UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI TRIESTE

Sede Amministrativa del Dottorato di Ricerca

XXI CICLO DEL
DOTTORATO DI RICERCA IN PSICOLOGIA

TENNISTAVOLO: INDIZI VISIVI NELLA RISPOSTA AL SERVIZIO

Settore scientifico-disciplinare: M-PSI/01

DOTTORANDO

BRUNO BIANCHI

COORDINATORE DEL COLLEGIO DEI DOCENTI
CHIAR.MO PROF. TIZIANO AGOSTINI
Universita' degli Studi di Trieste

RELATORE
CHIAR. MO PROF. TIZIANO AGOSTINI
Universita' degli Studi di Trieste

CORRELATORE
CHIAR. MA PROF.SSA ALESSANDRA GALMONTE
Universita' degli Studi di Verona

ANNO ACCADEMICO 2007/2008

SOMMARIO

INTRODUZIONE p. 6

I PERCEZIONE E SISTEMA VISIVO

1. Introduzione 8
2. La psicofisica e il metodo sperimentale 8
3. La psicologia della Gestalt 10
4. La psicologia cognitivista 10
   4.1 La psicologia ecologica 12
   4.2 L'approccio computazionale 14
   5. Il funzionamento del sistema visivo 15
   5.1 La luce 15
   5.2 L'occhio 16
   5.3 Visione periferica o sistema ambientale 17
   5.4 Campo di visione e campo visivo 18
   5.5 Disparità binoculare e indizi monoculari 19
      5.5.1 Indizi visivi monoculari 19
         (a) L'occlusione 19
         (b) La grandezza e la posizione 20
         (c) La prospettiva aerea 20
         (d) La prospettiva lineare 21
         (e) Gli indizi di movimento 21
         (f) L'accomodazione e la convergenza 21
      5.5.2 Disparità binoculare 22
6. I movimenti oculari 22
   6.1 Inseguimento lento 23
   6.2 I movimenti saccadici 24
   6.3 Le fissazioni 25
   6.4 Il riflesso vestibolo oculare 27
7. L'elaborazione dell'informazione dalla retina ai lobi frontali 28
8. Tempo di elaborazione 30
9. Studi sul movimento biologico 31

II L'ATTENZIONE VISIVA NELLO SPORT

1. Introduzione 34
2. Modelli cognitivi dell'attenzione 35
   2.1 Teorie che considerano l'attenzione fissa 36
   2.2 Modelli attentivi a capacità flessibile 37
   2.3 Teorie che considerano risorse multiple 38
   2.4 Reti neurali attentive 39
3. Il modello percezione-azione 39
4. Relazione tra spostamento dello

sguardo e localizzazione dell'attenzione 41
4.1 Evidenza della dissociazione p. 42
4.2 Evidenza dell'associazione 43

III L'ESPLORAZIONE VISIVA NEL TENNISTAVOLO

1. Introduzione 45
2. L'elaborazione dell'informazione nello sport 47
3. Il sistema visivo coinvolto in azioni d'intercettazione 47
4. L'esplorazione visiva per ottenere utili informazioni per l'anticipazione 48
5. L'esplorazione visiva negli sport con la racchetta 49
5.1 L'esplorazione visiva nel badminton 49
5.2 Esplorazione visiva nello squash 50
5.3 L'esplorazione visiva nel tennis 51
5.3.1 Misure indirette di esplorazione visiva 51
5.3.2 Misure dirette di esplorazione visiva: movimenti oculari 52
5.3.3 L'esplorazione visiva durante il gioco 55
6. L'esplorazione visiva nel tennistavolo 57

IV IL TENNISTAVOLO

1. Introduzione 64
2. Le origini 64
3. Il regolamento 65
4. L'evoluzione del gioco 67
5. La tecnica gestuale 68
5.1 Il palleggio 69
5.2 Lo scambio 69
5.3 Il top-spin e il contro-top 69
5.4 Il block 70
5.5 Il flip 70
5.6 La schiacciata 70
5.7 La difesa tagliata 70
5.8 La difesa alta 71
6. Il servizio e la risposta 71
6.1 Il regolamento del servizio 71
6.2 Tipi di servizio 72
6.2.1 Servizio di dritto laterale 72
6.2.2 Servizio di rovescio 72
6.3 L'importanza del servizio e della risposta 73

V PARTE SPERIMENTALE E CONCLUSIONI

1. Introduzione 75
2. I esperimento: occlusione temporale in un compito

di previsione della zona di arrivo del servizio 76

2.1 Disegno sperimentale p. 76
2.2 Osservatori 77
2.3 Apparato e procedura 77
2.4 Risultati 80
3. II esperimento : occlusione spaziale in un compito di previsione della zona di arrivo del servizio 81
3.1 Disegno sperimentale 81
3.2 Osservatori 82
3.3 Apparato e procedura 82
3.4 Risultati 83
4. III esperimento metodo: occlusione temporale in un compito di riconoscimento del tipo si servizio 84
4.1 Disegno sperimentale 84
4.2 Osservatori 84
4.3 Apparato e procedura 84
4.4 Risultati 86
4.4.1 Analisi delle risposte dei soggetti 86
4.4.2 Analisi correlazionale tra i punteggi dei soggetti ed il livello di agonistico 87
5. IV esperimento: occlusione spaziale in un compito di riconoscimento del tipo si servizio88
5.1 Disegno sperimentale 88
5.2 Osservatori 88
5.3 Apparato e Procedura 89
5.5 Risultati 90
6. Conclusioni 91

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI 94

INTRODUZIONE

Ormai erano trascorsi quasi dieci anni da quando avevo iniziato ad insegnare nella scuola secondaria di secondo grado nell'ambito disciplinare di laboratorio di elettronica presso l'Istituto Tecnico Alessandro Volta di Trieste e sentivo un po' la nostalgia del mio passato sportivo legato all'attività motoria e al tennistavolo. Ho praticato questa disciplina sportiva sin dal 1979 prima come giocatore e successivamente come allenatore federale. Grazie a questa passione decisi di iscrivermi all'ISEF di Roma per giungere al Diploma nel 1993. Ma nonostante il mio curriculum sportivo, purtroppo avevo un impiego tecnico di insegnamento che non aveva a che fare con l'attività motoria, in quanto nella classe concorsuale di educazione fisica non c'erano posti disponibili.

Casualmente navigando sul sito dell'ateneo triestino, osservai che era stato attivato un corso di Metodologia della Ricerca Psicologica Applicata allo Sport presso la Facoltà di Psicologia di Trieste. Con grande interesse per la novità mi affrettai subito a seguire il corso e quindi contattai il docente titolare prof. Tiziano Agostini, con il quale ci fu subito una grande intesa sia per la passione comune per lo sport sia per la ricerca psicologica. Da li a poco iniziai a collaborare con il gruppo del Mind In Sport Lab fondato dal professore qualche anno prima, e composto da Alessandra Galmonte, Giovanni Righi, Alberto Pin, Alice Gherzil e da molti tesisti e tirocinanti impegnati in attività di ricerca. Ad un anno da quell'incontro effettuai l'esame di ammissione di dottorato presso il Dipartimento di Psicologia di Trieste e usufruendo di un distacco scolastico di insegnamento, iniziai il mio primo anno di dottorato del XXI ciclo.

Con questo lavoro ho inteso cogliere l'opportunità di rivisitare e sintetizzare le conoscenze pregresse provenienti da settori diversi e di dedicarmi ad aspetti sportivi nel campo della psicologia sperimentale.

Per quanto riguarda la struttura della tesi la mia intenzione è quella di cercare di avvicinarmi in modo graduale a quelli che sono state le ipotesi che hanno condotto alla progettazione e realizzazione di quattro esperimenti basati su presentazioni video. Inizierò il mio lavoro partendo dalle basi teoriche per poi giungere alla parte sperimentale e alle conclusoni.

Nel primo capitolo della tesi tratterò gli aspetti del funzionamento del sistema visivo e della percezione visiva che rappresentano il quadro teorico di riferimento.

Nel secondo capitolo parlerò dell'attenzione intesa come capacità di selezionare gli indizi visivi significativi ed escludere gli altri. Concluderò questo capitolo trattando un tema sul quale esiste un contraddittorio: da un lato c'è chi sostiene l'esistenza un meccanismo di associazione tra l'attenzione visiva e i movimenti oculari e dall'altro c'è chi invece sostiene il contrario ovvero un meccanismo di tipo dissociativo. Proprio da questo dibattito sono emersi alcuni spunti utili per la progettazione degli esperimenti fatti e che verranno presentati nella parte sperimentale.

Nel terzo capitolo mi occuperò di effettuare una rassegna della letteratura specifica riguardante l'esplorazione visiva negli sport con la racchetta e concluderò con le ricerche specifiche riguardanti il tennistavolo.

Nel quarto capitolo introdurrò il gioco sportivo del tennistavolo che ormai dal 1978 è stato riconosciuto come una disciplina olimpica dove la prestazione agonistica risulta essere di grande importanza sia per la crescita individuale ma anche per lo sviluppo del movimento pongistico stesso. In particolare tratterò brevemente la storia, il regolamento e la tecnica gestuale con particolare riguardo al "Servizio". Quest'ultimo rappresenta l'inizio del gioco ed è il momento dove spesso si decide l'assegnazione del punto all'uno o all'altro giocatore. Nelle ricerche precedenti questo aspetto non è stato considerato.

Inizierò il quinto ed ultimo capitolo con un commento delle ricerche salienti effettuate in precedenza che hanno condotto alla formulazione delle ipotesi di base, per poi passare alla descrizione di quattro esperimenti che si sono conclusi con dei risultati di grande interesse sia da un punto di vista teorico che pratico.

Capitolo primo

PERCEZIONE E SISTEMA VISIVO

Per lo studio dell'atleta e del suo rapporto con l'ambiente, la percezione rappresenta un campo di grande interesse per la psicologia dello sport in quanto i processi percettivi costituiscono il tramite diretto per assumere informazioni sulla realtà circostante. In ogni istante, l'individuo percepisce una vasta gamma di stimoli fisici che attivano i diversi apparati recettivi dell'organismo. Da ciò emerge l'importanza di prendere in considerazione quelle che sono le teorie e gli studi riguardanti la percezione visiva e la struttura del sistema visivo e quindi, nei capitoli seguenti, trattare in modo dettagliato la letteratura specifica sull'attenzione e sull'esplorazione visiva. Nell'ultima parte della tesi saranno presentati i dati empirici e le conclusioni.

2. La psicofisica e il metodo sperimentale

Alla fine del XVIII secolo lo studio della mente umana veniva considerato come un settore della filosofia e non come una disciplina che poteva essere affrontata con i metodi della scienza sperimentale. Di notevole importanza fu l'individuazione di un metodo sistematico per misurare le sensazioni e la scoperta che le relazioni tra proprietà fisiche e proprietà psichiche possono venir espresse in forma matematica. Da qui il termine "psicofisica" dove *psico* si

riferisce alla sensazione soggettiva e *fisica* alle proprietà fisiche. Vennero inoltre gettate le basi della psicologia sperimentale [Lindezey e coll. 1991].

Secondo alcuni fondatore della psicologia sperimentale è Gustav Fechner (1801-1887) anche se questo merito è spesso attribuito a Wilhelm Wundt (1832-1920) . Fechner prese spunto dalle ricerche di Ernst Weber che studiò l'accuratezza del tatto e misurò, con uno strumento simile ad un compasso, la più piccola distanza che una persona riesce a discriminare sulla pelle chiamandola "soglia dei due punti".

Di Weber sono noti inoltre gli studi sul peso. Negli esperimenti egli chiedeva ai soggetti di soppesare un peso standard e un peso di confronto e notò che la capacità di un soggetto di rilevare una differenza tra lo standard e il confronto dipendeva fortemente dal peso dello stimolo standard. Quando era più leggero i soggetti rilevavano con una maggiore probabilità una piccola differenza tra il peso standard e quello di confronto, nel caso contrario i soggetti avevano bisogno di una differenza di peso maggiore per rilevare il cambiamento. Weber chiamò JND (just noticeable difference) la differenza appena percepibile il cui sinonimo è la soglia differenziale [Wolfe e coll. 2007].

Fechner nelle ricerche di Weber trovò quello che stava cercando ovvero un modo per descrivere la relazione che intercorre tra sensazione e stimolo fisico e quindi scrisse la seguente legge:

$$S = k \log R$$

dove S è la sensazione psicologica che è uguale al logaritmo dello stimolo fisico R moltiplicato per la costante k. Con questa legge Fechner descrive il fatto che l'esperienza psicologica dell'intensità di uno stimolo percettivo aumenta più lentamente rispetto all'aumento dello stimolo fisico. Sempre di Fechner è il concetto di "soglia assoluta" che è la minima intensità dello stimolo apprezzabile [Wolfe e coll. 2007].

Alcuni metodi classici per la misura delle sensazioni in ambito psicofisico sono: il metodo degli stimoli costanti, il metodo dei limiti e il metodo di aggiustamento.

(a) Il metodo degli stimoli costanti consiste nel presentare al soggetto degli stimoli di diverse intensità allo scopo di trovare lo stimolo di intensità minore percettibile. Alcune intensità verranno percepite mentre altre no. Quindi quando uno stimolo risulta essere stato rilevato il 50% delle volte viene considerato come il valore di soglia [Wolfe e coll. 2007].
(b) Nel metodo dei limiti gli stimoli vengono presentati in ordine crescente o decrescente e il compito del soggetto è quello di segnalare quando percepisce o non percepisce più lo stimolo.
(c) Nel metodo di aggiustamento, invece è il soggetto a regolare l'intensità degli stimoli.

3. La psicologia della Gestalt

Gli psicologi della Gestalt focalizzarono le loro ricerche sull'esperienza soggettiva nella convinzione che i contenuti della mente non potessero essere studiati in modo analitico. Al contrario il loro interesse si concentrò sulle modalità con cui la mente percepisce la globalità, ad esempio, percependo una scena nel suo insieme o una melodia globalmente, il termine tedesco Gestalt si riferisce appunto alla caratteristica della globalità. Secondo questa scuola di pensiero la mente non si limita a ricevere informazioni sensoriali, ma svolge un ruolo attivo nel riorganizzare l'informazione percepita. Ad esempio, al cinema, sullo schermo vengono proiettati in successione una serie di fotogrammi statici per 1/24 di secondo intervallati da periodi di buio della stessa durata e lo spettatore unifica percettivamente i fotogrammi vedendo una sola immagine in movimento. In questo caso, sostengono i gestaltisti, noi organizziamo e riorganizziamo mentalmente le diverse parti in un insieme e l'insieme è differente della somma delle sue parti. La psicologia della Gestalt ha dato un importante contributo alla percezione visiva e per l'organizzazione e l'interpretazione delle informazioni.

4. La psicologia cognitivista

La psicologia cognitiva focalizza lo studio sui processi mentali, nello specifico, il termine cognitivista deriva da “Cognizione” che indica il processo per mezzo del quale si assimilano delle conoscenze attraverso l’acquisizione e l’elaborazione delle informazioni. La teoria cognitivista nasce dallo studio della percezione umana, della memoria, e della soluzione dei problemi ed inoltre è stata influenzata dall’informatica e dall’intelligenza artificiale. Per quanto abbia prodotto un modo originale di affrontare i problemi, la psicologia cognitivista ha utilizzato delle conoscenze pregresse derivanti dalle metodologie e dalle scuole precedenti [Lindezey e coll. 1991].

La psicologia cognitiva offre un modo formale per studiare le funzioni del cervello in termini di elaborazione dell’informazione. Sternberg (2003) definisce la psicologia cognitiva “lo studio di come la gente percepisce, apprende e ricorda l’informazione”. Solso (1995) spiega che la psicologia cognitiva è lo “studio scientifico del pensiero della mente e riguarda come noi ci occupiamo di percepire l’informazione del mondo circostante, come l’informazione viene immagazzinata nella memoria e come queste conoscenze sono utilizzate per risolvere i problemi”. Summers (2004) spiega che, quando si utilizza un approccio cognitivo, l’elaborazione dell’informazione avviene tramite stadi discreti che possono essere isolati e studiati tramite metodi cronometrici. Il flusso informativo viaggia dagli stadi primari, che coinvolgono i processi percettivi, a quelli decisionali, alla selezione della risposta, alla programmazione della risposta e all’esecuzione [Vickers 2007]. Questo flusso può essere studiato mediante tecniche prese in prestito dall’informatica.

Nello sport l’atleta deve essere capace di comprendere che cosa è importante nell’ambiente nel quale agisce. Deve essere abile nel percepire l’informazione ed essere concentrato nei momenti appropriati, estrarre le informazioni necessarie al momento giusto. In psicologia cognitiva vengono poste le seguenti domande: quale parte del cervello è attivata quando noi pianifichiamo un movimento e quando lo eseguiamo? Quanto tempo richiede la risposta a differenti tipi di informazioni? Quanto tempo richiede percepire un indizio visivo ed effettuare un

movimento di risposta? Quale informazione gli atleti percepiscono quando compiono delle azioni di successo? [Vikers 2007]. Lo sport è un interessante ambito dove trovare risposte a queste domande.

4.1 La psicologia ecologica

La psicologia ecologica fu fondata da James Gibson (1966-1979) ed è anche chiamata "percezione diretta". La psicologia cognitiva si occupa di percezione indiretta ciò significa il coinvolgimento della memoria e della rappresentazione delle conoscenze immagazzinate nel cervello. La teoria di Gibson (1979) sostiene che gli spostamenti nell'ambiente circostante, dipendono direttamente dalle relazioni ottiche senza bisogno di molti stadi di elaborazione come descritti nella psicologia cognitiva. L'idea centrale della teoria di Gibson, è che l'informazione visiva esiste come invariante nell'ambiente che è percepita tramite l'atto diretto. Per invariante si intende ogni aspetto dell'ambiente che non cambia ma mantiene le stesse qualità in tutte le situazioni.

Uno dei grandi contributi di Gibson sono gli studi sul "flusso ottico", questo comprende le proiezioni dell'ambiente visibile circostante ed include i cambiamenti creati dall'osservatore in movimento. Ad esempio la figura 1.(b) mostra il flusso ottico di un pilota rispetto alla superficie della terra quando vola, la lunghezza delle linee indicano quanto veloce è l'informazione in arrivo.

Fig. 1(a)

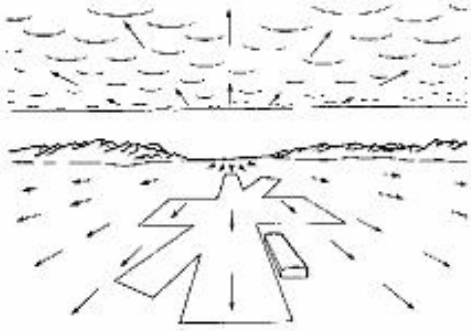

Fig. 1(b)

Si nota inoltre che nel punto estremo di convergenza, le linee sono molto corte. Questa locazione è chiamata “fuoco di espansione” ed è un “invariante” ed è il punto dello spazio verso il quale la persona si muove. Micheals e Carrello (1981) definiscono un’invariante come “uno schema costante in mezzo ad altre variabili di stimolazione”. Le invarianti sono schemi di stimolazione che rappresentano delle costanze percettive o, più generalmente, la presenza di proprietà dell’ambiente che un essere vivente conosce. Le strutture invarianti della luce e del suono non solo specificano gli oggetti, luoghi o gli eventi nell’ambiente, ma anche l’attività degli esseri viventi [Vikers 2007].

Un altro tipo di flusso ottico si ha quando l’informazione si espande o si riduce sulla retina come conseguenza dei movimenti dell’ambiente [Cutting 1996; Lee 1976; Lee e Aronson 1974; Savelsberg, Whiting e Bootmsa 1991]. Lee e Aronson (1974) crearono una stanza con pareti che si avvicinavano e si allontanavano dalla persona, che era in piedi nel mezzo. Se il muro si muoveva verso la persona, la persona si muoveva indietro per compensare, se la parete si allontanava, la persona si muoveva in avanti. Altri esperimenti mostrarono che, quando un oggetto si muove verso una persona come ad esempio una palla in arrivo oppure quando la persona si muove verso un oggetto, come nel salto in lungo o quando vengono fatti dei passi su di una superficie irregolare, il cambiamento di dimensioni sulla retina è sufficiente per provocare una modifica dell’azione. Gli esseri umani non sempre elaborano l’informazione tramite tutti gli stadi come descritto nella psicologia cognitiva, invece percepiscono direttamente cosa c’è nell’ambiente e organizzano l’appropriato comportamento senza nessun bisogno di pensiero cosciente. Questo aspetto subconscio della psicologia ecologica è di grande interesse. Molte persone non riescono a spiegare come riescono a muoversi, eppure lo fanno.

Gibson (1979) introdusse un altro termine chiamato *affordance* (derivante da *to afford*, fornire, presentare, ma anche essere in grado di fare qualcosa) per indicare l’informazione utile proveniente dall’ambiente. Ad esempio un percorso duro, piatto, fornisce una via di cammino sicura, mentre un pendio coperto di grossi sassi risulta difficoltoso. Gibson nel (1979) puntualizzò che non tutti

percepiscono le *affordances* allo stesso modo. Per esempio il ghiaccio è acqua gelata ed è duro e scivoloso ed ha alcune proprietà che non cambiano (come la durezza) ed altre che sono percepite in modo diverso (come la scivolosità). In un paese come il Canada dove il ghiaccio è comune, si apprende nel tempo a riconoscere con uno sguardo dove il ghiaccio è scivoloso ed a camminarci sopra senza grosse difficoltà, tali proprietà o *affordances* non potranno invece essere percepibili da individui che vivono dove il ghiaccio è assente. Questo dimostra che le *affordances* esistono naturalmente nell'ambiente ed è l'esperienza che influenza il modo con le quali sono percepite.

Lo sport è un ambito ideale per applicare la teoria di Gibson sia per lo studio del movimento di un atleta nel suo ambiente, sia per lo studio di azioni di intercettazione che prevedono degli oggetti in avvicinamento. Nello sport, le regole sono condivise dagli atleti che devono giocare all'interno degli stessi ambienti utilizzando gli stessi equipaggiamenti e giocando con le stesse regole. Inoltre, gli atleti sono spesso allenati tecnicamente e fisicamente in modo similare e ciò li rende più uguali che differenti. Inoltre, in tutti gli sport vengono richiesti molti anni di allenamento ed è comune per un atleta di *elite* spendere più di 10.000 ore di pratica. Riprodurre queste condizioni in ambiente di laboratorio è molto difficile. Ad ogni modo, nonostante l'ambiente e le condizioni di allenamento similari, alcuni atleti presentano dei risultati superiori agli altri differenziandosi per la capacità di catturare le *affordances*. Lo studio di queste differenze è di grande importanza per la psicologia dello sport.

4.2 L'approccio computazionale

Una tra le teorie percettive più importanti del cognitivismo è l'approccio computazionale di David Contenay Marr che sostiene che ogni sistema di elaborazione lavora su tre livelli gerarchici distinti chiamati: computazionale, algoritmico e implementazione.

Il *livello computazionale*, situato nello strato più in alto della gerarchia, indica la codifica degli output in relazione agli input. In sostanza, specifica quali

informazioni in ingresso sono necessarie per raggiungere un certo scopo e definisce il problema e gli obiettivi.

Il *livello algoritmico*, situato al centro della gerarchia descrive come funziona l'algoritmo che il sistema di elaborazione deve seguire.

Il *livello di implementazione* rappresenta lo strato basso della gerarchia, descrive l' "Hardware" con il quale l'algoritmo può essere eseguito [Marr 1982]. Nel caso dell'uomo il sistema di elaborazione è costituito da sistemi di connessioni neuronali coinvolti nella visione.

La proposta di Marr prevede un'elaborazione a tre stadi in cui si passa da una rappresentazione 2-D a una 3-D, attraverso una fase intermedia chiamata 2½-D.

Nella descrizione del sistema visivo Marr sostiene che nel primo stadio gli input prossimali vengono organizzati secondo tre caratteristiche: *margini*, intesi come confini tra oggetti, *contorni* o differenze di superfici (ad esempio concave o convesse) e *regioni di somiglianza*, aree tra loro omogenee. Questo tipo di organizzazione è noto come abbozzo o schizzo primario a 2-D.

Successivamente questi elementi vengono raggruppati formando così un abbozzo primitivo (*primal sketch*). Se l'immagine o l'osservatore sono in movimento, si costituisce un abbozzo a due dimensioni e mezzo (2½D) che costituisce una descrizione degli orientamenti delle superfici rispetto all'osservatore, la sua distanza, le discontinuità nella profondità e nell'orientamento della superficie, costruendo così un insieme di coordinate centrato sull'osservatore in cui collocare l'oggetto. La fase ultima è quella della rappresentazione del modello a 3D con la costruzione di un sistema di nuove coordinate, questa volta centrato sull'oggetto [Marr 1982]. Si ha così una rappresentazione gerarchica modulare che comprende delle primitive di volume e superficie.

5. Il funzionamento del sistema visivo

5.1 La luce

I recettori dell'occhio sono sensibili a quella esigua porzione del vasto spettro di radiazione elettromagnetica a cui diamo il nome di luce. La radiazione

elettromagnetica ha sia proprietà corpuscolari che ondulatorie. L'energia radiante si propaga sotto forma di particelle dette fotoni; essi, quando sono in gran numero, si propagano in forma ondulatoria, e tale propagazione viene descritta, tra le altre cose, in termini di lunghezze d'onda e di frequenze. La lunghezza d'onda rappresenta la distanza tra due successive creste d'onda e varia da parecchi chilometri a frazioni di millimetro. Le lunghezze d'onda capaci di stimolare il sistema visivo sono comprese, nell'aria, tra circa 400 nm a 760 nm. La luce di differenti lunghezze d'onda dà origine a differenti sensazioni cromatiche; per esempio attorno i 540 nm dà luogo alla sensazione del verde, e quella che ha la lunghezza d'onda attorno ai 565 nm dà luogo alla sensazione del rosso. La frequenza rappresenta il numero di oscillazioni dell'onda effettuate in un secondo e la sua unità di misura sono gli hertz (Hz). La lunghezza d'onda λ e la frequenza sono legate dalla seguente relazione:

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

dove f rappresenta la frequenza (Hz) e c è la velocità della luce nel vuoto, pari a $3x10^8$ m/s perciò, con il diminuire della frequenza la lunghezza d'onda aumenta [Vander e coll. 1980]. Le onde luminose si propagano in tutte le direzioni da una sorgente puntiforme e devono passare attraverso un sistema ottico che le metta a fuoco nuovamente, prima che possa ottenersi un'immagine netta della sorgente di luce.

5.2 L'occhio

L'immagine dell'oggetto destinato ad essere visto deve essere messo a fuoco sulla retina che è costituita dai recettori retinici, i quali formano un sottile strato di tessuto nervoso posto nella parte posteriore del globo oculare che converte la luce in energia dando origine ad attivazioni neurali. I recettori retinici si suddividono in due categorie: coni e bastoncelli. I coni sono principalmente localizzati all'interno della zona centrale della retina chiamata fovea e sono sensibili alla componente cromatica e alla luce intensa. I bastoncelli al contrario incrementano la loro numerosità nella zona periferica della retina e sono

specializzati nel rilevamento di basse intensità luminose e del movimento. La fovea è quella zona della retina dove è possibile vedere l'immagine con una buona risoluzione ed è di circa di 2° ÷ 3° gradi di angolo visivo. L'angolo visivo viene definito come l'angolo sotteso da un oggetto che proietta la sua immagine sulla retina e si misura in gradi (vedi fig.2).

$$V = 2 \times \arctan\left(\frac{S}{2 \times D}\right)$$

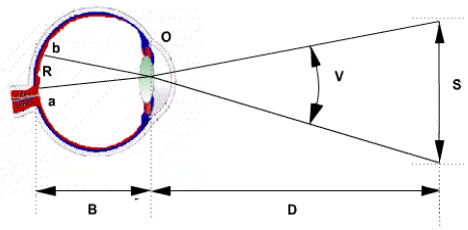

Fig. 2(a) **Fig. 2(b)**

In questa formula V rappresenta l'angolo visivo espresso in gradi, S l'altezza dello stimolo e D la distanza dello stimolo dal soggetto. Un modo semplice anche se approssimativo per stimare la porzione di immagine foveale è quello di stendere un braccio e coprire con il pollice l'immagine proiettata, l'area occlusa risulterà essere di 2° circa [O'Shea , 1991] che corrisponde a l'1% della superficie totale della retina sia in verticale che in orizzontale. Al di sopra di 2° di angolo visivo si parla di "visione periferica".

5.3 Visione periferica o sistema ambientale

Sia allenatori che giocatori descrivono il presupposto per la prestazione sportiva con aggettivi che fanno riferimento alla visione periferica. La visione periferica consente di rilevare e reagire a stimoli che vengono proiettati al di sopra di angolo visivo di 2°. In questa zona si registra un forte decremento dell'acuità visiva e questa diminuisce del 50% a 2,5° per arrivare fino al 4% agli estremi del campo di visione. La suddivisione tra regioni foveali e periferiche è di particolare interesse in quanto questi due sistemi afferiscono ad aree della corteccia visiva diverse. La visione periferica risulta essere importante per il rilevamento di aspetti che non necessitano di fissazioni foveali, come il rilevamento dei

movimenti e la selezione di dettagli dello sfondo a cui rivolgere lo sguardo. Per comprendere il funzionamento della visione periferica nelle attività sportive fu interessante un esperimento condotto da Pelisson, Prablanc, Goodale e Jennerod (1986). I partecipanti indossavano una macchina per il rilevamento dei movimenti oculari e veniva loro richiesto di toccare con un dito un bersaglio circolare che compariva sullo schermo di un computer. Il sistema era programmato in modo tale da spostare il bersaglio in una seconda locazione quando il soggetto effettuava una saccade sul bersaglio appena apparso. Questo spostamento si ripeteva ad ogni saccade in modo da impedire al soggetto la visione foveale del bersaglio. Nonostante tutto i partecipanti, dopo qualche prova di aggiustamento, riuscivano comunque a toccare con il dito il bersaglio sfruttando le risorse del sistema visivo periferico per il controllo dei movimenti. Questo dimostra l'importanza del sistema visivo periferico in compiti di orientamento e nel controllo della traiettoria delle mani [Brad e coll. , 1985].

5.4 Campo di visione e campo visivo

L'immagine sulla retina risulta essere capovolta verticalmente e invertita in senso trasversale cosicché la parte destra risulta essere a sinistra e viceversa. La quantità totale di luce che giunge all'occhio e che si proietta sulla retina forma il "campo di visione monoculare" [Coren S.,Ward L. & Enns J.T., 2004] e rappresenta il massimo valore di angolo visivo per il quale un soggetto può rilevare uno stimolo [Harrington 1964]. La misura viene normalmente effettuata utilizzando il test Hamblin Perimeter. L'apparato richiede al soggetto di rilevare degli stimoli posizionati in vari punti all'interno del campo di visione mentre lo sguardo viene mantenuto fisso. Tipicamente i soggetti sono capaci di rilevare degli stimoli all'interno di un angolo di 160° verticalmente e 200° orizzontalmente [Harrington 1964]. Inoltre i due campi visivi monoculari degli occhi si sovrappongono parzialmente dando origine alla "zona binoculare".

Oltre al campo di visione si ha il "campo visivo" o anche chiamato "campo percettivo", collegato all'esperienza percettiva soggettiva e non risulta essere

fisso, ma varia a seconda del compito che il soggetto deve svolgere, dal livello di stress e da fattori cognitivi.

5.5 Disparità binoculare e indizi monoculari

La fusione binoculare o interazione binoculare fa si che le due immagini provenienti da entrambi gli occhi vengano fuse assieme dando origine ad una singola percezione stereoscopica, dove la lieve discrepanza tra le due immagini retiniche produce gli indizi visivi della profondità. In realtà nella percezione della tridimensionalità l'apprendimento e l'esperienza giocano un ruolo estremamente importante. Se proviamo ad esempio a chiudere un occhio, dovremmo percepire lo spazio e gli oggetti privi di tridimensionalità, al contrario, continuiamo ad apprezzare una certa profondità spaziale grazie agli indizi visivi monoculari che sono: (a) l'occlusione, (b) di grandezza e di posizione, (c) la prospettiva aerea, (d) la prospettiva lineare, (e) gli indizi di movimento e (f) l'accomodazione e la convergenza.

5.5.1 Indizi visivi monoculari

(a) L'occlusione

Si ha quando un oggetto è sovrapposto all'altro e quindi il sistema inferisce che l'oggetto che sta davanti sia più vicino. Se ad esempio si effettua un disegno su carta e si sovrappone un cerchio ad un rettangolo l'oggetto più vicino verrà considerato essere il cerchio in quanto presente in primo piano anche se gli oggetti sono allo stesso livello di profondità (vedi fig 3). L'occlusione è un indizio di profondità non metrico in quanto da informazioni solamente sull'ordine degli oggetti.

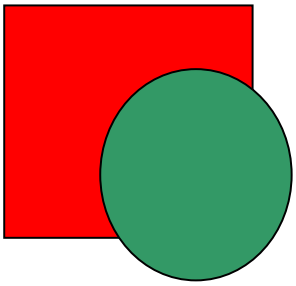

Fig. 3

(b) La grandezza e di posizione

Gli oggetti più sono vicini e più producono un'espansione dell'immagine sulla retina ed è per questo che nel disegno (vedi fig.4) e nella realtà, l'oggetto più piccolo viene percepito come più lontano.

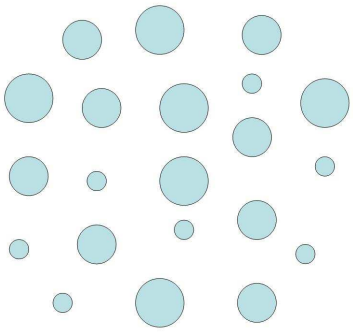

Fig. 4

(c) La prospettiva aerea

Si ha in quanto il sistema visivo "Conosce" alcune proprietà dell'atmosfera, gli oggetti più distanti appaiono più scuri mentre quelli più vicini appaiono più chiari (vedi fig. 5.).

Figura 5a

Figura 5b

(d) La prospettiva lineare

E' basata su regole che determinano il modo in cui le linee dello spazio tridimensionale sono proiettate su un immagine bidimensionale. Le linee parallele in un immagine tridimensionale risultano convergere verso un punto in un sistema bidimensionale (vedi fig.6).

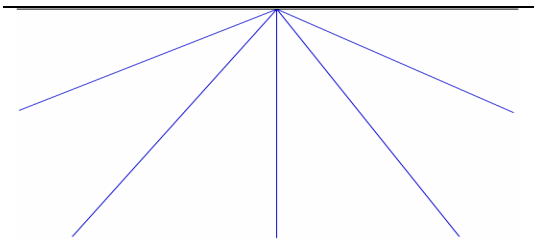

Fig. 6

(e) Gli indizi di movimento

Sono degli indizi che forniscono delle informazioni metriche relative alla distanza degli oggetti e per funzionare il parallasse di movimento è necessario uno spostamento della testa.

(f) L'accomodazione e la convergenza

L’accomodazione è il processo di variazione dello spessore del cristallino in funzione della distanza di un oggetto grazie a cui l’occhio cambia il suo punto di focalizzazione. La convergenza è la capacità degli occhi di ruotare verso l’interno ed è utilizzata per far cadere le due immagini di uno stimolo su punti corrispondenti delle retine. Il monitoraggio della quantità di accomodazione e/o convergenza oculare permette di usare questa sensazione come un indice della distanza di un oggetto, che si sta cercando di mettere a fuoco: maggiori sono la convergenza ed il rigonfiamento del cristallino necessari a focalizzare l’oggetto, minore è la distanza percepita.

5.5.2 Disparità binoculare

Si ha quando al cervello arrivano due immagini provenienti dalle retine di ciascun occhio, sostanzialmente uguali tra loro ma con delle piccole differenze prospettiche dovute al fatto che gli occhi fissano un oggetto da due posizioni diverse. La differenza fra le due immagini retiniche crea il presupposto per la percezione tridimensionale dello spazio, a patto che tale differenza non sia né troppo piccola né troppo grande. Se la differenza fra le due immagini retiniche è troppo piccola non è sufficiente a creare la discrepanza necessaria a produrre una percezione stereoscopica; se la differenza è troppo grande il cervello le considera come due immagini diverse e genera quindi una visione sdoppiata oppure ne sopprime una.

6. I movimenti oculari

L’occhio oltre a ricevere informazioni passivamente, può anche effettuare dei movimenti di esplorazione attiva per selezionare l’informazione di interesse. Nel campo dei dispositivi della visione artificiale, molti scienziati ed ingegneri hanno riconosciuto l’importanza di avere degli apparati sensoriali mobili, anziché delle telecamere fisse e ciò comporta dei grossi vantaggi. Il sistema che muove il sensore, necessita di conoscere dove muoversi per cercare l’informazione richiesta per una particolare azione [Won-Cheol Kim e coll. 2005]. Ad esempio,

durante la guida quando si giunge ad un incrocio, il sistema oculo-motorio deve dirigere lo sguardo sulla parte più appropriata della strada e il sistema visivo deve registrare la presenza o l'assenza di altri veicoli e anche stimarne le velocità. Un altro esempio è la lettura della musica, quando un pianista deve muovere lo sguardo in modo efficiente da un gruppo di note ad un altro, mentre il sistema visivo deve percepire la tonalità, la lunghezza e il tempo per ogni nota [Michael F. Land & Sophie Furneaux 1997]. Anche nel tennistavolo è nota la correlazione tra successo nelle azioni di intercettazione e movimenti oculari, in particolare un atleta che indirizzerà lo sguardo al momento giusto e nel posto giusto, sarà più accurato nel predire la traiettoria della palla e il suo istante d'arrivo [Rodrigues e coll. , 2002].

Per compiere questa esplorazione vengono usati sei muscoli organizzati in coppie che si inseriscono sul globo oculare e permettono all'occhio di ruotare secondo gli assi orizzontale, trasversale, verticale ed obliquo. Questi movimenti richiedono una perfetta coordinazione con quelli dell'occhio opposto al fine di espletare al meglio le funzioni visive binoculari. Per i movimenti orizzontali (abduzione in direzione temporale e adduzione in direzione nasale) intervengono rispettivamente i muscoli retti laterali. Il loro funzionamento è simile a quello delle briglie per i cavalli per girare la testa a destra bisogna tirare la briglia destra e contemporaneamente rilasciare la briglia sinistra. Per i movimenti verticali (elevazione e abbassamento) e per quelli di torsione sono primariamente coinvolti i muscoli retti inferiori e superiori e gli obliqui inferiori e superiori [Carpenter 1988]. Questi muscoli sono innervati dal III, IV, VI nervo cranico, che provengono dai rispettivi nuclei oculo- motori situati nel tronco dell'encefalo. Questi nuclei, a loro volta, ricevono il comando motorio da numerose altre strutture centrali. Inoltre, una via sensoriale che origina da alcuni propriocettori situati nei muscoli oculari raggiunge il sistema nervoso centrale tramite la branca oftalmica.

I movimenti oculari di maggior interesse in ambito sportivo sono: l'inseguimento lento (smooth pursuit o tracking), i movimenti saccadici, le fissazioni (fixation) e il riflesso vestibolo-oculare.

6.1 Inseguimento lento

Il movimento di inseguimento lento è ben sviluppato solo nei primati e una lesione alla corteccia occipitale e temporale né compromette questa funzionalità [Lisberg, Morris e Tychsen 1987]. Viene utilizzato per mantenere in posizione piccoli bersagli che si spostano sullo sfondo, come quando si segue una mosca con lo sguardo. Normalmente, nell'inseguire un bersaglio mobile, saccadi di piccola ampiezza sono intervallate a periodi di inseguimento lento. Questo tipo di movimento è efficace per velocità dello stimolo fino a 100°/s [Mayer, Laser e Robinson 1985]. Il movimento d'inseguimento lento è condizionato dallo stimolo, se lo stimolo accelera l'occhio accelera, se lo stimolo cambia direzione, l'occhio lo segue passo passo e la sua latenza è di circa 100 ms. Vi sono però alcune proprietà che lo rendono più di un semplice riflesso, in particolare questo movimento necessita di un atto intenzionale per essere eseguito, in altre parole per seguire un bersaglio con gli occhi, bisogna deciderlo. L'attenzione ha un ruolo importante nel modularne l'efficienza, si può distinguere tra inseguimento passivo, in cui si può seguire in maniera distratta uno stimolo in movimento con un guadagno basso e inseguimento attivo, in cui siamo concentrati sullo stimolo e il guadagno è elevato. Infine, il movimento di inseguimento si avvale di un' interessante componente predittiva, se lo stimolo è periodico un meccanismo interno consente di emettere la risposta motoria non solo senza ritardo rispetto lo stimolo, ma spesso in anticipo. Il meccanismo predittivo è all'opera, anche se gli stimoli sono apparentemente non prevedibili, ma in realtà hanno delle regolarità nascoste nel loro moto [St Cyr e Fender, 1969]. La presenza di questo comportamento predittivo, fa sorgere numerosi interrogativi: è possibile che qualche modello interno del moto del bersaglio sostituisca o almeno integri il segnale retinico nel guidare il movimento dell'occhio una volta iniziato? Che uno schema motorio organizzato esista davvero anche in assenza dello stimolo retinico è dimostrato dal fatto che, se lo stimolo scompare improvvisamente dopo alcuni secondi di inseguimento oculare, la risposta motoria persiste pur degradandosi in breve tempo. Il modello interno è stato scoperto e guida il

movimento di inseguimento in condizioni predicibili. Sulla natura di questa rappresentazione interna del moto si sta ancora discutendo, così come è probabile che coinvolga fattori di basso livello così come aspetti più strettamente cognitivi.

6.2 I movimenti saccadici

Le saccadi sono dei movimenti rapidi degli occhi che possono essere di tipo riflesso, guidate da eventi periferici, oppure di tipo volontario, quando sono guidate da strategie interne, come ad esempio durante l'esplorazione visiva. Sebbene le saccadi vengano effettuate in maniera inconsapevole, esse sono sotto il controllo volontario e possiamo sempre decidere quando e dove eseguirle, ma non possiamo decidere come eseguire una saccade, una volta iniziata non possiamo fermarla. L'occhio accelera bruscamente raggiungendo il massimo della velocità nella prima metà della saccade, per poi rallentare quasi altrettanto rapidamente. La velocità e la durata sono calcolate automaticamente dal meccanismo di generazione delle saccadi in base all'ampiezza specificata. Per saccadi di ampiezza inferiore a 20° vi è una relazione lineare tra ampiezza, velocità massima e durata. Questi movimenti possono avere un'ampiezza compresa fra meno di 0,1° (microsaccadi) e quasi 90°. Raramente l'ampiezza delle saccadi è superiore a 20-25°, per ampiezze superiori si ricorre ad un movimento coordinato occhio-testa [Guitton 1988]. Nell'uomo, una saccade di 5° di ampiezza ha una velocità massima di 300°/s e una durata di circa 50 ms. Saccadi molto ampie possono avere una velocità massima di 900°/s e durare fino a 200 ms.

I centri sottocorticali, che partecipano alla generazione delle saccadi, si trovano nel tronco dell'encefalo e nel collicolo superiore. I primi sono principalmente la sostanza reticolare paramediana pontina e la sostanza reticolare mesencefalica. Questi centri danno origine al comando motorio saccadico da inviare ai motoneuroni oculari sulla base delle specifiche della posizione finale che giungono da altri centri nervosi. Per le saccadi con latenza di 200-300 ms sono implicate anche altre aree della corteccia parietale, frontale e temporale che consentono un'integrazione visivo-motoria più elaborata. Lesioni selettive in

queste strutture neurali, compromettono in diversa misura la capacità di generare movimenti rapidi degli occhi [Fuchs, Caneco e Scudder, 1985]. Durante un movimento saccadico si verifica il fenomeno della *soppressione saccadica* cioè l'inibizione della visione [Wolkmann,1986].

6.3 Le fissazioni

Un altro comportamento oculare di notevole importanza, sono le fissazioni che sono dei periodi tra una saccade e l'altra durante i quali l'occhio è relativamente stabile e direzionato verso il bersaglio. Da un punto di vista del controllo motorio, non si tratta di un periodo passivo, ma un sistema di stabilizzazione dello sguardo che entra in funzione al termine della saccade per mantenere il bersaglio sulla fovea [Kowler 1991]. La stabilizzazione sembra essere garantita dal movimento di inseguimento lento. L'importanza delle fissazioni sta nel fatto che costituiscono i periodi attivi della scansione visiva, come nella macchina fotografica quando l'otturatore è aperto. La loro distribuzione temporale varia in funzione di molti fattori, ma da esperimenti di ispezione in scene naturali si può ritenere che la durata minima sia circa 100 ms, mentre la durata massima dipende dal tipo di attività esplorativa in cui si è coinvolti, sebbene sia raro trovare delle fissazioni di durata superiore a 1-2sec. Durante le fissazioni viene effettuata l'analisi dello stimolo visivo e la programmazione della saccade successiva.

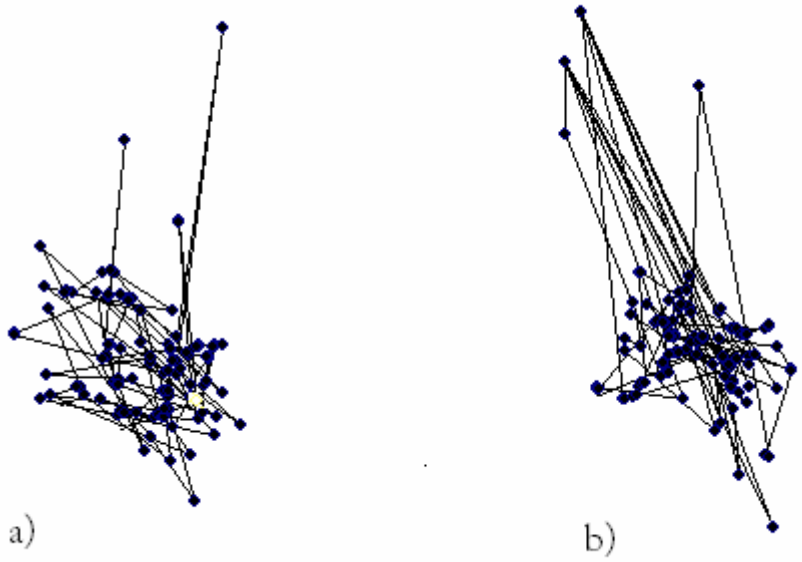

Fig. 7: Un esempio di distribuzione delle fissazioni in un compito di predizione dell'arrivo della pallina nel servizio nel tennistavolo. In (a) il compito effettuato da un giocatore esperto in (b) il medesimo compito effettuato da un non-esperto.

Un argomento su cui la comunità scientifica si sta interrogando è il ruolo dei movimenti microsaccadici che sono dei movimenti estremamente rapidi di ampiezza di 0.1° che avvengono durante le fissazioni prolungate e secondo alcuni studi ci sarebbe una correlazione tra questi movimenti e il mantenimento della attenzione visiva durante le fissazioni [Martinez-Conde S e coll., 2000]. In ambito sportivo non ci sono studi sui movimenti microsaccadici in quanto le apparecchiature per il loro rilevamento sono molto costose ed impongono anche delle costrizioni non trascurabili, come ad esempio il blocco dei movimenti della testa del soggetto, provocando una perdita della validità ecologica dell'esperimento. In futuro, con l'evoluzione tecnologica, potremmo assistere all'utilizzo di apparecchiature in grado di rilevare i movimenti microsaccadici .

6.4 Il riflesso vestibolo oculare

La funzione del riflesso vestibolo-oculare è quella di stabilizzare lo sguardo per assicurare una chiara visione durante i movimenti della testa. Primariamente serve per mantenere la nitidezza visiva durante le azioni dinamiche. Per esempio un giocatore di hockey su ghiaccio, per controllare un giocatore avversario, può

agire in due modi: con una osservazione foveale o, alternativamente, tenendo gli occhi fissi e spostando la testa. Il sistema del riflesso vestibolo oculare, comprende un numero di strutture, localizzate all'interno dell'orecchio, che registrano il movimento della testa [Rosenbaum, 1991]. Queste strutture permettono all'atleta di produrre dei movimenti oculari compensatori molto più rapidi di quelli del solo sistema visivo [Leigh e Zee, 1991]. Inoltre la testa, il corpo e il sistema oculo-motorio, funzionano in coordinazione durante le azioni sportive [Guitton e Volle, 1987].

Il sistema vestibolo-oculare risulta essere importante in relazione al fatto che poche ricerche hanno esaminato le interazioni tra i movimenti della testa e quelli del corpo nelle azioni sportive. Questo può essere dovuto a dei problemi tecnici con il sistema di registrazione dei movimenti oculari ed il suo uso in contesti dinamici. Questi problemi spesso hanno costretto i ricercatori ad immobilizzare la testa del soggetto durante gli esperimenti. Recenti ricerche hanno mostrato un' importanza funzionale della relazione tra la posizione della testa e degli occhi nelle attività di lancio [Bard, Fleury e Paillard 1990; Ripoll, Bard e Paillard 1986; Guitton e Volle 1987; Schmid e Zambarbieri 1991]. Questi studi suggeriscono che, durante le azioni di tiro come nel basket, gli occhi si muovono prima della testa. Quindi, la testa insegue il movimento degli occhi che localizzano l'obiettivo iniziando la fissazione, mentre la testa è ancora in movimento [Gauthier e coll. 1991]. Nelle ricerche future sarà necessario un maggior approfondimento nello studio delle relazioni tra la testa, corpo e movimenti oculari. Ad esempio, potrebbe essere interessante studiare come avvengano le interazioni tra testa, corpo e movimenti oculari in funzione del tipo di compito che l'atleta deve svolgere nei vari sport. La comprensione di queste complesse relazioni può dare interessanti informazioni agli allenatori sul ruolo dell'acquisizione dell'informazione durante la prestazione sportiva.

7. L'elaborazione dell'informazione dalla retina ai lobi frontali

Come già visto nei paragrafi 4.1. e 4.2 la retina viene colpita dalla luce e produce dei segnali elettrici che viaggiano attraverso il nervo ottico, il chiasma

ottico, il tratto ottico, i nuclei geneticolati laterali (LNG) per giungere infine alla corteccia visiva primaria (vedi fig.8). Quest'ultima viene suddivisa in diverse aree (V1, V2, V3/VP, V4, MT/V5, vedi fig.9), ognuna delle quali è specializzata nell'elaborazione dei diversi stimoli visivi. Nell'area V1 giunge la gran parte delle proiezioni neurali provenienti dai nuclei geneticolati laterali e la sua funzione è quella di distribuire l'informazione verso le altre aree corticali. Le aree V2, V3, V4 e V5 ricevono i loro ingressi dall'area V1 e sono responsabili del rilevamento del movimento. Le proiezioni delle aree V3A e V5 si dirigono verso il lobo parietale (via dorsale) mentre le proiezioni delle aree V3 e V4 si portano verso il lobo temporale (via ventrale) [Milner & Goodale 1995]. Nelle regioni V1, V2, e V5/MT si trovano anche localizzate le funzioni base della percezione della profondità.

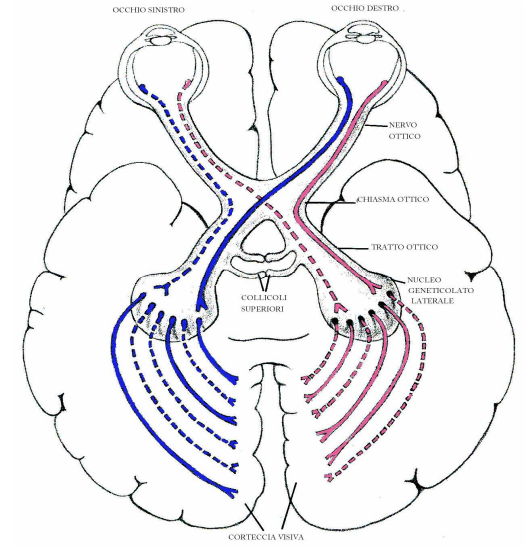

Fig. 8

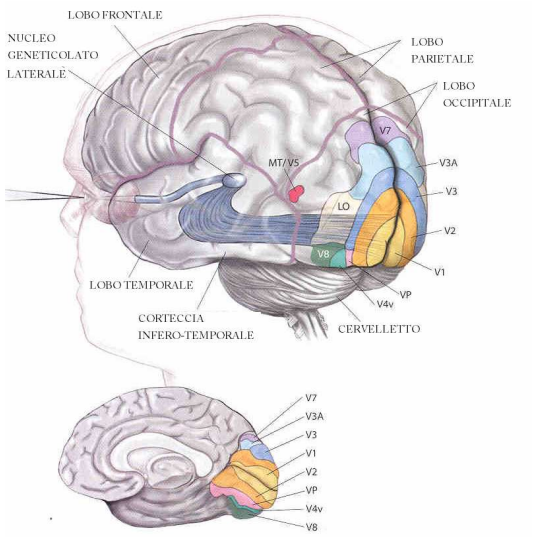

Fig. 9

La via dorsale si ritiene importante per l'orientamento dello sguardo, per l'attenzione sostenuta in un punto e per l'elaborazione dell'informazione inerente all'orientamento spaziale e dei movimenti. Alla via ventrale invece è associata l'elaborazione cognitiva dell'informazione e la funzione di associazione dei significati agli oggetti ed agli eventi. La via ventrale guida anche l'anticipazione e la pianificazione dell'azione.

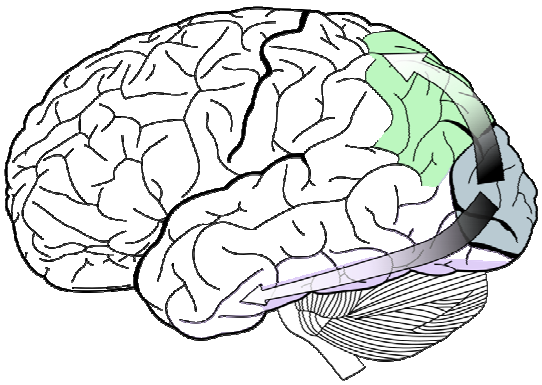

Fig. 10

Entrambe le vie inviano l'informazione ai lobi frontali. La corteccia frontale è conosciuta come la parte esecutiva del cervello e coordina il pensiero, la pianificazione e il linguaggio. Le vie dorsali e ventrali sono associate alla corteccia senso-motoria che è responsabile del senso del tatto, della pressione e della sensibilità, capacità che sono estremamente importanti nell'esecuzione dei movimenti. Nella parte frontale premotoria, il cervello accede alla memoria per l'organizzazione dell'azione e per compiere atti motori già eseguiti in passato. Infine, i comandi vengono trasmessi alle regioni motorie del cervello, dove i movimenti vengono organizzati ed eseguiti.

Un ruolo importante viene svolto dai neuroni specchio [Rizzolatti e coll., 1996] situati nella corteccia parietale e frontale che codificano le azioni svolte da altri e sono sensibili agli obbiettivi da raggiungere, alle intenzioni ed agli stati emozionali. Una lesione al sistema dei neuroni specchio [Dapretto e coll., 2006] può causare l'autismo che è caratterizzato da disturbi nell'interazione sociale, deficit nel linguaggio e nell'esecuzione di gesti fissi e ripetitivi.

8. Tempo di elaborazione

Come visto in precedenza, l'informazione compie un lungo percorso, partendo dalla retina attraversa il nervo ottico per giungere alla corteccia occipitale (dai 30 ai 50 ms, fig.11 punto 2). Successivamente, l'informazione viene inviata in parallelo alla via dorsale e ventrale fig.11 punto 4), i due flussi si ricongiungono

a livello della corteccia somato-sensoriale, dove avviene un' integrazione per poi confluire nella corteccia frontale (dai 70 i 100 ms). Qui risiedono la funzione dell'intenzionalità e la pianificazione dell'azione in relazione agli obbiettivi da raggiungere. Successivamente, il flusso informativo viaggia verso l'area pre-motoria e la corteccia motoria situata sulla sommità del cervello per confluire lungo la spina dorsale, raggiungendo gli effettori (dai 70 agli 80 ms). Il tempo totale impiegato per un svolgere un compito di reazione visivo semplice, prima del manifestarsi del movimento, è compreso tra i 180 e i 190 ms.

Una questione su cui ci si interroga è: quando l'informazione raggiunge lo stato di coscienza, immediatamente sulla retina, oppure nell'area occipitale o nelle vie ventrale e dorsale o dopo a livello della corteccia frontale? Tre sono le tipologie di modelli che sono stati proposti in base a studi condotti sugli animali e su soggetti umani con lesioni. I modelli "gerarchici" della percezione visiva [Crick

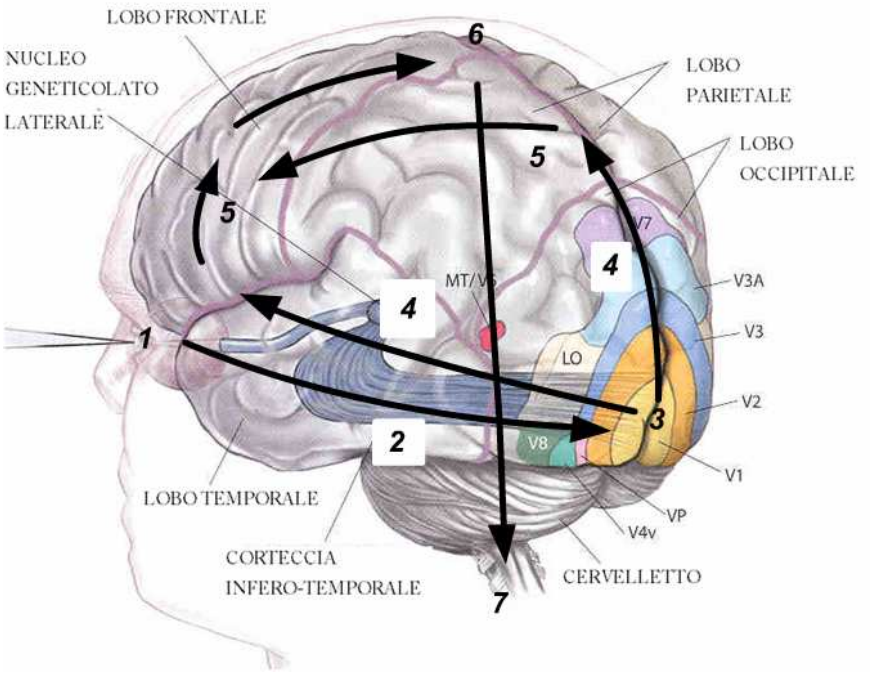

Fig. 11

e Hoch 1995] che asseriscono che la percezione cosciente avviene a livello dei centri corticali superiori. I modelli "Interattivi" della percezione visiva [Buller 2001; Pollen 1999] che suggerisce che la percezione cosciente avvenga a livello della corteccia visiva primaria V1. Infine ci sono dei modelli alternativi [Toni e

Edelman,1998] che sostengono che la percezione cosciente dipendone dal compito e dalla situazione in cui il soggetto si trova.

9. Studi sul movimento biologico

Non è sorprendente il fatto che usiamo delle informazioni per spostarci nell'ambiente, meno ovvio è che il movimento può darci informazioni sulla natura degli oggetti che ci circondano. Nel 1975, Gunnar Johansson osservò che poteva esserci dell'informazione nel movimento degli animali e delle persone, ovvero il movimento biologico. Esso ci aiuta a identificare sia l'oggetto che si muove che le sue azioni. Ad esempio il tennista in fig. 11(a), sta per colpire una pallina per rimandarla in direzione del suo avversario. In fig. 11(b) a destra, tutto quello che possiamo

Fig. 11a

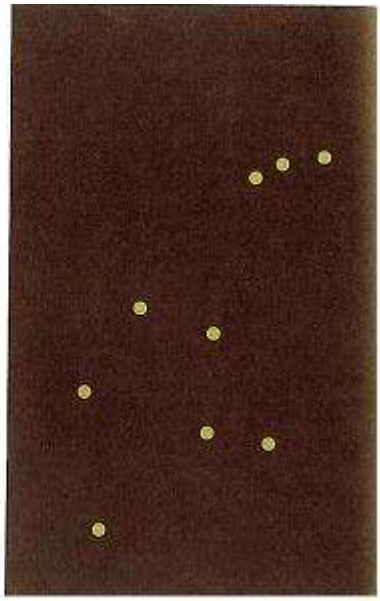

Fig. 11b

vedere sono le piccole luci attaccate alle caviglie, alle ginocchia, ai fianchi, ai polsi e alle spalle. Nello schema statico di luci ci sono poche informazioni che ci consentano di dire se si tratta di un essere umano. Ciò che scopri Johansson nel 1975 è che quando le luci si muovono, il loro movimento dà all'osservatore una percezione immediata di un essere umano in azione.

Alcuni dati dimostrano che gli osservatori possono usare il movimento biologico per determinare se le luci in movimento sono attaccate al corpo di una persona di sesso maschile o femminile. In che modo? Mentre camminiamo, quando la gamba destra è davanti a quella sinistra, la spalla destra sta indietro e viceversa. Se disegniamo una linea che unisce la spalla sinistra al fianco destro e un'altra che unisce la spalla destra al fianco sinistro, l'intersezione delle due linee è il baricentro del movimento di chi cammina. Dato che i maschi di solito hanno spalle più larghe e fianchi più stretti delle femmine, il centro di movimento dei maschi è in media più alto di quello delle femmine. James Cutting e i suoi collaboratori in un lavoro del 1978 hanno suggerito che gli osservatori effettuano una stima del punto in cui si trova il centro di movimento per determinare il genere di chi cammina.

Altri studi [Mather e Murdoch, 1994] suggeriscono che la quantità di corpo che oscilla, può dare, da alcuni punti di vista, informazioni ancora più rilevanti sul genere; un lavoro di Neri, Marrone e Burr, del 1998 dimostra che le regole utilizzate dai meccanismi che analizzano il movimento biologico per integrare il movimento nello spazio e nel tempo sono diverse da quelle utilizzate per altre forme di movimento complesso.

Capitolo secondo

L’ATTENZIONE VISIVA NELLO SPORT

Dal un punto di vista della psicologia cognitiva il termine attenzione visiva è usato per riferirsi a tre differenti processi: all’attenzione selettiva o focalizzata, all’attenzione divisa che si riferisce all’abilità di distribuire l’attenzione su più compiti in parallelo e allo stato di vigilanza verso certe azioni.

L’attenzione viene rappresentata come un rilevamento preferenziale, un identificazione e un riconoscimento degli stimoli selezionati [Woods, 1990]. Inoltre è un processo tramite il quale certe informazioni vengono processate e altre vengono ignorate, ed è sempre coinvolta a qualche livello nella maggior

parte dei compiti, sin da quando il soggetto è in attesa di uno stimolo visivo o uditivo o propriocettivo [Woods, 1990]. Ad esempio un giocatore di tennistavolo durante la risposta al servizio deve focalizzare l'attenzione su certi aspetti e contemporaneamente disinteressarsi di altre informazioni per riuscire al meglio nella sua azione.

Il secondo significato del termine attenzione si riferisce al fatto che i soggetti capaci possono regolare le loro risorse mentali o capacità in relazione ad azioni che si svolgono in parallelo, ad esempio i piloti più esperti cambiano le marce mentre guardano la strada e controllano contemporaneamente gli avversari nello specchietto retrovisore.

Il terzo significato del termine attenzione viene riferito al nostro stato di vigilanza o di preparazione all'azione considerando gli effetti dello stato di allerta e del "Arousal" nelle prestazioni sportive [Gould e Krane, 1992].

In questo capitolo ci occuperemo solamente delle ricerche e delle teorie che hanno esaminato l'importanza dell'attenzione focalizzata e divisa durante la prestazione sportiva.

2.0 Modelli cognitivi dell'attenzione

E' stato dimostrato che i processi cognitivi possono essere una serie di stadi ipotetici, durante i quali vengono realizzate delle trasformazioni dell'informazione in ingresso [Gould e Krane, 1992]. Questi stadi si manifestano tra la comparsa del segnale e la risposta ed includono la percezione, la memoria, la presa di informazione e l'attenzione.

In questo capitolo compareremo e confronteremo quattro differenti prospettive cognitive dell'attenzione. Come prima cosa, prenderemo in esame le teorie che considerano l'attenzione come limitata. Questi modelli suggeriscono che i soggetti hanno una capacità di processare l'informazione limitata e che la prestazione diminuisce se questo limite viene superato. Successivamente verranno presi in analisi quei modelli che considerano che il soggetto possieda una capacità di elaborazione limitata, ma che questa capacità viene modificata in

base al tipo di compito. A seguire, presenteremo le teorie che considerano l'attenzione visiva come un insieme separato di risorse, ognuna con la sua propria capacità in relazione al tipo di informazione da processare. Successivamente, daremo uno sguardo alle recenti teorie che considerano l'attenzione come un insieme di reti neurali ognuna delle quali svolge una particolare funzione. Per concludere considereremo la relazione tra movimenti oculari e attenzione visiva con particolare considerazione ai casi di associazione e dissociazione dell'attenzione visiva. Questo ultimo caso risulterà di grande interesse per sostenere l'esigenza di effettuare degli esperimenti basati sulle occlusioni visive.

2.1 Teorie che considerano l'attenzione fissa

Queste teorie considerano la capacità d'elaborare le informazioni come limitata, e la prestazione peggiora, se questo limite viene superato dalle richieste del compito e può essere vista schematicamente come un grande cerchio. Ad esempio, un giocatore di basket deve fare rimbalzare la palla (compito A), mentre contemporaneamente difende la palla dall'avversario (compito B) e controlla la posizione dei propri compagni di squadra (compito C). Questi tre compiti possono essere visti come tre cerchi circoscritti in un cerchio più grande, che rappresenta la capacità attentiva. Fin tanto che, questi cerchi piccoli risiedono all'interno del cerchio grande, il soggetto o atleta sarà in grado di svolgere questi compiti contemporaneamente. Al contrario, se l'area dei tre cerchi piccoli supera quella del cerchio più grande, ci sarà un decremento della prestazione di uno o più di questi compiti. Per i principianti, il compito di palleggiare richiede delle risorse disponibili che occupano tutto lo spazio del cerchio attenzionale. Per il giocatore esperto le richieste attenzionali dell'azione del palleggio non coprono l'intero spazio del cerchio attenzionale e quindi sarà capace di allocare altre risorse ad altri compiti, come per i compiti B e C.

Per spiegare cosa accade in questi tipi di compiti una delle prime teorie fu quella di Broadbent (1958) che suggerisce l'esistenza di una limitazione o "Collo di bottiglia" nella fase di categorizzazione dell'informazione. Una altra teoria alternativa a quella di Broadbent (1958) fu quella proposta da Treisman (1964) che localizzava la presenza del "Collo di bottiglia" negli stadi primari riscontrando però che questa funzione di filtro selettivo era più flessibile di quanto considerato in precedenza. Inoltre, anche che il filtro amplificava alcune informazioni mentre ne bloccava altre.

In seguito altri autori proposero che tutti gli stimoli in ingresso vengono analizzati in modo automatico in base al significato e solamente quelli pertinenti vengono accettati e ulteriormente processati [Normann 1968; Keele 1973; Cantoviz 1964]. Questi modelli sostengono che l'attenzione viene catturata dagli stimoli più significativi per produrre specifiche risposte, inoltre viene suggerito che il filtro selettivo agisce tra l'analisi percettiva e la selezione della risposta. Nello sport, la teoria più comunemente accettata a capacità fissa è quella di Normann (1968) il quale propose che l'informazione arriva al sensore passando tramite uno stadio primario che agisce tramite processi fisiologici. In seguito i parametri estratti da questi processi sono utilizzati per determinare dove la rappresentazione sensoriale del segnale è immagazzinata in memoria. Tutti i segnali sensoriali attivano la loro rappresentazione nella memoria e questo modello implica che tramite l'apprendimento, il soggetto costruisce un vasto repertorio di esperienze che possono essere interpretate per eventi incontrati in situazioni simili. Normann ritiene che tramite l'esperienza il soggetto apprende a riconoscere le informazioni significative e ad ignorare quelle irrilevanti. Quindi, la conoscenza viene costruita tramite l'esperienza riducendo la quantità di informazione necessaria e aumentando di conseguenza la velocità della risposta.

2.2 Modelli attentivi a capacità flessibile

Queste teorie sostengono che l'approccio a capacità limitata risulta essere troppo rigido e inflessibile e sostengono invece un approccio più adattabile

considerando di primaria importanza l'allocazione dell'attenzione [Glencross, 1978; Schmidt, 1988; Magill, 1993]. Ad esempio, Kahnemann (1973), considera che la capacità attentiva non deve essere considerata come statica ma variabile in relazione al compito. Egli propone che come la difficoltà di due compiti simultanei aumenta, così aumentano le risorse che vengono rese disponibili fino al superamento. Kahnemann (1973) considera l'attenzione come un insieme generale di risorse che devono essere distribuite tra i diversi compiti in relazione alle capacità individuali e alle caratteristiche del compito. Kahnemann (1973) suggerisce che questo sistema di allocazione viene determinato da due fattori principali: il primo fattore che influenza la selettività è chiamato "Disposizioni durature" che sono delle funzioni involontarie dell'attenzione come la capacità di localizzare nuovi segnali, oggetti in movimento e stimoli intensi di varia natura. Queste "Disposizioni durature" sono viste come una risposta di orientamento automatica verso il quale il soggetto è attratto [Martens, 1987].

Il secondo fattore, chiamato "Intenzioni momentanee", è importante per l'attenzione selettiva, e riguarda delle intenzioni o istruzioni che possono essere proprie del giocatore o date dall'allenatore. Può essere visto come dei suggerimenti del tipo "Guarda la palla" o "Controlla il difensore avversario". Queste istruzioni si riferiscono alla "Mentalità" del giocatore. Sviluppare l'appropriata "Mentalità" e le "Disposizioni durature" è cruciale per sapere quali sono gli indizi corretti a cui rivolgere l'attenzione e quali sono i potenziali elementi di distrazione.

2.3 Teorie che considerano risorse multiple

Le ricerche si sono mosse verso un approccio che suggerisce che l'attenzione deve essere considerata come un insieme di risorse individuali ognuna con la sua capacità e che ha come scopo la percezione dell'informazione significativa. Questo approccio sostiene che la prestazione dipende da differenti risorse che sono limitate in quantità [Logan 1985]. Più i compiti sono difficili, e più richiedono risorse, rendendo altre risorse non disponibili per altri compiti. Il

decremento della prestazione e dell'interferenza avvengono quando due compiti accedono a risorse comuni simultaneamente. Una linea di ricerca che è stata proposta, raggruppa le risorse per il processamento delle informazioni in tre categorie [Wichens 1992]. Queste categorie includono le modalità responsabili per gli ingressi e le uscite (sistema visivo, limbico, uditivo e vocale), gli stadi di elaborazione dell'informazione (percezione, presa di decisione e risposta) e i codici di processamento dell'informazione (codici verbali e codici spaziali). Quando due compiti utilizzano le stesse risorse si ha un'interferenza e la prestazione diminuisce, mentre quando due compiti contemporanei, pur essendo difficili, richiedono risorse differenti, la prestazione rimane sostenuta.
Un aspetto interessante è il modello visivo usato per determinare il tempo di contatto che è stato proposto da Mecleod e coll., (1985). Ad esempio, i giocatori di hockey, sono capaci di correre con la palla, e contemporaneamente danno informazioni tattiche alla propria squadra in quanto questi compiti richiedono differenti modalità. Allo stesso modo i giocatori di squash sono abili a visualizzare la posizione dell'avversario, mentre eseguono il colpo appropriato. Per quanto riguarda invece i principianti non sono capaciti svolgere dei compiti in parallelo senza produrre un decremento della prestazione.

2.4 Reti neurali attentive

Una altra descrizione dell'attenzione, viene dagli sviluppi basati sui modelli connessionisti [Rumelhart e McClelland 1986; Rumelhart, 1989]. Questo approccio origina dalla neurofisiologia e dalla comprensione del funzionamento dei neuroni del cervello [Anderson, 1990]. Rumelhart (1989), ritiene che le conoscenze sono modificate tramite l'esperienza dal cambiamento dei pesi delle interconnessioni tra i nodi. Egli suggerisce inoltre, che ad un aumento di livello di capacità, i soggetti sviluppano nuove connessioni e modificano la forza di quelle che sono già presenti. In questo modo, il sistema risulta flessibile nel senso che i pesi sinaptici non sono fissi ma subiscono delle modificazioni in funzione della esperienza.

Posner e Raichle (1994), propongono l'esistenza di diversi tipi di reti neurali coinvolti nel controllo dell'attenzione visiva. Utilizzando le metodologie della cronometria mentale, la tomografia ad emissione di positroni (PET) e la risonanza magnetica (RMI) dimostrano l'esistenza di reti neurali funzionali per orientamento visivo, per l'attenzione esecutiva e per la vigilanza. Un interessante discussione della rilevanza di queste reti attentive visive nello sport viene fornita da Vickers (1996).

3.0 Il modello percezione-azione

Una delle critiche ai precedenti modelli consiste nel fatto che l'attenzione è stata considerata come correlata con l'analisi e l'interpretazione delle informazioni sensoriali e non come controllo dell'azione [Vickers 1996]. Gli ulteriori sviluppi empirici hanno sottolineato l'importanza di considerare un approccio teorico dell'attenzione più legato all'azione [Neumann,1990].

L'assunto di base dell'approccio di Neumann è la relazione funzionale tra capacità limitata e attenzione selettiva. Egli suggerisce che è la selettività dell'azione che spiega perché la capacità è limitata, contrariamente al punto di vista tradizionale, dove la selezione è necessaria per ridurre e processare l'informazione. L'attenzione selettiva è richiesta perché le limitazioni fisiche richiedono al soggetto di selezionare delle azioni che possono essere alternative o concorrenti. Queste limitazioni fisiche necessitano che il soggetto selezioni le informazioni più rilevanti per il controllo dell'azione. Le azioni concorrenti è i concorrenti modi di eseguire un azione necessitano di essere inibiti e le informazioni concorrenti devono essere evitate per facilitare l'accesso al controllo dell'azione [Neumann (1990)]. In questo approccio i compiti concorrenti, possono essere effettuati se sono controllati da un comune piano d'azione (ad esempio correre e contemporaneamente afferrare una palla nel baseball). Non è la percezione, ma l'azione e non è la capacità di processare l'informazione del sistema centrale, ma la capacità del corpo che rende la selezione necessaria. La selezione è selezione per l'azione [Allport, 1987].

Neumann (1990) distingue tra due tipi di problemi di selezione necessari al controllo dell'azione. Il primo per il reclutamento degli effettori che sono limitati come numero e non possono essere incompatibili con l'azione. Ad esempio afferrare e lanciare la palla allo stesso tempo causa dei problemi, in quanto queste due azioni sono fisicamente incompatibili. Egli suggerisce quindi che per superare questo problema il sistema necessita di meccanismi comportamentali che devono regolamentare le azioni concorrenti. Neumann sottolinea che quando un effettore è stato selezionato, tutti gli altri devono essere inibiti, così che solamente un piano d'azione alla volta può essere eseguito. Il secondo problema è noto come parametro di specificazione. Questo accade quando l'intenzione di agire può essere effettuata in modi differenti, ma solamente uno alla volta di questi modi deve essere selezionato per l'esecuzione.

Per Neumann (1990) l'ultima parte della selezione è fatta utilizzando l'appropriata informazione proveniente dall'ambiente, un processo selettivo necessario per effettuare una mappatura degli indizi informativi rilevanti che provengono dal "Flusso ottico" e che specificano l'appropriato parametro di controllo per l'azione [Allport, 1989]. Un esempio di sorgente informativa sensoriale per il controllo dell'azione è la variabile "Tau", che specifica il tempo di contatto dell'oggetto in arrivo.

Neumann suggerisce che l'informazione viene automaticamente limitata dai parametri richiesti per completare l'azione con successo. Egli sostiene che alcune computazioni possono essere richieste durante il passaggio dell'informazione dalla retina all'unità motoria di uscita. In questo c'è affinità con il lavoro di Gibson (1979).

Neumann inoltre mette in luce tre importanti caratteristiche di questo approccio che sono: le variabili che specificano i parametri come ad esempio il parametro ottico tau, i parametri risiedono a livello sub-conscio e non richiedono processi attenzionali e la specificazione dei parametri può essere innata oppure acquisita tramite l'esperienza pratica.

4.0 Relazione tra spostamento dello sguardo e localizzazione dell'attenzione

Giunti a questo punto cercheremo di spiegare la relazione che intercorre tra l'attenzione visiva e i movimenti oculari. Da un lato c'è chi ritiene sia possibile dissociare la direzione dello sguardo dal fuoco attentivo [Poster,1980; Treisman e Gormican, 1988] e quindi, in questo caso, i movimenti oculari potrebbero non essere considerati come indicatori della localizzazione dell'attenzione. Dall'altro lato altri studi dimostrano che in certe situazioni lo spostamento dello sguardo è preceduto da uno spostamento dell'attenzione [Corbetta 1998; Deubel e Schneider, 1996; Henderson 2003; Jowler e coll., 1995; Kustove e Robison, 1996; Shepherd e coll., 1986]. Questi studi dimostrano che quando i partecipanti spostano lo sguardo in una posizione specifica dello spazio, avviene anche uno spostamento dell'attenzione.

4.1 Evidenza della dissociazione

E' possibile guardare in un punto e occuparsi di qualcos'altro, ad esempio il portatore di palla nel football, può guardare l'avversario, ma aspettarsi un passaggio in un punto differente del campo. Quando questo avviene, la locazione dello sguardo e l'attenzione visiva sono dissociate. Posner (1980) e Treisman e Gormican (1988) hanno dimostrato che il "Locus" attenzionale dello sguardo può essere facilmente dissociato da quello dell'attenzione. Gli studi su questo argomento, includono delle situazioni che richiedono entrambe le condizioni. Durante il compito di dissociazione, ai partecipanti viene richiesto di posizionare lo sguardo in un punto di fissazione centrale e premere un pulsante il più velocemente possibile quando viene percepito un bersaglio localizzato in periferia. Nella condizione di associazione viene richiesto di spostare lo sguardo alla comparsa del bersaglio e premere il pulsante. In alcune prove, appaiono delle frecce che segnalano il bersaglio mentre in altre prove la segnalazione non è presente. Nel caso in cui le frecce orientano l'attenzione in una locazione sbagliata, questo da un indizio sbagliato. In tutti i casi viene usato un sistema di rilevamento dei movimenti oculari, per assicurarsi che le fissazioni inizialmente

vengano mantenute centralmente e per registrare i movimenti saccadici, che servono per spostare lo sguardo in periferia. L'obiettivo è quello di rilevare delle differenze nel tempo di reazione, nel caso di associazione e dissociazione. Quando tempi di reazione nelle due condizioni sono uguali l'attenzione può essere spostata velocemente senza spostare lo sguardo. Inoltre l'attenzione può essere spostata in nuove locazioni, mentre lo sguardo e la risposta motoria seguono un ordine seriale, per prima si sposta l'attenzione visiva, poi lo sguardo si muove per secondo e la risposta motoria avviene per ultima.

Lo spostamento dell'attenzione è facilitato dalla presenza delle frecce indicative. Quando la locazione del bersaglio viene segnalata in anticipo, il tempo di reazione è più breve di quando la segnalazione è assente, e quindi si evidenzia l'importanza della pianificazione azione in entrambi i casi di spostamento dell'attenzione.

Agli indizi inattesi è collegato un rapido spostamento dello sguardo. Infine, quando l'attenzione viene spostata in una nuova locazione c'è una riluttanza a ritornare in questa posizione di nuovo. Quindi la localizzazione dello sguardo nello spazio contribuisce minimamente a conoscere dove l'attenzione risiede. Secondo questa corrente di pensiero i movimenti oculari danno poche informazioni sui processi attentivi.

4.2 Evidenza dell'associazione

L'evidenza che i movimenti oculari e l'attenzione possono essere associati, viene sottolinata da una serie di studi che provengono da diversi settori (cognizione, neuroscienze e comportamento motorio) che indicano che in certe condizioni lo spostamento dello sguardo predice lo spostamento dell'attenzione [Corbetta,1998; Deubel e Schneider 1996, Henderson 2003; Kowler e coll.,1995; Shepher coll., 1986].

Shepherd e coll.(1986) usarono lo stesso apparato sperimentale di Posner, ma essi manipolarono l'attenzione spaziale variando la probabilità (50/50, 80/20, 20/80) che gli stimoli periferici appaiano nella stessa posizione o in posizione

opposta rispetto alla posizione bersaglio. Le frecce servivano per generare delle aspettative rispetto alla posizione del bersaglio.

Nella condizione 50/50, l'indizio non dava informazioni sulla parte in cui appariva il bersaglio. In entrambe le condizioni 80/20 e 20/80, l'indizio forniva informazioni spaziali accurate e un chiaro vantaggio fu trovato in queste condizioni. Più tempo passava tra la presenza dell'indizio e la presenza del bersaglio più veloce era il tempo di reazione.

I tempi di reazione erano anche simili durante le condizioni di associazione e dissociazione con un'eccezione, quando ai partecipanti veniva richiesto di effettuare una saccade in direzione della freccia, mantenendo l'attenzione nel punto di fissazione centrale, essi non potevano farlo. Questo dimostra che quando viene fatta una saccade c'è una corrispondenza tra lo spostamento dell'attenzione nella direzione della saccade e un rallentamento dei tempi di reazione. Altri studi di brain imaging supportano questa ipotesi [Deubel e Schneider, 1996; Henderson, 2003; Koller e coll., 1995] e mostrano che ci sono delle strutture neurali comuni coinvolte sia nel movimento dello sguardo che nello spostamento dell'attenzione visiva localizzate nei lobi parietale e frontale [Corbetta, 1998].

Capitolo terzo

L'ESPLORAZIONE VISIVA NEL TENNISTAVOLO

In questo capitolo prenderemo in esame le ricerche effettuate sull'esplorazione visiva nei vari sport con la racchetta ed alla fine entreremo nei dettagli sulle ricerche riguardanti il tennistavolo. Per quanto riguarda quest'ultimo la letteratura scientifica non è molto abbondante.

Considerando le caratteristiche peculiari di questa disciplina sportiva come: velocità della palla, spazi ristretti di azione, l'occlusione continua della parte inferiore del corpo dovuta alla presenza del tavolo e le forti rotazioni subite dalla palla e non presenti in altri sport, fanno sì che questa disciplina sia un ambito interessante per lo sviluppo di nuove ricerche che possono avere tre obbiettivi: il

miglioramento della prestazione sportiva, comprendere il funzionamento ed i limiti del sistema visivo in compiti che richiedono un'immediata presa di decisione e scoprire nuove metodologie.

Le azioni dinamiche negli sport con la racchetta impegnano il giocatore in una serie di attività percettive e motorie che generalmente avvengono in modo ricorrente [Keele, Davison e Hayas, 1998]. Frequentemente la sequenza dei colpi durante gli scambi richiede che il giocatore prenda delle decisioni immediate solamente su delle informazioni parziali provenienti dall'esecuzione del gioco in modo da anticipare la direzione di arrivo della risposta dell'avversario.

Al giorno d'oggi i pongisti di alto livello colpiscono la palla a velocità superiori a 160 km/h. e per ricevere questi colpi devono iniziare i movimenti in anticipo, in modo da trovarsi nel posto giusto e al momento giusto per eseguire il colpo di risposta. Un ritardo percettivo e nella programmazione motoria impediranno all'atleta di effettuare l'azione con successo.

Considerando ciò, i giocatori di alto livello sono esperti nel mascherare le caratteristiche dei propri colpi e servizi in modo da mettere gli avversari di fronte a stimoli ingannevoli nascondendo variabili quali traiettorie e velocità della palla. La combinazione di queste variabili fa si che i giocatori esperti siano capaci di rispondere ad un numero illimitato di combinazioni di stimoli in una vasta varietà di situazioni. Come questi atleti riescano in questi compiti rimane un'area di grande interesse per gli scienziati dello sport che si propongono di aiutare i giocatori ad acquisire competenze e capacità nelle varie tipologie di sport con la racchetta.

Gli psicologi dello sport sono interessati dunque ad identificare gli indizi visivi e le strategie usate dai giocatori di alto livello per ridurre il ritardo nella presa decisionale e dell'azione motoria. L'assunzione di base è che scoprendo e modellando le percezioni di successo, il giocatore riuscirà minimizzare i propri tempi di azione. L'importanza di identificare gli indizi ambientali rilevanti e di ignorare quelli irrilevanti ha indirizzato la ricerca nel determinare gli indizi visivi maggiormente critici sui quali focalizzare l'attenzione. Come Willam James notò

molto tempo fa nel 1890, il riconoscimento percettivo è funzione dell'esperienza acquisita. L'importante è quindi stabilire quali sono le abitudini del comportamento nell'esplorazione visiva che forniscono informazioni o indizi vantaggiosi circa gli stimoli in arrivo, riconoscendo a questi indizi un ruolo fondamentale in funzione dell'obiettivo da raggiungere. Helsen e Stark (1999) affermano che gli sport con la racchetta richiedono delle decisioni multi dimensionali e richiedono anche una chiara distinzione tra percezione e azione.

2. L'elaborazione dell'informazione nello sport

Questo esame della letteratura si focalizza principalmente sulla teoria dell'elaborazione dell'informazione. Secondo questo punto di vista, gli stimoli acquisiti dall'ambiente vengono processati tramite stadi, che vanno dalla selezione della risposta alla programmazione dell'azione. All'interno di questo approccio concettuale, le qualità della prestazione si riflettono in termini di velocità ed accuratezza e l'informazione viene codificata ed accoppiata con la risposta motoria. Questi processi includono le strategie di esplorazione visiva, attenzionali e il comportamento motorio. Le domande principali alle quali cercheremo di dare delle risposte saranno: qual'è il comportamento esplorativo visivo dei giocatori praticanti gli sport con la racchetta? Il comportamento d'esplorazione visiva e d'anticipazione dei giocatori esperti si differenzia dai giocatori non esperti? Per dare una risposta a queste domande bisogna dare uno sguardo al sistema visivo ed alle sue caratteristiche e capacità, ed in particolare alle limitazioni che questo presenta inseguire palle da tennis, squash, tennis tavolo ed altre attività sportive di rimando.

3. Il sistema visivo coinvolto in azioni d'intercettazione

La maggior limitazione è la velocità con la quale l'occhio può muoversi. Spesso gli allenatori suggeriscono agli atleti: "Tieni gli occhi sulla palla", ma fare ciò non è facile come sembra. Willams e Starks analizzarono le caratteristiche di esplorazione visiva di 24 collegiali e 54 giocatori di baseball professionisti usando in combinazione l'elettromiografia e proiezioni video. Le misure elettromiografiche indicarono che nessun battitore era capace di seguire visivamente e continuamente la palla. Questo limite oculo-motorio venne attribuito alla velocità con la quale gli occhi possono muoversi mantenendo l'acuità visiva. Venne stimato che la direzione dello sguardo si disallineava con la palla tra i 60 e i 240ms prima del contatto. Al momento del contatto, il tracciamento oculare non era possibile a causa della velocità troppo elevata della palla. L'interpretazione computazionale era che l'accuratezza del movimento della racchetta, erano programmate basandosi sulle informazioni acquisite durante la fase d'inseguimento visivo della palla. Gli atleti che praticano sport che richiedono l'esplorazione visiva e il controllo dello sguardo devono adottare delle strategie per sopperire alle limitazioni imposte dal sistema visivo. In questo studi, quando i partecipanti inseguivano visivamente la palla, dissociavano la linea dello sguardo prima del contatto con l'oggetto in arrivo, quindi l'acquisizione visiva avveniva sotto il controllo dalla visione periferica [Hubbard e Seng 1954].

Di particolare interesse per gli studi sull'esplorazione visiva sono state le misure della localizzazione e della durata delle fissazioni. Una fissazione, come abbiamo già visto nel primo capitolo, viene definita come intervallo di tempo durante il quale lo sguardo si mantiene stabile per 100 ms o più [William e coll. 1999]. L'andamento delle fissazioni tende ad essere distribuito sulla scena mediante l'esecuzione di saccadi e una bassa frequenza di esplorazione visiva, ovvero, poche fissazioni per una durata più lunga è considerato essere un comportamento vantaggioso per l'acquisizione delle informazioni.

4. L'esplorazione visiva per ottenere informazioni utili all'anticipazione

In questi anni le ricerche sull'esplorazione visiva sono state esaminate per evidenziare le differenze di abilità di prestazione in compiti legati all'attività sportiva [Abernethy 1990; Goulet, Bard e Fleury, 1989; Williams, Davis, Burwitz e Williams, 1994]. Nello specifico i ricercatori hanno tentato di evidenziare i meccanismi e gli schemi di comportamento che differenziano gli esperti e i novizi nella loro abilità di percepire e di usare le informazioni significative nell'ambiente sportivo. La maggior parte delle ricerche in questa area si è concentrata sulle relazioni esistenti tra esplorazione visiva e attenzione selettiva, e sull'influenza di questi processi sulle strategie decisionali e sulla prestazione [Elsen 1992, Pawels 1993].

5. L'esplorazione visiva negli sport con la racchetta

Sono state trovate delle differenze nel comportamento di esplorazione visiva dei giocatori esperti confrontati con i non esperti in una larga varietà di sport e simulazioni sportive in compiti di intercettazione come il baseball [Sanc e Haywud, 1987], pallacanestro [Vickers, 1996], scherma [Bard, Guezennec e Papin, 1980], golf [Vickers, 1992, 1988], hockey sul ghiaccio [Bard e Fleury, 1981], pallavolo [Ripoll, 1998;Vickers e Adolphe, 1997] e tennis tavolo [Ripoll e Fleurance, 1988].

Basandosi sugli studi di Bard e Fleury del 1976 sui movimenti oculari nello sport, molti ricercatori si sono interessati ai processi attentivi, porgendosi delle domande riguardanti la natura dell'esplorazione visiva sia nella condizione di presentazione di immagini statiche sia in situazioni dinamiche. Tra le ricerche di maggior interesse si evidenziano quelle condotte da Abernethy e colleghi [Abernethy, 1990; Abernethy e Russell 1987a ,1987b] che tramite una serie sistematica di studi identificarono gli indizi visivi più pertinenti nel volano nello squash e di come le strategie esplorative si differenziano tra i gruppi di esperti e principianti.

5.1 L'esplorazione visiva nel badminton

Abernethy e Russell (1987a) utilizzarono le metodologie di occlusione spaziale e occlusione temporale per studiare come le sorgenti informative impiegate dai soggetti esperti e principianti influenzavano l'azione nel gioco. Negli esperimenti, il compito era quello di predire con velocità e accuratezza la zona di arrivo del colpo del giocatore avversario. Nel primo esperimento, l'occlusione temporale era utilizzata per modificare la durata dei colpi che venivano visti in sequenza. Trattando la variabile "Occlusione temporale" i giocatori esperti risultarono più capaci di utilizzare le informazioni presentate in anticipo sullo schermo rispetto al gruppo dei pricipianti. Risultati simili vennero ottenuti nel secondo esperimento con l'occlusione spaziale, dimostrando che sia esperti che principianti traggono vantaggio dalla percezione dell'informazione proveniente dal braccio e dalla racchetta dell'avversario, ma quando questi indizi venivano occlusi, l'accuratezza e previsione si riducevano per gli esperti ma non per i principianti.

L'effetto prodotto dalle occlusioni della racchetta e del braccio producono importanti effetti per esperti e principianti. Gli indizi provenienti dal braccio hanno luogo nella prima parte della sequenza di servizio e quindi danno un informazione anticipatoria che gli esperti sono in grado di catturare, ma per i principianti la rimozione di questa informazione è meno determinante, in quanto probabilmente essi sono meno attenti all'orientamento del braccio e della racchetta. Infine, questi risultati suggeriscono l'importanza della relazione tra parametri biomeccanici come l'orientamento del braccio e della racchetta e l'acquisizione dell'informazione.

Negli studi seguenti Abernethy e Russell (1987), utilizzarono delle tecniche di occlusione assieme alla registrazione di movimenti oculari e contrariamente alle aspettative, le strategie di esplorazione visiva non differivano tra esperti e principianti. Le fissazioni erano centrate sul braccio e sulla racchetta. Essi notarono nella scansione della sequenza delle similarità con la nozione di *visual pivot* come esposta da Ripoll, Williams e coll..[Ripoll e coll., 1995; Williams e Davids, 1998; Williams e Elliott, 1999].

5.2 Esplorazione visiva nello squash

Gli studi di Abernethy nello squash erano simili a quelli nel badminton, ai giocatori veniva richiesto di visionare delle situazioni di gioco presentate tramite video e di determinare la forza e la direzione del colpo dell'avversario. Come nei risultati nel badminton, vennero trovate delle differenze tra i gruppi di esperti e principianti nei compiti basati su prestazioni video con occlusione temporale. Il secondo esperimento venne condotto in un campo di squash per determinare se l'artificiosità del setting sperimentale basato su film a 2D influenzava le strategie di esplorazione visiva. Come nel precedente lavoro fu trovato che l'ordine, la durata e la distribuzione delle fissazioni rimaneva stabile tra i gruppi. Con questi risultati, Abernethy concluse che la differenza tra i gruppi non era dovuta alle fissazioni ma bensì al processamento del significato degli indizi acquisiti in varie locazioni dello spazio.

Ad ogni modo può essere che le strategie di esplorazione siano più simili che diverse tra i gruppi di esperti e di principianti, ma può anche essere che una sottile differenza nei movimenti oculari causi di un significativo aumento della differenza tra i gruppi. Sarà evidente in seguito come differenze di esplorazione visiva producono delle differenziazioni tra esperti e principianti.

5.3 L'esplorazione visiva nel tennis

5.3.1 *Misure indirette di esplorazione visiva*

I primi ricercatori che determinarono come i giocatori di tennis usavano gli indizi visivi per preparare la risposta motoria, furono Jones e Miles (1978). Il loro lavoro è spesso citato come uno degli studi pionieristici che hanno utilizzato l'occlusione temporale per determinare gli indizi critici necessari per la presa di decisione nello sport. A degli allenatori esperti e principianti nel lawn tennis, furono presentate delle sequenze di servizio e veniva richiesto loro di

determinare la zona di arrivo della palla il più velocemente ed accuratamente possibile. L'occlusione temporale avveniva a 336 ms dopo il contatto palla racchetta, a 126 ms dopo l'impatto e 42 ms prima dell'impatto. Nell'istante dell'occlusione del filmato prima del contatto con la palla si otteneva un decremento della prestazione nell'anticipazione per entrambi i gruppi, mentre l'accuratezza rimaneva stabile nelle due condizioni dopo il contatto con la palla. Ad ogni modo, delle differenze significative emergevano nelle condizioni a 126 ms dopo il contatto e 42 ms prima del contatto. Gli allenatori di alto livello risultarono più capaci di rispondere accuratamente rispetto i principianti. Questi risultati furono tra i primi a documentare queste differenze nell'utilizzo degli indizi visivi tra atleti di diverso livello.

Isaacs e Finch (1983), condussero delle ricerche similari nel tennis, utilizzando 34 principianti e 16 giocatori di livello medio. Come Jones e Miles (1978), utilizzarono il paradigma dell'occlusione temporale ed i filmati vennero occlusi in quattro momenti diversi: (a) 10ms prima del contatto, (b) al contatto, (c) 15 ms dopo il contatto, e (d) 30 ms dopo il contatto palla-pacchetta. I risultati indicano che, gli esperti sono superiori a predire direzione e zona di arrivo della palla nelle differenti condizioni. Questi risultati sono consistenti con quelli di Jones e Miles 1978, confermando la capacità degli esperti di acquisire e processare informazioni con anticipo.

Nel 1980, Buckloz, Prapavesis e Fairs fecero un esperimento per esaminare l'utilizzo degli indizi visivi utili per predire la direzione dei colpi passanti. Furono esaminati due gruppi di giocatori suddivisi in esperti e principianti, il cui compito era di visionare dei filmati di colpi passanti di rovescio, di dritto lungo linea, incrociati e pallonetti. Le risposte venivano fornite verbalmente. I risultati indicano che i giocatori esperti sono più accurati nel predire il tipo di colpo rispetto ai giocatori intermedi, inoltre i giocatori esperti usano diversi e più pertinenti indizi visivi. I ricercatori attribuirono i loro i risultati principalmente al fatto che gli esperti erano più capaci nell'uso della terminologia specifica e nell'utilizzo degli indizi visivi.

5.3.2 *Misure dirette di esplorazione visiva: movimenti oculari*

Gli studi di Goulet, Bard e Fleury (1989) sono tra i più citati e comprendono studi sull'esplorazione visiva e sull'anticipazione nel tennis. Essi compararono dei giocatori esperti e non esperti di tennis tramite sequenze video di servizi con due propositi: a) trovare delle ricorrenze nell'esplorazione visiva e b) determinare come l'assenza di informazione visiva influenzava l'acquisizione dell'informazione. Ai partecipanti, in due esperimenti correlati, veniva richiesto di predire il tipo di servizio, che poteva essere: piatto, con top-spin e con effetto laterale. In più le caratteristiche di esplorazione visiva erano esaminate per differenti fasi del servizio. Inoltre furono valutati anche gli schemi di fissazione visiva durante le fasi del servizio. Queste informazioni non erano disponibili nei precedenti studi, dove i movimenti oculari venivano registrati durante l'intera sequenza [Abernethy e Russell, 1987a e 1987b; Isaacs e Finch, 1983; Jonnes e Miles, 1978].

Nel loro primo esperimento Goulet, Bard e Fleury (1989) esaminarono con particolare attenzione la localizzazione e la frequenza di esplorazione visiva tra i gruppi nelle tre differenti fasi del servizio:la fase del rituale, la fase preparatoria e nella fase di esecuzione. Durante la fase rituale gli esperti dimostrarono una maggiore velocità di esplorazione visiva rispetto ai principianti. Gli autori descrivono questo come un fatto nuovo in quanto gli esperti processano l'informazione più velocemente e sono capaci di fissare in più aree in un dato periodo di tempo rispetto al gruppo dei principianti. Durante la fase preparatoria, l'esplorazione visiva risultò similare, mentre emersero delle differenze durante la fase rituale ed esecutiva. Gli esperti tendevano a localizzare l'esplorazione visiva attorno la testa, le spalle ed il tronco per ottenere informazioni generali sulla posizione del corpo. Durante la fase preparatoria, la distribuzione delle fissazioni era simile sia per gli esperti che per i principianti centrata principalmente: sulla palla in mano, nell' area di lancio e sulla testa del battitore. Durante la fase esecutiva, furono trovate ancora delle differenze tra i gruppi. Gli esperti terminavano la loro fissazione sulla racchetta prima dei non esperti, questi ultimi

tendevano inoltre a prolungare l'elaborazione seguendo la traiettoria della palla a lungo dopo l'impatto. Goulet, Bard e Fleury (1989) conclusero che gli esperti sono più in "Sintonia" con il proprio corpo ponendolo in una posizione migliore per ottenere informazioni per la presa di decisione.

Nel secondo esperimento Goulet, Bard e Fleury (1989) valutarono la capacità di percepire l'informazione di esperti e principianti con la metodologia dell'occlusione temporale. I filmati venivano interrotti nei seguenti punti: (a) fase preparatoria (875 ms), (b) fase preparatoria e prima fase esecutiva (1125 ms), (c) fase preparatoria ed esecutiva fino all'impatto palla-racchetta (1208 ms), (d) all'inizio della fase rituale fino all'impatto (4710 ms), (e) l'intero servizio senza occlusione (5048 ms), anche in questo compito i partecipanti dovevano determinare il tipo di servizio. Fu trovata un'interazione tra l'expertise e l'occlusione, che emergeva quando veniva mostrata solamente la fase preparatoria. Questo non accadeva in tutte le condizioni di occlusione, un incremento significativo dell'accuratezza della risposta non avveniva per il gruppo dei giocatori principianti nella fase rituale. Evidentemente gli esperti erano più capaci di usare l'informazione durante la fase preparatoria rispetto ai principianti. In questo esperimento viene sostenuto che i movimenti oculari sono simili durante la fase preparatoria, mentre, c'erano delle differenze nella velocità decisionale, e ciò doveva essere attribuito alla capacità di elaborazione dell'informazione acquisita. Ad ogni modo, gli esperti mostrarono di essere più veloci nella decisione, basandosi sulla percezione dell'informazione durante la fase rituale.

Goulet, Brad e Fleury (1989) ipotizzarono che la diversità tra esperti e non esperti nella strategia di esplorazione visiva può spiegare la differenza di prestazione. Ad ogni modo, questi risultati supportarono le ricerche di Abernethy (1988,1990) che affermavano che le differenze nei movimenti oculari possono non essere indicative del livello di capacità. Ad ogni modo questo articolo è spesso citato come supporto alle conclusioni di Abernethy. Singer e coll. (1996) che condussero un'estensione del lavoro di Goulet, Bard e Fleury (1989). Furono utilizzate due metodologie complementari per stimare l'esplorazione

visiva, il comportamento anticipatorio, il tempo di reazione e il tempo di azione sia per giocatori esperti che per principianti nel gioco del tennis in varie situazioni di laboratorio. La fase iniziale dell'esperimento fu progettata per esaminare le modalità di esplorazione durante la visione di servizi e di colpi di un avversario presentati tramite video. La velocità di decisione, a seconda del tipo di servizio, fu determinata dalla durata della registrazione tra l'inizio del servizio e il punto nel quale il partecipante premeva uno di due pulsanti posti su un braccio di una sedia. Le misure della risposta della direzione del servizio e dei colpi vennero effettuate considerando il tempo impiegato per muovere un joystick nella direzione verso la quale il partecipante aspettava il colpo. I risultati indicarono che durante il servizio i non-esperti fissavano più a lungo la testa del gruppo degli esperti. Singer (1996) conclude comparando le due strategie di esplorazione visiva dei due giocatori migliori con due giocatori principianti scelti a caso nel gruppo. Gli schemi di esplorazione sono marcatamente differenti, in quanto gli esperti dimostrano una sistematica strategia di ricerca degli indizi più rilevanti. Durante il servizio, gli esperti mostrano degli schemi di esplorazione localizzati attorno al braccio e alla racchetta. Dopo il contatto palla-racchetta, essi inseguono visivamente la palla. Al contrario gli schemi di esplorazione dei principianti risultano essere sparsi in varie locazioni.

Questo lavoro evidenzia l'importanza della velocità di decisione nel tennis e dei tempi di reazione e di movimento, che certamente contribuiscono a far sì che l'atleta si trovi al momento giusto al posto giusto. Singer dimostrò che la capacità di estrarre sorgenti informative spiega la maggior parte della variabilità di prestazione tra i gruppi di diverso livello. Le caratteristiche più importanti per classificare gli esperti e i non-esperti risultano essere i movimenti oculari, piuttosto che i tempi di reazione o le differenze nei tempi di movimento.

5.3.3 *L'esplorazione visiva durante il gioco*

Nonostante i risultati incoraggianti, questi studi tesi ad identificare delle strategie esplorative utilizzate dai giocatori di diverso livello presentano delle

limitazioni metodologiche dovute all'utilizzo di presentazioni basate su video e non su situazioni reali di gioco. Nello specifico gli schermi a due dimensioni e la semplice risposta tramite pulsante o joystick, possono mascherare delle strategie di esplorazione visiva utilizzate dai giocatori esperti. Abernethy, Thomas, Thomas (1993) affermano che effettuare gli esperimenti in laboratorio può causare una perdita di accuratezza dovuta: (a) all'assenza di fattori associati all'esperienza, (b)a dei compiti effettuati in situazioni ecologicamente non valide, (c) all'introduzione di potenziali effetti tetto o pavimento e (d) forzare gli esperti a rispondere utilizzando diverse informazioni rispetto a quelle quelle disponibili in contesti naturali.

Date queste limitazioni, Singer e collaboratori (1998) cercarono di descrivere i movimenti oculari degli esperti nella risposta al servizio in situazioni reali. Essi studiarono cinque giocatori di tennis in un compito di risposta ad un servizio dell'avversario durante il gioco reale. Furono registrati i movimenti oculari e vennero valutate le qualità delle risposte. Le risposte furono video-registrate e analizzate fotogramma per fotogramma nelle tre fasi di risposta. I due migliori giocatori dimostrarono di inseguire visivamente la palla durante tutta la traiettoria, mentre il gruppo di livello inferiore dimostrò una tendenza a fissare in locazioni diffuse, evidenziando una strategia che impiegava delle saccadi anticipatorie, per poi colpire la palla in quel punto con la racchetta.

Gli studi di Ward, Williams e Bennett (2002) studiarono gli schemi di esplorazione visiva con dei giocatori esperti e principianti che dovevano rispondere a degli stimoli costituiti da dei punti di luce che simulavano alcuni giocatori durante l'esecuzione di diversi colpi di tennis (vedi fig.11a,11b, cap. I)

A differenza degli studi discussi fino ad adesso, Ward, Williams e Bennett (2002) affrontarono il ruolo della capacità di anticipazione dal punto di vista teorico della percezione-azione. I risultati indicavano che non c'erano differenze di velocità nell'esplorazione in funzione del livello di capacità. Entrambi i gruppi dimostrarono un grande numero di fissazioni di breve durata nella condizione con i punti di luce. Le differenze tra i gruppi emersero per la durata e la localizzazione delle fissazioni in particolari regioni del corpo, con l'esplorazione

degli esperti distribuita principalmente nella regione centrale, e per i non esperti, principalmente distribuita in locazioni periferiche.

In sostanza il gioco del tennis ha delle costrizioni dovute ai parametri spaziali e temporali e i giocatori debbano essere abili a visualizzare gli indizi significativi dell'avversario per anticipare direzione e forza dei colpi. Gli studi visti sull'esplorazione visiva, evidenziano che gli esperti percepiscono poche variabili e mantengono le fissazioni in aree specifiche per più tempo rispetto ai principianti.

6. L'esplorazione visiva nel tennistavolo

Come ricordavamo in precedenza le ricerche sul tennistavolo non sono moltissime. Di particolare importanza sono quelle condotte da Ripoll e Fleurence (1988) . Il punto di partenza di queste ricerche era sostanzialmente di natura pratica in quanto uno dei consigli che usualmente veniva dato ai giocatori era quello di seguire con gli occhi la palla durante il gioco. Ma questo era in contraddizione con le reali possibilità del sistema visivo umano che non può inseguire oggetti che superano la velocità di 0,7 rad/s [Buser e Imbert, 1975] e questa velocità durante il gioco veniva e viene superata comunemente. Ripoll e Fleurence (1988) dunque si interrogano su quali strategie oculo-motorie venivano adottate dal sistema visivo per ovviare a questo inconveniente. Per dare una risposta a questa domanda vennero studiati 5 giocatori di tennistavolo della nazionale francese durante una sequenza di scambi ripetuti di dritto, di dritto in top-spin e di rovescio mediante la videoregistrazione delle azioni di gioco e dei movimenti oculari. Furono analizzati l'inseguimento visivo della palla e la coordinazione visuo-manuale. Vennero inoltre considerate le seguenti variabili dipendenti: (1) frequenza, durata totale, e durata media dell'inseguimento visivo della palla, (2) frequenza, durata totale e durata media della stabilizzazione occhio-testa al momento del contatto palla-racchetta.

I risultati indicarono che solamente la prima parte della traiettoria della palla veniva inseguita e che l'inseguimento veniva influenzato dal tipo di colpo, in

particolare, nello scambio di rovescio la palla veniva inseguita per più tempo. Nella fase esecutiva venne osservata una stabilizzazione occhio-testa ma questa coordinazione avveniva sistematicamente solo nella condizione di risposta di top-spin di dritto.

Nella discussione finale Ripoll e Fleurence osservano che non era possibile effettuare un inseguimento continuo della palla durante il gioco ma solamente nella prima parte.

Nella condizione di rovescio la fase d'inseguimento avveniva per un tempo prolungato e quindi venne ipotizzato che l'espansione sulla retina dell'immagine della palla fosse un fattore importante nel determinare il tempo di contatto come proposto da Lee (1983) e che questo coinvolge il fattore τ (tau).

Hubert Ripoll nel 1989 con lo stesso numero e con lo stesso livello di capacità di atleti dell'esperimento precedente, condusse una nuova ricerca per identificare la relazione esistente tra livello di "Expertise" e l'esplorazione visiva. In questo esperimento venne presa in esame una situazione reale di gioco, in particolare vennero analizzate due situazioni: (a) una condizione a bassa incertezza caratterizzata da scambi ripetuti di dritto e (b) una situazione caratterizzata da maggiore incertezza simile ad una situazione reale di partita. In queste due situazioni vennero registrati i movimenti oculari. Le parti del corpo considerate durante le registrazioni furono: le spalle il volto, l'avambraccio e la racchetta, e la palla. Inoltre vennero analizzati i tempi della fase preparatoria ed esecutiva dei colpi. Per quanto riguarda i movimenti oculari vennero presi in considerazione: (a) la comparsa in ordine cronologico delle fissazioni, (b) la frequenza e la durata totale delle fissazioni in ms, (c) la durata media delle fissazioni e (d) le percentuali del tipo di fissazione.

I risultati indicarono che nella condizione di maggiore incertezza il numero e la durata delle fissazioni era minore. Nella situazione di scambi ripetuti di dritto le fissazioni erano principalmente localizzate sull'avambraccio, mentre nella situazione di partita le fissazioni risultavano maggiormente localizzate sulla figura dell'avversario. Un risultato di grande importanza che influenzò altri studi, fu la scoperta che solamente la prima parte della traiettoria della palla veniva

inseguita visivamente e che nella situazione di scambi ripetuti questo avveniva per una percentuale più alta del tragitto della palla. Fu osservato inoltre che le fissazioni sull'avversario precedevano quelle della palla.

Per quanto riguarda invece i tempi di movimento Ripoll (1989) riscontrò una differenza significativa nella fase preparatoria del colpo nelle due condizioni (partita *vs* scambi ripetuti), dove nella condizione di partita il colpo aveva una durata minore durante l'esecuzione a causa accorciamento della fase preparatoria.

Nelle conclusioni Ripoll (1989) osserva che il tipo di strategia visiva veniva determinata dal grado di incertezza della situazione e quindi una maggiore incertezza causava un prolungamento della fase di acquisizione a discapito di quella esecutiva. Inoltre, la cronologia delle fissazioni può essere associata alle fasi di elaborazione dell'informazione.

Per concludere la rassegna, l'ultimo lavoro in questo ambito riguardante tennistavolo fu quello di Rodrigues, Vickers e Williams (2002). In questo lavoro venivano presi come riferimento gli studi di Ripoll del 1989 di Land e McLeod's del 2000 sul cricket.

In queste ricerche veniva analizzata solamente la fase di ricezione mentre veniva trascurata la fase di risposta costituita da un oggetto in arrivo che deve essere colpito ed indirizzato con successo verso un'area bersaglio del campo da gioco. Questo accade spesso negli sport come tennis, tennis tavolo e pallavolo, dove l'oggetto deve non solamente essere inseguito visivamente ma anche colpito e direzionato verso in una precisa locazione.

Come viene effettuato il movimento dello sguardo in queste situazioni temporali, spaziali e di pressione competitiva? Dove deve essere direzionato lo sguardo per raggiungere un'elevata prestazione durante la fase di azione? A queste domande viene data una risposta da Rodrigues, Vickers e Williams (2002) in uno studio sul tennis tavolo, dove due gruppi di atleti ad alto e basso livello vennero confrontati in un compito di risposta verso specifiche locazioni bersaglio del tavolo.

In fig. 1 viene mostrato il campo da tennis tavolo che era circondato da sei telecamere, che registravano il movimento della palla durante la fase di volo. I partecipanti indossavano un sistema per la registrazione dei movimenti oculari e un sistema magnetico per l'analisi cinematica del capo. Due aree bersaglio a destra e sinistra erano posizionate sul lato opposto del tavolo e dovevano essere colpite alla massima velocità. Con questo setting sperimentale, era possibile registrare la traiettoria della palla, la posizione dello sguardo sulla palla, il movimento del braccio e il completamento dell'azione di dritto. La pallina veniva servita da un giocatore esperto che la lanciava in modo tale che il secondo rimbalzo avvenisse in un area circolare dalla parte del dritto del soggetto partecipante. La velocità della palla veniva controllata e rimaneva costante nelle varie condizioni sperimentali.

Per segnalare il bersaglio da colpire venne usato un sistema di rilevamento del passaggio della pallina che attivava l'accensione delle luci. Le condizioni a cui i soggetti vennero sottoposti erano tre: (a) prima dell'inizio del servizio (condizione PC "pre-cue"), (b) durante la fase di volo iniziale della palla (condizione EC "early-cue") e (c) durante la fase finale del tragitto della palla (condizione LC "late-cue").

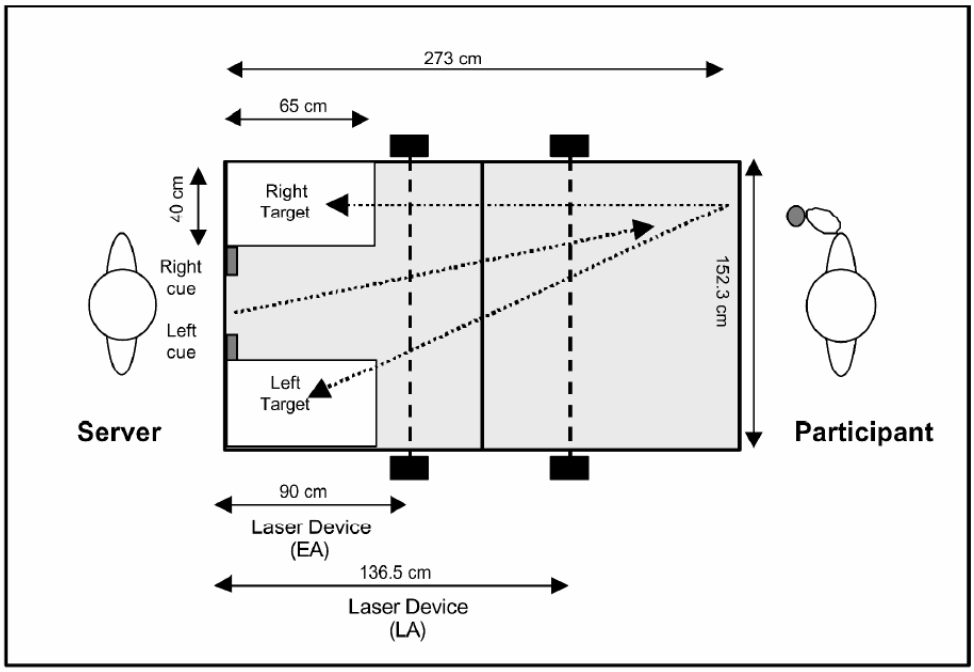

Fig. 1

Come atteso, il gruppo di basso livello ottenne dei risultati generalmente inferiori rispetto al gruppo di alto livello. Venne inoltre riscontrato un effetto causato dall'attivazione luminosa dei bersagli: tutti e d ue i gruppi erano accurati nella condizione a PC, come anche in quella EC, mentre nella condizione ritardata a LC, entrambi i gruppi presentarono una diminuzione dell'accuratezza.

Inoltre Rodrigues e coll. (2002) analizzarono le differenze d'accuratezza del movimento del braccio e del controllo dello sguardo per entrambi i gruppi. L'inizio, la fine e la durata del movimento non differivano tra i due gruppi e nelle diverse condizioni. Questo risultato fu simile a quello di altre ricerche nell'ambito della costante del tempo di azione [Boostma e Van Wieringen, 1990; Schmidt e Lee, 1999]. La durata del tracciamento della palla fu esaminata durante tutta la traiettoria e confrontata con quanto riportato da Land e McLeod (2000).

In fig. 2, viene mostrata la media del tempo di inseguimento nelle tre condizioni ed anche l'analisi della coordinazione occhio testa. L'asse delle x mostra la percentuale del tempo di volo, che va da 0% al 100% , lo 0 corrisponde al momento in cui la palla viene rilasciata nel servizio ed il 100% corrisponde al momento in cui il soggetto colpisce la palla. Sull'asse delle Y viene rappresentata la direzione dello sguardo relativa alla palla misurata in gradi di angolo visivo. Un valore di 0°, significa che lo sguardo è sulla palla ed un valore superiore ai 3° è rappresentato dalla linea tratteggiata e indica che lo sguardo non seguiva la palla con la visione foveale.

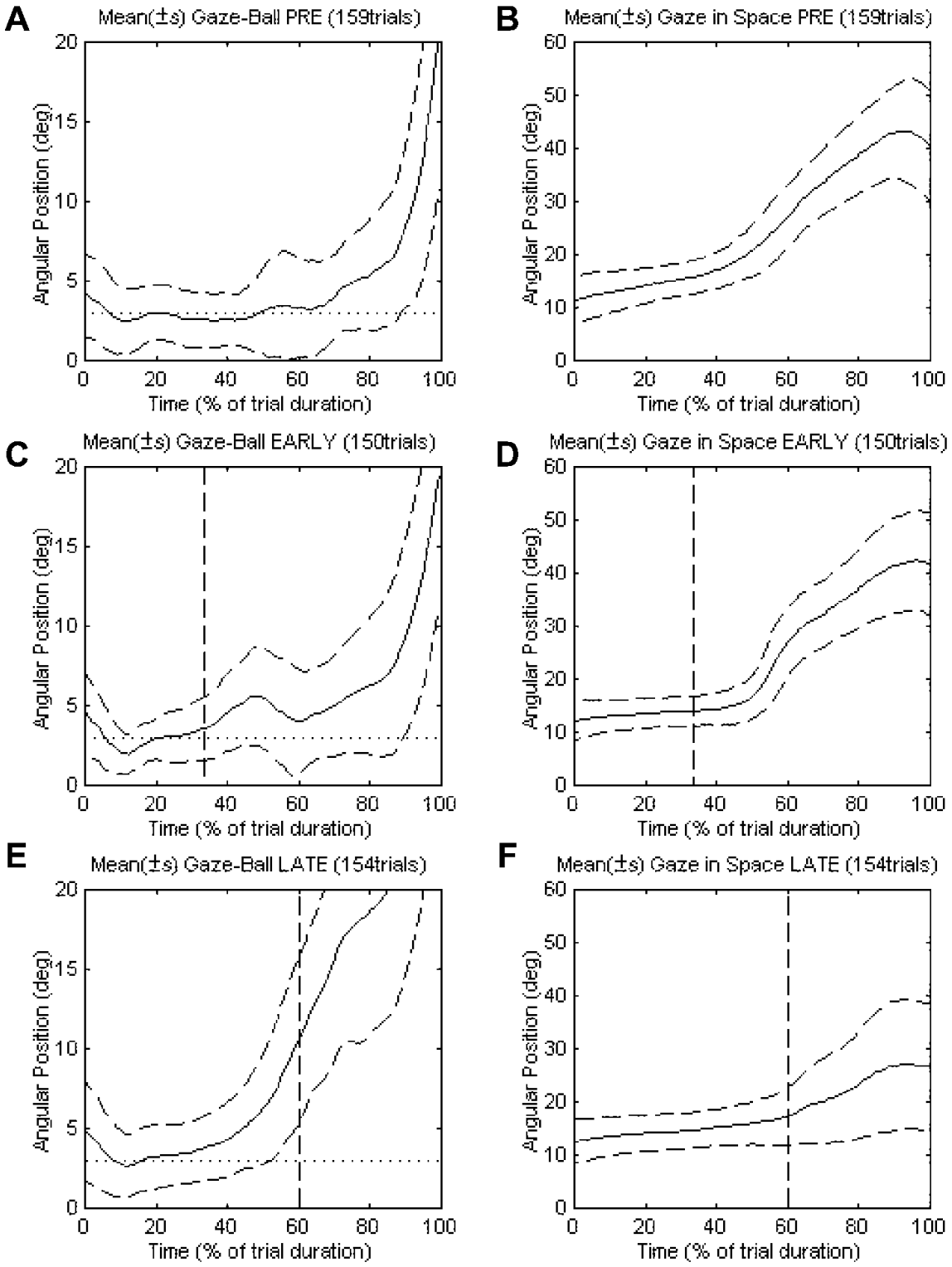

Fig.2

L'azione di "Quiet-eye" (occhio quieto) fu definita come la durata del tempo di inseguimento visivo durante il quale l'angolo sguardo-palla si mantiene al sotto

dei 3° gradi di angolo visivo, prima dell'inizio della fase finale del movimento del braccio per eseguire il colpo di dritto.

Nella figura viene mostrato come l'azione del "Quiet-eye" era presente al 95% in tutte le prove, quando la luce si accendeva in anticipo (A). La durata del "Quiet- eye" si estendeva dall' 8% al 50% del tempo totale del tempo di volo della palla.

Il grafico in mezzo (C) mostra la durata del "Quiet-eye", quando la luce del bersaglio si accendeva a 500ms prima del contatto. Possiamo vedere che lo sguardo era sulla palla dal 3 al 37%,

Il grafico in basso (E) mostra la durata del "Quiet-eye" nella condizione ritardata (LC) che durava dal 3 al 23%. La durata del "Quiet-eye" differiva in quanto la durata media era di 410ms nella condizione anticipata (condizione PC) e di 272ms nella condizione di ritardo minimo (condizione EC) e ciò indicava che c'era un tempo sufficiente per inseguire visivamente la palla, ma quando il "Quiet-eye" durava solamente 176 ms, come nella condizione ritardata (LC), non c'era abbastanza tempo per inseguire la palla e rilevare il bersaglio ed eseguire il colpo correttamente.

Questi risultati differivano da quelli di McLeod in due fattori: (a) non c'era l'inseguimento della palla dopo il rimbalzo, probabilmente dovuta alla presenza delle luci, che dirigevano lo sguardo verso il bersaglio e quindi i partecipanti non avevano scelta, dovevano togliere lo sguardo dalla palla per determinare quale bersaglio colpire, (b) il gruppo di esperti necessitava di 272ms o più per seguire la palla de effettuare il compito, quando però l'inseguimento medio era di soli 176 ms la prestazione peggiorava per entrambi i gruppi.

Fin qui abbiamo analizzato la letteratura scientifica riguardante gli sport con la racchetta. Nel prossimo capitolo riprenderemo queste ultime ricerche evidenziandone sia gli aspetti sia anche le limitazioni metodologiche. Effettuate le dovute considerazioni illustreremo una serie di esperimenti che sono stati effettuati per cercare di superare alcune limitazioni.

Capitolo quarto

IL TENNISTAVOLO

Una leggenda narra che, nell'Inghilterra del 1880, due studenti risultarono impreparati ad un'interrogazione. Per punizione furono fatti richiudere in una biblioteca in modo tale da poter colmare le loro lacune culturali. Purtroppo o forse per fortuna, secondo i punti di vista, i due impiegarono il loro tempo diversamente da com'era stato previsto. Vista l'atmosfera noiosa che regnava in quel luogo cupo uno dei due, estrasse dalla tasca un tappo di sughero e lo intagliò a forma di pallina. In seguito, vista l'abbondanza di libri in quel posto, pensarono di metterne alcuni su un tavolo in modo da dividerlo in due parti uguali. Infine presero in mano un libro ciascuno e incominciarono a rimandare la palla da una parte all'altra della tavola.

Trascorso quel pomeriggio i due scolari ritornarono alle loro case soddisfatti di essersi divertiti come non mai, ripromettendosi di giocare ancora in quel modo. I due erano totalmente ignari che quel gioco sarebbe diventato, in seguito, una vera e propria disciplina sportiva praticata in tutto il mondo e chiamata prima "Ping-pong" ed in seguito "Tennistavolo".

2. Le origini

All' inizio il ping-pong veniva praticato in Inghilterra intorno al 1880 all' interno di salotti come puro divertimento. In quel tempo c'era molta promiscuità nei

materiali da costruzione: per le racchette veniva usato il legno, il cartone o il budello; per le superfici si usufruiva di sughero o di carta vetrata; per le palline veniva adoperato il sughero o gomma. Le retine erano di differenti altezze e qualche volta consistenti in un unico cordoncino mentre i tavoli erano di differenti misure.

Per quanto riguardava, invece, il servizio poteva essere eseguito sia come quello d'oggi sia direttamente nella metà campo avversaria.

Fig. 1: Attrezzatura della fine dello scorso secolo utilizzata nel gioco del tennistavolo

Con il trascorrere del tempo furono fissate le regole del gioco ed organizzate le prime competizioni. Un fattore di notevole importanza fu che verso la fine del 1800 venne introdotta la pallina di celluloide. Altre date di rilievo furono il 1922, anno della fondazione dell'ITTF e il 1977 quando l'ITTF stesso ricevette il riconoscimento dal Comitato Internazionale Olimpico. Quest'ultimo evento fu l'anticamera per l'inserimento del tennistavolo come disciplina olimpica che avvenne con le Olimpiadi di Seul nel 1988.

3. Il regolamento

Una partita di tennistavolo vede contrapposti due giocatori, nella gara del singolo, o due coppie di giocatori nella gara del doppio. La gara si svolge in locali chiusi ed è consigliabile che il pavimento sia di legno duro, o di altro

materiale, in ogni caso rigido e non sdrucciolevole. Le pareti del fondo devono essere di colore scuro ed uniforme e la luce deve essere disposta in modo da non infastidire i giocatori. Il sistema d'illuminazione deve essere posto ad almeno 4 metri di altezza.

L'area di gioco è costituita da un tavolo rettangolare perfettamente liscio ed orizzontale, alto 76 cm dal suolo e dalle dimensioni di 152x274 cm, di colore verde, con un bordo bianco di 2 cm (vedi fig.3).

Fig. 3 tavolo da gioco con le relative dimensioni

Tale tavolo è diviso esattamente a metà, nel senso della larghezza, da una rete alta 15 cm. accuratamente tesa ed orlata superiormente da una fettuccia bianca che ne consente la perfetta visibilità.

Per le manifestazioni nazionali ad ogni tavolo deve essere riservata un'area di gioco di metri 10x5, mentre per quelle internazionali è prevista un'area di metri 14x7 (vedi fig.3).

La pallina, di plastica di colore bianco o giallo, ha una circonferenza di 40 mm e non deve superare i 5 grammi di peso; le racchette, possono essere di qualsiasi forma, purché le superfici siano una di colore rosso e l'altra nera e che il materiale di rivestimento sia omologato dalla federazione internazionale.

I giocatori, devono colpire la palla con la racchetta ed inviarla nella zona avversaria in modo tale da impedire o rendere il più possibile difficoltoso il

rimando della stessa nella propria zona. Ciascun giocatore ha diritto al servizio, cioè a battere per due volte consecutive.
La pallina può essere rimandata all'avversario soltanto dopo il primo rimbalzo sul tavolo, con un colpo solo di racchetta e senza essere toccata con qualche parte del corpo.
In caso contrario si concede un punto all'avversario. Ciò avviene anche ogni qualvolta si manda la pallina fuori dell'area del tavolo o direttamente nella rete, quando ci si appoggia sul tavolo o si effettua un servizio irregolare. Si vince la partita, quando ci si aggiudica tre set su cinque.
Ogni set termina a 11 punti; in caso di parità a 10 punti, è necessario giocare fino a quando uno dei due atleti non abbia un vantaggio di due punti.
Al termine d'ogni set si effettua il cambio di campo. Se un set non è terminato dopo 10 minuti dal suo inizio si dice che ha raggiunto il tempo limite; il resto dell'incontro dovrà essere giocato secondo le regole dell' "expedite system".

4. L'evoluzione del gioco

In questo periodo l'evoluzione dei materiali ha influenzato in modo determinante la tecnica gestuale. In particolar modo l'avvento delle gomme "sandwich" ha prodotto una trasformazione sostanziale del gioco, in altre parole, si è passati da un gioco di tipo lineare, ad uno in cui la palla subisce forti rotazioni. Per tale motivo possiamo osservare che le traiettorie della palla da rettilinee sono diventate curvilinee; questo grazie alle gomme che possiedono delle superfici "grippanti". Tali superfici quando entrano in contatto con la palla in modo tangenziale producono il cosiddetto "effetto" ovvero conferiscono alla palla una forte rotazione o "spin". Il top-spin rappresenta l'espressione massima di questo tipo di gioco.

Fig. 2 in alto, il rivestimento della racchetta in gomma di caucciù, in basso l'impugnatura in legno.

In questi ultimi anni il tennistavolo, da un punto di vista tecnico, non ha subito notevoli modifiche e l'unica nota rilevante è stata l'avvento della colla fresca. Questo sistema d'incollaggio delle gomme al telaio ha permesso lo sviluppo di racchette molto "veloci". Questo incremento di velocità, ha portato ad una profonda trasformazione della tecnica, ovvero si è passati da un gioco lento con movimenti ampi ad un gioco fatto di gesti molto brevi e veloci in modo tale da permettere un risparmio temporale della fase esecutiva.

Per frenare questa tendenza l'International Table Tennis Federation dal 2002 in poi ha introdotto delle nuove regole come l'ingrandimento della pallina che è passata da 35 mm a 40 mm e il servizio durante il quale la pallina deve essere sempre visibile all'avversario per impedire il mascheramento.

5. La tecnica gestuale

Le caratteristiche principali di questa disciplina sportiva sono: la velocità della palla che può raggiungere i 160 Km/h durante le schiacciate e le rotazioni che possono arrivare fino a 8000 rpm durante i top-spin [Y. Ushiyama e coll. 2001]. Per questo la scelta e l'esecuzione accurata del colpo più appropriato risultano essere decisivi. Lo scopo di questo paragrafo sarà quello di fornire un'idea generica dei colpi maggiormente utilizzati senza però entrare nei dettagli. Al termine ci soffermeremo maggiormente sul servizio, in quanto è uno degli

elementi tecnici fondamentali e l’oggetto di studio della ricerca effettuata che sarà illustrata nel capitolo quinto.

5.1 Il palleggio

Il palleggio viene eseguito con un movimento della racchetta che parte da dietro-alto per andare verso avanti-basso, questo colpo imprime alla palla una rotazione verso il basso.
L' impatto con la palla è di tipo tangenziale. Questo viene utilizzato principalmente nella risposta al servizio e il suo scopo principale è quello piazzare la palla in modo da rendere difficoltosa la successiva apertura del gioco da parte dell' avversario.

5.2 Lo scambio

Lo scambio si effettua mediante un movimento della racchetta che va da dietro verso avanti seguendo la traiettoria della palla. La racchetta al momento dell'impatto risulta essere perpendicolare alla traiettoria della palla, la quale non acquisisce una forte rotazione.

5.3 Il top-spin e il contro-top

Il top-spin è il movimento opposto a quello del palleggio ovvero la racchetta parte da dietro-basso per finire in avanti-alto. La palla viene colpita dalla racchetta tangenzialmente nella parte superiore conferendogli in questo modo una forte rotazione dal basso-verso l'alto. Questo colpo è utilizzato come elemento offensivo per concludere il punto.
Il contro-top è una variante del top-sin ed è un colpo molto aggressivo e consiste in una risposta in top-spin ad un top-spin avversario. Presenta la caratteristica di essere un colpo rischioso e di essere particolarmente utilizzato ad alti livelli agonistici.

5.4 Il block

Il block viene utilizzato come elemento di difesa in caso di attacco in top-spin da parte dell'avversario. Sì esegue mediante il posizionamento della racchetta vicino al punto in cui la palla effettuerà il suo rimbalzo sul tavolo. Una variante di tale colpo è il block attivo ovvero quando la racchetta invece di essere posizionata staticamente viene portata in avanti conferendo alla palla ulteriore velocità.

5.5 Il flip

Il flip viene utilizzato come apertura del gioco, quando la palla viene servita corta e quindi non può essere aggredita con il top-spin. Il movimento viene effettuato mediante una flessione palmare o dorsale (a seconda se di dritto di rovescio) dell'articolazione del polso a braccio quasi completamente disteso.

5.6 La schiacciata

La schiacciata viene eseguita sulle palle che risultano particolarmente alte. L'esecuzione è molto simile al contrattacco solamente che la racchetta parte da molto in alto per portarsi verso avanti-basso. Questo colpo viene utilizzato solitamente per concludere uno scambio.

5.7 La difesa tagliata

La difesa tagliata viene particolarmente utilizzata dai difensori, lo scopo principale di questo colpo è quello di mantenere la palla in gioco sull' attacco in top-spin dell' avversario. Il movimento della racchetta è simile al palleggio solamente che viene eseguito lontano dal tavolo e risulta essere più ampio e con una traiettoria più vicina alla verticale.

5.8 La difesa alta

La difesa alta viene eseguita in caso di schiacciata avversaria. Lo scopo del colpo è quello di rimandare la palla nel campo avversario mediante un pallonetto liftato (rotazione della palla verso l'alto). In tutte queste esecuzioni tecniche è implicito l'utilizzo dell'azione delle gambe e del busto che offrono un contributo notevole all'azione.

6. Il servizio e la risposta

6.1 Il regolamento del servizio

Per poter effettuare un servizio valido all'inizio la pallina si deve trovare nel palmo della mano del giocatore, quest'ultima deve essere aperta o semi-distesa ed il pollice deve essere disposto lateralmente con le altre dita unite.

La pallina deve essere ben visibile all'avversario e ad uno dei due arbitri. Il lancio dovrà essere quasi verticale con un'angolazione minima di 45° e la pallina dovrà essere colpita nella fase discendente dopo aver raggiunto l'apice della parabola. Non c'e nessuna regola che prescrive a quale altezza bisogna alzare la pallina, è importante, al momento del lancio, che il palmo della mano sia sopra del livello del tavolo e dietro la linea di fondocampo.

Colpita la pallina, questa deve rimbalzare nel proprio campo una volta, prima di toccare la metà campo dell'avversario.

Da qualche anno a questa parte, per diminuire l'efficacia di questo colpo, la Federazione Internazionale ha introdotto una nuova regola che obbliga il battitore a rendere visibile all'avversario la completa traiettoria della pallina impedendone il mascheramento. Questo per dare una maggiore continuità al gioco rendendolo più spettacolare.

6.2 Tipi di servizio

Il servizio è il colpo che viene eseguito per mettere in gioco la palla e lo possiamo suddividere principalmente in tre categorie: servizio di dritto, servizio di rovescio e servizio laterale con lancio alto della pallina. Tali colpi si distinguono l'uno dall'altro per due motivi: secondo la posizione del corpo rispetto alla palla al momento dell'impatto e secondo quale delle due superfici della racchetta colpisce la palla.
I servizi che possono essere eseguiti sono molteplici, ma quelli maggiormente utilizzati che prenderemo in considerazione sono: il servizio laterale con lancio alto della pallina e il servizio di rovescio. Quest'ultimo è stato oggetto

6.2.1 *Servizio di dritto laterale*

La posizione del corpo del battitore è laterale al tavolo in modo che il prolungamento della linea delle spalle formi un angolo retto con la linea di fondocampo del tavolo. Le gambe sono divaricate con una larghezza pari o poco più a quelle delle spalle ed il peso del corpo è disposto su entrambi gli arti inferiori. Il movimento della mano con la racchetta parte da dietro-alto e va verso avanti-basso e finisce dopo l'impatto con la palla. Al termine il peso del corpo risulterà essere spostato dalla gamba destra a quella sinistra. La rotazione che si vorrà imprimere dipenderà dall'inclinazione della racchetta al momento dell'impatto con la pallina.

6.2.2 *Servizio di rovescio*

Il giocatore si trova lateralmente rispetto al tavolo, con la gamba destra più avanti della sinistra. La spalla e l'anca destra rimangono vicino al tavolo sul lato del rovescio. Prima dell'esecuzione il peso del corpo è naturalmente disposto su

entrambi gli arti, la spalla destra è più bassa di quella sinistra, la mano sinistra e l'avambraccio sono paralleli alla linea di base.
La mano destra viene portata inizialmente sul lato sinistro del corpo, leggermente sotto il gomito. Durante l'esecuzione del servizio, il peso del corpo è portato sulla gamba destra, mentre la mano con la racchetta viene portata da dietro-alto verso avanti-basso, davanti al corpo e dopo il punto d'impatto dietro in alto verso il dritto. Al contatto della racchetta con la pallina, la rotazione, viene impressa mediante un adeguato movimento del polso e un rapido innalzamento del gomito. E' importante dopo l'effettuazione del servizio, fare un piccolo passo all'indietro per portarsi alla posizione di base.

6.3 L'importanza del servizio e della risposta

L'esecuzione di un buon servizio permette di iniziare il gioco nelle condizioni migliori e quindi di vantaggio per la conquista del punto. Chiaramente sarà importante scegliere il servizio giusto in relazione alla specifica azione tattica che si vuole attuare.
Se dovessimo giocare contro giocatori veloci che basano il loro gioco sullo scambio e sul block, il servizio migliore da eseguire, per chi predilige un gioco in top,
sarà quello, detto in gergo, "tagliato-sotto", "mezzo-lungo". Il secondo rimbalzo sul campo di chi risponde, dovrà essere al limite della linea di fondocampo, in modo che l'avversario sarà forzato a rispondere con un palleggio, facilitando l'apertura in top-spin.
Se si volesse, invece, iniziare con un gioco veloce, i servizi più adatti sono quelli senza rotazione o con rotazione superiore, ovvero servizi che permettono all'avversario di rispondere con un flip; dopo il quale è più facile intraprendere uno schema tattico basato su schemi rapidi d'attacco.
E' importante individuare il più presto possibile le lacune tecniche dell'avversario, i suoi punti deboli, in modo da scegliere i servizi migliori da eseguire. Se ad esempio dovessimo trovarci di fronte a giocatori destrimani forti

di dritto, senza un buon rovescio di apertura, dovremo cercare di servire in modo molto angolato della parte del rovescio, utilizzando,quindi, un servizio di dritto laterale con effetto inferiore o superiore a seconda della nostra esigenza tattica.

Capitolo quinto

PARTE SPERIMENTALE E CONCLUSIONI

Dall'analisi della letteratura effettuata nei capitoli precedenti si evidenzia che la ricerca scientifica riguardante l'esplorazione visiva nel tennistavolo non è molto abbondante e che nelle ricerche effettuate è stato fatto un notevole utilizzo della metodologia che prevedeva il rilevamento dei movimenti oculari e questo ha prodotto dei risultati fornendo delle informazioni riguardanti il comportamento visivo degli atleti. Questi studi evidenziano come durante il gioco sia importante la fase di inseguimento visivo della palla che avviene subito dopo il contatto con la racchetta dell'avversario [Ripoll e Fleurance 1988, Ripoll 1989]. In particolare ad un inseguimento prolungato ed effettuato con anticipo viene correlata una maggiore probabilità di successo della risposta [Rodrigues e coll. 2002]. Oltre a ciò un inseguimento visivo anticipato sarà funzionale alla produzione di saccadi che anticiperanno la posizione del rimbalzo della pallina, diversamente un inseguimento visivo ritardato sarà causa di movimenti saccadici ritardati e quindi questo produrrà una diminuzione della prestazione [Land e Furneaux, 1997; Land e McLeod, 2000].

Purtroppo lo studio dei movimenti oculari analizza in dettaglio il comportamento visivo dell'atleta ma non da alcuna indicazione certa su quali siano gli indizi che l'atleta utilizza per svolgere il compito. Esiste infatti un forte dibattito, peraltro già affrontato nel capitolo II°, sull'associazione e dissociazione dei movimenti oculari all'attenzione visiva. Come conseguenza di ciò non è noto quali siano le

reali sorgenti informative che il giocatore utilizza durante il gioco del tennistavolo in quanto a volte la direzione dello sguardo può essere dissociata dal fuoco attentivo. Per ovviare a questo inconveniente in altri sport quali tennis [Jones e Miles 1978, Isaacs e Finch 1983, Jackson e Morgan 2007], squash [Abernethy 1990] e badminton [Abernethy e Russe 1987a, 1987b] sono state utilizzate due metodologie: l'occlusione temporale e quella spaziale, ma tali metodologie non sono mai state applicate al tennistavolo. Per questa ragione noi abbiamo deciso di applicarle al tennistavolo per rispondere ad alcune domande che le precedenti ricerche hanno lasciato ancora in sospeso e che sono: quali sono gli indizi visivi utilizzati dai giocatori di tennistavolo durante la risposta al servizio utili per sviluppare una risposta efficace: la palla, la racchetta o il corpo dell'avversario? In che momento dell'azione queste parti sono informative e funzionali alla predizione della zona di arrivo della palla? Queste parti sono informative in generale oppure forniscono degli indizi specifici relazione al compito da svolgere?

Rispondere a queste domande risulterà importante per gli allenatori in quanto potranno dare suggerimenti agli allievi su quali parti dell'azione focalizzare la propria attenzione, affinare le tecniche del servizio rendendolo più incisivo e migliorare la risposta considerando la componente temporale di comparsa dell'informazione utile per la risposta. Considerando questi aspetti abbiamo progettato e realizzato quattro esperimenti che illustreremo qui in seguito.

2. I esperimento: occlusione temporale in un compito di previsione della zona di arrivo del servizio

2.1 Disegno sperimentale

Il disegno sperimentale era il seguente: variabile occlusione temporale (3 livelli: T0, T1 e T2) x variabile settore (9 livelli: 1-9) x 4 ripetizioni. Per la presentazione degli stimoli abbiamo utilizzato un programma da noi realizzato in

ambiente Lab Windows Cvi 8.0 che prevedeva una randomizzazione a blocchi degli stimoli.

2.2 Osservatori

All'esperimento hanno partecipato due gruppi di osservatori: il primo gruppo era costituito da 15 soggetti esperti nel gioco del tennistavolo di età media 32,7 anni (SD= 12,2) mentre il secondo gruppo era composto da 15 soggetti non esperti nel gioco del tennistavolo di età media 36,1 (SD=8,7) per un totale complessivo di 30 soggetti di genere maschile.

Per *giocatore esperto* si intende un giocatore di tennistavolo che pratica questa attività sportiva regolarmente due o più volte la settimana e che ha praticato e pratica attività a livello agonistico. Per *giocatore inesperto* si intende un soggetto che non ha mai praticato questa attività sportiva anche se occasionalmente può aver praticato questo gioco (ad esempio una o due volte l'anno) ma non ha mai effettuato gare di tipo agonistico.

Tenendo in considerazione le due definizioni appena date i soggetti sono stati sottoposti ad un breve colloquio preliminare e successivamente assegnati al gruppo dei giocatori esperti (E) oppure a quello dei non-esperti (NE).

2.3 Apparato e procedura

Per la preparazione degli stimoli è stato videoregistrato un pongista durante la fase del servizio. I servizi sono stati effettuati di rovescio con una rotazione inferiore e ognuno dei quali finiva in una zona diversa del tavolo del ricevitore. Il tavolo, precedentemente, era stato suddiviso in nove settori di grandezza uguale numerati da 1 a 9. I settori 1, 2 e 3 erano i settori sottorete, il 4, 5 e il 6 rappresentavano la fascia centrale mentre quelli dal 7 al 9 erano la fascia di fondocampo (fig. 1).

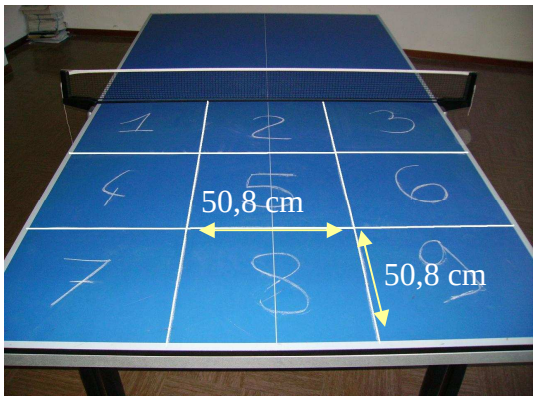

Fig. 1: suddivisione in settori del tavolo

Per migliorare il contrasto della scena, il battitore indossava degli abiti di colore diverso da quello dello sfondo che era di colore nero per evitare riflessioni di luce. Inoltre, nelle riprese si è utilizzato un sistema di illuminazione supplementare.

La telecamera usata era una Panasonic (NV-GS17EG) ed era stata posizionata a un altezza di 1,60 cm al centro del campo di ricezione in modo da simulare il punto di vista di un pongista di altezza media durante la fase di ricezione.

A questo punto le videoregistrazioni effettuate sono state digitalizzate e manipolate mediante il programma di video editing Microsoft Windows Movie Maker 5.1 ottenendo così nove clip dei nove servizi di base. Successivamente ogni videoclip è stato tagliato al momento del rimbalzo della palla sul tavolo del battitore, ottenendo così la condizione di controllo T2 (vedi fig. 2a). Questi clip sono stati tagliati ancora nel momento in cui la pallina era in una fase intermedia di volo ottenendo la condizione T1(vedi fig.2b), e nuovamente tagliati quando la pallina entrava in contatto con la racchetta del battitore ottenendo la condizione T0 (vedi fig. 2c). Complessivamente sono stati prodotti 3 serie di 9 clip. Le serie si differenziavano tra loro per la durata. Tutti i video dell'esperimento finivano con una schermata nera della durata di 8 secondi.

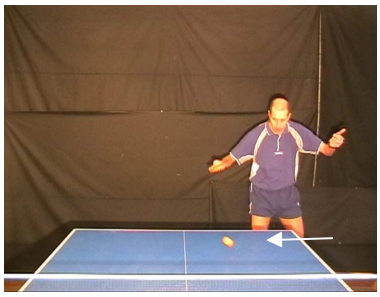

Fig. 2a Ultimo fotogramma del video della condizione T2 (al momento del rimbalzo della pallina sul tavolo)

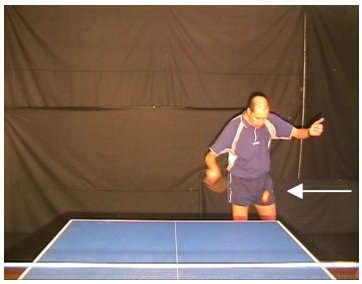

Fig. 2b Ultimo fotogramma del video della condizione T1 (quando la pallina era in fase di volo)

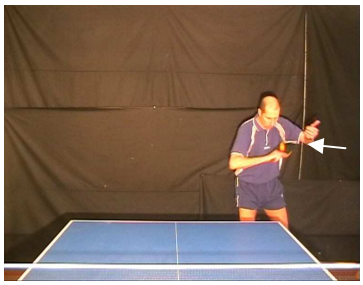

Fig. 2c Ultimo fotogramma del video della condizione T0 (quando la palina era a contatto con la racchetta)

L'osservatore veniva accompagnato in laboratorio e fatto accomodare davanti al computer e istruito verbalmente sul compito. Prima di iniziare il soggetto effettuava alcune prove di familiarizzazione con l'apparato sperimentale.

Per iniziare ogni prova l'osservatore doveva premere il tasto F5 per far partire il video e successivamente doveva prevedere la zona di arrivo della palla premendo il tasto corrispondente sul tastierino numerico appositam ente predisposto (vedi fig. 3).

Fig.3:
Tastierino utilizzato per raccogliere le risposte.

La distanza tra lo schermo del PC e la testa del soggetto era stata calcolata in modo che l'angolo visivo formato dal battitore con il soggetto nei video riproducesse quello della telecamera con il battitore durante le riprese.

2.4 Risultati

Prima dell'analisi i dati sono stati trasformati in percentuali e successivamente in radianti applicando una trasformazione arcoseno per normalizzare la distribuzione. Per comparare la prestazione dei due gruppi è stato utilizzato un t-test per campioni indipendenti da dove sono emerse delle differenze significative tra i gruppi $t_{(28)}=7{,}12$ $p < 0{,}001$ (vedi fig. 4).

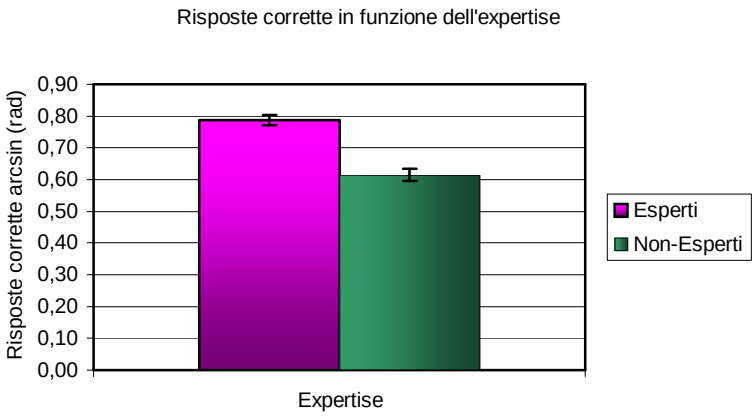

Fig. 4: Nel grafico è rappresentati la media delle risposte corrette per i 2 gruppi

Questo grafico evidenzia come il gruppo dei giocatori esperti (media 0,79) ha ottenuto dei valori medi superiori a quelli dei non-esperti (media 0,61).

Per l'analisi della prestazione dei due gruppi di soggetti nelle diverse condizioni (T0, T1 e T2) è stata utilizzata un ANOVA 2 x 3. Si è riscontrato un effetto significativo sia della variabile "occlusione temporale" ($F_{(2,28)}=55{,}37$, $p.<0{,}0001$) sia della variabile "expertise" ($F_{(1,14)}=55{,}76$, $p.<0{,}0001$), (vedi fig. 5).

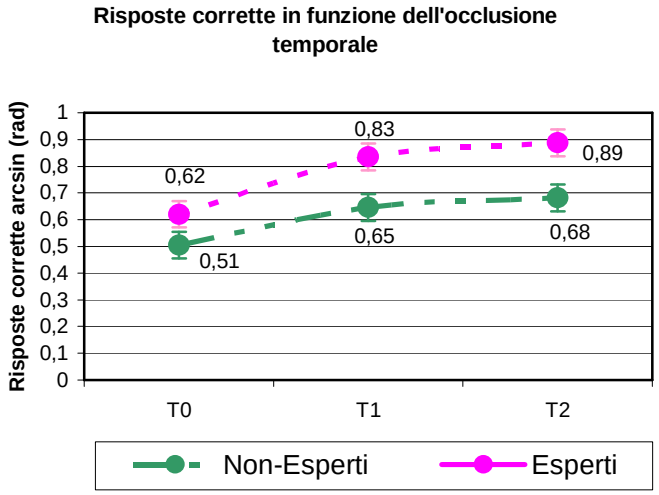

Fig. 5 Nel grafico vengono rappresentati i risultati raggiunti dai due gruppi nelle tre condizioni T0, T1e T2.

Dall'analisi è emersa una superiorità del gruppo degli esperti sui non-esperti in tutte le condizioni. In generale tutti i soggetti migliorano passando dalla condizione T0 (occlusione all'impatto della palla con la racchetta) alla condizione T1(occlusione della pallina in fase di volo), mentre la condizione T2 (occlusione della pallina al momento del rimbalzo sul tavolo), non si differenzia da T1 per entrambi i gruppi. I confronti pianificati post hoc hanno evidenziato differenze statisticamente significative tra le condizioni T0 *vs* T1e T0 *vs* T2, con un livello di probabilità sempre inferiore allo 0,001. Questo risultato è in accordo con le precedenti ricerche che considerano l'inseguimento visivo della prima parte della traiettoria della pallina come funzionale alla prestazione.

3. II esperimento: occlusione spaziale in un compito di previsione della zona di arrivo del servizio

3.1 Disegno sperimentale

Il disegno sperimentale era il seguente: variabile occlusione spaziale (4 livelli: C0, C1, C2 e C3) x variabile settore (9 livelli:1-9) x 4 ripetizioni. Per la presentazione degli stimoli abbiamo utilizzato il programma dell'esperimento

precedente. Anche in questo è stata utilizzata una randomizzazione a blocchi. Come variabile dipendente sono state considerate le risposte corrette.

3.2 Osservatori

Questo esperimento è stato realizzato alla Brown University a Providence (RI, USA) All'esperimento hanno partecipato due gruppi di osservatori: il primo gruppo era costituito da 15 soggetti esperti (14 maschi, 1 femmina) nel gioco del tennistavolo, di età media di 41,8 (SD=8,4) anni mentre il secondo gruppo era composto da 15 soggetti non esperti nel gioco del tennistavolo (10 maschi, 5 femmine) di età media di 31,8 (SD=8,7) anni per un totale complessivo di 30 soggetti. Per la suddivisione dei soggetti nei due gruppi esperti (E)- non-esperti (NE) è stato utilizzato lo stesso criterio dell'esperimento precedente.

3.3 Apparato e procedura

Per realizzare la condizione di controllo C0 sono stati utilizzati gli stessi videoclip della condizione T2 dell'esperimento precedente. Successivamente da questi nove video clip della condizione C0 state ricavate le altre condizioni. Nella condizione C1 sono state occluse le spalle e la testa del battitore, nella condizione C2 è stata occlusa la pallina, nella condizione C3 è stata occlusa la racchetta (vedi fig. 6). Per realizzare gli effetti video è stato utilizzato il programma After Effects 7 applicando una tecnica di pitturazione fotogramma per fotogramma.

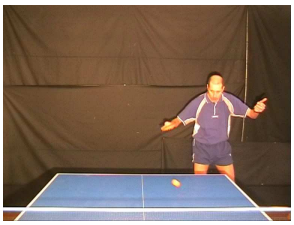

Fig. 6a Condizione C0 condizione di controllo senza occlusione uguale alla condizione T2 dell'esperimento precedente

Fig. 6c Condizione C2 condizione di occlusione della pallina

Fig. 6b Condizione C1 condizione di occlusione delle spalle e la testa del giocatore

Fig. 6d condizione C3 condizione di occlusione della racchetta

La procedura era la stessa dell'esperimento precedente.

3.4 Risultati

Prima dell'analisi i dati sono stati trasformati in percentuali e successivamente in radianti applicando una trasformazione arcoseno per normalizzare la distribuzione. Anche in questo caso i soggetti esperti anno avuto dei risultati superiori ai non esperti ($t_{(28)}$=7,12 p <0,001).

Per l'analisi della prestazione dei due gruppi di soggetti nelle diverse condizioni (C0, C1, C2 e C3) è stata utilizzata un ANOVA 2 x 4. Si è riscontrato un effetto significativo sia della variabile "occlusione spaziale" ($F_{(3,42)}$=32,68, p.<0.0001) sia della variabile "expertise" ($F_{(1,14)}$=11,37, p.<0.005), (vedi fig. 8).

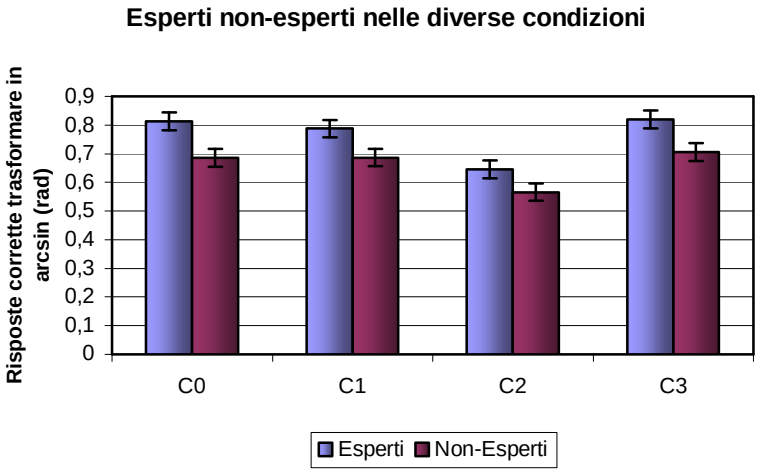

Fig. 8

Dall'analisi è emerso che i soggetti esperti hanno ottenuto dei risultati superiori ai soggetti non esperti in tutte le condizioni e che nella condizione C2, condizione in cui viene occlusa la pallina, si ha un decremento della prestazione per entrambi i gruppi. Questo risultato è in accordo con le precedenti ricerche che considerano l'inseguimento visivo della pallina come funzionale alla prestazione.

4. III esperimento: occlusione temporale in un compito di riconoscimento del tipo si servizio

4.1 Disegno sperimentale

L'esperimento è stato strutturato nel seguente modo : variabile occlusione temporale (5 livelli: Tup, Ttop, Tcont, Tmid e Trimb) x variabile servizio (4 livelli: superiore, inferiore, laterale e senza effetto) x 6 ripetizioni. Anche in questo caso è stata utilizzata una randomizzazione a blocchi per la presentazione degli stimoli.

4.2 Osservatori

All'esperimento hanno partecipato due gruppi di soggetti: il primo gruppo era costituito da 15 soggetti esperti (10 maschi e 5 femmine) nel gioco del tennistavolo di età media di 29,7 anni (SD=21,2) mentre il secondo gruppo era composto da 15 soggetti non esperti (10 maschi e 5 femmine) nel gioco del tennistavolo di età media di 28,8 anni (SD=7,3) per un totale complessivo di 30 soggetti. Per la suddivisione dei soggetti nei due gruppi esperti (E) e non-esperti (NE) è stato utilizzato lo stesso criterio degli esperimenti precedenti.

4.3 Apparato e procedura

Per la preparazione degli stimoli è stato videoregistrato un pongista durante la fase di un servizio effettuato di rovescio nel settore 9. In questo caso i servizi video registrati erano quattro. Si differenziavano tra loro per la rotazione che veniva impressa la pallina che poteva essere superiore, inferiore, laterale o senza effetto (variabile servizio). Questi quattro servizi di base sono stati manipolati

utilizzando il programma Abdobe Premiere CS3 Pro per realizzare le diverse condizioni. I video registrati a sono stati tagliati in cinque momenti diversi: quando il battitore lanciava la pallina in alto (fase iniziale del servizio condizione Tup), quando la pallina raggiungeva l'apice della traiettoria (condizione Ttop), quando la pallina entrava in contatto con la racchetta (Tcont), quando la pallina era in fase di volo (condizione Tmid) ed in fine quando la pallina rimbalzava sul tavolo (condizione Trimb). Tutti i video dell'esperimento finivano con una schermata nera della durata di 8 secondi.

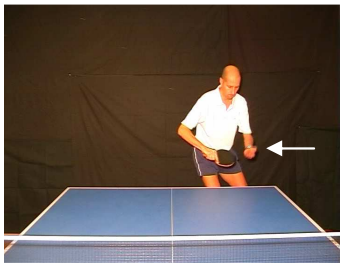

Fig. 9a Ultimo fotogramma della condizione Tup

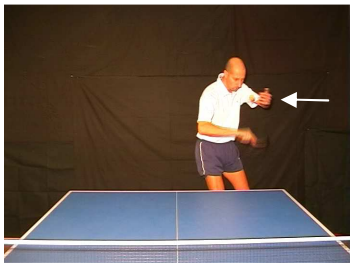

Fig. 9b Ultimo fotogramma della condizione Ttop

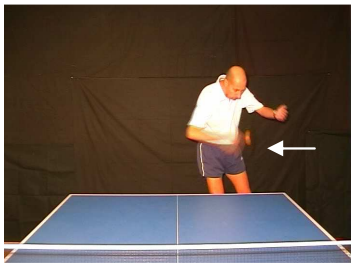

Fig. 9c Ultimo fotogramma della condizione Tcont

Fig. 9d Ultimo fotogramma della condizione Tmid

Fig. 9e Ultimo fotogramma della condizione Trimb

Gli intervalli di temporali tra una tra la condizione sono illustrati nello schema di figura 9.

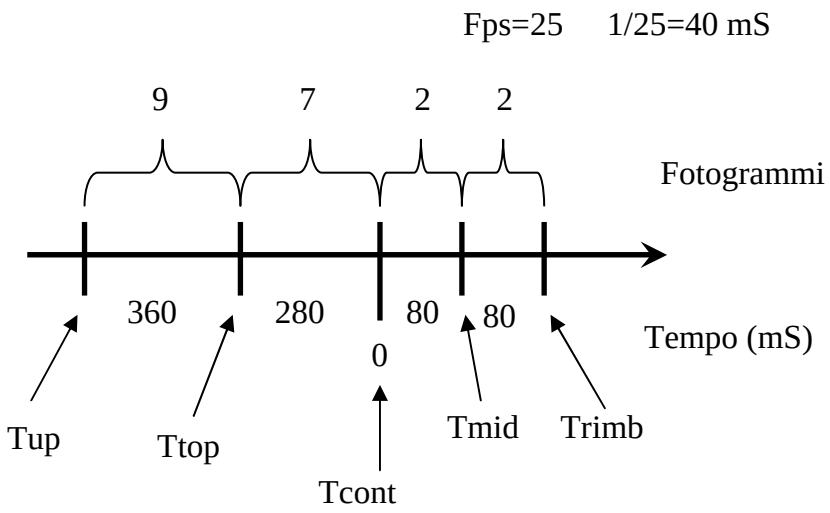

Fig. 9

L'osservatore veniva accompagnato in laboratorio e fatto accomodare davanti al computer e istruito mediante la visione di un breve filmato sul compito. Prima di iniziare il soggetto effettuava alcune prove di familiarizzazione con l'apparato sperimentale. Per iniziare ogni prova bisognava premere il tasto F5 per far partire il video e successivamente prevedere il tipo di servizio premendo il tasto corrispondente sul tastierino numerico appositamente predisposto (vedi fig. 10).

Fig.10 Tastierino utilizzato per raccogliere le risposte

4.4 Risultati

4.4.1 *Analisi delle risposte dei soggetti*

Prima dell'analisi i dati sono stati trasformati in percentuali e successivamente in radianti applicando una trasformazione arcoseno per normalizzare la

distribuzione. Anche in questo caso i soggetti esperti hanno ottenuto dei risultati superiori ai non esperti in tutte le condizioni (vedi fig.12.) Per l'analisi della prestazione dei due gruppi di soggetti nelle diverse condizioni (Tup, Ttop, Tcont, Tmid, Trimb) è stata utilizzata un ANOVA 2 x 5. Si è riscontrato un effetto significativo sia della variabile "occlusione temporale" ($F_{(4,112)}$=46,56, p.<0,0001) sia della variabile "expertise" ($F_{(1,28)}$= 25,35, p.<0,0001), (vedi fig. 5).

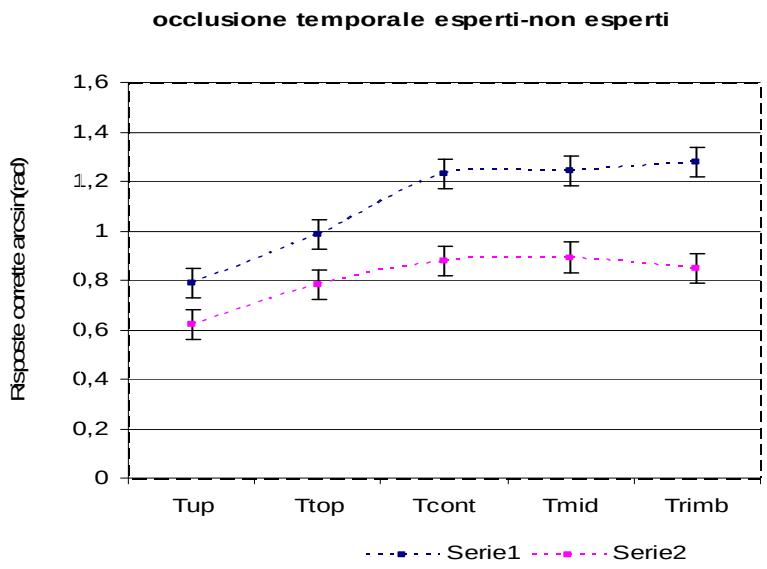

Fig. 12

Dal grafico si nota un miglioramento delle risposte fino alla condizione Tcont, dopo, la prestazione rimane stabile per entrambi i gruppi.

4.4.2 *Analisi correlazionale tra i punteggi dei soggetti ed il livello di agonistico*

A questo punto ci siamo chiesti se esisteva una correlazione tra il livello agonistico dei giocatori e il punteggio da loro effettuato in questo test. Per fare ciò abbiamo chiesto all'allenatore di un gruppo di 7 giocatori esperti provenienti dalla stessa squadra di esprimere un giudizio sul loro livello tecnico con una scala da 0 a 10 dove 10 rappresentava il livello più elevato. La massima correlazione è stata ottenuta tra la valutazione dell'allenatore e i punteggi dei

soggetti nella condizione Tcont (momento dell'impatto racchetta pallina), vedi fig.12. (r=0,81, r^2=0,67, y = 0,0718x + 0,9305).

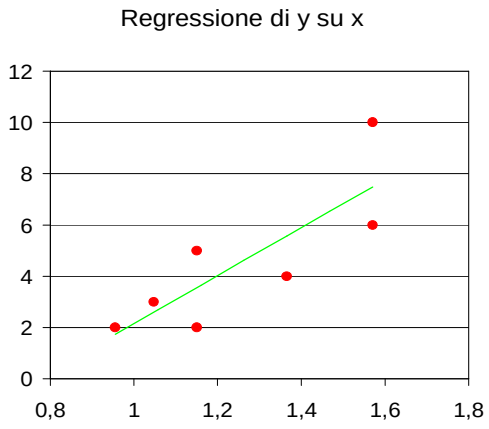

Fig. 12 Variabile indipendente x: punteggi dei soggetti al test, variabile dipendente y: valutazione dell'allenatore del livello di "Expertise" dei soggetti

5. IV esperimento: occlusione spaziale in un compito di riconoscimento del tipo si servizio

5.1 Disegno sperimentale

Il disegno sperimentale era il seguente: variabile occlusione spaziale (4 livelli: Controllo, Corpo, Palla e Racchetta) x servizio (4 livelli: superiore, inferiore, laterale e senza effetto) x 4 ripetizioni. Per la presentazione degli stimoli abbiamo utilizzato il programma dell'esperimento precedente. Anche in questo è stata utilizzata una randomizzazione a blocchi. Come variabile dipendente sono state considerate le risposte corrette.

5.2 Osservatori

All'esperimento hanno partecipato due gruppi di soggetti: il primo gruppo era costituito da 21 soggetti esperti (17 maschi e 4 femmine) nel gioco del

tennistavolo di età media di 30,4 anni (SD=15,8) mentre il secondo gruppo era composto da 21 soggetti non esperti (17 maschi e 4 femmine) nel gioco del tennistavolo di età media di 28,8 anni (SD=7,3) per un totale complessivo di 42 soggetti. Per la suddivisione dei soggetti nei due gruppi esperti (E)- non-esperti (NE) è stato utilizzato lo stesso criterio degli esperimenti precedenti.

5.3 Apparato e Procedura

Il video della condizione di controllo (Controllo) era uguale alla condizione Trimb dell'esperimento precedente quindi da questo video sono state ricavate anche le altre condizioni: Corpo, Palla e Racchetta. Per realizzare gli effetti video è stato utilizzato il programma After Effects 7 applicando una tecnica di pitturazione fotogramma per fotogramma. La procedura utilizzata era la stessa del III° esperimento.

Fig.14: condizione di "Controllo" Eguale alla condizione Trimb dell' Esperimento precedente

Fig.14b Condizione "Corpo" nel quale viene occluso il corpo del giocatore

Fig.14c14b Condizione "Palla" nel quale viene occlusa la pallina di gioco

Fig.14d Condizione "Racchetta" nel quale viene occlusa la racchetta del giocatore

5.5 Risultati

Prima dell'analisi i dati sono stati trasformati in percentuali e successivamente in radianti applicando una trasformazione arcoseno per normalizzare la distribuzione. Anche in questo caso i soggetti esperti hanno ottenuto dei risultati superiori ai non esperti in tutte le condizioni (vedi fig.17.) Per l'analisi della prestazione dei due gruppi di soggetti nelle diverse condizioni (Controllo, Corpo, Palla e Racchetta) è stata utilizzata un ANOVA 2 x 4. Si è riscontrato un effetto significativo della variabile "occlusione spaziale" $F(3,120)=14,27$ $p.<0,0001$ e significativo della variabile "expertise" $F(1,40) =41,78$ $p.<0,0001$ (vedi fig. 18).

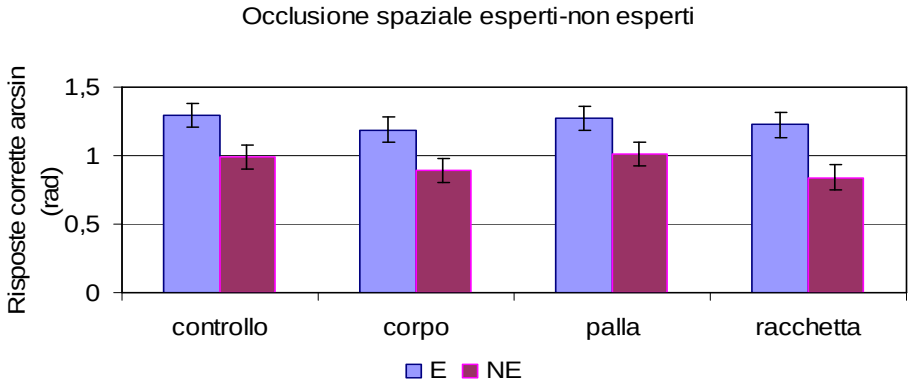

Fig. 17

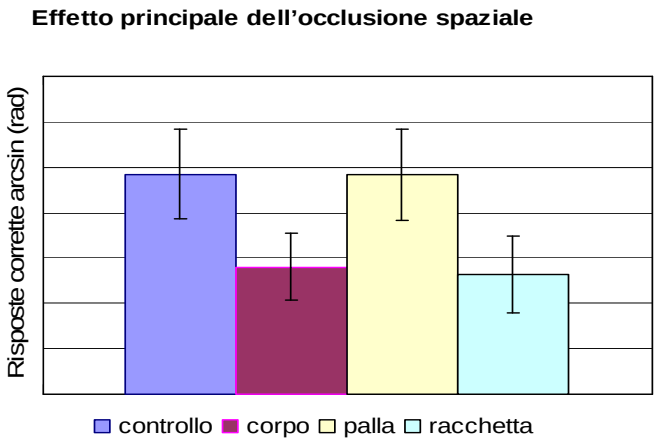

Fig. 18

Di interesse, è l'effetto principale della variabile occlusione spaziale che causa una diminuzione della prestazione nelle condizioni in cui vengono occlusi la racchetta ed il corpo dell'avversario. Questi dati rappresentano una novità in quanto evidenziano un'importanza delle informazioni provenienti dalla racchetta ma anche del corpo dell'avversario per svolgere questo compito.

6. Conclusioni

Le precedenti ricerche si sono occupate principalmente di varie situazioni di gioco del tennistavolo ma non del servizio che rappresenta l'inizio del gioco. Tale fondamento tecnico si differenzia sia per il piazzamento della palla ma anche per le differenti tipologie di "Effetto" che possono essere impresse alla pallina. Uno studio similare fu quello condotto da Brad, Fleury e Goulet 1989 effettuato però nel tennis che è uno sport per somigliante ma fondamentalmente diverso dal tennistavolo.

Per questa ricerca sono state utilizzate principalmente due metodologie: l'occlusione temporale e l'occlusione spaziale. Queste metodologie sono state utilizzate numerose volte in passato negli sport di "Situazione" come gli sport con la racchetta ma anche nel basket, calcio, pallavolo, ecc. per identificare quali fossero gli indizi visivi usati dagli atleti. In questa ricerca si è scelto di applicarle al tennistavolo.

Nel primo esperimento, con l'occlusione temporale, si ha un incremento dell'informazione fornita al soggetto ovvero il filmato viene accorciato tra le varie condizioni. Questa metodologia permette quindi di osservare "Quando" i soggetti migliorano. Per prevedere la zona di arrivo si è osservato che la prestazione raggiunge il massimo dopo l'impatto della palla con la racchetta (condizione T1) dopo di che la prestazione raggiunge il massimo rimanendo stabile.

La metodologia dell'occlusione spaziale permette di osservare come il mascheramento di una certa zona sello spazio produca un peggioramento delle risposte degli osservatori. Nel secondo esperimento utilizzando questa metodologia è stato dimostrato che l'assenza della palla provoca una

diminuzione della prestazione. Questo risultato evidenzia l'alto contenuto informativo del movimento della palla. L'assenza della racchetta e l'occlusione parziale del corpo sembrano non essere influenti sulla prestazione.

I risultati di questi due esperimenti presi assieme avvalorano l'ipotesi che il movimento della palla nell'intervallo tra T0 e T1 possieda un contenuto informativo funzionale a predire la zona di arrivo del servizio. Questi risultati sono concordi a quelli di Ripoll e Fleurance (1988), Ripoll (1989) e Rodrigues e coll. (2002) che evidenziano l'importanza della fase di inseguimento visivo della prima parte della traiettoria della palla. In questo istante di tempo è possibile affermare che i movimenti oculari sono associati all'attenzione visiva per acquisire l' informazione necessaria a predirre il settore di arrivo della palla.

A questo punto però rimangono aperti degli interrogativi a riguardo del rilevamento della rotazione della pallina. Infatti il giocatore di tennistavolo deve programmare la sua risposta al servizio non solamente in funzione alla zona di arrivo della pallina ma anche in funzione del tipo "Spin" della pallina. In relazione a quest'ultimo il giocatore dovrà decidere entro un certo numero di colpi di risposta possibili. Quali sono gli indizi che il giocatore utilizza per svolgere questo compito di riconoscimento della rotazione della pallina nel servizio?

Per dare una risposta a queste domande sono stati fatti altri due esperimenti utilizzando le stesse metodologie di occlusione temporale e spaziale però in un compito diverso dal precedente, ovvero di rilevamento del tipo di rotazione della pallina.

Nel terzo esperimento i risultati dell'occlusione temporale evidenziano un incremento della prestazione prima del contatto della palla con la racchetta che raggiunge il massimo nella condizione Tcont (contatto palla racchetta), mentre nel primo esperimento questo avveniva dopo contatto racchetta, dopo T1). Dopo la condizione Tcont la prestazione rimane stabile.

Quali sono gli indizi utili a svolgere questo compito? Per dare risposta a questo interrogativo nel quarto esperimento abbiamo utilizzato la metodologia

dell’occlusione spaziale con il medesimo compito di predizione della rotazione della pallina.

I risultati hanno evidenziato che l’occlusione della racchetta e del corpo dell’atleta producono un considerevole decremento della prestazione. Considerando complessivamente i risultati del terzo e quarto esperimento emerge l’importanza del movimento della racchetta, prima del momento dell’impatto, come indizio funzionale a predire la rotazione della palla. In futuro sarebbe interessante cercare di capire quale comportamento visivo viene adottato dai giocatori esperti prima del contatto palla racchetta per rilevare il tipo di “Spin” della pallina.

Di particolare interesse in quest’ultimo esperimento risulta essere anche il peggioramento della prestazione in funzione dell’occlusione del corpo. Questo potrebbe essere dovuto al fatto che il sistema percettivo per selezionare indizi visivi significativi tramite la fovea deve possedere un sistema di riferimento basato sulla percezione periferica. In questo caso il corpo dell’avversario. potrebbe essere funzionale a tale scopo.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

ABERNETHY B., THOMAS K., THOMAS K. (1993). Strategies for improving understanding of motor expertise. In Starkes and Fallard ed. *Cognitive Issues in Motor Expertise*, Elsevier Science, Amsterdam.

ABERNETHY B. (1990). Expertise, visual search, and information pick-up in squash, *Perception*, 19,63-67.

ABERNETHY B. e RUSSELL D.G. (1987A). Expert-novice differences in an applied selective attention task, *Journal of Sport Psychology*, 9, 326-45.

ABERNETHY B. e RUSSELL D.G. (1987B). The relationship between expertise and search strategy in racket sport. *Human Movment Scienc,e* 6, 283-319.

ABERNETHY B. (1988). Visual search and ergonomics: its relationship to selective attention and performer expertise. *Human Performance*, 4, 205-35.

ALLPORT D.A. (1989). Visual attention, Foundation of cognitive science, *MIT Press*, Cambridge MA.

ALLPORT D.A. (1987). Skill acquisition: Compilation of weak-method problem solutions, *Psychological Review*, 94, 192-210.

ANDERSON J.R. (1990). Cognitive Psychology and Its Implications, 3° ed, Freeman, New York.

BARD C., FLEURY M. E PAILLARD J. (1990). Different pattern in aiming accuracy for head-movers and non head-movers, *Journal of Human Movement Studies*, 18, 37-48

BOOSTMA R.J. e VAN WIERINGEN (1990). Timing an attacking forehand drive in table tennis. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 16,21-29.

BRAD C., HAY L. e FLEURY M. (1985). Role of Peripheral Vision in the Directional Control of Rapid Aiming Mouvements, *Candian Journal of Psychology*, 39(1), 151-161.

BARD C. e FLEURY M. (1981). Considering eye movements as a predictor of attainment. In Cockerill I.M. and MacGillivary, *Vision and Sport*, Stanley Thornes, Cheltenham.

BARD C. e FLEURY M. (1976). Considering eye mouvments as predictor of attinment. *Journal of Human Movment Studies*, 3, 214-22.

BROADBENT D.E. (1958). Perception and Communication, *Pergamon Press*, New York.

BUCKLOZ E., PRAPAVESIS H. e FAIRS J., (1980). Advice cues and their use in predicting tennis passing shot. *Canadian Journal of Sport Sciences*, 13, 20-30.

BULLER J. (2001). Integrated model of visual processing, *Brain Reserch Reviews*, 36, 96-107.

BUSER P. e IMBERT M., (1975). Neurophysiologie Fonctionelle , *Hermann*, Paris.

CARPENTER R.H.S. (1988). Mouvments of the Eyes, 2nd ed., *Pion*, London

CORBETTA M. (1998). Frontoparietal cortical networks for directing attention and the eye to visual locations: Identical, independent, or overlapping, *Proceedings of the National Academy of Science*, 95, 831-838.

COREN S.,WARD L. e ENNS J.T. (2004). Sensation and Perception, Wiley, Hoboken NJ.

CRICK F. E LOCH C., (1995). Are we aware of neural activity in primary visual cortex? *Nature*, 375, 121-123.

CUTTING J.E. (1996). Wayfinding from multiple sources of local information in retinal flow. *Journal of experimental Psychology*, 22, 1299-1313.

DAPRETTO M., DAVIES M.S., PFEIFER J.H.,SCOTT A.A., SIGMANN M, BOOKHEIMER S.Y. (2006). Understanding emotions in others: Mirror neuron dysfunction in children with autism spectrum deficits, *Nature Neuroscience*, 9(1), 28-30.

DEUBEL H. e SCHNEIDER W.X. (1996). Saccade target selection and object recognition: Evidence of a common attention mechanism, *Vision Research*, 36,(12), 1827-1837.

ELSEN W. e PAWELS J. (1993). Analysis of visual search activity in solving tactical game problems, In ed. D. Brogan D., *Visual Search II*, Taylor e Francis, London.

ELSEN W. e PAWELS J.M. (1992). A cognitive approach to visual search. In ed D. Brogan D. e Carr L. , *Visual Search II*, Taylor e Francis, London.

FUCHS A.S., KANECO C.R.S. e SCUDDER C.A. (1985). Brainstem Control of Saccadic Eye Movments, *Annual Review of Neuroscience*, 8, 307-337.

GAUTHIER G.M, SEMMLOW J.L., VERCHER C., PEDRONO C. e OBRECHT G. (1991). Adaption of eye and head movments to reduced peripheral vision, Oculomotor Control and Cognitive Process, *Elsevier Science*, New York.

GIBSON J.J. (1979). The ecological approach to visual perception, *Houghton Mifflin*, Boston.

GLENCROSS D.J. (1978). Control and capacity in the study of skill, *Psychology and Sport*, McGraw-Hill, Sydney.

GOULD D.R e KRANE V. (1992). Modelling and motor skill acquisition, *Human Kinetics*, Champaign IL.

GOULET C., BARD C. e FLEURY M. (1989). Expertise differences in preparing to return a tennis serve: a visual information processing approach. *International of Sport Psychology*, 29, 231-42.

GUITTON D. (1988). Eye-head Coordination in Gaze Control. In Peterson B.W., Richmond F.J., Control of head Movement, *Oxford University press*, New York

GUITTON e VOLLE (1987). Gaze control in humans: Eye-head coordination during orienting movements to targets within and beyond the oculomotor range, *Journal of Neurophysiology*, 58, 427-479.

HARRINGTON (1964). The visual field, Mosby, St.Luis MO.

HELSEN W. e STARKES J. (1999). A multidimensional approach to skilled perception and performance in sport. *Applied Cognitive Psychology*, 13, 1-27

HENDERSON J.M. (2003. Human gaze control during real-word scene perception, *Trends in Cognitive Science*, 7(11), 498-504.

HUBBARD A.W. e SENGC.N. (1954). Visual movements of batters. Research *Quarterly*, 25, 42-57.

ISAACS L. e FINCH A. (1983). Anticipatory timing of beginning and intermediate tennis players. *Perceptual and Motor Skills*, 57, 451-4.

JOHANSSON G. (1975). Visual motion perception, *Science America*, 232, 76-88

JONES C. e MILES J. (1978). Use of advice cues in predicting the flight of a lowntennis ball, *Journal of human Movments Studies*, 4, 231-5

KAHNEMANN D. (1973). Attention and Effort, Prentice Hall, Englwood Cliffs NJ.

KANTOVIZ B.H. (1964). Double stimulation, Information prosessing: Tutorials in Human, *Performance and Cognition*, Wiley, New York.

KEELE S.W., DAVISON E HAYES (1998). Sequential representation and the natural basis of motor skills. *Human Kinetics*, Champaign IL.

KEELE S.W. (1973). Attention and Human Performance, Goodyear, Pacific Palisades CA.

KOWLER E.,ANDERSON E., DOSHER B. E BLASER E. (1995). The role of attention in the programming of saccades, *Vision Research*, 35(13), 1897-1916

KOWLER E. (1991). Eye Movments and their Role in Visual and Cognitive Processes, *Review of Oculomotor Research*, 4

KUSTOV A.A. e ROBISON D.L. (1996). Shared neural control of attention shifts and eye movements, *Nature*, 384 (7),74-77.

LAND M.F. e MCLEOD P. (2000). From eye mouvments to actions:. How barsmen hit the ball. *Nature Neuroscience*, 3, 1340-1345.

LAND M. F. e FURNEAUX S. (1997). The knowledge base of the oculomotor system, *Phil. Trans R Soc*, London, Aug 29;352(1358):1231-9

LEE D.N., YUNG D.S. REDISH P.E. LOUGH S e CLAYTON T.M.H. (1983). Visual Timing in hitting an accelerating ball. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 35A, 333-346.

LEE D.N. (1976). A theory of visual control of braking based on information about time to collision, *Perception*, 5, 437-459.

LEE D.N e ARONSON E. (1974). Visual proprioceptive control of standing in human infants, *Perception and Psychophysics*, 15, 527-532.

LINDEZEY G., THOMPSON F., SPRING B. (1991). *Psicologia*, Zanichelli.

LISBERGER S.G., MORRIS E.J. e TYCHSEN L. (1987). Visual Motion processing and Sensory-Motor Integration for Smooth Pursuit Eye Movements. *Annual Review of Neuroscience*, 10, 97-130.

LOGAN G.D. (1985). Skill and automaticity: relations, implications, and future directions, *Canadian Journal of Psychology*, 39,367-86.

MAGILL R.A. (1993). Motor Learning Concepts and Applications, *Brown and Benchmark*, Oxford.

MARR D. (1982). Vision, W.H. *Freeman and Company*, Barrington NJ.

MARTENS R. (1987). Coaches Guide in Sport psychology, *Human Kinetics*, Campaign IL.

MARTINEZ-CONDE S, MACKNIK SL, HUBEL D.H. (2000), Microsaccadic eye movements and firing of single cells in the striate cortex of macaque monkeys, *Nat Neurosci*, 3(3), 251-8

MATHER G. E MURDOCH L. (1994). Gender discrimination in biological motion displays based on dynamic cues, *Proc R Soc*, London, 258: 273-279

MAYER C.H., LASKER G.L. e ROBINSON G.A. (1985). The upper Limit of Human Smooth Pursuit Velocity, *Vision Research*, 25, 561-563.

MCLEOD e MCLAUGHLIN P. (1985). Information encapsulation and automaticy: Evidence from the visual control of finely timed action, Attention and Performance, vol. 9, *Elsevier Science*, Amsterdam.

MICHEALS C.F. E CARRELLO C. (1981). Direct perception, Prentice-Hall, Englewood Cliffs NJ.

MILNER A.D. e GOODALE M.A. (1995), Visual brain in action, *Oxford University*, Oxford.

NEUMANN (1990). Visual attention and action, Relation Between Perception and Action, *Springler-Verlag*, Berlin.

NORMANN D.A. (1968. Toward a theory of memory and attention, *Psychological Review*, 75, 552-36.

O'SHEA R P. (1991). Thumb's rule tested: visual angle of thumb's width is about 2 deg, *Perception* 20(3), pag. 415 – 418

PELISSON D., PRABLANC C., GOODALE M.A. e JEANNEROD M. (1986). Visual control of reaching movements without vision of the limb. Evidence of fast unconscious processes correcting the trajectory of the hand to the final position of a double-step stimulus, *Experimental Brain Research*, 62, 303-311.

POLLEN D.A. (1999). On the neural correlates of visual perception, *Cerebral Cortex*, 9, 4-19.

POSNER M.I.e RAICHLE M.E. (1994). Images of Mind, *Scientific American Library*, New York

POSNER M.I. (1980). Orienting of attention, *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 32, 3-25.

RIPOLL H. (1998). Analysis of visual scanning patterns of volleyball players in a problem solving task. *International Journal of Sport Psycology*, 19, 9-25.

RIPOLL H., KERZLIN Y, STEIN J.F, REINE B . (1995). Analysis of information processing, decision making, and visual strategies in complex solving sport situations, . *Human Movment, Science* 14, 325-49.

RIPOLL H. e FLEURANCE P. (1988). What does keeping one'eye on the ball mean?, *Ergonomics*, 31, 1647-54.

RIPOLL H., BARD C. e PAILLARD J. (1986). Stabilization of the head and eyes on target as a factor in successful basketball shooting, *Human Movment Science*, 5, 47.

RIZZOLATTI G., FADAGIA L., GALLESE V., FIGASSI L. (1996). Premotor cortex and the recognition of mirror actions, *Cognitive Brain Reserch*, 3, 131-141.

RODRIGUES S.T. , VICKERS J.N. E WILLIAMS A.M. (2002). Head, eye and arm coordination in table tennis, *Journal of Sport Sciences*, 20, 187-200.

ROSENBAUM D.A. (1991). Hunman motor control, *Accademic Press*, San Diego CA.

RUMELHART D.E, (1989). The architecture of the mind: A connectionist approach, Foundation of cognitive science, *MIT Press*, Cambrige MA.

RUMELHART D.E. e MCCLELLAND J.L. (1986). Parallel Distributing Processing, *MIT Press*, Cambrige MA.

SAVELSBERG G.J.P. , WHITING H.T.A .e BOOTSMA R.J. (1991). Grasping tau, *Journal of Experimental Psychology*, 17(2), 315-322.

SCHMID R.A. e ZAMBARBIERI D. (1991). Strategies of eye-head coordination, Oculo motor Control and Cognitive Processes, *Elsevier Science*, New York

SCHMIDT R.A. E LEE T.D. (1999). Motor Control and Learninr: A Beavioural Emphasis. *Human Kinetics*, Champaign IL.

SCHMIDT R.A. (1988). Motor Control and Learning: a Behavioural Emphasis, *Human Kinetics*, Campaign IL.

SHEPHERD M., FINDLAY J.M. e HOCKEY R.J. (1986). The relationship between eye movements and spatial attention, *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 38A, 475-491.

SINGER R.N,WILLIAMS A.M.,FREHLIC S., JANELLE C.M. RADLO S., BARBA D., E BOUCHARD L. (1998). New frontiers in visual serch: an exploratory study in live tennis situations. *Research Quarterly for Exercises and Sport*, 69, 290-6.

SINGER R.N., CAURAUGH J.H, CHEN D., STEINBERG G.M. e FREHLICH S.G. (1996). Visual search, anticipation, and reactive comparisons between highly skilled and beginning tennis players, *Journal of Applied Sport Psychology* 8, 9-26

SOLSO R. (1995). Cognitive psychology, (3rd ed.), *Allyn & Bacon*, Boston.

ST CYR G.J., FENDER D.H. (1969). Nonlinearities of the human Oculomotor System: Gain, *Vision Research*, 9, 1235-1246.

STERNBERG R. (2003). Cognitive psychology, *Thomson & Wadsworth Barnes*, (3rd ed.), Belmont, CA.

SUMMERS J.J. (2004). A historical perspective on skill acquisition, vedi Williams A.M. e Hodges, Skill acquisition in sport: Research , theory and practice, Routledge, London, 1-26.

TONONI G.E EDELMANG.M. (1998). Conciousness and complexity, Science, 282, 1846-1851.

TREISMAN A. (1964). Selective Attention in man, *British Medical Bulletin*, 20 12-16.

TREISMAN A. e GORMICAN S. (1988). Feature analysis in early vision, *Psychological Review*, 95, 15-30.

VANDER A.J., SHERMAN J.H., LUCIANO D.S. (1990). Fisiologia dell'uomo i meccanismi funzionali del corpo, ed. *Il pensiero scientifico*, Roma.

VICKERS J.N. (2007). Perception, cognition and decision training: the quiet eye in action, *Human Kinetics*.

VICKERS J.N. e ADOLPHE R.M. (1997). Gaze behaviour during a ball tracking and aiming skill, *International Journal of Sport Vision*, 4,18-27.

VICKERS N.J. (1996). Visual control when aiming at a far target, *Journal of Sports Medicine* 24(6), S93-7

VOLKMANN F.C. (1986). Human Visual suppression, *Vision Reserch*, 26, 1401-1416.

WARD P., WILLIAMS A.M. e BENNETT S. (2002). Visual search and biological perception in tennis. *Research Quarterly for Exercises and Sport* 73,107-12

WICHENS C.D. (1992). Engineering Psychology and Human Performance, *Harper Collins*, Illinois.

WICHENS (1989). Attention and skilled performance, *Human Skill*, Wiley Chichester.

WILLIAMS A.M. e ELLIOTT D. (1999). Anxiety, expertise and visual search strategy in karate, *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 21, 361 – 74.

WILLIAMS A.M., DAVIS K. e WILLIAMS J.G (1999). *Visual Perception and Action in Sport*, Spon, London.

WILLIAMS A.M. e DAVIDS K: (1998). Visual search strategy, selective attention, and expertise in soccer. *Research Quarterly for exercises and Sport* , 69, 111-28.

WILLIAMS A.M., DAVIS K., BURWITZ L. e WILLIAMS J.G (1994). Visual search strategies in experienced and inexperienced soccer players, *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 65(2), 127-35.

WOLFE J.M., KLUENDER K.R, LEVI D.M, BARTOUSHUK L.M, HERZ R.S.,KLATZKY R.L., LEDERMAN S.J. (2007). Sensazione e Percezione, *Zanichelli*, Bologna.

WON-CHEOL K., JUNG H. K., MINHO LEE, JANG K.S, HYUN S.Y. (2005). Smooth pursuit eye movement system using artificial retina chip and shape memory alloy actuator, *Sensors Journal*, IEEE 5, 3, 501

WOODS (1990). The physiolological basis of selective attention: Implications of event-related potential studies, *Oxford University Press*, New York.