dei pezzi praticamente perfettamente. Questa capacità crollava rapidamente per i giocatori di livello inferiore (Dal 93% al 51%). Se i pezzi erano posti a caso sulla scacchiera sparivano le differenze tra livelli di expertise, dimostrando che la capacità superiore degli esperti non ha a che fare con le strutture di memoria, ma a una conoscenza superiore specifica per il compito e un recupero più rapido ed efficiente dalla memoria (Chase & Simon, 1973).

Nello sport questo paradigma è stato tipicamente usato per vedere se gli atleti esperti mostrano lo stesso vantaggio cognitivo. In genere i soggetti vedono una diapositiva statica di una particolare sequenza d'azione per un periodo molto breve; immediatamente dopo, viene chiesto loro di rievocare più accuratamente possibile le posizioni di ogni giocatore. La prestazione viene valutata sulla base del grado di corrispondenza tra le posizioni presente e quelle ricostruite.

Allard et al (1980) ha confrontato un gruppo di giocatori di basket con un gruppo di non giocatori chiedendo di rievocare la posizione dei giocatori in attacco e indifesa dopo la visione di una diapositiva schematica per 4 s. C'erano diapositive strutturate (pattern di attacco) e non strutturate (time-out o cambi). I risultati dimostrano la superiorità degli esperti nel rievocare le situazioni strutturate, mentre quello per le situazioni non strutturate era simile per i 2 gruppi.

La capacità degli esperti di codificare e rievocare informazione strutturata è stata dimostrata in molti sport (football, ballo, hockey, basket, ginnastica, rugby, biliardo, pattinaggio, pallamano, pallavolo, calcio). L'interpretazione è che la percezione efficace dipende da una base di conoscenza sport-specifica che permette agli atleti di codificare e recuperare l'informazione più efficacemente dalla memoria; la base di conoscenza permette di ricodificare l'immagine visiva in meno chunk più grandi, che possono essere ricordati più facilmente e poi decodificati a riprodurre il pattern originale (Ericsson & Chase, 1982).

La loro capacità di raggruppare più elementi (posizione dei giocatori) in chunk, ossia in unità più significative (pattern di gioco) permette loro di riconoscere un pattern di gioco che si sta sviluppando, facilitando l'anticipazione.

Il paradigma del riconoscimento

è stato usato inizialmente da Charness (1976, 1979) per studiare l'apprendimento incidentale di configurazioni di gioco negli scacchi.

Nello sport, si presentano ai soggetti informazioni simili a quelle usate nel paradigma precedente, poi, vengono mostrate loro altre diapositive, di cui, in genere, la metà è già stata vista e metà no. La prestazione viene valutata sulla base dell'accuratezza con cui l'informazione presentata in precedenza viene riconosciuta correttamente.

Anche con questa metodologia emerge che gli atleti esperti sono significativamente più accurati dei non giocatori nel riconoscere diapositive strutturate.

Questi metodi per studiare la percezione di successo nello sport sono stati criticati (Abernethy et al, 1994) perché, innanzitutto, usano diapositive statiche per rappresentare situazioni dinamiche e il movimento potrebbe essere una componente integrale del processo di riconoscimento (Cutting, 1978). Bourgeaud & Abernethy (1987) hanno infatti trovato che una prestazione superiore degli esperti si osservava quando si utilizzavano filmati di sequenze d'azione.

Inoltre, le immagini statiche non forniscono una visione del gioco rappresentativa della prospettiva del giocatore durante il gioco effettivo; infatti tipicamente le immagini sono tratte da una posizione elevata guardando in basso verso l'azione (Salmoni, 1989).

Ancora, questi paradigmi misurano solo l'accuratezza, mentre nel gioco effettivo è necessario effettuare il compito non solo accuratamente ma anche in condizioni di pressione temporale.

Inoltre, la prestazione superiore degli esperti potrebbe essere un sottoprodotto dell'esperienza e della familiarità col compito, infatti passano molto tempo a leggere e a pensare alla loro attività, a guardare gli altri, a discutere e a immaginare se stessi in azione (Mahoney & Avener, 1977).

Williams et al (1993) hanno presentato ai soggetti sequenze di azioni di calcio dinamiche e realistiche usando uno schermo di proiezione molto grande. Le prove strutturate contenevano pattern d'attacco che terminavano con un tiro in porta o un passaggio in avanti, mentre quelle non strutturate mostravano giocatori che entravano e uscivano dal campo, che facevano il riscaldamento. Dopo 10 s di sequenza i soggetti (esperti e non) dovevano rievocare le posizioni dei giocatori posizionandoli su computer, offrendo quindi una misura più fine dell'errore.

I risultati supportano quelli precedenti per cui i non esperti mostrano errori maggiori nelle prove strutturate.

Williams & Davids (1995) hanno usato la stessa procedura con soggetti con uguale esperienza (numero di incontri giocati, quantità di allenamento, numero di partite viste) ma diverse capacità (amatori vs semi-professionisti), con l'obiettivo di determinare se la capacità superiore di rievocazione degli esperti fosse un sottoprodotto dell'esperienza o una caratteristica dell'expertise (vedi Allard, 1993). C'era anche un gruppo di controllo di esperti "osservatori" senza esperienza di gioco.

I risultati mostrano che il gruppo ad alta capacità (semi-professionisti) è superiore agli amatori nelle prove strutturate. Entrambi poi sono migliori degli "osservatori".

Questo suggerisce che la prestazione superiore dei giocatori esperti in questi compiti cognitivi è una costituente delle capacità e non un sottoprodotto dell'esperienza o dell'esposizione al compito, e che l'esperienza di gioco promuove l'acquisizione e la ritenzione di conoscenza dichiarativa specifica di quello sport.

Indici visivi di anticipazione

L'uso di indizi di anticipazione si riferisce all'abilità dell'atleta di fare accurate previsioni basate sull'informazione contestuale disponibile precocemente in una sequenza di azione (Abernethy 1987). Soggetti esperti sono in grado di prevedere, in una particolare circostanza, "che cosa" accadrà, cioè, l'anticipazione spaziale di uno specifico evento, e il "quando" questo evento si manifesterà, che corrisponde all'anticipazione temporale.

L'anticipazione percettiva è la capacità di fare previsioni sulla base di informazioni parziali o di fonti anticipate di informazione (Poulton 1957), ed è essenziale nello sport perché limitazioni nel tempo di reazione e di movimento dell'agente porteranno a decisioni prese troppo tardi per essere efficaci (Glencross e Cibich, 1977). Attraverso la previsione spaziale e temporale dell'evento l'atleta può organizzare la propria azione in anticipo, nel posto e nel momento giusto, completando alcune attività di selezione e programmazione della risposta tipicamente dispendiose (Abernethy, 1991; Bootsma, 1991; Nougier et al. 1991). Nel tennis, ad esempio, prevedere le caratteristiche del servizio dell'avversario da indizi quali la posizione dei piedi e la postura del corpo, consente di arrivare in tempo sulla palla (Castellani et al, 1992).

I vantaggi del processo di anticipazione spazio-temporale di un evento sono evidenti, bisogna però considerare gli svantaggi derivanti da previsioni sbagliate. Dato che attraverso l'anticipazione alcune attività elaborative che preparano l'azione sono effettuate prima, se la risposta è sbagliata o inadeguata il soggetto sarà costretto a inibirla e a riprogrammare una nuova azione, pagando costi elevati in termini di tempo ed energia (Williams e Davids, 1993).

Negli sport di situazione, finte e controfinte, quando riescono, hanno proprio l'effetto di indurre false anticipazioni e il conseguente avvio di programmi motori svantaggiosi per l'esecuzione del movimento; ad esempio, nella pallavolo, il fingere un'alzata in salto e eseguire invece un pallonetto ha come obiettivo il sorprendere la difesa avversaria.

Le informazioni visive sono importanti per le attività decisionali, in quanto vengono utilizzate per comprendere meglio il significato della situazione, e derivano da una ricerca basata su indizi pertinenti finalizzati alla scelta e alla programmazione di una risposta adeguata; esse rendono possibile una stima sull'azione potenzialmente eseguibile dell'avversario e, quindi, una riduzione dell'incertezza dell'evento nelle sue coordinate spazio-temporali.

Le informazioni senso-motorie, determinanti per l'esecuzione dell'azione, garantiscono il controllo della risposta e del suo svolgimento.

L'ottimizzazione dei processi mentali è indispensabile, in quanto i meccanismi di elaborazione delle informazioni hanno una capacità limitata. L'atleta, per quanto esperto, non è in grado di prestare attenzione contemporaneamente a tutti gli stimoli esterni e interni attinenti alla prestazione, dovrà pertanto anticipare le possibili azioni e operare delle scelte, dirigendo opportunamente l'attenzione già in fase di raccolta delle informazioni (Abernethy, 1993).

La ricerca sull'abilità di anticipazione della prestazione negli sport di squadra ha dimostrato ripetutamente che gli atleti esperti si avvantaggiano di indizi visivi che precocemente li informano su quello che è probabile risulti dall'azione dell'avversario (Starkes e Allard, 1993; Williams et al 1999; Williams e Starkes, 2002).

Molti degli indizi disponibili sono forniti dalla cinematica dell'azione richiesta per eseguire il compito e l'abilità di usare indici di anticipazione emerge sistematicamente con il crescere dell'esperienza dell'atleta in quel compito (Abernethy et al 2001).

Molte tecniche sono state utilizzate per studiare gli indizi di anticipazione nello sport, e possono essere primariamente divise in ricerche di laboratorio e ricerche sul campo (Abernethy 1987).

Il tipico paradigma di laboratorio prevede l'uso di film per simulare il campo visivo che l'esecutore ha a disposizione durante l'azione effettiva.

Le tecniche più popolari prevedono l'approccio di occlusione del filmato e il paradigma dei tempi di reazione.

Nel primo, la durata e la natura dell'immagine sono controllate esternamente e limitate dallo sperimentatore, mentre nel secondo il tempo di risposta o il tempo di visione è sotto controllo del soggetto è covarla con l'accuratezza della risposta.

Invece, nelle ricerche sul campo, vi è una maggiore enfasi ecologica, nel misurare la prestazione direttamente usando tecniche come l'analisi di film ad alta velocità e l'uso di occhiali occludenti a cristalli liquidi.

Ricerche di laboratorio

Occlusione temporale

L'approccio dell'occlusione temporale prevede la presentazione di film che rappresentino l'appropriato campo visivo, cioè la prospettiva del concorrente, come per esempio il servizio nel tennis o il calcio di rigore nel calcio. Il film viene quindi montato in modo che termini in diversi momenti, in modo da fornire al soggetto diverse quantità di informazione anticipata sulla traiettoria della palla. Il film viene quindi presentato ai soggetti cui viene chiesto di prevedere il risultato finale della sequenza osservata, cioè il punto in cui arriverà la palla.

Per esempio nello squash, l'occlusione di un filmato di una battuta in fasi temporali diverse, ha dimostrato che i giocatori esperti rilevano l'informazione proveniente dalla cinematica dell'azione dell'avversario almeno 160 msec prima del contatto della pallina con la racchetta (Abernethy et al 2001).

Questa informazione è disponibile dall'atteggiamento e dalla postura del corpo dell'avversario così come il movimento dell'arto e della racchetta. Come risultato, gli esperti sono in grado di anticipare il tiro susseguente e hanno quindi il tempo di posizionarsi per rinviare la palla.

Jones e Miles (1978) hanno usato questo paradigma per indagare se i giocatori di tennis e i non giocatori fossero in grado di anticipare correttamente la direzione del servizio dell'avversario.

Hanno usato 3 diversi tempi di occlusione: condizione A- 336 msec dopo l'impatto della palla con la racchetta, condizione B- 126 msec dopo l'impatto, condizione C- 42 msec prima dell'impatto.

I soggetti sono stati suddivisi sulla base dell'esperienza in esperti (giocatori di livello nazionale e internazionale) e inesperti (studenti non giocatori).

I soggetti riportavano su un foglio rappresentante l'area di ricezione del campo da tennis dove ritenevano fosse andata la palla.

Sono state trovate differenze significative nella prestazione di esperti e non esperti nelle condizioni B e C, ma non nella A, con la differenza maggiore nella condizione C, in cui molta più informazione potenziale veniva nascosta.

Inoltre, gli esperti andavano oltre il caso anche nella condizione C, dimostrando che effettivamente erano in grado di usare l'informazione disponibile ancora prima che vi fosse l'impatto tra palla e racchetta.

Salamela e Fiorito (1979) hanno utilizzato dei filmati che rappresentavano tiri nell'hockey su ghiaccio. Le clip includevano l'avvicinamento del tiratore al disco e le azioni preparatorie al tiro. I tempi di occlusione erano 3: 500, 333 e 166 msec prima dell'impatto tra la mazza e il disco. I soggetti, tutti portieri di hockey, dopo aver visto il filmato, dovevano rispondere verbalmente in quale dei 4 angoli della porta fosse finito il disco e subito dopo indicare il grado di certezza che avevano nella risposta data su una scala Likert da 1 a 5 sia per l'asse verticale sia per quello orizzontale. I dati sono stati classificati in successo totale (identificazione corretta), successo orizzontale (identificazione corretta solo per il lato - destro o sinistro), successo verticale (identificazione corretta solo per l'altezza - alto o basso), assenza di successo (identificazione sbagliata).

Tutte le risposte erano diverse dal caso, dimostrando che i portieri sono in grado di utilizzare gli indizi di anticipazione disponibili prima dell'impatto mazza-disco. Inoltre, sono più bravi a prevedere il lato che l'altezza, il che suggerisce che le informazioni disponibili per il piano orizzontale sono più forti che per quello verticale. Va anche notato che i soggetti erano più sicuri delle loro previsioni proprio per quanto riguarda il lato del tiro. In generale, la certezza dei soggetti decresce con l'aumentare del tempo di occlusione, anche se rimane piuttosto alta (intorno a 4) anche per l'occlusione di 333 msec, indicando una notevole sicurezza degli atleti esperti nel prendere decisioni accurate.

Per Chamberlin e Coelho (1993) questa potrebbe essere proprio una discriminante tra esperti e principianti: i secondi sarebbero meno sicuri e preferirebbero acquisire più informazione prima di decidere, per cui la differenza non starebbe tanto nell'abilità di cogliere indizi di anticipazione ma nella sicurezza nel prendere decisioni sulla base di informazione parziale.

Williams e Burwitz (1993) hanno chiesto a 2 gruppi di soggetti (esperti e non) di osservare dei filmati di 5 giocatori diversi che tiravano calci di rigore. Bisogna considerare che il tempo medio di percorrenza di una palla in un calcio di rigore dal momento del contatto con la palla a quando la stessa incrocia la linea, è stato stimato essere tra i 500 e i 600 msec. I soggetti vedevano la posizione preparatoria, la corsa di avvicinamento e l'azione del calcio fino all'occlusione, che avveniva in 4 tempi diversi: 1. 120 msec prima dell'impatto, 2. 40 msec prima dell'impatto, 3. all'impatto e 4. 40 msec dopo l'impatto. I soggetti dovevano indicare in quale dei 4 angoli della porta fosse finita la palla. Dai risultati si evince che gli esperti sono migliori dei non esperti solo nelle condizioni 1 e 2, quindi prima dell'impatto. Anche in questo lavoro, la maggior parte degli errori avviene sul piano verticale; nella valutazione dell'altezza le prestazioni migliori si hanno solo per la condizione 4, dopo che la parte iniziale della traiettoria della palla viene vista. Ciò implica che i portieri anticipano prima il lato in cui il tiro verrà indirizzato, mentre per prevedere l'altezza aspettano l'inizio del volo della palla per partire con tuffo di parata.

In realtà la maggiore accuratezza nel prevedere la direzione orizzontale potrebbe anche essere dovuta al fatto che i filmati sono 2D, per cui è difficile per il soggetto valutare la profondità. Sono quindi necessari dei lavori sul campo in cui si possano presentare degli stimoli reali, 3D.

Altri studi sugli indizi di anticipazione sono stati fatti nell'hockey su prato (Starkes 1987, Lyle e Cook 1984), nel cricket (Abernethy e Russel 1984, Houlston e Lowes 1993), nel tennis (Isaacs e Finch 1983, Goulet et al 1989, Tenenbaum et al 1996), nella pallavolo (Souliere e Salmela 1982, Widmaier 1983), nello squash (Abernethy 1990), nel volano (Abernethy e Russel 1987, Abernethy 1988), nel calcio (Patrick e Spurgeon 1978, Jackson 1986).

Occlusione spaziale (o di eventi)

Una limitazione nell'approccio di occlusione temporale è che fornisce informazione solamente riguardo al tempo di estrazione di indizi visivi rilevanti, ma non ci dice nulla sulla natura degli indizi di anticipazione che l'atleta usa nel processo di anticipazione.

Questa questione può però essere affrontata combinando l'occlusione temporale con quella spaziale (o di eventi). L'approccio dell'occlusione spaziale prevede il presentare ai soggetti delle sequenze in cui vengono selettivamente occluse delle parti che vengono ritenute fonti di indizi.

L'idea è che l'accessibilità di un indizio e il tempo in cui diviene disponibile influenza la strategia percettiva dell'agente.

Non sono molte le ricerche fatte usando questo paradigma in quanto si ritiene sia meglio usare tecniche di registrazione dei movimenti oculari per definire quali aree del campo visivo forniscano gli indizi visivi più informativi, anche se in realtà i dati possono semplicemente essere incrociati per corroborare le scoperte fatte con i 2 diversi metodi.

Uno studio recente ha indagato i movimenti oculari di portieri impegnati a parare un calcio di rigore e si è osservato che le anche e il tronco venivano fissati solo per circa il 3% del tempo (Savelsbergh et al 2002), mentre durante l'avvicinamento del calciatore alla palla, i portieri esperti fissano la testa all'inizio, per il 6-8% del tempo, e poi guardano la palla per l'8% del tempo, cioè negli ultimi 300 msec.

Sorprendentemente, l'area più comune di fissazione, per circa il 10 % del tempo, è la parte dell'immagine che non contiene il giocatore.

Una spiegazione possibile è che il partecipante ancori la fovea all'area di interesse generale, in modo da poter usare la parafovea e la periferia per cogliere gli indizi provenienti dal movimento relativo di diverse regioni del corpo dell'avversario (Savelsbergh et al 2002; Williams e Davids 1998).

Se questa speculazione è corretta, allora i dati provenienti dai movimenti oculari possono spesso divergere dal resoconto soggettivo, in cui tipicamente i portieri riportano di fissare le anche.

Abernethy e Russell (1987) hanno presentato a giocatori di volano esperti e principianti un film rappresentante un giocatore che esegue una serie di colpi. Sono stati usati 5 tempi di occlusione: 1. 167 msec prima del contatto racchetta-volano, 2. 83 msec prima dell'impatto, 3. all'impatto, 4. 83 msec dopo l'impatto, 5. un controllo in cui si vedeva la prova completa. I soggetti dovevano riportare su uno schema del campo di gioco il punto in cui ritenevano il volano fosse arrivato. I risultati mostrano che gli esperti sempre sono più bravi degli inesperti tranne nella condizione di controllo, e il vantaggio a favore dei primi è più marcato nelle condizioni prima dell'impatto, il che suggerisce che è un periodo cruciale per l'estrazione di efficaci indizi di anticipazione. In un secondo esperimento, ogni prova veniva occlusa all'impatto, ma venivano occluse (mascherate) diverse fonti di indizi per tutta la durata del filmato, cioè la racchetta e il braccio, solo la racchetta, la parte inferiore del corpo e una condizione di controllo in cui veniva mascherata una parte irrilevante dello sfondo. L'idea è che se un indizio visivo importante come la racchetta viene occluso, si dovrà osservare un marcato peggioramento nella prestazione rispetto alla condizione di controllo.

I risultati mostrano che nel volano gli indizi di anticipazione critici vengono forniti dalla racchetta e dal braccio che la tiene. Quando questi venivano occlusi, infatti, l'errore nella previsione sia degli esperti sia dei principianti superava quello riscontrato nella condizione di controllo.

Paradigmi dei tempi di reazione

In questo approccio la lunghezza del tempo a disposizione per osservare lo stimolo è controllata dal soggetto e covarla con l'accuratezza della risposta.

Williams et al (1994) hanno usato questo approccio per studiare l'anticipazione in simulazioni di calcio 11 vs 11. Un gruppo di giocatori esperti e uno di inesperti hanno visto clip di 10 sec rappresentanti schemi di attacco.

I soggetti dovevano il più rapidamente e accuratamente possibile indicare in quale area del campo sarebbe stato effettuato il passaggio.

I risultati mostrano che i giocatori esperti erano molto più veloci degli inesperti, mentre non sono state trovate differenze tra i gruppi nell'accuratezza.

Il paradigma dei tempi di reazione è stato usato anche nella pallavolo (Coelho e Chamberlin 1991, Hanford e Williams 1992), nel baseball (Paull e Glencross 1997), nel cricket (Abernethy e Russell 1984) e nel calcio (Helsen e Pauwels 1992 1993, Williams e Davids 1998).

Vi sono però delle critiche che possono essere mosse a tutti questi paradigmi: la perdita della dimensione naturale dell'immagine e l'assenza di 3D, l'assenza di misure basate risposte realistiche di movimento, la mancanza di altre fonti di informazione sensoriale come quella uditiva (Takeuchi 1993).

Ci sono poi problemi specifici negli studi sull'occlusione:

1. molti studi hanno presentato clip contenenti l'azione di un solo esecutore (che potrebbe presentare sue peculiarità);
2. lo sperimentatore decide anticipatamente quali sono gli indizi importanti e quando sono necessari, problema che viene acuito dal fatto che probabilmente gli atleti esperti usano più di un indizio per volta;
3. Sperling (1963) ha dimostrato che l'informazione visiva si mantiene in memoria per un breve tempo anche dopo l'occlusione dello stimolo, per cui la prestazione dei soggetti potrebbe essere dovuta non al tempo di occlusione, ma allo stesso più la durata della persistenza iconica, ma è un problema che si risolve semplicemente usando un mascheramento;
4. manca l'informazione contestuale precedente alla situazione cui bisogna rispondere, che normalmente è invece disponibile all'atleta, come ad esempio un tennista si accorge rapidamente che il proprio avversario serve sempre sul rovescio o il difensore nel calcio determina rapidamente che il suo avversario è prevalentemente destro e quindi dribbla in quella direzione.

Per questi motivi è importante negli studi sul rapporto tra percezione e azione nello sport cercare il più possibile di aumentare la validità ecologica.

Più un'azione è separata dalla situazione in cui si è evoluta, meno accurato sarà il processo percettivo che serve all'accoppiamento tra percezione e azione (Bootsma 1989), ecco perché è necessario studiare situazioni che siano il più possibile ecologiche, sia nelle modalità di stimolazione che in quelle di risposta, utilizzando protocolli realistici che replichino da vicino l'ambiente abituale dell'atleta (Williams e Davids 1998, Agostini et al 2004).

Williams et al (1994) hanno esaminato l'importanza di usare un paradigma di risposta basato sul movimento per studiare l'anticipazione nello sport. Difensori di calcio esperti e poco esperti vedevano sequenze offensive di 1 vs 1 e 3 vs 3 su un grande schermo di proiezione, filmate dalla prospettiva del difensore. I soggetti in una condizione dovevano rispondere verbalmente, nella seconda dovevano fisicamente muoversi come avrebbero fatto per intercettare la palla. I risultati dimostrano che i calciatori esperti erano più veloci a rispondere sia verbalmente sia notoriamente, e l'anticipo era molto maggiore nella condizione di risposta motoria. Non si sono osservate differenze nell'accuratezza nelle 2 condizioni.

Questi risultati indicherebbero che più il compito sperimentale replica il mondo reale, maggiore sarà il vantaggio dell'esperto sul principiante (Abernethy et al 1993).

Ci sono però degli studi che non riportano differenze apprezzabili tra risposte a stimoli semplici in situazioni classiche di laboratorio e risposte più complesse in condizioni ecologiche.

Per esempio, in uno studio sulle risposte agli indizi di anticipazione nel servizio del tennis, in condizioni in cui l'immagine visiva veniva occlusa prima del volo della palla, Farrow e Abernethy (2002) non hanno riscontrato differenze tra una risposta verbale in cui si doveva dire il lato in cui la pallina veniva percepita dirigersi e una risposta motoria in cui si doveva compiere un effettivo movimento della racchetta da tennis nella direzione ritenuta corretta.

Gli autori concludono che l'accoppiamento tra l'immagine e l'azione appropriata può avvenire solo quando l'informazione a cui l'azione è accoppiata è completamente disponibile, cioè, in questo caso, se fosse visibile l'intero volo della pallina.

Ricerche sul campo

Ovviamente, le ricerche di laboratorio garantiscono allo sperimentatore il controllo rigoroso delle variabili, tuttavia è decisamente utile, soprattutto nello studio delle capacità sportive, quanto meno replicare e verificare i risultati ottenuti in setting di prestazione effettiva.

Analisi di film ad alta velocità

Howarth et al (1984) hanno usato la tecnica dell'analisi di film ad alta velocità per studiare l'anticipazione nello squash. Sequenze di scambi sono state filmate a 100 frame per sec da una posizione sopra il campo durante incontri tra giocatori di alto e di basso livello. Un movimento anticipatorio è stato definito come il primo spostamento del corpo del ricevitore nella direzione necessaria a intercettare un colpo in arrivo.

I risultati mostrano come la velocità globale del gioco, misurata come il tempo medio tra due colpi successivi, fosse simile per entrambi i gruppi. Però i movimenti anticipatori dei giocatori più abili erano significativamente precedenti di quelli dei meno abili; i giocatori di alto livello si basano sugli indizi di anticipazione in quanto iniziano il movimento prima che l'avversario colpisca la palla, mentre quelli di livello più basso si muovono dopo l'impatto ma prima che la palla colpisca il muro, quindi si servono di informazioni disponibili dopo che l'avversario ha colpito la palla.

Tecniche di occlusione visiva

Day (1980) cercò di replicare la ricerca di Jones e Miles (1978) usando un caschetto che permetteva l'occlusione della vista al contatto della racchetta con la palla nel tennis. I soggetti erano in un campo da tennis e dovevano rispondere al servizio di un avversario che era istruito ad eseguire dei colpi di dritto in posizioni casuali. Gli occhiali occludevano la vista del ricevitore comandati da un interruttore a pressione posto sulla racchetta del battitore. I risultati confermano quelli ottenuti in precedenza in laboratorio, dimostrando che i soggetti più esperti sono in grado di fare previsioni accurate basandosi su indizi di anticipazione pre-contatto. Anche in questo caso, i soggetti erano più bravi nel prevedere la direzione sul piano orizzontale che la profondità, informazione probabilmente mediata dalle fasi iniziali di volo della palla post-contatto. Questo indica che la difficoltà nella stima della profondità riscontrata negli esperimenti di laboratorio non è necessariamente determinata dai filmati 2D.

Starkes et al (1995) hanno usato questo paradigma con giocatori di pallavolo esperti e principianti, che vedevano e dovevano stimare il punto di arrivo di 12 servizi in 3 condizioni di occlusione (pre-contatto, al contatto, post-contatto). I risultati mostrano che i giocatori esperti sono migliori globalmente nel prevedere la direzione della palla, e che tutti i soggetti erano più accurati quando avevano l'informazione proveniente dal contatto della palla e dall'inizio della fase di volo.

Anche nel caso delle ricerche sul campo ci sono però dei dubbi metodologici.

Riguardo alle tecniche dei film ad alta velocità il processo di identificazione del momento in cui inizia il movimento di anticipazione è problematico e prevede la soggettività dello sperimentatore; inoltre, questo approccio vede l'atleta come un elaboratore di informazioni essenzialmente lineare e seriale, mentre la presa di decisione è un processo continuo e cumulativo, che comincia prima della selezione finale della risposta.

L'uso di tecniche di occlusione in setting sportivi reali solleva dubbi in quanto, per esempio, l'occludere la visione durante la prestazione può far sì che i soggetti si appoggino a diverse fonti di informazione di quelle che userebbero normalmente; inoltre, l'occlusione della visione fa sì che i soggetti non possano rispondere fisicamente ma solo verbalmente.

Forse il progredire della tecnologia di questi sistemi di occlusione, così come sono molto migliorati i sistemi di registrazione dei movimenti oculari, sempre più versatili e meno ingombranti, potrebbe permettere di risolvere questi problemi, diventando una promettente tecnica d'indagine nello sport.