

# **UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRIESTE**

DIPARTIMENTO DI PSICOLOGIA  
"Gaetano Kanizsa"

XXII CICLO DEL  
DOTTORATO DI RICERCA IN  
NEUROSCIENZE E SCIENZE COGNITIVE  
INDIRIZZO: PSICOLOGIA

## ***FATTORI PERCETTIVI IN RISPOSTA AL SERVIZIO NEL TENNIS: ELEMENTI VISIVI, ACUSTICI E MOTORI***

Settore scientifico-disciplinare M-PSI/01

DOTTORANDO  
*ALICE GHERZIL*

RESPONSABILE DOTTORATO DI RICERCA  
(Coordinatore Corso/Direttore Scuola)  
CHIAR.MO PROF. *TIZIANO AGOSTINI*  
Università Degli Studi Di Trieste

RELATORE  
CHIAR.MO PROF. *TIZIANO AGOSTINI*  
Università Degli Studi Di Trieste

SUPERVISORE/TUTORE  
CHIAR.MO PROF. *TIZIANO AGOSTINI*  
Università Degli Studi Di Trieste

**ANNO ACCADEMICO 2008/2009**

# INDICE

INTRODUZIONE.....	pag. 1
-------------------	--------

## CAPITOLO 1

### PSICOLOGIA DELLA PERCEZIONE: ORIENTAMENTI STORICI ED ASPETTI FISIOLGICI.

1.1 DALLA FILOSOFIA ALLA PSICOFISICA .....	pag. 4
1.1.1 LA PSICOFISICA .....	pag. 5
1.2 LA PERCEZIONE VISIVA .....	pag. 7
1.2.1 ASPETTI FISIOLGICI DEL SISTEMA VISIVO .....	pag. 9
1.3 LA PERCEZIONE UDITIVA .....	pag. 12
1.3.1 ASPETTI FISIOLGICI DEL SISTEMA UDITIVO .....	pag. 13

## CAPITOLO 2

### DALLA PERCEZIONE DEL MOVIMENTO ALL'AZIONE

2.1 PERCEPIRE GLI OGGETTI NELLO SPAZIO .....	pag. 16
2.1.1 INDIZI FISIOLGICI .....	pag. 17
2.1.2 INDIZI PITTORICI .....	pag. 18
2.1.3 INDIZI PROSPETTICI .....	pag. 20
2.1.4 INDIZI CINETICI .....	pag. 22
2.2 PERCEZIONE E AZIONE .....	pag. 23
2.3 IL FLUSSO OTTICO .....	pag. 24
2.4 IL MOVIMENTO BIOLOGICO .....	pag. 25
2.5 IL MOVIMENTO PERCEPITO .....	pag. 27

## CAPITOLO 3

### PARADIGMA SPERIMENTALE SULLA DETERMINAZIONE DEL PARAMETRO DIREZIONALE

3.1 INTRODUZIONE .....	pag. 30
3.2 ESPERIMETO 1.1 .....	pag. 34
3.2.1 METODO .....	pag. 34
3.2.1.1 Partecipanti alla ricerca .....	pag. 34
3.2.1.2 Materiale sperimentale .....	pag. 34
3.2.1.3 Procedura .....	pag. 36
3.2.2 RISULTATI .....	pag. 37
3.3 ESPERIMENTO 1.2 .....	pag. 39
3.3.1 METODO .....	pag. 39
3.3.1.1 Partecipanti alla ricerca .....	pag. 39
3.3.1.2 Materiale sperimentale .....	pag. 39
3.3.1.3 Procedura .....	pag. 39
3.3.2 RISULTATI .....	pag. 40
3.4 CONCLUSIONI .....	pag. 43

**CAPITOLO 4****TRAINING VISIVO: RICERCA SU UNA POSSIBILE STRATEGIA PER MIGLIORARE LA PREVISIONE DEL COLPO**

4.1 INTRODUZIONE.....	pag. 44
4.2 ESPERIMENTO 2.1.....	pag. 46
4.2.1 METODO.....	pag. 46
4.2.1.1 Partecipanti alla ricerca.....	pag. 46
4.2.1.2 Materiale sperimentale.....	pag. 46
4.2.1.3 Procedura.....	pag. 47
4.2.2 RISULTATI.....	pag. 48
4.3 ESPERIMENTO 2.2.....	pag. 50
4.3.1 METODO.....	pag. 50
4.3.1.1 Partecipanti alla ricerca.....	pag. 50
4.3.1.2 Materiale sperimentale.....	pag. 50
4.3.1.3 Procedura.....	pag. 50
4.3.2 RISULTATI.....	pag. 51
4.4 CONCLUSIONI.....	pag. 52

**CAPITOLO 5****INDAGINE SPERIMENTALE SUL RUOLO DELL'INFORMAZIONE ACUSTICA NELLA RISPOSTA AL SERVIZIO.**

5.1 INTRODUZIONE.....	pag. 54
5.2 ESPERIMENTO 3.1.....	pag. 56
5.2.1 METODO.....	pag. 56
5.2.1.1 Partecipanti alla ricerca.....	pag. 56
5.2.1.2 Materiale sperimentale.....	pag. 56
5.2.1.3 Procedura.....	pag. 58
5.2.2 RISULTATI.....	pag. 59
5.3 ESPERIMENTO 3.2.....	pag. 61
5.3.1 METODO.....	pag. 61
5.3.1.1 Partecipanti alla ricerca.....	pag. 61
5.3.1.2 Materiale sperimentale.....	pag. 62
5.3.1.3 Procedura.....	pag. 62
5.3.2 RISULTATI.....	pag. 63
5.4 ESPERIMENTO 3.3.....	pag. 65
5.4.1 METODO.....	pag. 65
5.4.1.1 Partecipanti alla ricerca.....	pag. 65
5.4.1.2 Materiale sperimentale.....	pag. 65
5.4.1.3 Procedura.....	pag. 66
5.4.2 RISULTATI.....	pag. 66
5.5 CONCLUSIONI.....	pag. 68

**CAPITOLO 6****CONCLUSIONI..... pag. 70**

6.1 DISCUSSIONE, LIMITI E PROSPETTIVE DELLA RICERCA.....	pag. 71
--	---------

<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>pag. 74</b>
--------------------------	----------------

# ***INTRODUZIONE***

L'essere umano è costantemente sottoposto ad informazioni esteroceettive provenienti dal contesto ambientale in cui si trova. Tali stimolazioni percettive permettono di assimilare il mondo circostante e di conseguenza di poter interagire e muoversi al suo interno. La relazione tra percezione e movimento, quindi, è determinante per la comprensione ed il controllo dell'attività motoria e, pertanto, è di estrema importanza un'opportuna acquisizione percettiva dell'ambiente esterno per riuscire ad eseguire, in modo corretto, il gesto più adeguato (Nicoletti, 1992).

Emerge, quindi, che i processi percettivi e la loro influenza nelle attività cognitive e motorie svolgono un ruolo fondamentale nella vita di tutti i giorni e, a maggior ragione, nelle prestazioni sportive. Infatti, un atleta deve elaborare un gran numero di informazioni sensoriali per analizzare la specifica fase di gara e, dunque, riuscire a prevedere i movimenti del suo avversario per mettere in atto la risposta più opportuna nel più breve lasso di tempo; e/o modificare il suo gesto motorio adattandolo ai cambiamenti della situazione di gioco.

A tal proposito, questo lavoro parte da un'introduzione generale sulla psicologia della percezione, per poi passare all'analisi di tale abilità cognitiva in relazione all'azione e al movimento percepito e, infine, prendere in considerazione i processi percettivo-motori messi in atto nel gioco del tennis durante la risposta al servizio, studiando nello specifico: il tempo necessario per determinare il parametro direzionale; l'utilizzo di possibili strategie di training visivo per migliorare la performance di previsione del colpo; e il ruolo dell'informazione percettiva proveniente dagli stimoli uditivi.

Considerando che nel gioco del tennis, durante uno scambio, possono intervenire alcune variabili che vanno a modificare lo scenario percettivo dell'atleta, come ad esempio lo spostamento dell'avversario in una diversa zona del campo, nel primo e nel secondo esperimento ci siamo prefissi di individuare nei

tennististi, in termini di tempo, il punto in cui non è più possibile indirizzare la palla in una specifica direzione e, pertanto, creare uno strumento in grado di valutare e/o allenare tale abilità. I risultati emersi da questi primi due lavori indicano che la performance non decresce linearmente con la diminuzione del tempo disponibile per effettuare il colpo, come contrariamente sostenevano Texeira e Franzoni (2002), ma che esiste una determinata soglia in cui gli atleti non riescono più ad adattare, alla situazione percepita, il loro gesto motorio e quindi essere efficaci in termini di accuratezza (Rodrigues, Vickers & Williams, 2002).

I lavori che si occupano di ricerca nell'ambito della psicologia dello sport, possono anche fornire delle indicazioni sulla possibile applicazione dei risultati ottenuti e trovare quindi delle strategie di allenamento per migliorare sempre più la prestazione dell'atleta. Sulla base del fatto che ulteriori studi riportano l'importanza nel riuscire a determinare la destinazione finale del colpo, distinguendo una differenza tra diversi livelli di expertise nell'anticipare la traiettoria della palla (Jones & Miles, 1978), con ulteriori due esperimenti abbiamo pensato di utilizzare l'occlusione temporale per costruire dei training composti da videoclip (con stimolo visivo o feedback acustico) in modo da migliorare la prestazione di previsione del servizio. I dati ottenuti da questi due successivi lavori riportano che la capacità di prevedere il punto di arrivo del colpo può essere allenata tramite l'utilizzo di tecniche specifiche, infatti, nei nostri esperimenti, la prestazione di soggetti non esperti viene incrementata dopo la somministrazione del training con feedback acustico, mentre non si riscontra alcun miglioramento quando i soggetti vengono sottoposti ad un allenamento visivo in cui viene semplicemente indicato l'esito finale del tiro.

Da quanto riportato da Schmidt & Wrisberg, (2000). l'informazione percettiva più rilevante sembra essere quella visiva, poiché ci fornisce informazioni temporali e spaziali in merito ai movimenti effettuati da noi stessi e a quelli degli oggetti che ci circondano come, ad esempio, la traiettoria e la velocità di una palla. Ma sebbene gli input visivi sembrano dominare sulle altre modalità, anche gli altri canali percettivi forniscono indicazioni importanti agli atleti. Il sistema percettivo acustico, ad esempio, può dare istruzioni aggiuntive in merito alla sequenza

temporale dei movimenti (Keele & Summer, 1976) e, pertanto, fornire anticipatamente all'atleta importanti informazioni sull'azione dell'avversario. Ciò è particolarmente evidente proprio negli sport con racchetta, dove il suono del colpo può dare al giocatore esperto indizi sulla profondità e sull'effetto della palla (Button, 2002). I nostri tre successivi esperimenti si sono focalizzati sull'importanza dell'informazione fornita dalla stimolazione acustica e per studiare ciò si sono analizzati gli atleti nel contesto reale isolandoli dallo stimolo uditivo (Takeuchi, 1993; Mead & Drowatzky, 1997). Ciò che emerge, invece, da questo lavoro è che i soggetti in deprivazione acustica non presentano un calo significativo nell'accuratezza, ma che la loro performance decresce nella potenza del colpo avvantaggiando in questo modo l'avversario.

***PSICOLOGIA DELLA PERCEZIONE:  
ORIENTAMENTI STORICI ED ASPETTI  
FISIOLOGICI.***

**1.1 DALLA FILOSOFIA ALLA PSICOFISICA**

Il processo di conoscenza è strettamente legato agli aspetti percettivi, in quanto permettono di acquisire tutte le informazioni provenienti dal mondo esterno; la percezione, quindi, ha suscitato sempre, già dai tempi dei filosofi greci, un particolare interesse riferito agli aspetti gnoseologici (Massironi, 1998).

Le riflessioni di Platone (427-347 a.C.) sul “mito della caverna”<sup>1</sup>, ad esempio, mettevano allegoricamente a confronto la realtà con il vissuto percettivo di ipotizzabili prigionieri rinchiusi dalla nascita in una caverna, supponendo che le ombre percepite dagli imprigionati fossero ritenute le vere raffigurazioni del mondo reale. Tuttavia, mentre Platone metteva in dubbio quanto rilevato dai nostri sensi, il suo contemporaneo Democrito (460-370 a.C.) aveva totalmente fiducia dell’esperienza sensoriale (Wolfe et al., 2007) e l’allievo Aristotele (384-

---

<sup>1</sup> Il mito della caverna è stato descritto da Platone nella *Repubblica* (380 a. C. circa), tale allegoria immagina dei prigionieri incatenati e rinchiusi da sempre in una caverna, alle loro spalle c’è un fuoco ed un muretto che li divide da alcuni uomini che passano trasportando degli oggetti (e.g. statue, vasi, animali); l’unica cosa che riescono a vedere i prigionieri sono le ombre di queste persone proiettate sul muro di fronte e, pertanto, sono queste a rappresentare la loro realtà.

322 a.C.) riteneva che la percezione rappresentasse effettivamente il vero contesto esistente (Massironi, 1998).

Anche altri filosofi (i.e. Cartesio, Hobbes, Berkeley, etc.), nel corso degli anni, rivolsero particolare attenzione ai quesiti riguardanti l'affidabilità dei processi percettivi, ma dalla metà del 1800, con la nascita della psicologia sperimentale, l'interesse per tali aspetti si sposta verso lo studio dei meccanismi relativi al loro funzionamento (Massironi, 1998) e si sviluppa, nel tempo, all'interno di diversi approcci e teorie.

### 1.1.1 LA PSICOFISICA

La psicofisica nasce, nella metà del XIX secolo, dagli studi svolti dal fisico Gustav Theodor Fechner sulla possibilità di trovare una relazione stabile tra aspetti soggettivi ed eventi fisici; tale approccio risulta essere di fondamentale importanza per lo sviluppo della psicologia sperimentale, in quanto il suo interesse è riferito alla possibilità di poter misurare matematicamente le sensazioni (Luccio, 1999).

Il lavoro di Fechner prende ispirazione dalle scoperte svolte dal fisiologo e anatomista Ernst Heinrich Weber; gli studi di quest'ultimo, rilevano che presentando uno stimolo  $R$  ad una determinata intensità, la minima differenza per cogliere una variazione ( $\Delta R$ ) (*JND*, *Just Noticeable Difference* oppure soglia differenziale), non risulta essere costante, ma dipende dal valore iniziale dello stimolo<sup>2</sup>; quello che, invece, rimane costante è il rapporto  $k$  (costante di Weber) tra lo stimolo iniziale  $R$  e la minima variazione ( $\Delta R$ ):  $\Delta R = kR$  (Wolfe et al., 2007).

Partendo da questi studi, l'idea di Fechner fu quella di poter misurare l'incremento della sensazione al variare continuo dell'intensità dello stimolo;

---

<sup>2</sup> Nell'esperimento di E. H. Weber, riguardante il giudizio sul peso degli oggetti, lo studioso chiedeva ai partecipanti di confrontare un peso prestabilito con un ulteriore secondo peso; i risultati ricavati da questo lavoro indicano che la capacità di rilevare una differenza di peso dipende principalmente dallo standard di riferimento, infatti, se questo risulta essere particolarmente leggero, basterà una piccola variazione per percepire la differenza, mentre, con l'aumento di peso dello stimolo standard, la discrepanza dovrà essere maggiore per poter essere percepita.



sviluppa, quindi, una formula matematica conosciuta come legge di Weber-Fechner:  $S = k \log R + C$ , (dove  $S$  rappresenta la sensazione psicologica;  $R$  lo stimolo fisico;  $k$  e  $C$  sono costanti) (Legrenzi, 1999) in cui si afferma che la sensazione è proporzionale al logaritmo dello stimolo.

La formulazione della suddetta legge ha riportato un notevole riscontro anche da parte delle scienze moderne, individuando un grande numero di applicazioni e lo sviluppo di specifiche tecniche per l'identificazione della soglia differenziale e/o assoluta (minima quantità di stimolazione necessaria per rilevare uno stimolo):

- *metodo dei limiti*: una serie di stimoli vengono presentati in ordine crescente o decrescente e il compito del soggetto è quello di riferire quando riesce a percepire per la prima volta lo stimolo oppure, viceversa, quando non riesce più a coglierlo;
- *metodo di aggiustamento*: la tecnica è la medesima del metodo dei limiti, ma in questo caso è il soggetto stesso a variare l'intensità dello stimolo;
- *metodo degli stimoli costanti*: vengono presentati, singolarmente ed in maniera randomizzata, degli stimoli con diverse intensità, il soggetto deve riferire per ogni stimolo se l'ha percepito o meno (Wolfe et al., 2007).

Tali metodi per identificare le soglie vengono utilizzati anche nella Psicologia dello Sport; negli esperimenti 1.1 e 1.2, ad esempio, abbiamo cercato di determinare, in termini di tempo, la soglia in cui un atleta non è più in grado di adattare il proprio gesto motorio e indirizzare la palla in una determinata direzione.

Nel corso degli anni, anche altri studi hanno portato notevoli contributi nell'ambito della psicofisica, sviluppando nuovi approcci e teorie in questo campo di indagine; tra questi troviamo: la "legge dei giudizi comparativi" di Thurstone, la "Nuova Psicofisica" di Stevens, la "Teoria del Livello di Adattamento" (TLA) di Helson e la "Teoria della Detezione del Segnale" (TDS).

## 1.2 LA PERCEZIONE VISIVA

I processi percettivi implicano il poter individuare ed interpretare i cambiamenti di energia, come i raggi di luce e le onde sonore che fluiscono attraverso l'ambiente (Bruce, Green & Georgeson, 1996). La percezione di tali informazioni fornisce agli esseri viventi le capacità per muoversi ed interagire all'interno del mondo circostante.

La principale fonte di informazione per l'uomo risulta senz'altro essere la vista (Schmidt & Wrisberg, 2000), in quanto permette di acquisire fondamentali indicazioni riferite alle caratteristiche fisiche degli oggetti: forma, colore, dimensioni, posizione nello spazio; e a quelle riguardanti il movimento: velocità, direzione, andamento. Tale attività percettiva, quindi, ci consente di diventare consapevoli dell'esistenza delle cose esterne, delle loro caratteristiche, delle loro relazioni e posizioni (Massironi, 1998).

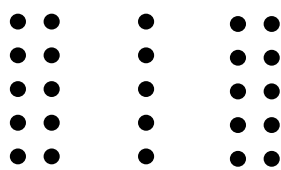
È importante sottolineare, però, che la percezione visiva non si limita soltanto ad un semplice processo di acquisizione ottica dell'immagine, ma permette, in realtà, di apprendere e conoscere ciò che vediamo (Palmer, 1999); la funzione cognitiva dei processi visivi, infatti, fa sì che vengano considerate certe variazioni dello scenario percettivo e, pertanto, che venga identificato lo stesso oggetto, anche se viene variata l'immagine retinica; se una palla ci viene incontro, ad esempio, percepiamo una condizione di avvicinamento dell'oggetto e non un aumento delle sue dimensioni dovuto all'ingrandimento dell'immagine retinica.

Tali considerazioni sui processi visivi si sono sviluppate già nei primi decenni del '900 con la psicologia della Gestalt<sup>3</sup>; l'approccio proposto da tale scuola è di tipo olistico e, pertanto, sostiene che i fenomeni percettivi hanno un carattere unitario e vanno considerati in modo globale; si ritiene, inoltre, che tali fenomeni comportino dei processi attivi e creativi che vanno ben oltre alla semplice acquisizione delle informazioni fornite dalla retina (Kandel, Schwartz & Jessel,

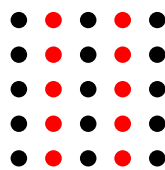
---

<sup>3</sup> La data di nascita della psicologia della Gestalt viene fatta risalire al 1912, anno in cui Max Wertheimer, assieme a Wolfgang Köhler e Kurt Koffka, pubblicò delle ricerche sul movimento apparente condotte nell'Istituto di Psicologia di Francoforte.

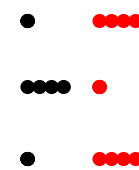
2003), evidenziando, in questo modo, una differenza tra realtà fisica e realtà fenomenica. Ciò è particolarmente riscontrabile nei principi dell'organizzazione percettiva di Wertheimer, in cui si sosteneva che le parti di un capo percettivo vengono identificate e raggruppate sulla base della disposizione degli elementi che lo compongono: 1) legge della vicinanza; 2) legge della somiglianza; 3) legge del destino comune; 4) legge della continuazione; 5) legge della chiusura; 6) legge della pregnanza (o buona forma); 7) legge dell'esperienza passata. (Luccio, 1999) (Figura 1.1).



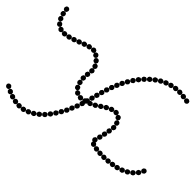
Legge della vicinanza



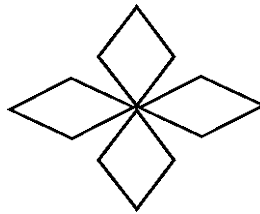
Legge della somiglianza



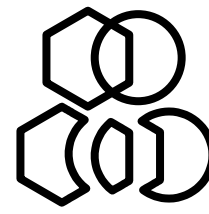
Legge del destino comune



Legge della continuazione



Legge della chiusura



Legge della pregnanza



Esperienza passata

**Figura 1.1** - Le leggi dell'organizzazione percettiva di Wertheimer.

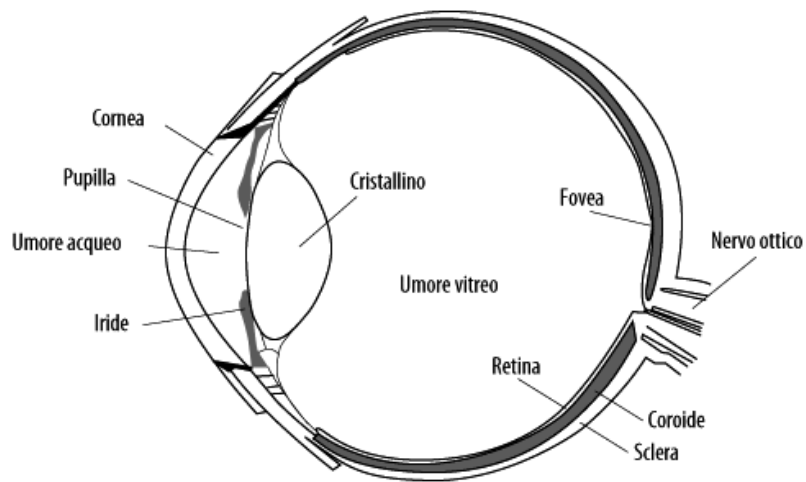
### 1.2.1 ASPETTI FISIOLÓGICI DEL SISTEMA VISIVO

La possibilità di vedere e distinguere le cose dipende inizialmente dalla capacità del nostro sistema ottico di rilevare la luce emessa o riflessa dagli oggetti e/o dagli eventi ambientali. Il nostro occhio, quindi, riceve un insieme di fotoni (piccole particelle che consistono in un quanto di energia) che si muovono nello spazio dopo essere stati riflessi dagli oggetti presenti nell'ambiente circostante (Casco, 1999).

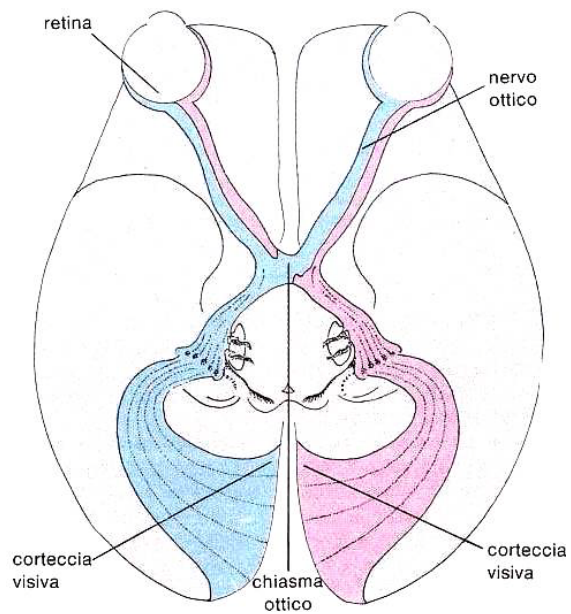
Il primo tessuto attraversato dalla luce è la cornea, tale struttura è trasparente ed è la parte più esterna dell'occhio; i raggi luminosi passano quindi verso le parti più interne dell'organo visivo tramite la pupilla, raggiungendo così il cristallino. Come la cornea, anch'esso risulta essere completamente trasparente in quanto privo di capillari sanguigni; il compito di tale struttura è quello di mettere a fuoco le immagini sulla retina (Wolfe et al., 2007) (Figura 1.1).

Nella retina avviene la prima elaborazione delle immagini visive, è formata da una membrana situata nella parte posteriore dell'occhio (Rosenzweig, Leiman & Breedlove, 1998), ed è composta da recettori che trasformano l'energia luminosa in attività neuronale e da strutture neurali capaci di eseguire un'analisi preliminare dell'informazione visiva (Casco, 2009). Le cellule recettrici sono di due tipi: i coni ed i bastoncelli; i primi rilevano i colori e sono responsabili della visione diurna mentre i secondi sono molto più sensibili alla luce e, pertanto, permettono di vedere in condizione di luminosità ridotta (Kandel, Schwartz & Jessel, 2003).

Queste informazioni captate dalla retina, quindi, convergono nelle cellule gangliari, che a sua volta divergono verso molte strutture del cervello. Gli assoni di queste cellule costituiscono i nervi ottici (Figura 1.2) (Rosenzweig, Leiman & Breedlove, 1998); tali nervi portano le informazioni visive al cervello e si incrociano nel chiasma ottico: metà delle fibre che compongono i nervi ottici si dirige verso l'emisfero controlaterale, mentre l'altra si indirizza verso l'emisfero omolaterale, tale distribuzione determina un campo visivo binoculare che concede all'essere umano la visione stereoscopica (Massironi, 1998) (Figura 1.3).



**Figura 1.2** - Sezione orizzontale dell'occhio umano.



**Figura 1.3** - Schema del sistema visivo umano.

Una volta passato il chiasma ottico, gli assoni delle cellule gangliari si uniscono con le fibre che provengono dalla retina opposta, formando il tratto ottico; la maggior parte degli assoni che compongono tale struttura terminano nel nucleo genicolato laterale (NGL), ovvero la parte visiva del talamo. Inoltre, una gran parte delle cellule postsinaptiche formano, nel corpo genicolato laterale, le radiazioni ottiche che, infine, terminano nelle aree visive della corteccia occipitale (corteccia visiva primaria) (Rosenzweig, Leiman & Breedlove, 1998) (Figura 1.3).

La corteccia visiva primaria (V1), è costituita da sei strati distinti (da I a VI), ma il principale strato di ingresso delle fibre che arrivano dal corpo genicolato laterale è lo strato IV. Le cellule contenute nella corteccia visiva sono di due classi: le cellule piramidali e le cellule non piramidali; le prime hanno lunghi dendriti con spine, in quanto sono dei neuroni di proiezione i cui assoni vanno a terminare in altre regioni cerebrali; le seconde, invece, sono di forma stellata con dendriti che possono essere lisci oppure con spine. Tali cellule sono interneuroni locali e, pertanto, i loro assoni non escono dalla corteccia V1.

Una volta pervenuta l'informazione alla corteccia visiva, passa negli strati corticali secondo uno schema ben preciso: le cellule stellate spinose, che sono predominanti nello strato IV, distribuiscono le informazioni dal nucleo genicolato laterale alla corteccia, mentre le cellule piramidali vanno ad integrare le altre cellule che appartengono agli strati soprastanti e sottostanti (Kandel, Schwartz & Jessel, 2003).

Successivamente, dalla corteccia visiva primaria l'informazione passa alle aree visive secondarie, nelle quali si possono eseguire due diverse analisi visive: 1. l'analisi della tridimensionalità, della forma grossolana e del movimento; 2. l'analisi dei dettagli e dei colori (Guyton, 1996).

### 1.3 LA PERCEZIONE UDITIVA

Per quanto l'essere umano utilizzi principalmente il sistema visivo, importanti stimolazioni vengono captate ed elaborate dalle altre modalità sensoriali in modo da cogliere ulteriori aspetti dell'ambiente circostante. Il sistema uditivo, ad esempio, fornisce un arricchimento di esperienza dovuto alla capacità di distinguere una vasta gamma di suoni complessi, come quelli di un brano musicale (Kandel, Schwartz & Jessel, 2003) oppure semplici come quelli del ticchettio di un orologio. Inoltre, ci consente di cogliere informazioni in merito alla provenienza e/o alla distanza del suono e, pertanto, ciò può risultare rilevante per identificare il luogo d'origine di uno stimolo acustico oppure per localizzare un eventuale oggetto in movimento ed individuare la velocità con cui si muove, ne è un esempio, la capacità di riconoscere dal rumore dei passi, di qualcuno che ci corre alle spalle, la direzione da cui proviene e la rapidità con cui procede.

La capacità di localizzare la provenienza del suono è dovuta grazie alla posizione dei padiglioni auricolari, infatti, nella maggior parte dei casi la fonte sonora risulta essere più vicina ad una delle due orecchie e, pertanto, *l'onda di pressione* vi arriverà per prima fornendo informazioni sulla direzione da cui proviene il suono. Per quanto riguarda, invece, la percezione della distanza, l'indizio più semplice viene fornito dall'*intensità* con cui arriva il suono; un'altra indicazione sulla profondità, invece, viene fornita dalla *composizione spettrale dei suoni*; tale indicazione riguarda il fatto che l'aria attutisce maggiormente le frequenze alte rispetto a quelle basse e, pertanto, quando le fonti sonore sono più lontane l'energia delle frequenze alte risulta più debole di quella basse. Un ultimo indice che determina la distanza riguarda le *quantità relative di energia diretta* (arriva direttamente dalla fonte) e *riflessa* (arriva dopo aver rimbalzato su altre superfici dell'ambiente); quando un suono è vicino, la maggior parte di energia captata dall'orecchio è diretta, mentre quando il suono è distante prevale l'energia riflessa (Wolfe, 2007).

Da quanto indicato, giungiamo alla conclusione che anche il nostro sistema acustico, come il visivo ci fornisce importanti indizi sulla localizzazione e sulla

distanza, inoltre, ci permette di identificare quello che sta al di fuori del nostro campo visivo, oppure integrare quanto percepito con informazioni aggiuntive.

### 1.3.1 ASPETTI FISIOLGICI DEL SISTEMA Uditivo

Il suono deriva dalle vibrazioni degli oggetti che vanno a modificare la pressione del mezzo che li circonda (generalmente aria o acqua); la quantità di variazione della pressione è chiamata ampiezza o intensità (misurata in decibel), mentre la rapidità, con cui vengono presentate le vibrazioni, è data dalla frequenza con cui si ripete la configurazione di variazione della pressione (misurata in hertz).

L'apparato coinvolto nell'acquisizione del suono è il sistema uditivo, esso è composto da diverse componenti anatomiche essenziali per cogliere le variazioni di pressione dell'aria e trasformarle in segnali significativi da un punto di vista percettivo (Wolfe et al., 2007). Le strutture implicate in tali processi sono l'orecchio esterno, l'orecchio medio e l'orecchio interno (Figura 1.4):

- *l'orecchio esterno:*

tale struttura è composto dal padiglione auricolare e dal canale uditivo; il primo è costituito da cartilagine ricoperta da cute e serve per raccogliere le onde sonore ed incanalare tramite il canale uditivo verso la membrana timpanica;

- *l'orecchio medio:*

l'orecchio medio è formato da tre piccoli ossicini: il martello, l'incudine e la staffa. La base del martello è attaccata alla membrana timpanica, mentre l'altra estremità è collegata mediante un legamento all'incudine che è connessa, nello stesso modo, alla staffa; quest'ultima trasmette le vibrazioni sonore verso la finestra ovale;

- *l'orecchio interno:*

la struttura più importante dell'orecchio interno è la coclea, essa è composta da tre strutture tubolari riempite di liquido: il canale timpanico; il canale vestibolare e il dotto cocleare. Questi tre canali sono separati tramite due

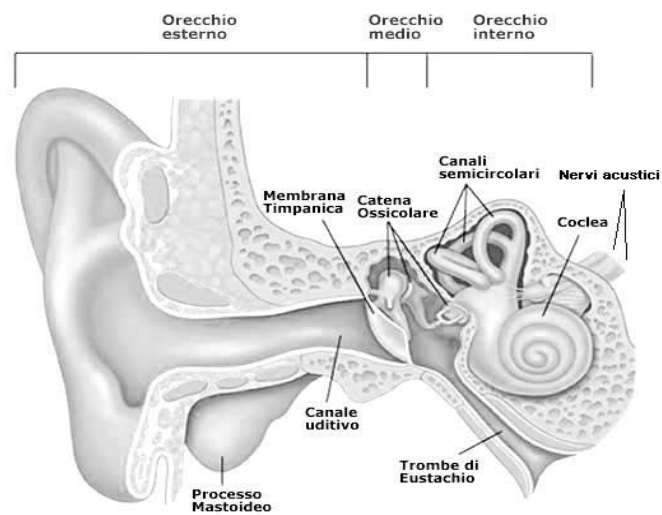


membrane ovvero la membrana di Reissner (tra canale vestibolare e dotto cocleare) e la membrana basilare (tra dotto cocleare e canale timpanico); quest'ultima rappresenta la base della partizione cocleare e vibra in risposta ai suoni. Fra il dotto cocleare e la parte finale della membrana basilare troviamo l'organo del Corti, tale struttura è formata da neuroni specializzati chiamati cellule ciliate, dai dendriti delle fibre del nervo acustico e da una struttura elaborata di cellule di sostegno. Le cellule ciliate corrono lungo tutta la membrana basilare e sono di due tipi: cellule ciliate interne e cellule ciliate esterne; nella parte terminale di ciascuna cellula ciliata ci sono delle minuscole setole chiamate stereocilia. Sopra l'organo del Corti si trova la membrana tettoria, le stereociglia più alte delle cellule ciliate esterne sono immerse in questa membrana. La membrana tettoria si distorce quando la partizione cocleare si muove e questo movimento fa sì che le stereociglia si inclinino avanti e indietro. Tale movimento delle stereociglia determina il rilascio di neurotrasmettitori nelle sinapsi tra le cellule ciliate e le fibre del nervo acustico, quest'ultimo, quindi, invierà le informazioni alla corteccia uditiva (Rosenzweig, Leiman & Breedlove, 1998; Kandel, Schwartz & Jessel, 2003; Wolfe, 2007).

Il nervo acustico trasporta i segnali dalla coclea verso i nuclei cocleari dorsale e ventrale dove tutti gli assoni acustici fanno sinapsi. Alcuni neuroni, quindi, passano nella parte opposta del tronco encefalico attraverso il corpo trapezoide per giungere al nucleo olivare superiore. Gli assoni dei neuroni del nucleo cocleare e dell'oliva superiore entrano a questo punto nel collicolo inferiore a cui giungono la maggior parte delle informazioni provenienti dall'orecchio controlaterale. Dal collicolo inferiore la via uditiva raggiunge il corpo genicolato mediale per poi giungere alla corteccia uditiva.

La corteccia uditiva primaria (A1) è la prima area nei lobi temporali responsabile dell'elaborazione acustica, essa viene eccitata direttamente da proiezioni del corpo genicolato mediale, mentre la corteccia secondaria viene eccitata da impulsi provenienti dalla corteccia primaria e da proiezioni provenienti da aree di associazione talamiche adiacenti al corpo genicolato del talamo. Come

tutte le strutture del sistema uditivo, anche la corteccia uditiva presenta un'organizzazione tonotopica in cui i neuroni sono disposti in funzione delle frequenze alle quali sono più sensibili e, pertanto, i neuroni eccitati dai suoni con frequenze elevate si trovano da una parte, mentre quelli attivati dai suoni con basse frequenze sono situati all'estremo opposto. La corteccia uditiva ha in parte la funzione di determinare le frequenze dei suoni e, inoltre, ha la capacità di localizzare la provenienza della fonte sonora (Guyton, 1996; Wolfe, 2007).



**Figura 1.3** – *Strutture dell'orecchio umano.*

***DALLA PERCEZIONE DEL MOVIMENTO  
ALL’AZIONE.***

**2.1 PERCEPIRE GLI OGGETTI NELLO SPAZIO**

La capacità di agire sugli oggetti implica la loro localizzazione nello spazio (distanza) e, in caso di movimento, la loro identificazione sulla direzione dello spostamento; tali aspetti, inoltre, devono prendere in considerazione la posizione del corpo del soggetto che può essere anch’esso in una condizione statica o dinamica (Spinelli, 2002).

Risulta evidente come queste abilità percettive sono essenziali soprattutto nelle prestazioni sportive; negli sport con la palla, ad esempio, la capacità di riconoscere la posizione e la direzione del suddetto oggetto e/o dell’avversario permette, infatti, di individuare gli spostamenti dell’oppositore ed, inoltre, di intercettare o respingere la palla.

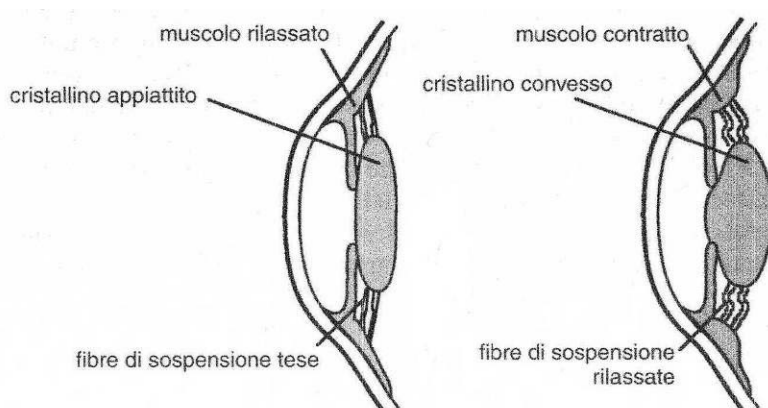
Le fonti visive che forniscono tali indicazioni sulla struttura tridimensionale dello scenario percettivo sono: gli indizi fisiologici, gli indizi pittorici, gli indizi prospettici e gli indizi cinetici (Bressan, 1999).

### 1.1.2 INDIZI FISIOLGICI

Alcune informazioni sulla percezione della tridimensionalità e sulla profondità spaziale vengono fornite grazie alla disposizione e al funzionamento degli organi sensoriali periferici, tali indizi visivi sono: l'accomodazione; la convergenza e la disparità binoculare (Massironi, 1998).

- Accomodazione:

è il processo che modifica il grado di convessità del cristallino (Figura 2.1); tale meccanismo automatico permette che vengano messi a fuoco sulla retina oggetti situati a distanze diverse. Più l'oggetto è vicino, infatti, maggiore risulta la curvatura del cristallino (Massironi, 1998; Bressan, 1999).



**Figura 2.1** – Curvatura del cristallino a seconda della distanza dell'oggetto.

- Convergenza:

quando un oggetto si avvicina, oltre al processo di accomodazione appena descritto, si verifica una convergenza dei due occhi (Figura 2.2) allo scopo di far cadere sulla fovea le immagini rilevate. Tale processo viene considerato come un indizio di profondità, in quanto, l'angolo di convergenza dipende dalla distanza in cui si trova l'oggetto osservato (Massironi, 1998; Bressan, 1999).

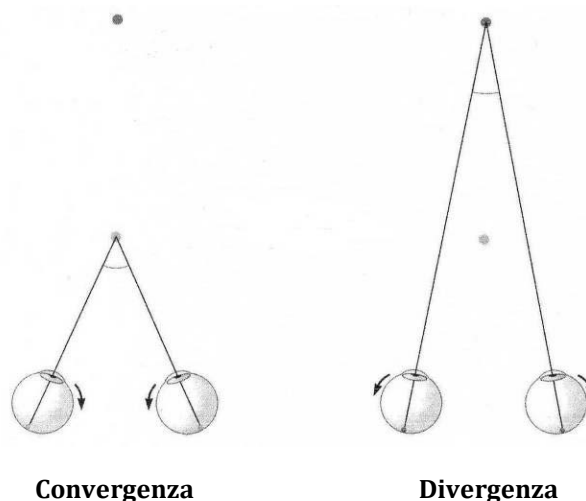


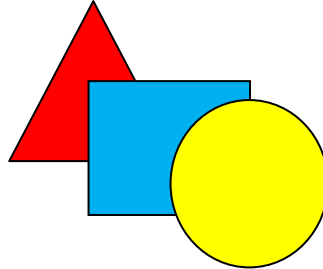
Figura 2.2 – Convergenza e divergenza oculare.

- Disparità binoculare o retinica:  
è dovuta al fatto di avere due occhi, posti ad una distanza di circa 6,5 centimetri l'uno dall'altro, che vedono le immagini da due punti leggermente diversi. Tali immagini vengono, quindi, fuse a livello cerebrale (stereopsi), in modo da percepire un'unica rappresentazione visiva che possiede informazioni relative alla tridimensionalità dell'oggetto osservato (Massironi, 1998; Bressan, 1999).

### 2.1.2 INDIZI PITTORICI

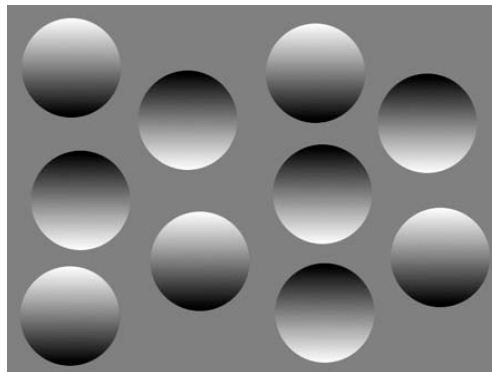
Altri indizi visivi possono fornire indicazioni sulla profondità degli oggetti in un contesto bidimensionale come, ad esempio, un dipinto, un disegno oppure una fotografia; tali aspetti percettivi, infatti, vengono utilizzati soprattutto da pittori e disegnatori per raffigurare rappresentazioni tridimensionali nelle loro opere. Fanno parte di questi indizi pittorici: l'occlusione o interposizione, l'ombreggiatura e la grandezza relativa o familiare (Bressan, 1999).

- Occlusione o interposizione:  
si verifica quando un oggetto nasconde parte di un altro oggetto e, pertanto, viene percepito come più vicino rispetto a quello occluso (Figura 2.3).



**Figura 2.3** - Esempio di interposizione, gli oggetti occlusi sembrano più distanti rispetto a quelli che li occludono.

- Ombreggiatura:  
anche l'orientamento delle ombre fornisce all'osservatore importanti informazioni sulla profondità (Massironi, 1998), infatti, come è possibile osservare nella figura 2.4, a seconda dell'illuminazione (in basso oppure in alto) è possibile percepire gli elementi come concavi o convessi.



**Figura 2.4** – Ombreggiatura: i cerchi illuminati maggiormente nella parte alta sembrano convessi e viceversa quelli con la parte alta più scura sembrano concavi

- Grandezza relativa o familiare:

importanti informazioni sulla posizione degli oggetti possono essere fornite anche dalle diverse dimensioni delle immagini, come si può notare nella figura 2.5, infatti, un oggetto piccolo sembra più lontano rispetto ad uno con le stesse caratteristiche ma con misure più elevate. Questo è dovuto al fatto che l'immagine retinica di un oggetto distante risulta essere più piccola di quella fornita dallo stesso oggetto situato ad una distanza minore (Bressan, 1999).

Inoltre, in un contesto privo di informazioni percettive di profondità, l'essere umano fa riferimento anche alla familiarità e, pertanto, alle dimensioni conosciute di quel oggetto per determinare la sua posizione nello spazio; se, ad esempio, chiediamo a dei soggetti di valutare la distanza di una sfera bianca proiettata su uno sfondo nero, la loro risposta varierà a seconda che designiamo tale sfera come una palla da biliardo oppure una pallina da ping pong (Massironi, 1998).



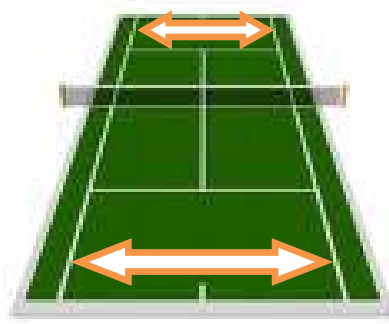
**Figura 2.5** – *Grandezza relativa: la pallina più grande sembra più vicina rispetto a quella più piccola.*

### 1.1.4 INDIZI PROSPETTICI

Con l'aumentare della distanza tra oggetto e osservatore vanno a modificarsi gradualmente le caratteristiche di quanto osservato; anche queste variazioni forniscono indicazioni visive sulla profondità spaziale e sulla tridimensionalità degli oggetti e sono: la prospettiva lineare, il gradiente di tessitura, la prospettiva aerea e la posizione rispetto all'orizzonte (Bressan, 1999).

- Prospettiva lineare:

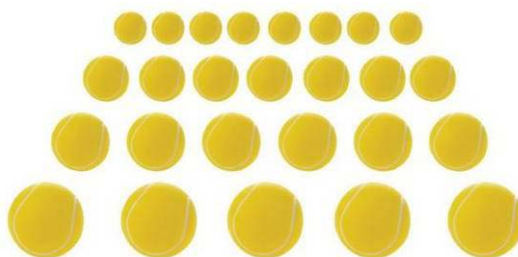
la prospettiva lineare è caratterizzata dal fatto che le linee, che nella scena tridimensionale sono viste come parallele, nella raffigurazione bidimensionale convergono verso l'orizzonte (Bressan, 1999) (Figura 2.6).



**Figura 2.6** – *Prospettiva lineare: le linee del campo pur essendo parallele, man mano che si allontanano dall'osservatore tendono a convergere.*

- Gradiente di tessitura:

il gradiente di tessitura è un indizio di profondità basato sul fatto che elementi di uguale misura, nell'allontanarsi dall'osservatore, formano immagini retiniche più piccole e più fitte (Wolfe, 2007) (Figura 2.7).



**Figura 2.7** – *Gradiente di tessitura: tanto più piccole e fitte diventano le immagini di una trama tanto più forte diventa l'effetto di profondità.*

- Prospettiva aerea:

l'essere umano è implicitamente a conoscenza del fatto che la luce si disperde nell'atmosfera, ciò implica che gli oggetti più distanti risultano avere un



minor contrasto con lo sfondo e, quindi, apparire più vaghi ed indistinti (Wolfe, 2007) (Figura 2.8).



**Figura 2.8** – Prospettiva aerea: le montagne più distanti hanno un minor contrasto con lo sfondo.

- Posizione rispetto all'orizzonte:  
un altro indizio che fornisce informazioni percettive sulla profondità riguarda la posizione degli oggetti nello spazio, ovvero quelli situati più vicino alla linea dell'orizzonte appaiono più distanti rispetto agli altri (Bressan, 1999).

#### 2.1.4 INDICI CINETICI

Gli indizi appena elencati riguardano soprattutto la capacità di cogliere informazioni sulla posizione spaziale degli oggetti in un contesto di tipo statico, altre importanti indicazioni, non solo sulla collocazione, ma anche sullo spostamento degli oggetti vengono, invece, date dal *parallasse di movimento* (Massironi, 1998). Tale processo fornisce informazioni sulla profondità in base alla velocità con cui si spostano le immagini retiniche di un osservatore in movimento (Spinelli, 2002). A seconda della distanza degli oggetti, infatti, la velocità con cui vengono presentate le immagini permette di identificare se tale oggetto risulta essere vicino, quando si sposta rapidamente, oppure lontano, quando lo spostamento è più lento (Bressan, 1999) (Figura 2.9).



**Figura 2.9** – *Parallasse di movimento: come il soggetto si sposta da sinistra verso destra le immagini vicine si spostano più velocemente verso il lato sinistro rispetto agli oggetti più distanti.*

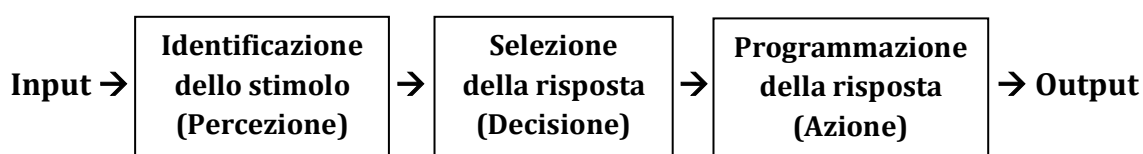
## 2.2 PERCEZIONE E AZIONE

Il movimento è strettamente legato alla percezione sensoriale, a tal punto che alcuni autori sostengono che tali aspetti dovrebbero essere considerati come una struttura funzionale unitaria (Lee & Young, 1986; Arbib, 1987; Kelso & Kay, 1987; Warren, 1988; Kelso, Del Colle & Schoner, 1990). L'approccio "Perception and Action, (Heuer e Sanders, 1987), quindi, va a considerare il rapporto tra informazione percettiva ed elaborazione psico-motoria, sottolineando l'importanza di studiare l'essere umano nel suo complesso.

Secondo Schmidt & Wrisberg (2000), infatti, il movimento risulta essere la conseguenza di una serie di processi psico-motori, quali: l'identificazione dello stimolo (percezione); la selezione della risposta (decisione); e la programmazione del gesto da attuare (azione) (Figura 2.10); il soggetto, quindi, si trova ad analizzare le informazioni provenienti dalla stimolazione sensoriale, decidere quale risposta deve essere messa in atto ed, infine, organizzare il sistema motorio per produrre il movimento desiderato. Tale modello, quindi, sottolinea ulteriormente che deve esser preso in considerazione non solo il singolo gesto, ma

anche la situazione ambientale in cui ha luogo l'intera azione e sulla base dell'informazione percettiva ricavata, scegliere la risposta più opportuna.

Ciò risulta riscontrabile nella vita di tutti i giorni e soprattutto nelle attività sportive, dove l'interazione tra percezione-azione risulta essere un processo continuo, in quanto l'atleta deve interagire con oggetti e persone sempre in movimento e, allo stesso tempo, svolgere la sua azione nel migliore dei modi. Da quanto riportato, quindi, il processo riferito alla percezione-azione risulta fondamentale per quanto riguarda il comportamento motorio umano e, pertanto, risulta essenziale negli studi che si occupano di movimento e di sport.



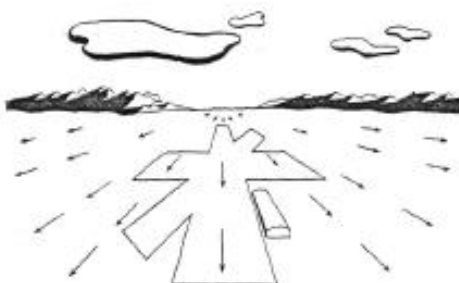
**Figura 2.10** - Modello dell'elaborazione dell'informazione che mostra gli stadi di percezione, decisione e azione (Schmidt & Wrisberg, 2000).

## 2.3 IL FLUSSO OTTICO

I movimenti svolti nello spazio sono guidati, come già indicato nel precedente paragrafo, dalle stimolazioni sensoriali e in particolar modo dal sistema visivo; tali informazioni, infatti, permettono di eseguire gli spostamenti (e.g. camminare, correre e guidare) in maniera efficace all'interno del contesto ambientale.

Da alcuni studi per il miglioramento della prestazione dei piloti, Gibson (1957) identificò il concetto di *assetto ottico*, ovvero "l'insieme dei raggi luminosi che interagiscono con gli oggetti dell'ambiente di fronte ad un osservatore" (Wolfe, 2007, p. 166). Durante la locomozione, un elevato numero di stimoli visivi giunge all'occhio (Zanforlin, 1999) e, pertanto, tale assetto ottico subisce continui cambiamenti

prospettici; la percezione di tali modificazioni viene chiamata da Gibson (1979) *flusso ottico* (Figura 2.11).



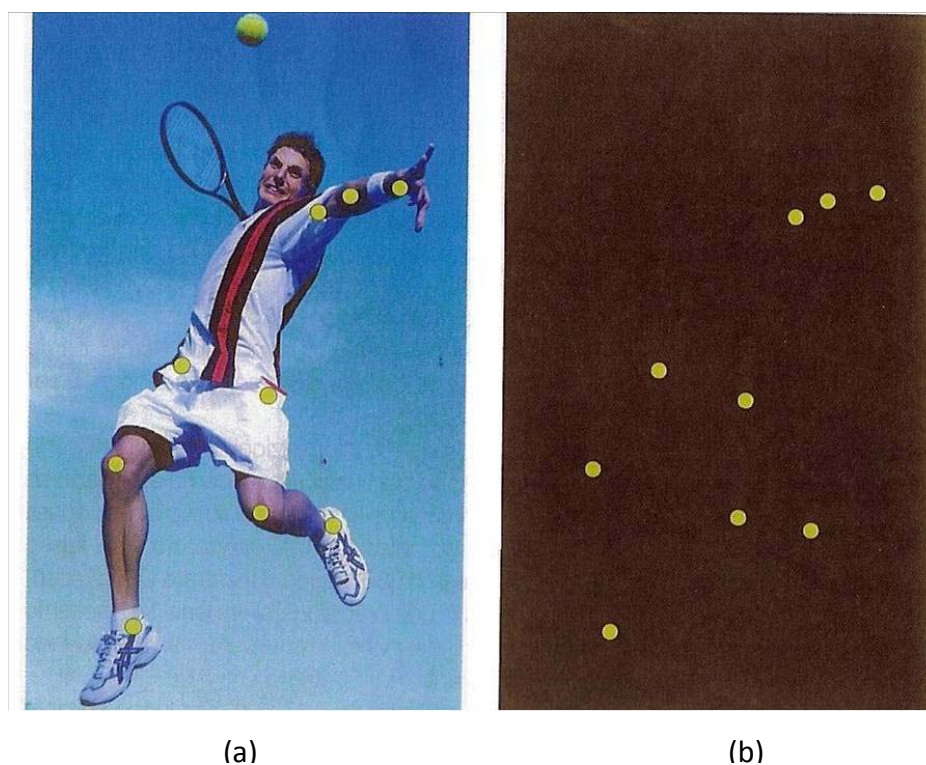
**Figura 2.11** – Rappresentazione del flusso ottico in espansione durante il decollo di un aereo.

Il flusso ottico viene definito sulla base del punto osservato (polo o fuoco di espansione del flusso ottico) durante il movimento (Spinelli, 2002) e fornisce le principali indicazioni relative agli spostamenti: la direzione (il flusso verso l'esterno indica l'avvicinamento ad un determinato bersaglio, mentre il flusso verso l'interno sta ad indicare un allontanamento) (Wolfe, 2007) e la velocità (a seconda dell'andatura con cui si procede anche la velocità del flusso ottico viene modificata, mentre l'interruzione del flusso indica la posizione ferma) (Spinelli, 2002). Inoltre, risulta importante precisare, che quanto indicato fino ad ora avviene soltanto se la posizione della testa e degli occhi rimane fissa sullo stesso polo di espansione, le cose diventano più complesse, invece, quando lo sguardo viene spostato in punti di fissazione diversi (Spinelli, 2002) e, pertanto, viene aggiunta al flusso ottico una nuova componente radiale che non corrisponde con la direzione del movimento (Wolfe, 2007).

## 2.4 IL MOVIMENTO BIOLOGICO

Il funzionamento dell'attività percettiva per quanto riguarda il movimento corporeo in condizioni di stimolazione impoverita, è stato ampiamente studiato da Johansson (1973) (Stucchi & Olivero, 1999) ed è stato definito inizialmente

“movimento biologico” e successivamente “movimento biomeccanico” (Massironi, 1998). Per mostrare i movimenti cinematici Johansson usò la tecnica dei punti luce, nello specifico, il materiale visivo che egli presentava ai soggetti era composto da una serie di filmati che ritraevano in una stanza completamente buia, un attore vestito con una calzamaglia nera su cui erano stati posti 12 punti luminosi in corrispondenza delle principali articolazioni: spalle, gomiti, polsi, anche, ginocchia e caviglie; durante il filmato l'attore eseguiva diversi tipi di movimento come, ad esempio, camminare, correre, ballare, ecc. (Massironi, 1998). Ciò che è emerso dagli studi di Johansson è che le 12 luci non hanno alcun significato se l'immagine viene proposta al soggetto in maniera statica (Figura 2.12 b) mentre, con la presentazione dei punti luminosi in movimento, l'osservatore percepisce immediatamente una persona che si muove (dopo 100-200 ms) e riesce, inoltre, a riconoscere perfino il tipo di azione che sta svolgendo (dopo 400 ms) (Stucchi & Olivero, 1999).



**Figura 2.12** - *Rappresentazione dei punti luci posizionati su un tennista mentre sta eseguendo un colpo.*

Tuttavia, l'utilizzo di tale approccio è stato utilizzato anche in contesti sportivi per studiare l'anticipazione dei movimenti svolti dall'avversario, queste ricerche dimostrano che, sia soggetti esperti che inesperti sono in grado, non solo di identificare il gesto eseguito dall'altro atleta, ma di riuscire anche ad anticipare l'azione proveniente dalla visione dei punti luce (Abernethy, Gill, Parks, & Packer, 2001; Abernethy & Packeer, 1989; Ward, Williams, & Bennett, 2002).

## 2.5 IL MOVIMENTO PERCEPITO

Mentre alcuni aspetti della scenario percettivo sono statici, altri si muovono nel contesto circostante con diverse direzioni e a diverse velocità. Considerando, inoltre, che il movimento può essere dovuto, non solo agli spostamenti degli oggetti osservati, ma anche a quelli dell'osservatore (Massironi, 1998) risulta particolarmente evidente che le componenti che riguardano la percezione del movimento risultano alquanto complesse.

Per spiegare tale complessità, Massironi (1998) porta come esempio ciò che accade da un punto di vista visivo ad un giocatore durante una partita di tennis:

*“Il giocatore non sta fermo, quindi tutto l'ambiente circostante, anche le parti fisse come gli edifici, la rete, i bordi del campo, vengono proiettate in aree sempre differenti della sua retina: l'ambiente è statico, ma la proiezione retinica dell'ambiente non lo è. La pallina sta arrivando a una certa velocità e con una data angolatura. In base a questi dati deve essere ricavato il punto probabile di contatto col terreno, e deve anche essere stabilito se tale punto si trova all'interno o all'esterno del campo, per prepararsi o no alla risposta. A questo momento il nostro giocatore, oltre che della pallina in arrivo, deve tener conto di dove sta spostandosi il suo avversario, che non sta certo fermo, e stabilire dove si troverà quando arriverà la sua risposta. Contemporaneamente deve tener conto della posizione della rete, la cui proiezione sulla retina cambia a ogni suo spostamento, così come cambiano le linee che delimitano il campo dell'avversario. A parte i calcoli necessari per impostare*

*l'azione motoria, nell'occhio del giocatore si susseguono con grande velocità mutamenti continui e dinamici delle stimolazioni che interessano tutta la sua retina" (p. 200).*

Ciò che emerge dall'esempio appena descritto è che per percepire le azioni, soprattutto nei contesti sportivi, non basta individuare le proprietà di movimento del singolo oggetto, tali caratteristiche devono essere rapportate al compito da svolgere e alla posizione del corpo dell'atleta in quel preciso momento.

Le cose diventano ancora più complesse, quando il compito del soggetto non si limita alla semplice percezione del contesto, ma riguarda l'interazione con gli oggetti che si muovono al suo interno. Evitare una collisione oppure intercettare un oggetto in movimento implica la pianificazione e l'esecuzione del gesto sulla base della stima del tempo di contatto, ovvero il tempo necessario per cui soggetto e oggetto si pongano a distanza zero (Spinelli, 2002).

Alcuni studi sul baseball, riportano che per eseguire il proprio movimento il battitore deve calcolare anche la velocità con cui arriva la pallina lanciata dall'avversario e sulla base di ciò individuare il giusto momento in cui iniziare l'azione tenendo in considerazione il tempo di collisione (Lee, 1980). Altri lavori, invece, hanno riscontrato che gli oggetti con traiettoria perpendicolare sono più difficili da intercettare anche se in tali condizioni il  $\tau^4$  risulta essere ben stimato; pertanto, sostengono che in questo specifico caso l'informazione utilizzata non sia quella della grandezza dell'immagine retinica, ma la posizione angolare e la velocità dell'oggetto (Tresilian 1994). Da uno studio sui movimenti oculari nel cricket di Land e McLeod (2000) emerge, invece, che per colpire la palla in maniera efficace gli atleti tendevano a valutare, oltre al tempo di collisione, anche altri aspetti quali: l'angolo della traiettoria di rimbalzo e/o il tempo di rimbalzo relativo al tempo di lancio. Da questi lavori, quindi, ne consegue che non è soltanto la stima

---

<sup>4</sup>  $\tau_{(v)}$  "Informazione contenuta nel flusso ottico che potrebbe segnalare il tempo di collisione senza dover stimare la distanza assoluta o la velocità. Il rapporto con la grandezza dell'immagine retinica in ogni istante e la velocità di espansione dell'immagine è chiamato tau, ed è proporzionale al tempo di collisione" (Wolfe, 2007, p. 169).

del tempo di collisione a determinare la capacità di intercettare un oggetto in movimento, ma a seconda della specifica situazione e dal tipo di lancio vengono utilizzate specifiche strategie visuo-motorie.

Infine, è importante evidenziare che le informazioni sulla destinazione finale dell'oggetto lanciato non vengono fornite soltanto dalla traiettoria svolta dall'oggetto stesso, ma altre fondamentali indicazioni vengono date tramite la posizione del corpo del soggetto che lancia la palla. Numerosi studi, che hanno utilizzato le occlusioni visive (e.g. Jones & Miles, 1978; Abernethy & Russel, 1987; Williams & Burwitz, 1993) o il tracciato dei movimenti oculari (e.g. Williams & Davids, 1988; Goulet, Bard & Fleury, 1989; Williams, Ward, Knoweles & Smeeton, 2002) indicano, infatti, come la gestualità di chi compie il gesto fornisce anticipatamente la traiettoria del tiro fornendo ulteriori indicazioni per calcolare correttamente il punto in cui prendere o colpire l'oggetto.



***PARADIGMA SPERIMENTALE SULLA  
DETERMINAZIONE DEL PARAMETRO  
DIREZIONALE.***

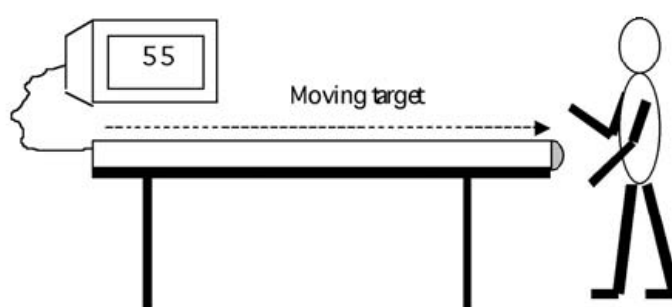
**3.1 INTRODUZIONE**

La capacità di movimento all'interno di un determinato contesto ambientale risulta essere particolarmente legata agli aspetti percettivi. Gli individui, infatti, eseguono azioni motorie non solo sulla base di uno scopo prefissato, ma anche adattando la propria gestualità alla specifica situazione in cui si svolge (Nicoletti, 1992). Anche l'esecuzione di un atto motorio elementare, come ad esempio prendere un utensile tra le mani, implica il coinvolgimento dell'informazione percettiva (Spinelli, 2002), in quanto devono essere identificati alcuni parametri tra cui la dimensione dell'oggetto e la sua posizione all'interno dello spazio. Risulta, quindi, particolarmente evidente che l'utilizzo del canale percettivo diventa ancora più determinante quando l'oggetto si trova in uno stato dinamico e, pertanto, l'individuo deve adattare e, a volte, modificare i suoi movimenti sulla base di quello che viene rilevato dal suo sistema sensoriale.

In situazioni più complesse, come ad esempio le prestazioni sportive, l'atleta deve valutare un insieme di componenti percettive riguardanti non solo i propri movimenti, ma anche quelli relativi agli spostamenti dell'avversario e/o alla traiettoria di una palla; inoltre, è da sottolineare che il giocatore deve prendere in

considerazione le eventuali variazioni dello scenario percettivo (spostamento repentino dell'avversario e/o cambiamento inaspettato della direzione della palla), in modo da modificare e/o riadattare il proprio gesto motorio alla nuova condizione di gioco.

In letteratura, alcuni lavori hanno sviluppato degli specifici paradigmi di ricerca per studiare, da un punto di vista temporale, la capacità di riprogrammare un gesto motorio. Teixeira e Franzoni (2002), ad esempio, hanno voluto analizzare la capacità di riadattare un'azione motoria sulla base della rapidità con cui viene presentato uno stimolo. Il compito richiesto ai soggetti era quello di colpire un oggetto statico sincronizzando la propria azione con il movimento di un target luminoso (Figura 3.1); tale bersaglio veniva generalmente presentato ad una velocità costante di 3 m/s, tuttavia, durante il percorso, la sua rapidità poteva inaspettatamente cambiare a 2 m/s oppure a 4 m/s<sup>5</sup>, modificando così il tempo a disposizione per poter riadattare il movimento (600, 525, 450, 375 e 300 ms). I risultati di questo esperimento riportano un decremento progressivo della prestazione dei soggetti, in quanto, l'errore temporale aumenta in maniera graduale con la diminuzione del tempo disponibile.



**Figura 3.1** - Rappresentazione schematica del paradigma utilizzato da Teixeira e Franzoni (2002).

<sup>5</sup> Nell'esperimento di Teixeira e Franzoni (2002) i soggetti sono stati assegnati a due gruppi differenti: 25% oppure 50% di probabilità che venisse alterata la velocità del target; ogni gruppo veniva sottoposto a condizione unidirezionale (la rapidità del bersaglio variava da 3m/s a 2m/s) ed a condizione bidirezionale (la rapidità poteva variare da 3m/s a 2m/s oppure da 3m/s a 4m/s).

Successivamente, Texeira et al. (2006) esaminarono l'abilità di riprogrammare i movimenti del braccio in un compito di intercettazione; la consegna data ai soggetti era quella di spostare orizzontalmente una leva (*joystick*), fin tanto da raggiungere ed intercettare uno stimolo visivo che si muoveva verticalmente dall'alto verso il basso. Anche in questo caso, il target veniva inizialmente presentato ad una velocità costante che poteva improvvisamente crescere o decrescere lasciando, ai partecipanti, una diversa quantità di tempo (dagli 800 ai 100 millisecondi) per correggere l'azione motoria intrapresa. I dati ricavati da questo studio confermano quanto emerso nel lavoro precedentemente descritto, ovvero, un decremento lineare della prestazione legato alla progressiva riduzione del tempo a disposizione.

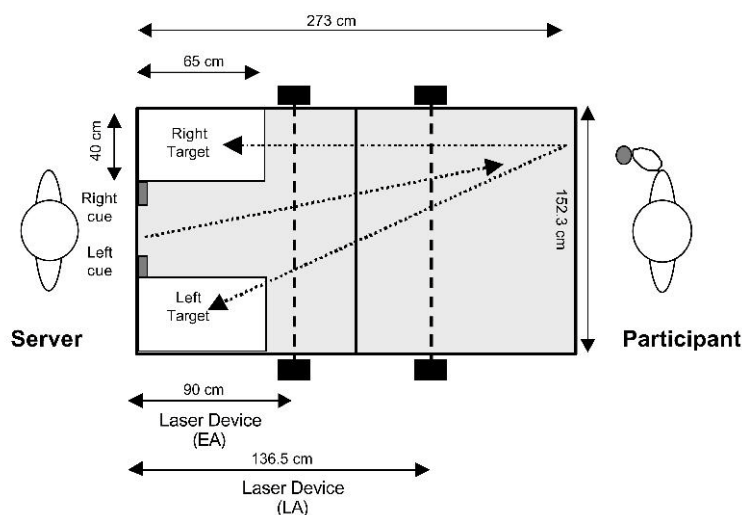
Nei lavori appena citati è stata considerata soltanto la gestualità relativa all'intercettazione di un oggetto in movimento, mentre in alcune attività sportive (e.g. la pallavolo, il tennis, il tennis tavolo, il calcio) lo scopo dell'atleta non è soltanto quello di raggiungere la palla in arrivo, ma anche quello di colpirla ed indirizzarla con successo in una determinata zona del campo (Vickers, 2007).

Con uno studio sul tennis tavolo, Rodrigues, Vickers e Williams (2002) hanno voluto determinare se la coordinazione di testa, occhi e braccio, nell'esecuzione di un colpo di "diritto", varia in funzione dell'expertise dell'atleta e/o della costrizione temporale. Per svolgere tale esperimento, il campo del battitore è stato suddiviso con due aree target (una "lungo linea" e l'altra "diagonale" – destra e sinistra), in corrispondenza della quale degli indizi visivi indicavano, con differenti intervalli temporali (*pre-cue*: 2366 ms; *early-cue*: 521 ms; *late-cue*: 327 ms)<sup>6</sup>, in quale area indirizzare la pallina (Figura 3.2). I risultati ottenuti da questo lavoro indicano che, indipendentemente dal livello di gioco (due gruppi: alto livello; basso livello), in

---

<sup>6</sup> L'indizio visivo fornito nell'esperimento di Rodrigues, Vickers e Williams (2002) indicava ai soggetti l'area target in cui dovevano indirizzare la palla e venivano presentati in tre differenti momenti: *pre-cue*: 3 secondi prima che iniziasse l'azione del servizio; *early-cue*: durante la parte iniziale della traiettoria della pallina; *late-cue*: durante la parte finale; considerando che la durata complessiva del tragitto della palla era di 792 ms, i partecipanti avevano a disposizione rispettivamente 2366, 521 e 327 ms per identificare il cue visivo e colpire la palla dandole anche la giusta direzione.

condizione *early-cue* gli atleti mantengono l'accuratezza del colpo, mentre diminuiscono i tempi di fissazione sulla palla e la velocità del braccio all'impatto; in condizione *late-cue*, invece, decresce ulteriormente il *tracking* visivo sulla pallina e, pertanto, la prestazione dei soggetti peggiora anche per quanto riguarda l'accuratezza (Vickers, 2007).



**Figura 3.2** - *Setting sperimentale dell'esperimento di Rodrigues, Vickers e Williams (2002).*

Sulla base di quanto appena descritto, nel nostro lavoro abbiamo pensato di costruire un metodo sperimentale per riuscire a determinare, in termini di tempo, fino a che punto un atleta può attendere prima di eseguire il proprio gesto motorio, senza, però, rinunciare alla precisione e all'efficacia del colpo. Affidandoci ad alcuni paradigmi già esistenti (Rodrigues et al., 2002; Pin et al. 2008), abbiamo suddiviso il campo da gioco in diversi settori, in corrispondenza dei quali sono stati posizionati dei cue luminosi che fornivano, con tempistiche diverse, l'indicazione sul bersaglio da centrare. Lo studio svolto ha preso in analisi la risposta al servizio nel tennis, infatti, un'informazione di questo tipo potrebbe risultare molto utile ai tennisti, sia per poter fuorviare le aspettative dell'avversario, sia per poter cambiare un movimento già intrapreso con uno più opportuno per quella determinata situazione.

## 3.2 ESPERIMENTO 1.1

In questo primo esperimento abbiamo voluto individuare se la diminuzione del tempo a disposizione, per rispondere alla risposta al servizio, potesse determinare un calo progressivo nella precisione dell'atleta.

### 3.2.1 METODO

#### 3.2.1.1 Partecipanti alla ricerca

Hanno partecipato all'esperimento due soggetti di sesso maschile, giocatori di tennis esperti di terza categoria (classifica F.I.T. – Federazione Italiana Tennis) e con almeno 10 anni di esperienza di gioco. Uno dei due atleti aveva 16 anni e giocava con la mano destra, mentre l'altro tennista aveva 44 anni ed impugnava la racchetta con la mano sinistra.

Un terzo atleta (istruttore di tennis) si è prestato ad eseguire i servizi per il primo soggetto, mentre quest'ultimo ha svolto il ruolo del battitore durante la prestazione del compagno.

#### 3.2.1.2 Materiale sperimentale

L'esperimento è stato svolto su un campo da tennis con superficie in cemento, in una struttura al coperto con soltanto un campo da gioco.

Per mettere in atto il nostro studio abbiamo utilizzato la seguente apparecchiatura:

- Fotocellula

Una fotocellula (Reer minicompact MR12F) è stata collocata vicino al battitore ad un'altezza tale da poter rilevare il passaggio della racchetta nella fase della sua massima estensione e pertanto nel momento del contatto palla/racchetta (la posizione della fotocellula variava a seconda dell'altezza del battitore).

- Sistema luci

Due luci (spot da 50 watt) sono state posizionate in corrispondenza delle due aree target designate nel campo dell'avversario (battitore). Questi cue luminosi servivano per dare al soggetto l'indicazione su dove dirigere la pallina ed erano posizionati dietro al giocatore che eseguiva il servizio, ad un'altezza di circa 2,5 metri da terra.

- Temporizzatore digitale

Il sistema di luci appena descritto era collegato ad un temporizzatore digitale che veniva attivato dalla fotocellula al momento del passaggio della racchetta. Tale dispositivo elettronico permetteva di randomizzare la sequenza delle luci ed, inoltre, di poter selezionare l'intervallo di tempo tra l'indicazione fornita dalla fotocellula e l'attivazione del cue visivo (Figura 3.3).



**Figura 3.3** - Temporizzatore digitale.

- Speedcheck

Lo Speedcheck (Sport Radar SR 3600, speed range: da 10 a 250 MPH) è un'apparecchiatura composta da fotocellule in grado di rilevare, sia in miglia che in chilometri/orari, la rapidità di un oggetto in movimento (Figura 3.4). Tale strumento è stato utilizzato per controllare la velocità del servizio.



**Figura 3.4** - Speedcheck – Rilevatore di velocità.

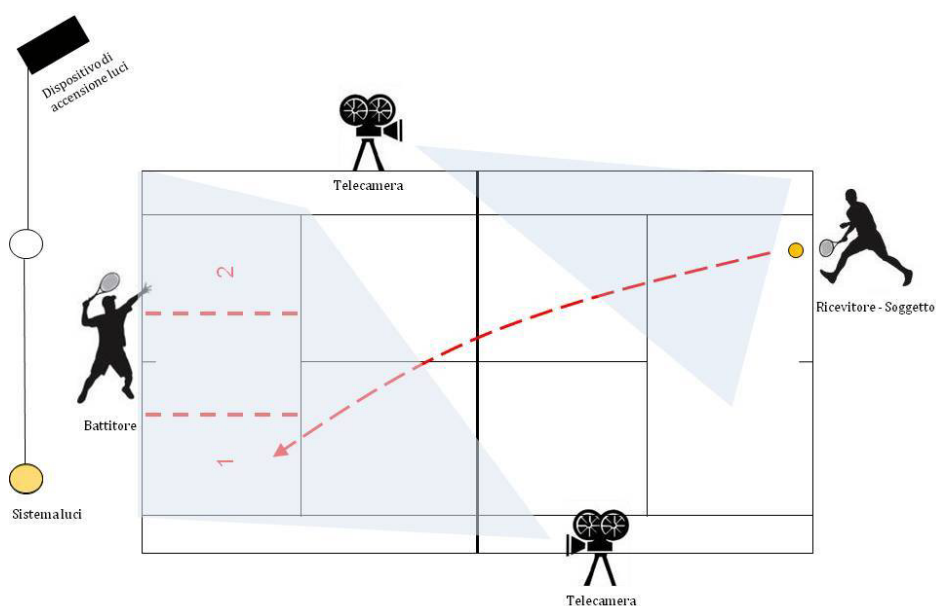
### 3.2.1.3 Procedura

Come si può osservare dal setting sperimentale riportato in figura 3.5, l'area di fondo campo del battitore è stata suddivisa in tre parti uguali delimitando, in questo modo, due zone target, una corrispondente ai colpi "lungo linea" (area 2) e l'altra a quelli "incrociati" (area 1). A fondo campo, dietro la figura del battitore, sono state posizionate due luci allineate alle zone bersaglio; tali segnali visivi indicavano al soggetto dove indirizzare la palla e venivano attivati in quattro diversi momenti, ottenendo così quattro differenti condizioni:

- Baseline: la luce si accendeva prima che il battitore iniziasse il movimento del servizio;
- R300, R400 ed R500: la luce si accendeva rispettivamente 300, 400 o 500 ms dopo l'impatto della battuta.

Per ognuna di queste condizioni, il compito del soggetto era quello di ricevere il servizio e indirizzare la palla nell'area indicata dal cue luminoso e, pertanto, la nostra variabile dipendente era l'accuratezza del colpo calcolata mediante il numero di bersagli colpiti. Ogni atleta ha eseguito complessivamente 100 risposte, ovvero, 25 per ciascuna condizione.

Tutti i servizi sono stati effettuati da destra verso sinistra; inoltre, all'inizio delle prove, è stata misurata anche la velocità di battuta, in modo da addestrare i soggetti a mantenere una velocità costante di circa 140-150Km/h.



**Figura 3.5 - Setting sperimentale dell'esperimento 1.1.**

### 3.2.2 RISULTATI

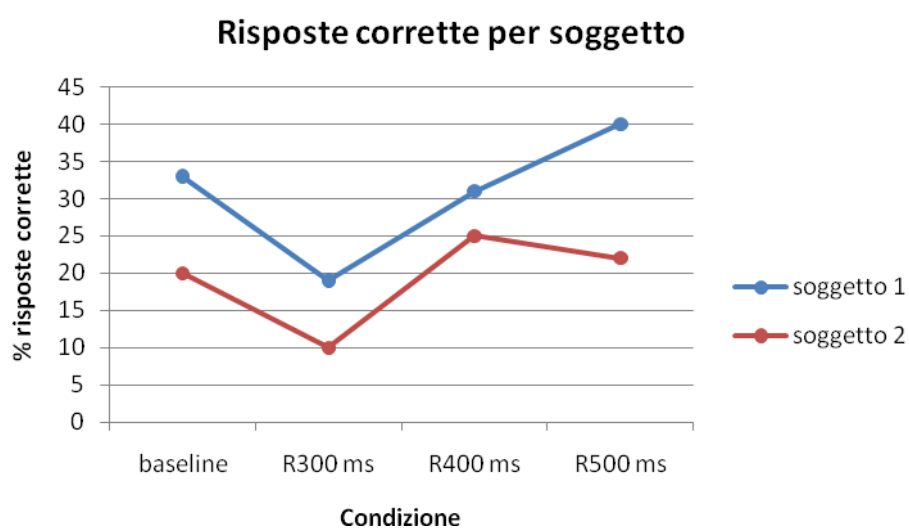
I risultati ottenuti dall'esperimento 1.1 non riportano alcun decremento significativo con la diminuzione del tempo a disposizione; dai test statistici, infatti, non emerge alcuna differenza statisticamente significativa, per quanto riguarda la percentuale di risposte corrette nelle quattro diverse condizioni (Figura 3.6 e Figura 3.7).

Tuttavia, quello che si può osservare dai dati (Tabella 3.1) è un leggero calo della prestazione, anche se non significativo, durante la condizione R300; entrambi i soggetti, infatti, sembrano peggiorare la loro precisione quando l'indicazione visiva, sulla scelta del target, viene presentata con un ritardo di 300 ms dal momento in cui viene messa in gioco la palla.

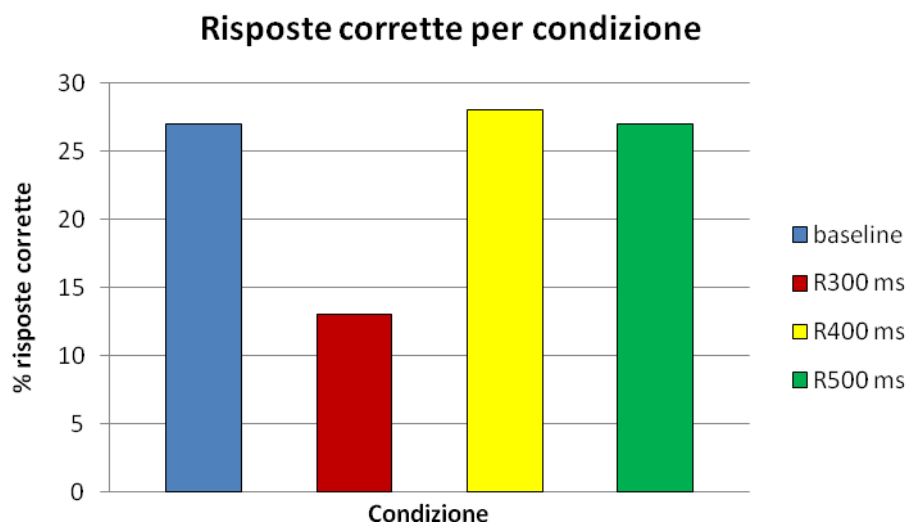


Variabile dipendente: Accuratezza				
	Baseline	R300	R400	R500
Soggetto 1	33,33%	18,75%	31,25%	40,00%
Soggetto 2	20,00%	10,00%	25,00%	21,74%

**Tabella 3.1** - Percentuale di risposte corrette per ogni soggetto.



**Figura 3.6** - Percentuale di risposte corrette per ogni soggetto.



**Figura 3.7** - Percentuale di risposte corrette per condizione.

## **3.3 ESPERIMENTO 1.2**

Nel primo esperimento non abbiamo trovato alcun calo della prestazione con la diminuzione del tempo a disposizione; ci è sembrato interessante, quindi, provare ad aumentare il ritardo, in modo da individuare la soglia temporale in cui gli atleti non hanno più il controllo per indirizzare la palla in una zona precisa del campo.

### **3.3.1 METODO**

#### **3.3.1.1 Partecipanti alla ricerca**

Hanno preso parte all'esperimento quattro soggetti di sesso maschile, giocatori di tennis di terza categoria<sup>7</sup> (classifica F.I.T. – Federazione Italiana Tennis), con più di 10 anni di esperienza e con un'età compresa tra i 17 e i 33 anni. Tutti e quattro i giocatori erano destrorsi ed hanno svolto, per ogni condizione, sia il ruolo del soggetto che quello del battitore.

#### **3.3.1.2 Materiale sperimentale**

L'apparato sperimentale di questo secondo esperimento era il medesimo del lavoro precedente, pertanto, il materiale utilizzato è rimasto lo stesso: una fotocellula, un sistema composto da due luci, un temporizzatore digitale ed uno speedcheck.

#### **3.3.1.3 Procedura**

La procedura attuata in questo lavoro è identica a quella dell'esperimento 1.1, infatti, l'unica variazione apportata riguarda il ritardo applicato alle condizioni; il compito dei soggetti, quindi, rimaneva quello di indirizzare la pallina verso il target

---

<sup>7</sup> Due dei quattro giocatori hanno raggiunto anche la seconda categoria e giocato nel campionato a squadre in serie A2.

indicato dalla luce, ma l'accensione del cue luminoso veniva attivata con un intervallo di tempo più lungo rispetto allo studio precedente.

Le condizioni poste agli atleti erano quindi:

- Baseline: l'indizio visivo indicava l'area target anticipatamente rispetto allo svolgimento del servizio;
- R600 ed R700: l'indizio visivo si accendeva rispettivamente 600 o 700 ms dopo l'impatto della battuta.

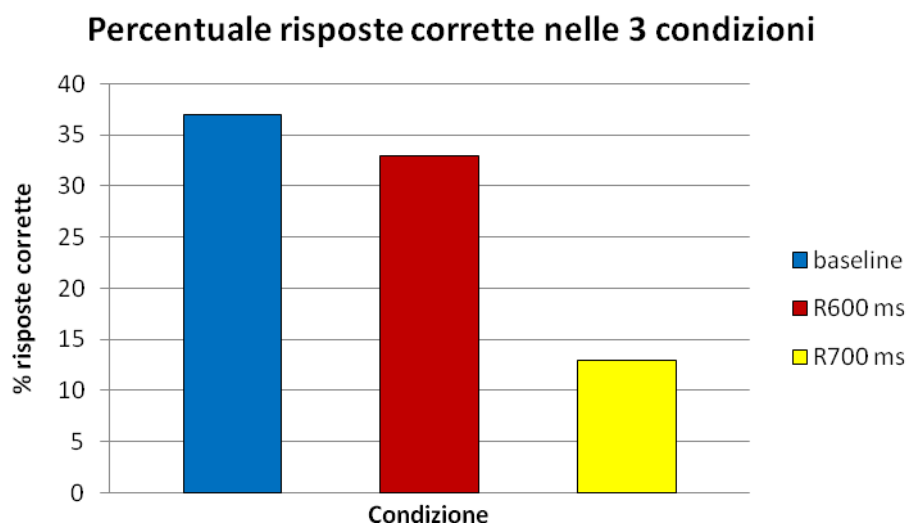
Come nel precedente esperimento, i quattro giocatori hanno inizialmente eseguito la condizione di baseline, mentre le successive condizioni sono state presentate ai soggetti in maniera casuale (baseline-R600-R700; baseline-R700-R600). Ogni atleta, inoltre, ha partecipato all'esperimento sia come soggetto, rispondendo a 30 servizi per condizione, sia come battitore, inviando la palla al compagno; a tal scopo, in fase preliminare, è stata misurata la potenza del servizio, in modo da trovare una velocità costante di circa 140-150 Km/h.

### 3.3.2 RISULTATI

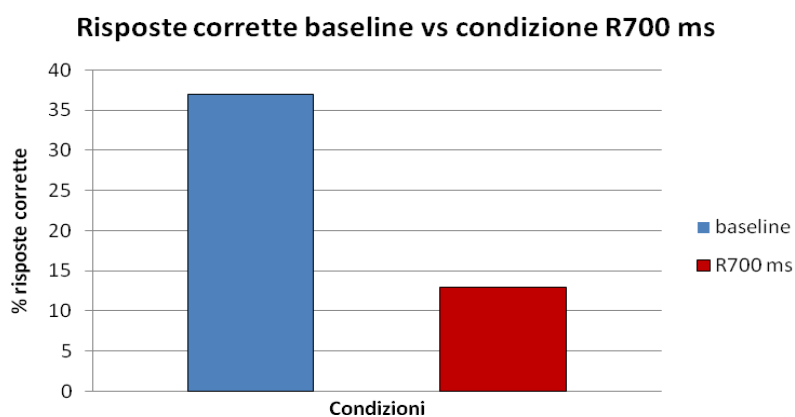
La tabella 3.2 riporta le frequenze relative alle risposte corrette nelle tre diverse condizioni sperimentali (baseline – R600 – R700). Tali dati sono stati analizzati tramite il test del Chi-quadro che ha evidenziato una differenza statisticamente significativa ( $\chi^2_{(2)} = 20,22$ ;  $p < 0.001$ ) tra le condizioni (Figura 3.8); nello specifico la suddetta analisi ha indicato una differenza sia tra le condizioni: baseline ed R700 ( $\chi^2_{(1)} = 18,90$ ;  $p < 0.001$ ) (Figura 3.9); che tra le condizioni: R600 ed R700 ( $\chi^2_{(1)} = 13,76$ ;  $p < 0.001$ ) (Figura 3.10). Non è emersa, invece, alcuna significatività per quanto riguarda la baseline e la condizione con ritardo a 600 ms (Figura 3.11).

Condizioni	Risposte corrette		Totale
	No	Sì	
Baseline	76	44	120
R600	81	39	120
R700	105	15	120
Totale	262	98	360

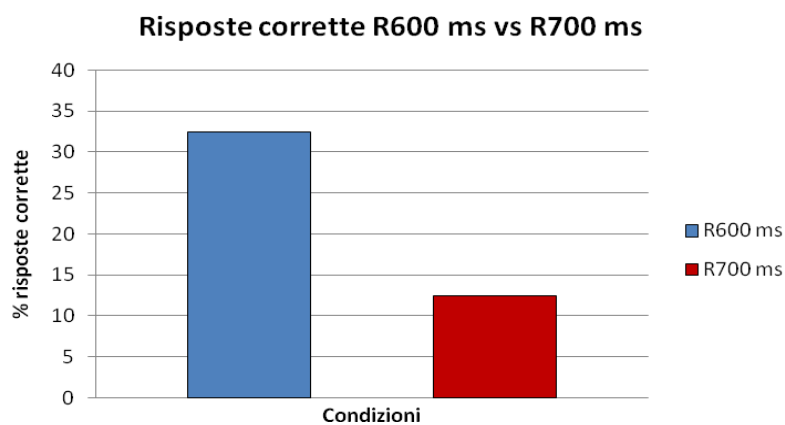
**Tabella 3.2** - Frequenze delle risposte corrette per condizione.



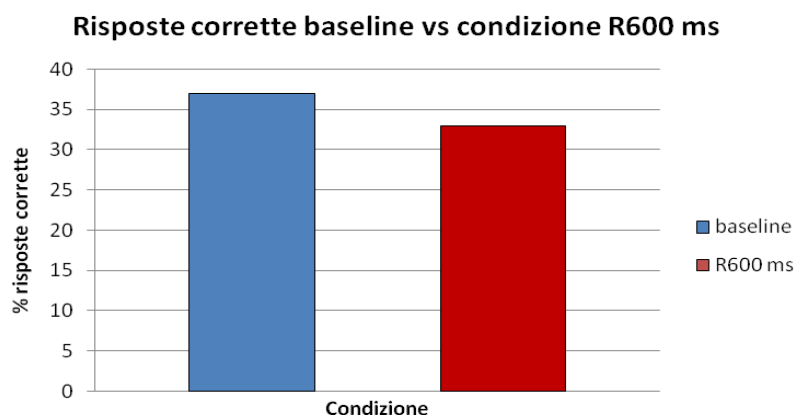
**Figura 3.8** - Percentuale di risposte corrette per condizione.



**Figura 3.9** - Percentuale di risposte corrette nelle condizioni Baseline ed R700.



**Figura 3.10** - Percentuale di risposte corrette nelle condizioni R600 ed R700.



**Figura 3.11** - Percentuale di risposte corrette nelle condizioni Baseline ed R600.

### 3.4 CONCLUSIONI

Dagli esperimenti appena descritti emerge un calo repentino della prestazione quando l'indizio visivo viene presentato a 700 ms dal colpo dell'avversario; gli atleti, infatti, non mostrano alcuna difficoltà fino alla condizione R600 (ritardo a 600 ms dopo il servizio) e, pertanto, al contrario dei risultati ottenuti dai lavori di Teixeira e Franzoni (2002) e Teixeira et al. (2006), i soggetti non sembrano presentare un calo progressivo della performance correlato alla diminuzione del tempo a disposizione, ma viene identificata una soglia temporale in cui il soggetto non è più in grado di indirizzare la palla in uno specifico settore.

Inoltre, nel primo esperimento si rileva un leggero peggioramento della prestazione, per entrambi i giocatori, nella condizione R300 (ritardo a 300 ms dopo il servizio) per poi ritornare, nelle successive condizioni, ad essere accurati quanto in fase di baseline. Una possibile spiegazione a questo fatto potrebbe essere data dai risultati ottenuti dall'esperimento di Land e McLeod (2000); tali ricercatori hanno studiato i movimenti oculari nel cricket, osservando che nella fase iniziale il battitore tiene gli occhi sulla palla lanciata per 100-200 ms e successivamente, una saccade sposta il suo sguardo, per circa 200 ms, sul probabile punto di rimbalzo. Sulla base di ciò, il calo della performance, in risposta al servizio, potrebbe essere dovuto al fatto che osservando la possibile zona di caduta della palla, gli atleti non riescano a vedere in tempo l'indizio luminoso indicatore del target e, pertanto, commettano una quantità leggermente più elevata di errori.

***TRAINING VISIVO: RICERCA SU UNA POSSIBILE  
STRATEGIA PER MIGLIORARE LA PREVISIONE  
DEL COLPO.***

**4.1 INTRODUZIONE**

Per comprendere le situazioni di gioco e mettere in atto una risposta adeguata, l'atleta deve elaborare un gran numero di informazioni visive (Nicoletti, 1992) ed estrarre da esse le risorse più indicative per anticipare il più rapidamente possibile le azioni dell'avversario (Shim et al., 2005). Ad esempio, il poter prevedere nel tennis la direzione di una pallina tramite strategie di osservazione, comporta al giocatore un risparmio di tempo e di energie, caratteristiche indubbiamente importanti anche per una maggior accuratezza nella risposta al colpo; queste informazioni vengono però fornite non solo dalla percezione del movimento della palla, ovvero dall'avvicinamento dell'oggetto sulla retina, ma anche dagli spostamenti e dalla gestualità dell'avversario (Fattorini & Gerbino, 2000).

In letteratura vengono riportate varie strategie per studiare le capacità percettive di anticipazione, quelle principalmente impiegate sono: la registrazione dei movimenti oculari (Goulet, et al., 1989; Williams, et al., 1994), usata per individuare, in termini di luogo e di tempo, i pattern visivi utilizzati dagli atleti durante la competizione sportiva; e le tecniche di occlusione visiva. Quest'ultime si suddividono in: occlusione visiva temporale (l'immagine visiva dell'azione svolta dall'avversario

viene bloccata in determinate fasi del movimento) (Jones & Miles, 1978) e occlusione visiva spaziale (occlusione selettiva di specifiche parti corporee dell'avversario o della sua attrezzatura) (Abernethy & Russel, 1987).

Tramite l'utilizzo di queste tecniche, molti lavori all'interno della ricerca sperimentale sui processi cognitivi coinvolti nello sport hanno riportato, in atleti con diversi livelli di expertise, differenze nell'anticipare l'azione dell'avversario (Jones & Mile, 1978; Williams et al., 2002; Jackson & Mogan, 2007). Tali lavori hanno infatti dimostrato che i giocatori esperti sono più abili degli inesperti nel predire la destinazione finale di un tiro, probabilmente grazie alla maggior capacità nel raccogliere informazioni utili già dai primi movimenti prodotti dall'avversario (Farrow & Abernethy, 2002). Da ciò emerge l'importanza dell'esperienza in una determinata disciplina sportiva, non solo da un punto di vista tecnico ma anche da parte delle informazioni esterocettive utilizzate.

In questo lavoro abbiamo nuovamente preso in considerazione la risposta al servizio nel tennis<sup>1</sup>, cercando, in questo caso, di individuare alcune strategie di allenamento per migliorare la prestazione dell'atleta, costruendo dei training (Farrow & Abernethy, 2002) composti da videoclip (Farrow et al., 1998), in modo da accrescere l'esperienza percettiva e, pertanto, incrementare la performance di soggetti inesperti. Per svolgere tali training (uno con stimolazione visiva e l'altro con feedback acustico), si è scelto di utilizzare l'occlusione temporale, in particolare, bloccando l'esecuzione del servizio al momento del contatto palla-racchetta, questo in modo da fornire al soggetto esclusivamente le informazioni visive disponibili prima che la palla "lasci" la racchetta dell'avversario e allenarlo, quindi, a prestare particolare attenzione anche al gesto eseguito dal giocatore anziché aspettare il tragitto della pallina.

---

<sup>1</sup> Soprattutto negli ultimi anni, la velocità di una battuta effettuata da un professionista può superare i 200 km/h, (e.g. Andy Roddick, atleta ATP - Association of Tennis Professionals - record del servizio più veloce nel tennis: 249,5 km/h, nel 2004 in Coppa Davis), pertanto, la strategia visiva utilizzata dal ricevitore per predire la destinazione finale del colpo risulta essere essenziale per poter proseguire lo scambio.



## **4.2 ESPERIMENTO 2.1**

Con il primo lavoro abbiamo voluto testare se un training video, con occlusione temporale e suggerimento visivo dell'effettivo punto di arrivo della palla, potesse migliorare, in soggetti non esperti, la capacità del poter prevedere la destinazione finale di un servizio.

### **4.2.1 METODO**

#### **4.2.1.1 Partecipanti alla ricerca**

Hanno partecipato a questo esperimento 15 soggetti (7 maschi ed 8 femmine di età compresa tra 20 e 39 anni) senza particolare esperienza nel gioco del tennis (mai praticato o mai giocato in maniera competitiva). Tutti i soggetti presentavano visione normale o corretta da lenti.

#### **4.2.1.2 Materiale sperimentale**

La raccolta del materiale visivo è stata effettuata su un campo da tennis indoor (struttura singola); per effettuare le registrazioni sono state utilizzate due telecamere: una posizionata al posto del ricevitore in direzione del battitore (Canon MV790); un'altra, invece, riprendeva l'area del servizio in cui arrivava la palla (Panasonic NV-GS17).

I videoclip ottenuti dalle registrazioni sono stati, quindi, elaborati tramite un software video (Microsoft Movie Maker) e successivamente ricreati mediante linguaggio di programmazione True BASIC; i filmati così ottenuti sono stati presentati ai soggetti sullo schermo di un laptop (Compaq Presario V4000 – schermo 15,4 pollici).

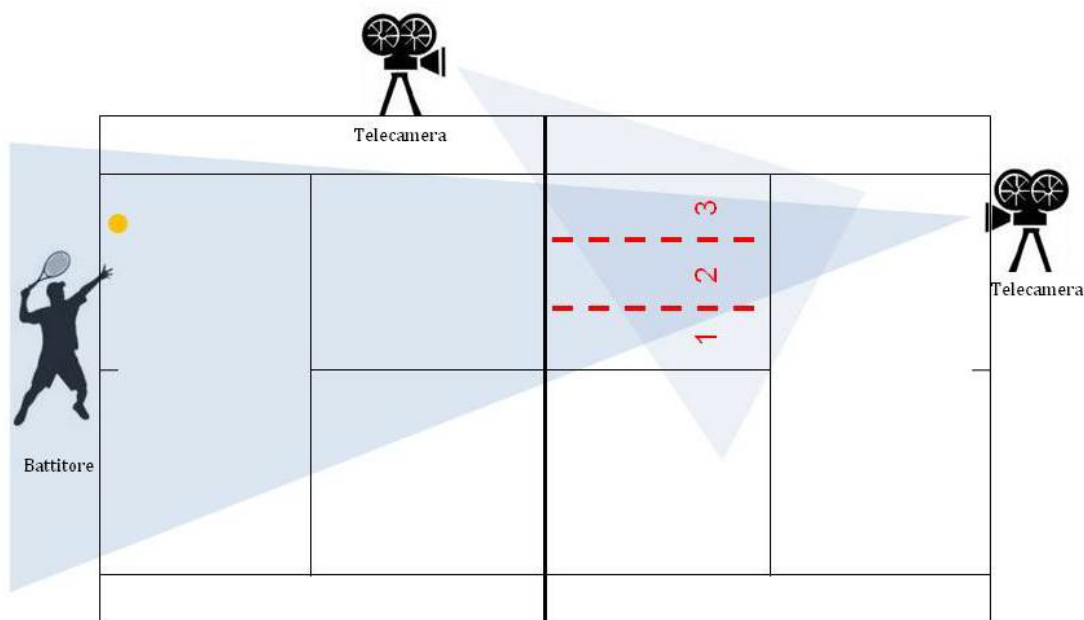
La risposta dei partecipanti veniva data su di un tastierino numerico (Figura 4.1) collegato direttamente al computer.



**Figura 4.1** - Tastierino numerico su cui i soggetti davano la risposta.

#### 4.2.1.3 Procedura

Inizialmente è stata suddivisa l'area del servizio di destra in 3 settori (settore 1, settore 2 e settore 3) e sistemata una telecamera nella posizione del ricevitore ad un'altezza di 160 cm da terra; tale apparecchiatura registrava un istruttore di tennis a cui è stato chiesto di effettuare 100 servizi suddivisi per ogni area contrassegnata, mentre un'altra telecamera serviva da controllo e filmava l'effettivo punto di arrivo della battuta (Figura 4.2).



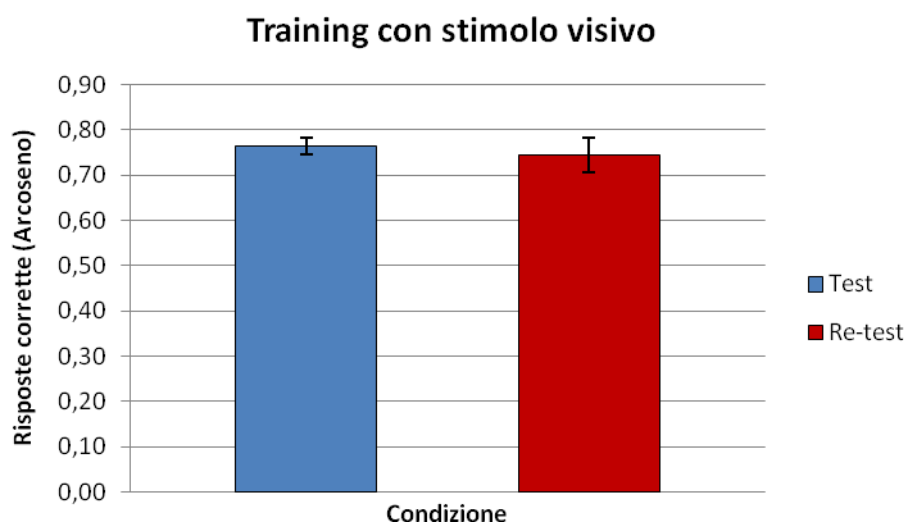
**Figura 4.2** - Suddivisione dell'area del servizio e posizione delle telecamere nell'esperimento 2.1.

Successivamente, il filmato ottenuto è stato elaborato al fine di ottenere tre videoclip, ognuno con 30 diversi servizi (10 per ogni settore) occlusi temporalmente al momento del contatto tra la palla e la racchetta del battitore. Pertanto, ai soggetti venivano presentati tre differenti filmati (test - training - re-test), in un'unica sessione, con un intervallo di 10 minuti tra una condizione e l'altra:

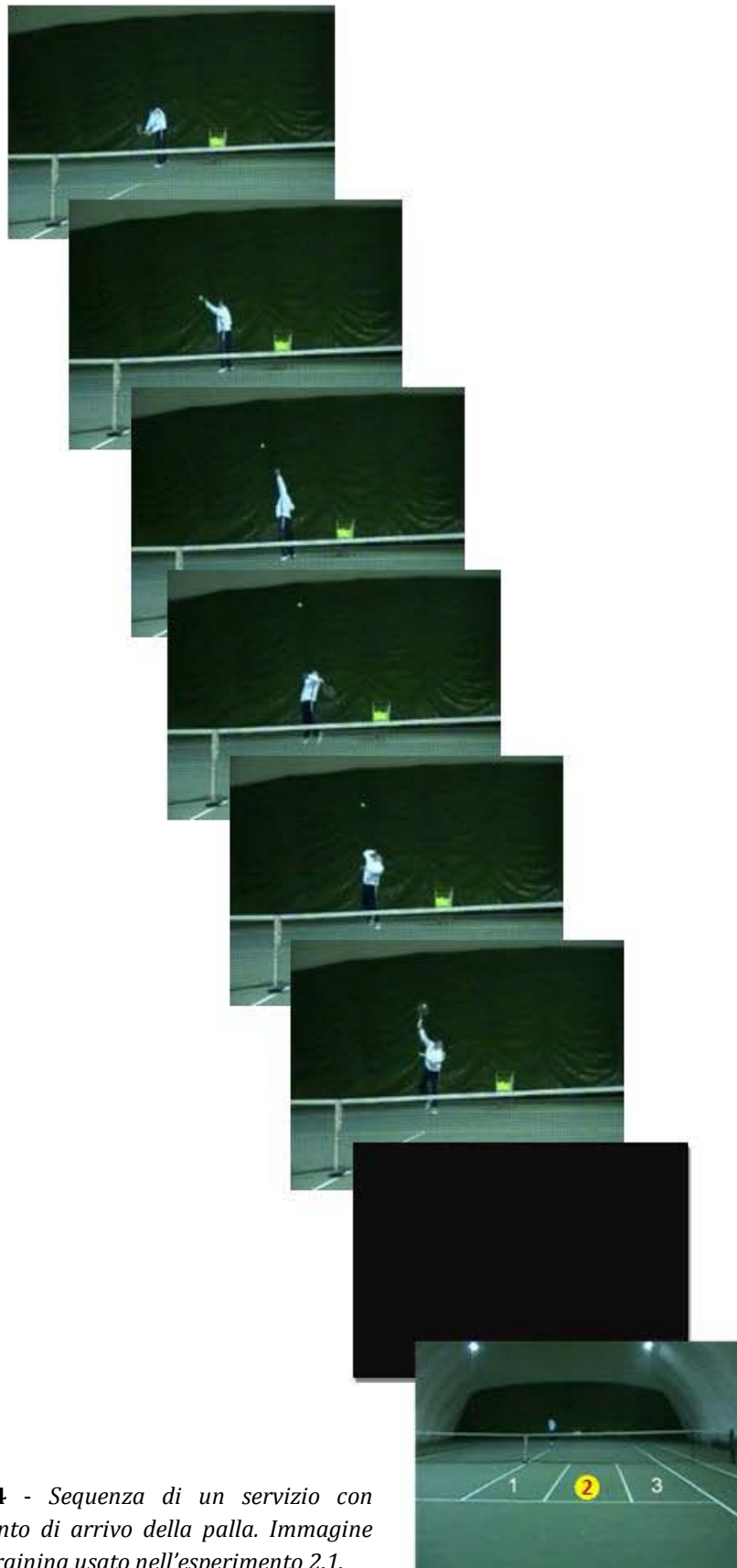
- primo video – test: in questa prima fase dell’esperimento, è stato chiesto ai soggetti di anticipare la destinazione finale del servizio, in modo da analizzare la capacità iniziale di previsione del colpo.
- secondo video – training (con stimolo visivo): in questa seconda condizione, invece, i soggetti avevano il semplice compito di osservare il video proposto, su cui, alla fine di ogni servizio, veniva indicato in maniera statica l’effettivo punto di arrivo della pallina (Figura 4.4);
- terzo video – re-test: dopo aver eseguito la sessione di allenamento, in fase di re-test, i soggetti venivano nuovamente testati sulla loro prestazione e, anche in questo caso, dovevano distinguere, per ogni singola battuta, l’area di atterraggio del colpo.

## 4.2.2 RISULTATI

Per effettuare un’analisi parametrica, i dati riferiti al numero di risposte corrette, in fase di test e di re-test, sono stati normalizzati tramite funzione arcoseno e analizzati con un t di Student. I risultati emersi da tale analisi statistica non hanno riportato alcuna differenza statisticamente significativa (Figura 4.3) e, pertanto, da questa ricerca emerge che questo tipo di training non porta alcun incremento nella performance di previsione del colpo.



**Figura 4.3** - Risultati esperimento 2.1: Training con suggerimento visivo.



**Figura 4.4** - Sequenza di un servizio con relativo punto di arrivo della palla. Immagine tratta dal training usato nell'esperimento 2.1.

## **4.3 ESPERIMENTO 2.2**

Dai risultati riscontrati nel precedente esperimento, abbiamo supposto che il compito richiesto, durante questo tipo di training, potesse risultare poco interessante vista l'assenza di interattività del soggetto ed, inoltre, che il suggerimento dato (l'indicazione del punto di arrivo della palla), potesse interferire con la codifica dell'informazione visiva fornita dal battitore nell'esecuzione del servizio.

Sulla base degli aspetti appena citati, in questo secondo lavoro, abbiamo costruito un ulteriore training visivo, utilizzando come metodo di allenamento un feedback acustico.

### **4.3.1 METODO**

#### **4.3.1.1 Partecipanti alla ricerca**

A questo secondo esperimento, hanno preso parte altri 15 soggetti (7 maschi ed 8 femmine con un'età compresa tra 24 e 37 anni) con poca o nessuna esperienza sul gioco del tennis. Anche in questo caso tutti i partecipanti presentavano visione normale o corretta da lenti.

#### **4.3.1.2 Materiale sperimentale**

Per svolgere questa successiva ricerca, sono state impiegate le stesse registrazioni del precedente lavoro ed, inoltre, anche la strumentazione utilizzata per creare i filmati di test, training e re-test risulta essere la medesima di quella già elencata nell'esperimento 2.1.

#### **4.3.1.3 Procedura**

Anche in questo studio, il disegno sperimentale era composto da: un test iniziale, che serviva per la valutazione preliminare della capacità di previsione del

colpo nei soggetti inesperti; un training, per potenziare l'abilità di anticipazione; ed un re-test, per testare l'effettiva efficacia del training proposto.

Per quanto riguarda il primo ed il terzo filmato, i soggetti vedevano una serie di 30 servizi occlusi temporalmente nel momento in cui la racchetta dell'avversario veniva a contatto con la pallina ed il loro compito era quello di indicare, su di un tastierino numerico, il presunto settore (settore 1 – settore 2 – settore 3) d'arrivo della battuta. Ugualmente, anche in fase di training i partecipanti dovevano fornire la risposta sul punto di arrivo della palla, ricevendo però un feedback sonoro quando non riuscivano a rispondere in maniera corretta. Nello specifico, in questa condizione di allenamento, i partecipanti non ricevevano alcun indizio se riuscivano ad individuare il settore in cui veniva indirizzato il servizio, mentre sentivano un suono che rappresentava l'errore, quando si trovavano a scegliere una delle due opzioni sbagliate.

Risulta importante sottolineare che, anche in questo caso, tutti e tre i filmati, compreso il training, venivano presentati ai partecipanti per una volta soltanto e all'interno di un'unica giornata.

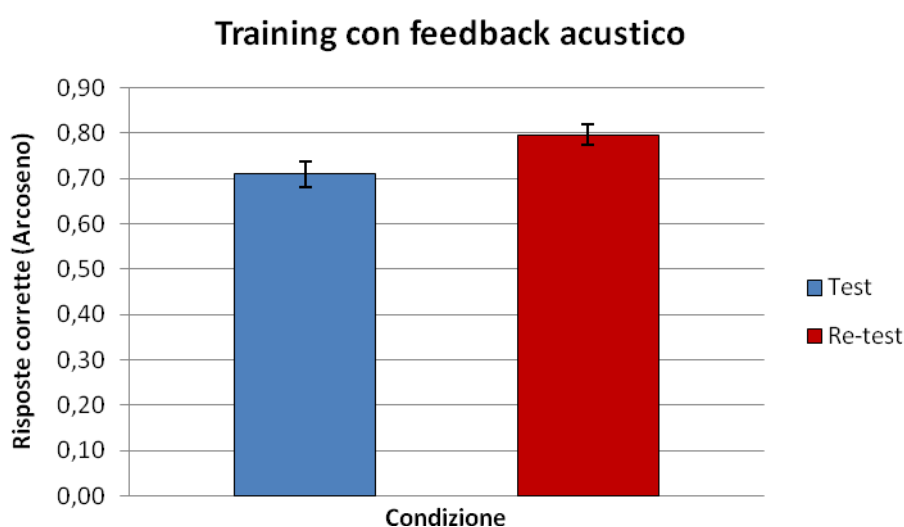
### **4.3.2 RISULTATI**

I dati ricavati dalle risposte dei soggetti, dopo esser stati trasformati in arcoseno, sono stati analizzati tramite t di Student; dall'analisi in questione è emersa una differenza statisticamente significativa ( $t_{(14)} = -3,2637$ ;  $p < .01$ ) tra la condizione di test e quella di re-test (Figura 4.5), evidenziando un miglioramento, nel compito di previsione, dopo la somministrazione del training.

I dati, inoltre, riportano che utilizzando un training con feedback acustico, è sufficiente un video composto da 30 servizi, per migliorare dell'8,44% la prestazione di soggetti inesperti (tabella 4.1).

Statistica Descrittiva			
Variabile Dipendente: Risposte corrette			
CONDIZIONE	Media	Deviazione Standard	Percentuale
Test	12,80	3,21	42,67%
Re-Test	15,33	2,50	51,11%

**Tabella 4.1** - Percentuale risposte corrette test e re-test nell'esperimento 2.2.



**Figura 4.5** - Risultati esperimento 2.2: Training con feedback acustico.

## 4.4 CONCLUSIONI

Come si evince dai precedenti paragrafi, i dati ottenuti in questi due esperimenti riportano diversi risultati sull'apprendimento nella previsione della traiettoria del tiro. Un training con occlusione visiva temporale seguita dall'indicazione del punto di arrivo del servizio, non sembra apportare alcun miglioramento nella prestazione di anticipazione del colpo, mentre l'invio di uno stimolo acustico (con significato negativo), dopo aver eseguito una risposta errata, pare essere un indizio particolarmente rilevante per migliorare la performance dei soggetti.

Tali risultati potrebbero esser spiegati considerando che nell'esperimento 2.1 i partecipanti si trovavano soltanto ad osservare il filmato proposto e, quindi, in una condizione passiva rispetto al training presentato nella seconda ricerca; oppure, un'altra spiegazione plausibile, potrebbe esser riferita al fatto che il suggerimento visivo interferisce con la codifica dell'informazione visiva fornita dal battitore nell'esecuzione, mentre con un feedback acustico non ci sarebbe questo tipo di interferenza e, di conseguenza, viene riportato un aumento della prestazione nei partecipanti.

In quest'ultimo lavoro, inoltre, gli esiti significativi riscontrati vengono riportati a brevissimo termine, infatti, i soggetti sottoposti al training con feedback acustico, presentano un incremento di performance dell'8,44%, essendo sottoposti ad un'unica sessione di allenamento composta soltanto da 30 servizi. Potrebbe, quindi, risultare particolarmente interessante, come sviluppo di questa ricerca, aumentare le sessioni di allenamento e, soprattutto, verificare se il miglioramento si riscontra anche nel contesto naturale (Adolphe et. al., 1997) ed in giocatori di tennis con un discreto livello di expertise.



***INDAGINE SPERIMENTALE SUL RUOLO  
DELL'INFORMAZIONE ACUSTICA NELLA  
RISPOSTA AL SERVIZIO.***

**5.1 INTRODUZIONE**

Come già sottolineato nei precedenti capitoli, percepire l'ambiente è un aspetto determinante per gli esseri viventi, il poter osservare o toccare un oggetto, oppure l'essere in grado di sentire un suono, un particolare odore o il sapore di un alimento, permette all'individuo di riconoscere e acquisire nuove informazioni sul mondo che lo circonda.

È importante sottolineare, inoltre, come l'essere umano interagisce e si adatta adeguatamente a ciò che gli sta attorno, non solo utilizzando i sistemi sensoriali in maniera separata, ma anche grazie all'interazione cross-modale di tali fonti di informazione (McGurk & McDonald, 1976; Takeuchi, 1993). L'integrazione di più indizi, infatti, può fornire al soggetto indicazioni più esaustive sulla specifica situazione e pertanto fargli ottenere prestazioni superiori. A conferma di ciò, alcuni studi hanno dimostrato come durante un compito di misurazione dei tempi di reazione si riscontrino risultati migliori quando stimoli visivi ed acustici vengono presentati simultaneamente (Taylor & Campbell, 1976). Questo indica, quindi, che la presentazione di uno stimolo acustico in concomitanza con uno stimolo visivo crea un'interazione di modalità sensoriali con risultati più vantaggiosi ed inoltre, fa

emergere come altri organi di senso, al di fuori della vista, vengano implicati nell'attività motoria. Ci sono infatti molte condizioni, soprattutto in ambito sportivo, in cui una buona performance dipende proprio da un opportuno utilizzo delle capacità uditive; Schmidt & Wrisberg (2000), ad esempio, riportano come i velisti riescano a rilevare la velocità dell'imbarcazione grazie al rumore prodotto dallo scafo sull'acqua, mentre Button (2002) sottolinea come l'informazione acustica proveniente dal contatto palla-mani o palla-racchetta possa fornire, rispettivamente nella pallavolo e nel tennis tavolo, importanti informazioni aggiuntive sulla profondità e sull'effetto del tiro.

Anche nell'ambito del gioco del tennis, alcuni autori hanno voluto indagare sul ruolo dell'informazione proveniente da altri canali sensoriali e sull'importanza della percezione bimodale vista e udito. Un metodo utilizzato per studiare l'interazione multisensoriale è quello di privare i soggetti dell'informazione proveniente da un organo di senso e confrontare le prestazioni che si ottengono con o senza deprivazione. Utilizzando tale tecnica, Takeuchi (1993) ha voluto indagare sull'importanza delle informazioni fornite dal segnale uditivo durante alcune sessioni di tie-break. I risultati ottenuti in questo esperimento riportano che i giocatori raggiungevano un punteggio minore quando si trovavano sotto condizione unimodale (solo visiva) e che le maggiori difficoltà erano riscontrate soprattutto nella ricezione del servizio.

Alcuni anni dopo, Mead e Drowatzky (1997) hanno voluto studiare se l'informazione acustica accompagnata a quella visiva possa fornire, anche ai giocatori di tennis, importanti segnali aggiuntivi per ottenere risposte migliori sui tempi di reazione. Nel loro esperimento, i due ricercatori misero a confronto la rapidità dei movimenti in atleti con diversi livelli di *expertise* (giocatori di tennis esperti e non esperti) sulla base della presenza, o meno, della componente uditiva. I risultati riportano che, per entrambi i gruppi, nella condizione di deprivazione uditiva i tempi di reazione rallentano.

Da quanto emerso in tali studi, in questo lavoro abbiamo utilizzato la deprivazione sensoriale per analizzare l'importanza dell'informazione uditiva durante la risposta al servizio nel tennis. In particolare, abbiamo voluto indagare

su quale specifico aspetto potesse influire la mancanza di stimolazione acustica, supponendo che ci potesse essere un peggioramento della prestazione riferito all'accuratezza del colpo. Dai tre esperimenti condotti è emerso che i soggetti privati dallo stimolo sonoro non presentano un decremento nella precisione del tiro, ma che la loro performance mostra un abbassamento per quanto riguarda la forza e la potenza del colpo.

## **5.2 ESPERIMENTO 3.1**

Sulla base di quanto riportato in letteratura (Takeuchi, 1993; Mead & Drowatzky, 1997), in questo primo esperimento si è voluto mettere a confronto la performance dei tennisti con o senza deprivazione acustica, supponendo che in condizione unimodale (solo visiva) ci fosse un peggioramento delle prestazioni atletiche per quanto riguarda l'accuratezza del colpo.

### **5.2.1 METODO**

#### **5.2.1.1 Partecipanti alla ricerca**

Hanno preso parte all'esperimento tre soggetti di sesso femminile, giocatrici di tennis di quarta categoria (classifica F.I.T. – Federazione Italiana Tennis) con minimo 10 anni di esperienza e con un'età compresa tra i 16 e i 31 anni. Tutte e tre le tenniste erano destrorse ed ognuna di loro ha svolto, per ogni condizione sperimentale, sia il ruolo di ricevitore (soggetto) che quello di battitore.

#### **5.2.1.2 Materiale sperimentale**

Lo studio è stato svolto in ambiente naturale, su un campo da tennis indoor (struttura singola) con superficie in cemento.

Per svolgere l'esperimento è stata utilizzata la seguente strumentazione:

- Tappi e cuffie insonorizzanti

Per privare i soggetti dall'informazione uditiva sono stati utilizzati dei tappi in cera per la protezione dal rumore (Calmor) con isolamento acustico di 30 decibel, inoltre le atlete indossavano delle cuffie insonorizzanti (Peltor - Optime II) con deprivazione acustica di 110 decibel (Figura 5.1).



**Figura 5.1** - Tappi e cuffie anti-rumore.

- Sistema luci

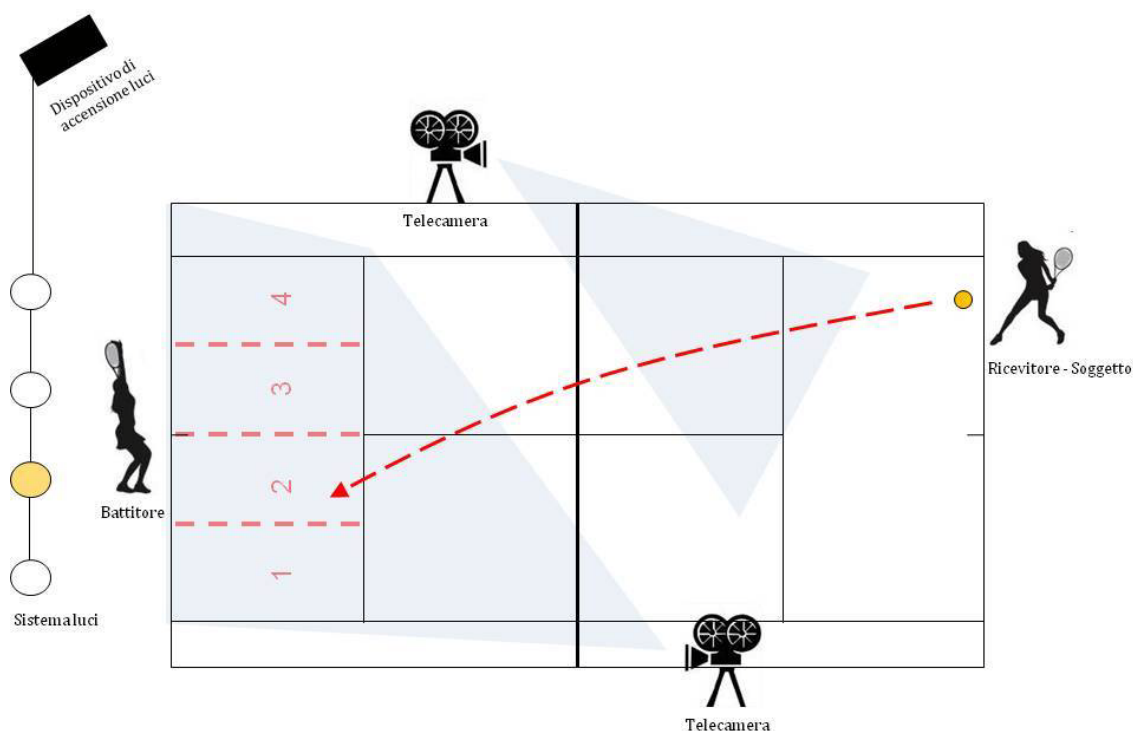
Un sistema composto da quattro luci è stato posizionato dietro il battitore in corrispondenza delle quattro aree in cui il soggetto doveva indirizzare la palla, ogni singola luce era posizionata ad un'altezza di 2,5 metri da terra e l'intero apparato era collegato ad un dispositivo che randomizzava la sequenza di accensione (Figura 5.2).



**Figura 5.2** - Sistema di luci alle spalle del battitore, che indicava al soggetto dove indirizzare la palla.

### 5.2.1.3 Procedura

Preliminarmente, abbiamo suddiviso l'area di fondo della metà campo del battitore (avversario) in quattro settori, in corrispondenza dei quali sono state situate quattro luci che fornivano al giocatore il target visivo su dove indirizzare la palla (Figura 5.3).



**Figura 5.3** - *Setting sperimentale esperimento 3.1.*

Ad ogni settore è stato assegnato un punteggio, che successivamente abbiamo utilizzato per calcolare l'accuratezza: due punti se il soggetto centrava l'obiettivo, un punto se la risposta finiva nell'area accanto a quella indicata dalla luce e zero punti se la pallina finiva in rete, out oppure fuori dalle sezioni contrassegnate.

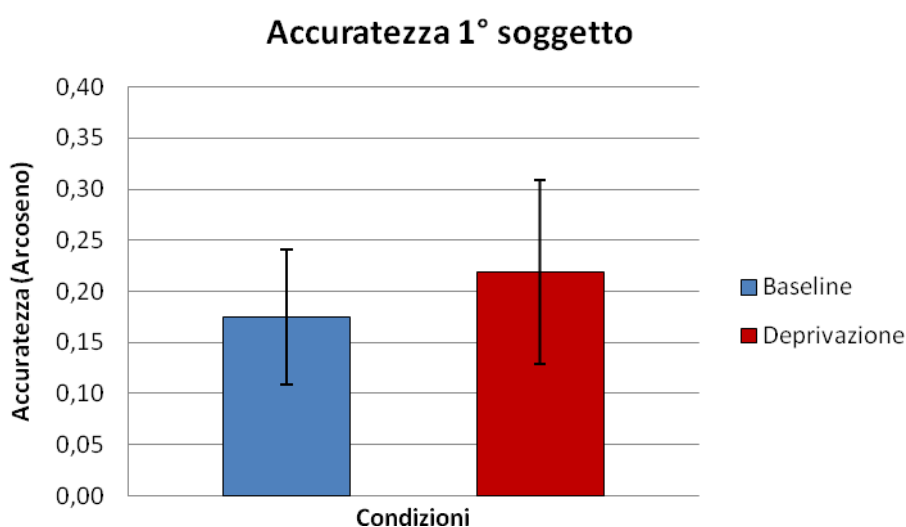
Ogni tennista a rotazione effettuava il servizio mentre un'altra fungeva da soggetto, e pertanto, si prestava a rispondere (A vs B; B vs C; C vs A). Ognuna è stata sottoposta a due diverse condizioni sperimentali, quella di baseline dove poteva far affidamento sia dello stimolo visivo che di quello sonoro, e quella di

deprivazione in cui veniva isolata dall'informazione uditiva di 140 dB (tramite tappi e cuffie); in entrambe, il compito del soggetto era quello di indirizzare la pallina nella zona indicata dal cue visivo, tale segnale luminoso compariva già prima che il battitore iniziasse la sua azione e, quindi, il soggetto sapeva con anticipo dove tirare la palla.

Tutti i servizi sono stati effettuati da destra verso sinistra e ciascuna delle atlete ha effettuato 25 risposte per ogni condizione.

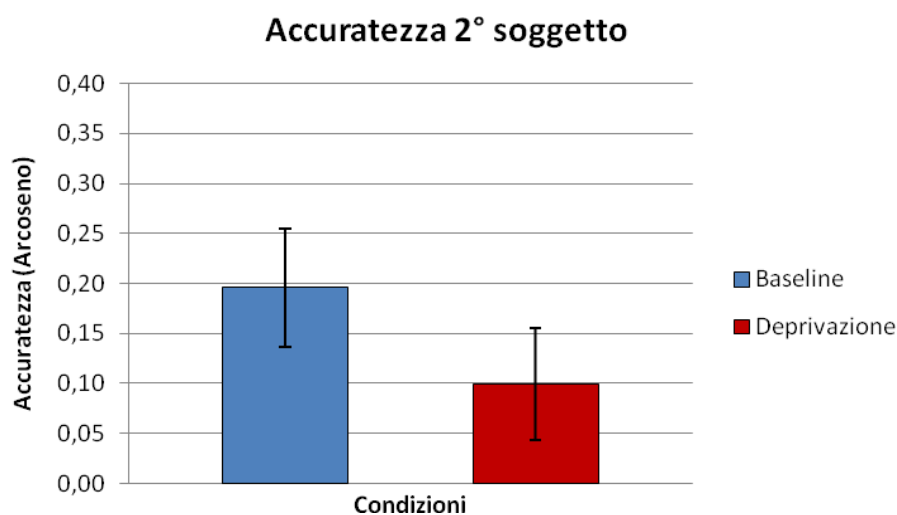
## 5.2.2 RISULTATI

I dati ricavati dall'esperimento dopo essere stati trasformati tramite la funzione arcoseno, operazione necessaria per normalizzare la distribuzione dei dati e poter applicare analisi parametriche, sono stati analizzati, per ogni singolo soggetto, mediante un t di Student. Da tale analisi non è emersa alcuna differenza statisticamente significativa tra la condizione di baseline e quella di deprivazione. I risultati ottenuti dal primo soggetto, infatti, risultano essere invariati per entrambe le condizioni (Figura 5.4);

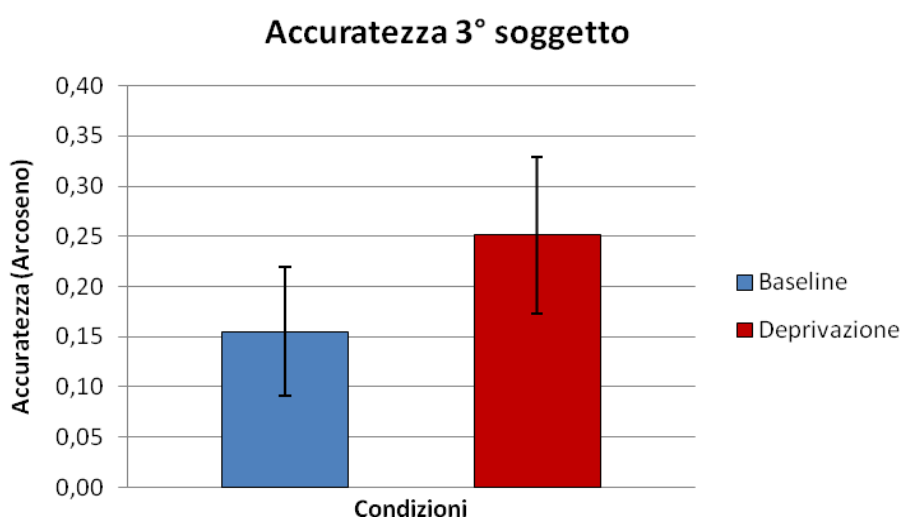


**Figura 5.4** - Accuratezza del primo soggetto nelle due condizioni sperimentali.

ugualmente, i dati della seconda atleta, pur presentando un leggero peggioramento nella condizione di assenza dell'informazione sonora, non riportano differenze significative (Figura 5.5). Anche i risultati del terzo soggetto non presentano alcuna significatività, ma in questo caso risulta interessante notare come, al contrario di quanto riportato in letteratura (Takeuchi, 1993; Mead & Drowatzky, 1997), la tennista sembra trovarsi meglio senza l'indicazione fornita dal canale uditivo (Figura 5.6).



**Figura 5.5** - Accuratezza del secondo soggetto nelle due condizioni sperimentali.



**Figura 5.6** - Accuratezza del terzo soggetto nelle due condizioni sperimentali.

## 5.3 ESPERIMENTO 3.2

Dai risultati ottenuti dal precedente lavoro, non sembra che l'informazione acustica fornisca indicazioni essenziali per quanto riguarda l'accuratezza del colpo. Abbiamo quindi intervistato brevemente le partecipanti all'esperimento, chiedendo a loro se avevano percepito alcune difficoltà nell'eseguire il compito in condizione di deprivazione e se sì, su quale aspetto.

I primi due soggetti hanno risposto affermativamente alla domanda, dichiarando di sentirsi leggermente disorientate senza l'ausilio dello stimolo uditivo e suggerendo che nella fase di isolamento sonoro avevano la sensazione di "spingere" molto meno la palla. Il terzo soggetto, invece, riferisce di non presentare particolari problemi in condizione unimodale, ma di percepire anch'essa un rallentamento del proprio colpo.

Sulla base di queste indicazioni, abbiamo quindi pensato di svolgere un secondo esperimento prendendo in considerazione non solo l'accuratezza del tiro ma anche la sua velocità, ipotizzando che in fase di deprivazione acustica ci fosse una diminuzione sulla potenza della risposta.

### 5.3.1 METODO

#### 5.3.1.1 Partecipanti alla ricerca

Hanno partecipato a questo secondo esperimento altre quattro giocatrici di tennis di quarta categoria (classifica F.I.T. – Federazione Italiana Tennis), con un'età compresa tra i 19 e i 34 anni e almeno 10 anni di esperienza di gioco.

Anche in questo caso tutte le giocatrici giocavano a tennis con la mano destra e, per ogni condizione (baseline e deprivazione acustica), hanno eseguito sia la risposta, quando ricoprivano il ruolo del soggetto, sia il servizio, quando si prestavano a mettere in gioco la palla.



### 5.3.1.2 Materiale sperimentale

L'esperimento si è svolto sullo stesso campo da tennis su cui è stato effettuato lo studio precedente. Anche il materiale utilizzato è rimasto identico, sia per il sistema di segnalazione del target visivo (sistema di luci), sia per la deprivazione dello stimolo acustico di 140 decibel (tappi e cuffie anti-rumore).

Per quanto riguarda, invece, la rilevazione della velocità del colpo durante la risposta alla battuta, per entrambe le condizioni (baseline e deprivazione acustica) è stato aggiunto alla precedente strumentazione lo Speedcheck (Sport Radar SR 3600, speed range: da 10 a 250 MPH)(Figura 5.7).

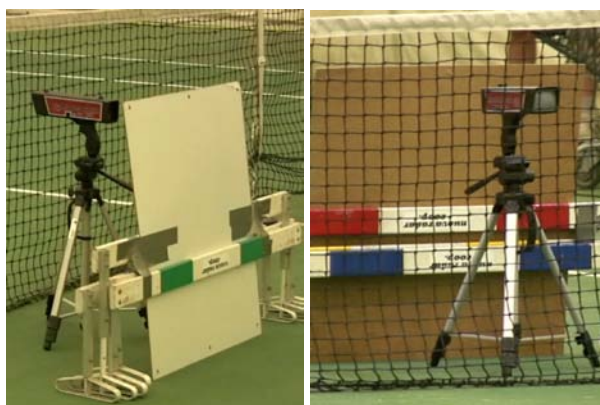


Figura 5.7 - Speedcheck

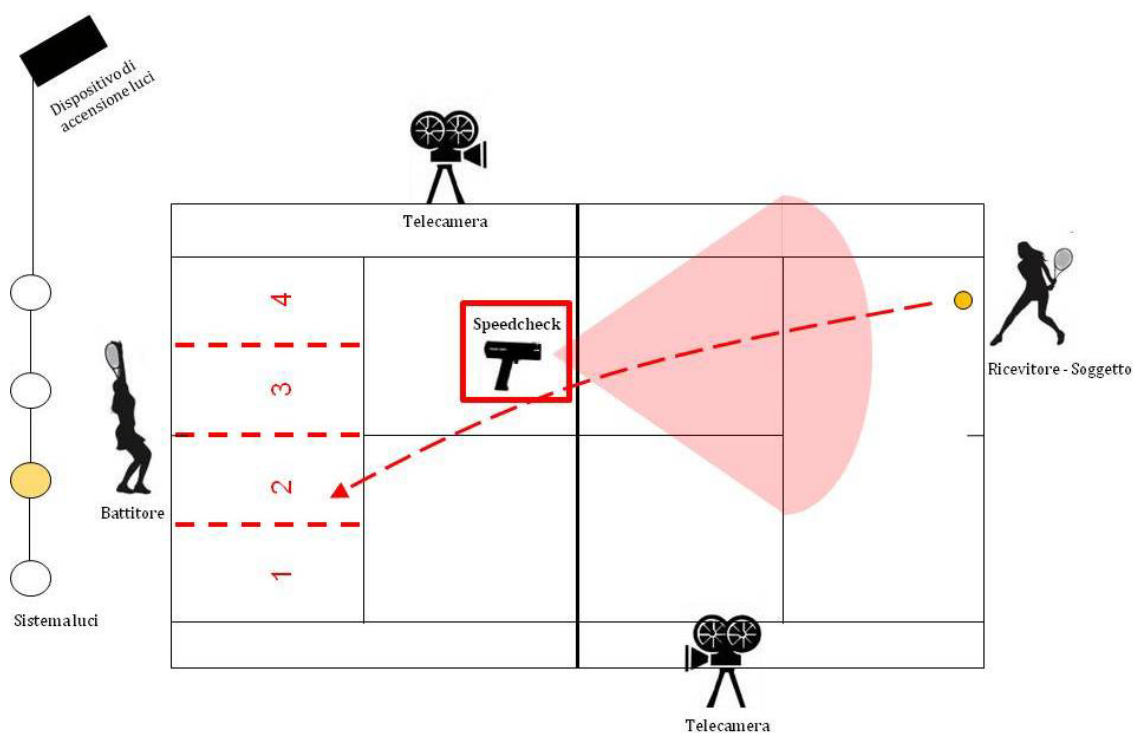
### 5.3.1.3 Procedura

Come nel primo esperimento, anche in questo caso, la variabile manipolata dallo sperimentatore era l'informazione acustica; ognuna delle partecipanti, infatti, è stata testata sia in condizione di baseline (vista + udito) sia in quella di deprivazione (solo vista), effettuando per entrambe 25 prove.

Anche il setting sperimentale è rimasto per lo più invariato rispetto a quello precedente e, pertanto, il compito delle quattro giocatrici rimaneva sempre quello di rispondere al servizio e indirizzare la pallina nell'area indicata dalla luce. Tuttavia, per riuscire a stimare la velocità del tiro, è stato aggiunto a questo

scenario uno speedcheck; tale strumento è stato posizionato dietro alla rete, al centro dell'area di servizio su cui il soggetto si prestava a ricevere e ad un'altezza di 50 cm da terra (Figura 5.8).

L'accuratezza, invece, è stata misurata con la stessa procedura usata nell'esperimento 3.1; successivamente i dati così raccolti sono stati trasformati in arcoseno, in modo da poi essere analizzati mediante statistica parametrica.

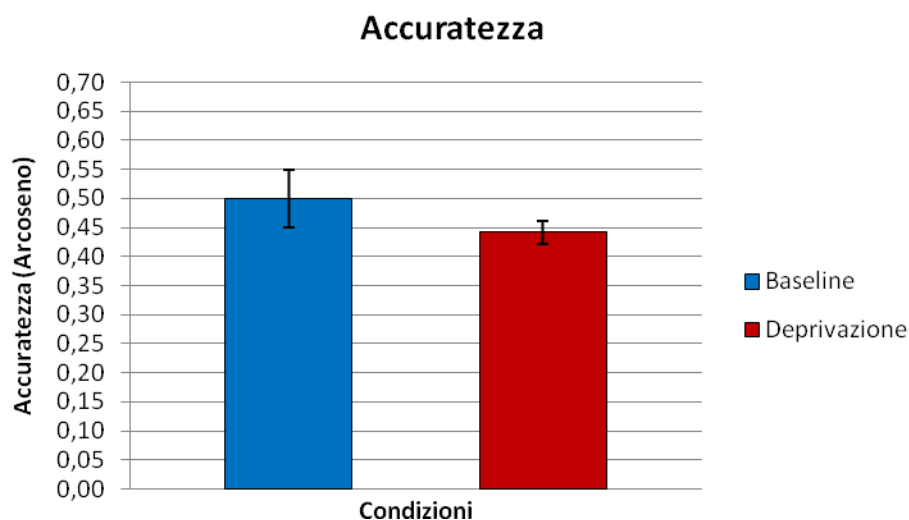


**Figura 5.8.** - *Setting sperimentale esperimento 3.2.*

### 5.3.2 RISULTATI

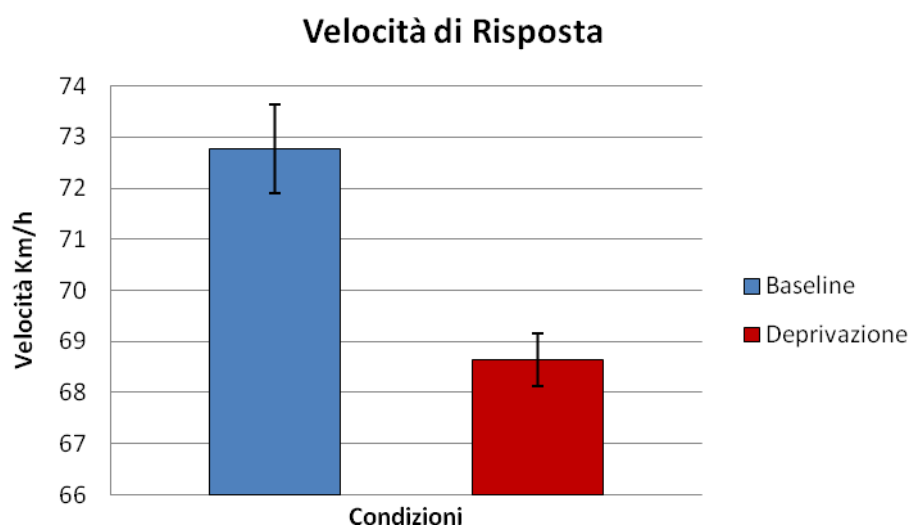
Dopo aver effettuato la trasformazione indicata nel precedente paragrafo, i dati riferiti alla precisione del tiro delle atlete sono stati analizzati mediante un'Analisi della Varianza (ANOVA), ma anche in questo caso i risultati non presentano alcuna differenza statisticamente significativa e pertanto sembrano smentire l'ipotesi che

l'informazione acustica possa avere una qualche rilevanza sull'accuratezza della risposta al servizio (Figura 5.9).



**Figura 5.9** - Accuratezza dei soggetti in condizione di baseline e di deprivazione acustica.

Anche i dati sulla velocità di risposta sono stati analizzati mediante Analisi della Varianza (ANOVA); in questo caso però, i risultati ottenuti sembrano essere in accordo con quanto ipotizzato (decremento della potenza del colpo in deprivazione acustica) e riportano, infatti, una differenza statisticamente significativa ( $F_{(1,198)} = 19,56$ ;  $p < 0,001$ ) tra le due condizioni sperimentali (Figura 5.10).



**Figura 5.10** - Velocità della risposta al servizio misurata in Km/h.

## 5.4 ESPERIMENTO 3.3

Dai risultati ottenuti dagli esperimenti 3.1 e 3.2 abbiamo riscontrato che un solo soggetto, pur non presentando dati statisticamente significativi in termini di accuratezza, ha dimostrato una preferenza e una maggior precisione nel giocare in condizione di deprivazione, abbiamo quindi svolto un ulteriore esperimento per testare l'ipotesi che il miglioramento dell'atleta non fosse dovuto all'assenza dell'informazione acustica, bensì ad una maggiore concentrazione dovuta all'isolamento dal rumore di fondo.

### 5.4.1 METODO

#### 5.4.1.1 Partecipanti alla ricerca

Ha preso parte a quest'ultima ricerca soltanto la tennista che ha presentato un lieve miglioramento nell'accuratezza della risposta (3° soggetto – 1° esperimento) (età soggetto: 17 anni).

È servito, inoltre, l'aiuto di una seconda atleta che aveva il compito di servire la palla verso il soggetto. La giocatrice che si è prestata ad effettuare le battute era la stessa del primo esperimento.

#### 5.4.1.2 Materiale sperimentale

Per svolgere questo ulteriore studio, alla strumentazione adoperata nel secondo esperimento (tappi e cuffie insonorizzanti; sistema luci; speedcheck) è stata aggiunta la seguente apparecchiatura:

- Cuffie wireless

Per inviare all'atleta il rumore prodotto dall'impatto palla-racchetta e allo stesso tempo isolarla dal rumore di fondo, sono state utilizzate delle cuffie wireless (Sennheiser, Wireless RS 300, Hi-Fi- Tv 863 MHz, raggio di 100 metri), alle quali sono stati attaccati dei rivestimenti imbottiti in

gommapiuma ricavati da un paio di cuffie anti-rumore (Peltor - Optime II, isolamento: 110 decibel).

- Microfono e mixer

Il suono del colpo veniva mandato in cuffia tramite l'ausilio di un mixer (DJ-ONE mini mixer, GBC) che riceveva il segnale sonoro da un microfono (Behringer, Super Cardioid XM 1800 S) posto accanto al battitore all'altezza dell'impatto.

### 5.4.1.3 Procedura

Per testare l'ipotesi che tale soggetto abbia una maggior accuratezza in condizione di deprivazione acustica, non perché deprivato dell'informazione proveniente dall'impatto, ma perché isolato dal rumore di fondo, abbiamo aggiunto alla variabile indipendente (l'informazione acustica) una terza condizione in cui il soggetto sentiva soltanto il suono prodotto dal colpo dell'avversario.

È stata pertanto misurata la precisione e la velocità della risposta su tre diverse condizioni: baseline, deprivazione acustica e condizione solo suono, per ognuna delle quali sono state eseguite 35 prove.

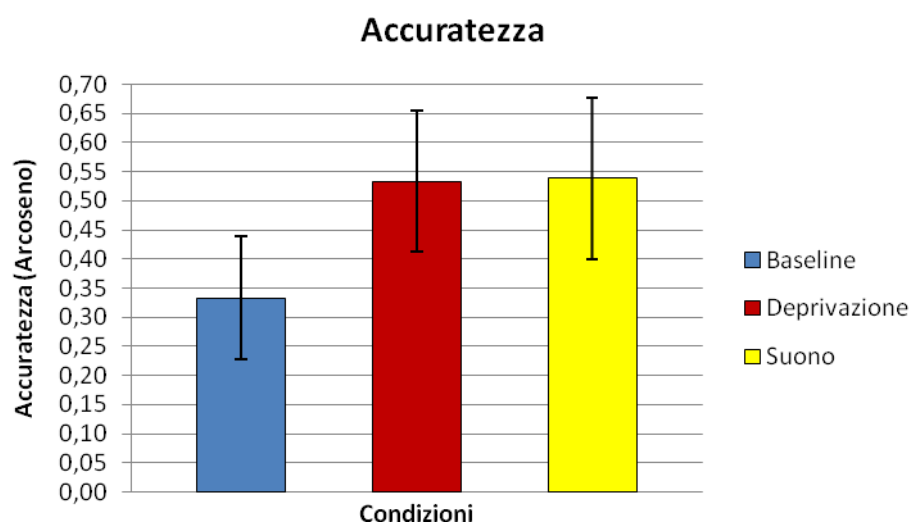
Il compito della tennista restava sempre quello di indirizzare la pallina verso la zona indicata, in modo casuale, dallo stimolo luminoso.

## 5.4.2 RISULTATI

Anche in questo caso, per calcolare l'accuratezza abbiamo utilizzato lo stesso metodo dei precedenti esperimenti, assegnando alla risposta un punteggio diverso a seconda della zona in cui rimbalzava la palla. I dati così ottenuti sono stati trasformati mediante funzione arcoseno e quindi analizzati tramite Analisi della Varianza (ANOVA). Dalla statistica non è emersa alcuna differenza significativa; comunque, da un'analisi descrittiva (tabella 5.1) il soggetto sembra dimostrare, anche in questo caso, un leggero miglioramento sia in condizione di deprivazione che in quella di solo suono (figura 5.11).

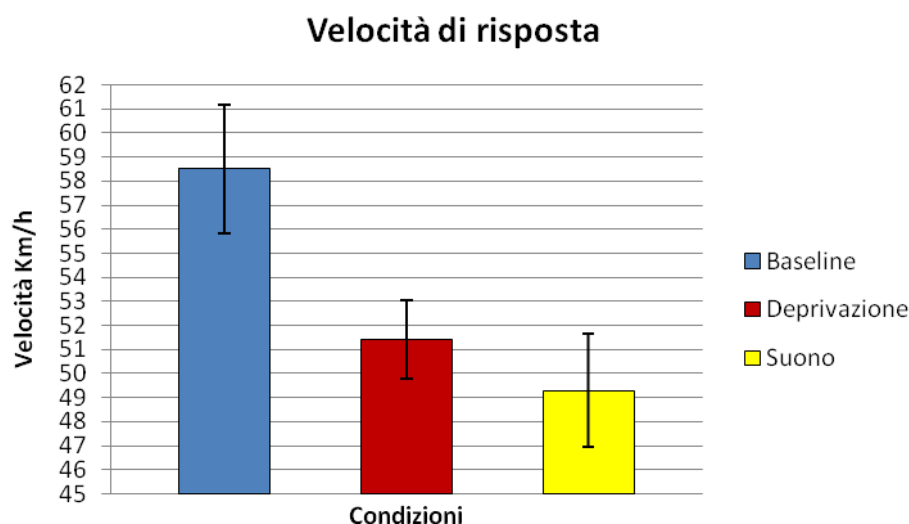
Statistica descrittiva		
Variabile Dipendente: Accuratezza		
CONDIZIONE	Media	Deviazione Standard
baseline	0,33	0,63
deprivazione	0,53	0,81
suono	0,54	0,71

**Tabella 5.1** - Analisi descrittiva sull'accuratezza del soggetto, esperimento 3.3.



**Figura 5.11** - Accuratezza del soggetto in condizione di baseline, deprivazione acustica e suono.

Anche in questo lavoro è stata presa in considerazione la velocità con cui il soggetto effettuava la risposta al servizio. I dati rilevati sono stati sottoposti ad un'Analisi della Varianza (ANOVA) che ha evidenziato una differenza significativa tra le tre condizioni ( $F_{(2, 76)} = 6,051$  ;  $p < 0,01$ ) (Figura 5.12). Tale risultato sembra nuovamente confermare l'ipotesi che l'assenza di informazione acustica va ad influire sulla potenza del colpo.



**Figura 5.1** - Velocità della risposta al servizio nelle condizioni di baseline, deprivazione e suono.

## 5.5 CONCLUSIONI

L'obiettivo di questi tre esperimenti, era quello di esaminare il ruolo della componente uditiva nel gioco del tennis, studiando l'influenza della deprivazione acustica sulla prestazione dell'atleta. Sulla base di ciò, quello che si è osservato dalle prime due ricerche risulta essere in disaccordo con le aspettative preposte, infatti, la performance dei soggetti, in termini di accuratezza, non sembra presentare alcun decremento significativo in condizione di isolamento e, pertanto, l'informazione fornita dal canale uditivo appare non rilevante sulla precisione del colpo.

Nel secondo lavoro, però, risulta particolarmente interessante quanto ottenuto dai dati sulla velocità di risposta delle atlete. Dall'analisi statistica, infatti, emerge un'elevata differenza significativa tra le due condizioni (baseline e deprivazione uditiva), evidenziando, in fase di isolamento acustico, un calo prestazionale per quanto concerne la velocità del tiro. Questo risultato, quindi, indica come l'informazione acustica sia estremamente rilevante, in quanto, fornisce al tennista fondamentali indicazioni sulla potenza da imprimere alla palla; ciò risulta

particolarmente importante, poiché una forte diminuzione della velocità del colpo potrebbe avvantaggiare l'avversario offrendogli più tempo e permettendogli di essere a sua volta più potente ed efficace. Questo risultato potrebbe portare alcune spiegazioni, anche a quanto ottenuto nell'esperimento di Takeuchi (1993), dove, durante alcune sessioni di tie-break, atleti con buone prestazioni in condizione bimodale presentavano un grosso calo sul punteggio in assenza dell'informazione uditiva, forse perché meno potenti ed incisivi rispetto alla condizione in cui potevano far affidamento di entrambe le informazioni (vista-udito).

Sebbene, non siano state riscontrate differenze statisticamente significative sulla precisione del colpo, tra la condizione di baseline e quella di deprivazione, un solo soggetto ha riportato alcune minime preferenze di gioco in situazione unimodale. Si è pensato, quindi, che tale tennista cogliesse vantaggio da tale situazione perché isolata dal rumore del contesto ambientale e, pertanto, abbiamo costruito un terzo esperimento per verificare tale ipotesi. Dai risultati ottenuti emerge che l'atleta non utilizza in maniera favorevole l'informazione acustica proveniente dal colpo dell'avversario, ma che riesca in qualche modo ad essere più precisa quando viene isolata dai rumori di fondo. Ciò porta a pensare che l'atleta in condizione bimodale venga distratta dai rumori circostanti e che l'isolamento acustico le fornisca la possibilità di maggior concentrazione.

Per quanto riguarda i dati inerenti la velocità di risposta, anche in questo caso vanno a diminuire in maniera significativa in assenza di informazione acustica, sia nella condizione di deprivazione che in quella con il solo suono dell'impatto dell'avversario. La diminuzione della rapidità del colpo riportata anche in quest'ultima condizione, suggerisce inoltre che non c'è alcuna correlazione tra l'informazione acustica proveniente dall'oppositore e la potenza inflitta al proprio tiro.



### ***CONCLUSIONI***

Le ricerche svolte in questo lavoro prendono in considerazione componenti che nascono dalla psicologia della percezione e si sviluppano all'interno di un altro campo di indagine, la psicologia dello sport. Vengono infatti studiati ed analizzati aspetti inerenti alla percezione del movimento e all'interazione tra percezione e azione, evidenziando, soprattutto, l'importanza dell'integrazione tra abilità cognitive e capacità motorie nelle competizioni sportive. Sulla base di ciò, tali ricerche hanno l'obiettivo di fornire, oltre a dei risultati scientifici, anche delle indicazioni sulla loro possibile applicazione ad appropriate strategie di allenamento, al fine di ottimizzare le prestazioni degli atleti.

Come si è potuto osservare nei precedenti capitoli, l'attività atletica esaminata in questo studio è il gioco del tennis, uno sport che richiede non solo una buona capacità di coordinazione ed una precisa esecuzione del proprio gesto motorio, ma anche un'attenta valutazione dei movimenti svolti dall'avversario, in modo da attuare, nel minor tempo possibile, la strategia più opportuna ed efficace. In particolare, è stata considerata la risposta al servizio, in quanto più semplice da studiare, poiché i movimenti del battitore partono da una posizione prestabilita e non dipendono dalla specifica situazione di gioco. Tale azione, inoltre, risulta essere alquanto importante, per il giocatore; infatti, una risposta ottimale può ostacolare il "vantaggio" riservato al servizio e, pertanto, diventa piuttosto interessante studiare i processi cognitivi attivati nell'esecuzione e/o impiegati nel miglioramento di tale prestazione.

Con gli esperimenti presentati in questo lavoro, si è pensato di studiare tre diversi approcci sperimentali: un modello per determinare il parametro direzionale del colpo, un sistema di allenamento per la previsione della traiettoria del tiro ed una tecnica per individuare l'importanza della componente acustica con lo scopo di ottenere informazioni riguardanti le caratteristiche riferite alla ricezione della battuta e, successivamente, di sviluppare, con ulteriori esperimenti, nuove tecniche di training per il miglioramento della performance degli atleti.

## **6.1 DISCUSSIONE, LIMITI E PROSPETTIVE DELLA RICERCA**

I dati ricavati dai primi due esperimenti (i.e. 1.1 e 1.2) riportano che uno degli aspetti che determina l'accuratezza nell'esecuzione del colpo riguarda la quantità di tempo a disposizione per riuscire a svolgere il gesto motorio. In particolare, i risultati dimostrano che esiste una specifica soglia temporale, in cui gli atleti non riescono più ad impostare il proprio movimento in modo da indirizzare la pallina verso una zona prescelta. Nello specifico, in questi esperimenti i giocatori non riuscivano più a dirigere in una determinata area target, la propria risposta, nel momento in cui l'indicazione del bersaglio da centrare era fornita con un ritardo di 700 ms dalla battuta dell'avversario. È importante evidenziare, che i soggetti che hanno partecipato a queste due ricerche hanno un buon livello di esperienza (terza categoria F.I.T. – Federazione Italiana Tennis) e durante le prove si prestavano a rispondere a dei servizi con una velocità di 140-150 km/h. Sulla base di queste indicazioni, si può quindi supporre che, a seconda delle competenze di gioco del tennista e della rapidità con cui arriva la pallina, è possibile stabilire un paradigma per individuare la soglia di ogni singolo atleta.

Un altro risultato riscontrato in questo lavoro - anche se non del tutto rilevante, visto che non ha presentato una differenza statisticamente significativa - si può osservare nella condizione proposta nell'esperimento 1.1, in cui lo stimolo, indicatore del bersaglio, viene inviato con un ritardo di 300 ms dalla battuta.

Quello che in parte si può notare, in questo specifico caso, è che i soggetti, a differenza delle altre condizioni, mostrano un leggero decremento della performance. Tale calo prestazionale trova una potenziale spiegazione in alcuni risultati ottenuti mediante un esperimento sul cricket effettuato da Land e McLeod (2000), in tale lavoro, infatti, si suppone che in quella determinata frazione di tempo, lo sguardo del giocatore venga spostato in direzione della zona di rimbalzo della palla; se ciò fosse vero anche nel tennis, il leggero calo di prestazione trovato nel nostro esperimento potrebbe essere dovuto al fatto che in quel specifico momento la vista del giocatore viene distolta dall'indizio luminoso indicatore del bersaglio.

Risulta, comunque, abbastanza evidente dai dati presentati nel terzo capitolo, che il grosso limite di questi primi due lavori è dovuto al numero ridotto dei partecipanti alla ricerca, pertanto, per confermare ulteriormente i risultati trovati, sarebbe sicuramente opportuno sviluppare la ricerca incrementando il campione di soggetti. Inoltre, un ulteriore aspetto che potrebbe risultare interessante, ma che non è stato considerato in questo studio, riguarda la velocità con cui viene effettuata la risposta al servizio; tale analisi, infatti, ci permetterebbe di individuare se la potenza del colpo rimane costante fino alla condizione R700, oppure se viene progressivamente modificata con la diminuzione del tempo a disposizione.

Gli esperimenti presentati nel successivo capitolo (i.e. 2.1 e 2.2), invece, indagano sull'efficacia di due diversi tipi di training nell'incrementare la capacità di previsione della destinazione finale del colpo; i risultati emersi da questi due lavori indicano che, nell'esperimento 2.1, i soggetti non trovano alcun beneficio dal metodo di allenamento proposto, mentre il training presentato nell'esperimento 2.2 porta ad un aumento significativo della prestazione. Come è già stato ampiamente detto nel quarto capitolo, entrambi i metodi di allenamento hanno utilizzato dei videoclip con occlusione temporale al contatto palla-racchetta; la differenza tra i due training, quindi, era dovuta esclusivamente alla tecnica di apprendimento proposta: rappresentazione visiva della destinazione del colpo, oppure presentazione di un feedback acustico nel caso di risposta errata.

Una delle spiegazioni possibili, rispetto ai diversi risultati ottenuti in queste ricerche, riguarda il tipo di coinvolgimento richiesto durante la presentazione del training: una partecipazione attiva (esperimento 2.2), infatti, potrebbe stimolare maggiormente l'attenzione e la concentrazione del soggetto e, quindi, aumentare la sua capacità nel cogliere aspetti fondamentali al fine di predire il punto di rimbalzo del servizio.

Per verificare tale ipotesi si potrebbe costruire un terzo esperimento, in modo da testare l'efficacia di un ulteriore training in cui il suggerimento visivo fosse fornito successivamente alla risposta del soggetto; in questo modo, l'indicazione fornita rimarrebbe quella dello stimolo visivo, ma la partecipazione del soggetto risulterebbe essere attiva.

Infine, nel terzo gruppo di esperimenti (i.e. 3.1, 3.2 e 3.3), gli studi si sono orientati sull'importanza dell'informazione acustica, in modo da individuare se l'assenza di tale stimolazione potesse influire sull'accuratezza del colpo oppure su altre componenti fondamentali per una buona prestazione di gioco. Complessivamente, ciò che emerge da questi ultimi tre lavori è che l'informazione uditiva non risulta fornire indicazioni influenti per quanto concerne la precisione del colpo, ma sembra, invece, dare importanti informazioni sulla potenza da imprimere al proprio tiro; i dati raccolti, infatti, sebbene dovessero interessare un numero più cospicuo di partecipanti, riportano una significativa diminuzione della velocità del colpo in condizione unimodale (solo vista) e, quindi, un calo delle prestazioni tennistiche del soggetto. Tali risultati, oltre a supportare alcuni dati emersi in letteratura (Takeuchi, 1993), potrebbero, inoltre, trovare una possibile applicazione sul campo, in modo da addestrare l'atleta ad aumentare la propria potenza e l'efficacia del colpo.

## ***BIBLIOGRAFIA***

- ABERNETHY, B., GILL, D. P., PARKS, S. L., & PACKER, S. T. (2001). Expertise and the perception of kinematic and situational probability information. *Perception*, **30**, 233-252.
- ABERNETHY, B., & PACKER, S. (1989). Perceiving joint kinematics and segment interactions as a basis for skilled anticipation in squash, in Giam C.K., Chook K.K. & The K.C. (a cura di), *Proceedings of the 7<sup>th</sup> World Congress in Sport Psychology*. 55-58. International Society of Sport Psychology, Singapore.
- ABERNETHY, B., & RUSSEL, D.G. (1987). The relationship between expertise and visual search strategy in a racquet sport. *Human Movement Science*, **6**, 283-319.
- ADOLPHE, R., VICKERS, J., & LAPLANTE, G. (1997). The effects of training visual attention on gaze behavior and accuracy: a pilot study. *International Journal of Sport Vision*, **4**, 28-33.
- ARBIB, M. A. (1987). A view of brain theory, in Yates, F. E. (a cura di). *Self-Organizing System*. Plenum Press, New York.
- BRESSAN, P. (1999). La percezione dello spazio, in Purghè, F., Stucchi, N., Oliviero, A., (a cura di). *La percezione visiva*. Utet, Torino, 390-410.
- BRUCE, V., GREEN, P. R., & GEORGESON, M. A. (1996). *Visual Perception: Physiology, Psychology and Ecology*. Lawrence Erlbaum, London.
- BUTTON, C. (2002). Auditory information and the co-ordination of one-handed catching. In K. Davids (ed), *Interceptive Actions in Sport. Information and movement*. Routledge, London and New York.

- CASCO, C. (1999). La retina e le vie afferenti, in Purgè, F., Stucchi, N., Oliviero, A., (a cura di). *La percezione visiva*. Utet, Torino, 75-99.
- FARROW, D., & ABERNETHY, B. (2002). Can anticipatory skills be learned through implicit video-based perceptual training? *Journal of Sports Sciences*, **20**, 471-485.
- FARROW, D., CHIVERS, P., HARDINGHAM, C., & SACHSE, S. (1998). The effect of video-based perceptual training on the tennis return of serve. *International Journal of Sport Psychology*, **23**, 231-242.
- FATTORINI, R., & GERBINO, W. (2000). Percezione e decisione nel baseball. *Atti del Convegno AIPS*. Trieste.
- GIBSON, J. J. (1957). Optical motions and transformations as stimuli for visual perception. *Psychol Rev*, **64**, 288-295.
- GIBSON, J. J. (1979). *The Ecological Approach to Visual Perception*. Houghton Mifflin, Boston (MA).
- GOULET, C., BARD, C., & FLEURY, M. (1989). Expertise differences in preparing to return a tennis serve: A visual information processing approach. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, **11**, 382-398.
- GUYTON, C. G. (1996). *Neuroscienze. Basi di Neuroanatomia e Neurofisiologia*. Piccin, Padova
- HEUER, H., & SANDERS, A. F. (1987). *Perspectives on perception an action*. Elbaum, Hillsdale (NJ).
- JACKSON, R., C., & MORGAN, P., (2007). Advance visual information, awareness, and anticipation skill. *Journal of Motor Behavior*, **39**(5), 341-351.
- JOHANSSON, G. (1973). Visual perception of biological motion and a model for its analysis. *Perception and Psychophysics*, **14**, 201-211.

- JONES, C. M., & MILES T. R. (1978). Use of advance cues in predicting the flight of a lawn tennis ball. *Journal of Human Movement Studies*, **4**, 231-235.
- KANDEL E. R., SCHWARTZ T. H. & JESSELL T. M. (2003). *Principi di Neuroscienze*. Casa Editrice Ambrosiana, Milano.
- KEELE, S. W., & SUMMERS, J. J. (1976). The structure of motor programs. In G.E. Stelmach (ed), *Motor Control: Issue and Trends*. Grune and Stratton, New York.
- KELSO, J. A. S., DEL COLLE, J. D., & SCHONER, G. (1990). Action-perception as a pattern formation process, in Jeannerod M. (a cura di). *Attention and Performance XIII, Motor representation and Control*, Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale (NJ).
- KELSO, J. A. S., & KAY, B. A. (1987). Information and control: A macroscopic analysis of perception-action coupling, in Heuer H. & Sanders A. F. (a cura di). *Perspectives on Perception and Action*. Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale (NJ).
- LAND, M. F., & McLEOD, P. (2000). From eye movements to actions: how batsman hit the ball. *Nature Neuroscience*, **3**, 1340-1345.
- LEE, D. N. (1980). Visuo-motor coordination in space-time, in Stelmach, G. E., & Requin, J. (a cura di), *Tutorials in motor behavior*, North-Holland, Amsterdam.
- LEE, D. N., & YOUNG, D. S. (1986). Gearing action to the environment. *Experimental Brain Research Series*, **15**, 217-230.
- LEGRENZI, P. (1999). *Storia della psicologia*. Il Mulino, Bologna.
- LUCCIO, R. (1999). Il costruirsi delle teorie della percezione, in Purghè, F., Stucchi, N., Oliviero, A., (a cura di). *La percezione visiva*. Utet, Torino, 3-37.
- MASSIRONI, M. (1998). *Fenomenologia della percezione visiva*. Il Mulino, Bologna.

- McGURK, H., & McDONALD, J. (1976). Hearing lips and seeing voices. *Nature*, **264**, 746-748.
- MEAD, T. P., & DROWATZKY, J. N. (1997). Interdependence of vision and audition among inexperienced and experienced tennis players. *Perceptual and Motor Skills*, **85**, 231-235.
- NICOLETTI, R. (1992). *Il controllo motorio. Processi cognitivi nell'organizzazione del movimento. Teoria e applicazioni*. Il Mulino, Bologna.
- PALMER, S. E. (1999). *Vision Science: Photons to Phenomenology*. MIT Press, Cambridge.
- PIN, A., AGOSTINI, T., GALMONTE, A., RIGHI, G., GHERZIL, A., & BIANCHI, B. (2008). Visual cues, temporal factors and motor control in soccer penalty kick. *Horizons of Psychology. Supplement*, **17**, 12.
- RODRIGUES, S. T., VICKERS, J. N., & WILLIAMS, A. M. (2002). Head, eye and arm coordination in table tennis. *Journal of Sports Sciences*, **20**, 187-200.
- ROSENZWEIG, M. R., LEIMAN, A. L., & BREEDLOVE S. M. (1998). *Psicologia biologica*. Casa Editrice Ambrosiana, Milano.
- SHIM, J., CARLTON, L. G., CHOW, J. W., & CHAE, W. S. (2005). The Use of Anticipatory Visual Cues by Highly Skilled Tennis Players. *Journal of Motor Behavior*, **37**(2), 164 -175.
- SCHMIDT, R. A., & WRISBERG, C. A. (2000). *Apprendimento motorio e prestazione*. Società Stampa Sportiva, Roma.
- SPINELLI, D. (2002). *Psicologia dello sport e del movimento umano*. Zanichelli, Bologna.
- STUCCHI, N., & OLIVERO, A. (1999). La percezione del movimento biologico, in Purghè, F., Stucchi, N., Oliviero, A., (a cura di). *La percezione visiva*. Utet, Torino, 633-652.



- TAKEUCHI, T. (1993). Auditory information in playing tennis. *Perceptual and Motor Skills*, **76**, 1323-1328.
- TAYLOR, R. L., & CAMPBELL, G. T. (1976). Sensory interaction: vision is modulated by hearing. *Perception*, **5**, 467-477.
- TEXEIRA, L. A., CHUA, R., NAGELKERKE, P., & FRANKS, I. M. (2006). Reprogramming of interceptive actions: time course of temporal corrections for unexpected target velocity change. *Journal of motor behavior*, **38**(6), 467-477.
- TEIXEIRA, L. A., & FRANZONI, M. M. (2002). Time course of timing reprogramming in interception is modulated by uncertainty on velocity alteration. *Revista Portuguesa de Ciências do Desporto*, **2**(5), 167-173.
- TRESILIAN, J. R. (1994). Approximate information sources and perceptual variables in interceptive timing. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, **20**, 154-163.
- VICKERS, J. N. (2007). *Perception, cognition, and decision training: the quiet eye in action*. Human Kinetics, Champaign.
- WARD, P., WILLIAMS, A. M., & BENNETT, S. J. (2002). Visual search and biological motion perception in tennis. *Research Quarterly for Exercise and Sport*. **73**, 107-112.
- WARREN, W. H. (1988). Action modes and laws of control for the visual guidance of action, in Meijer, O. G. e Roth, K. (a cura di). *Complex Movement Behaviour: The Motor-Action Controversy*. North-Holland, Amsterdam.
- WILLIAMS, A. M., & BURWITZ, L. (1993). Advance cue utilization in soccer, in Reilly T., Clarys J. & Stibbe A. (a cura di) *Science and Football II*. E. & F. N. Spon, London 23 -244.
- WILLIAMS, A. M., & DAVIDS, K. (1998). Visual search strategy, selective attention and expertise in soccer. *Research Quarterly for Exercise and Sport*. **69**(2), 111-129.

- WILLIAMS, A. M., DAVIDS, K., BURWITZ, L., & WILLIAMS, J.G. (1994). Visual search strategies in experienced and inexperienced soccer players. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, **65**, 127-135.
- WILLIAMS , A. M., WARD, P., KNOWELS, J. M., & SMEETON, N. J. (2002). Anticipation skill in a real-world task: measurement, training and transfer in tennis. *Journal of Experimental Psychology : Applied*, **4**, 259-270.
- WOLFE, J. M., KLUENDER, K. R., LEVI, D. M., BARTOSHUK, L. M., HERZ, R. S., KLATZY, R. L., & LEDERMAN, S. J. (2007). *Sensazione e percezione*. Zanichelli, Bologna.