



# **UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRIESTE**

**XXVII CICLO DEL DOTTORATO DI RICERCA**

**SCUOLA DI DOTTORATO IN NEUROSCIENZE COGNITIVE  
INDIRIZZO PSICOLOGIA**

## **BRAIN FOOT MACHINE: VALIDAZIONE DELLO STRUMENTO E ANALISI DELLE VARIABILI EMOZIONALI SULLA PRESTAZIONE. UN CASO APPLICATO AL CALCIO**

Settore scientifico-disciplinare: **M-PSI/01**

**DOTTORANDO  
PAOLO DOSUALDO**

**COORDINATORE  
PROF. TIZIANO AGOSTINI**

**SUPERVISORE DI TESI  
PROF. TIZIANO AGOSTINI**

**ANNO ACCADEMICO 2014/2015**

# INDICE

<i>Introduzione</i> .....	4
CAPITOLO I	
<i>Dalla percezione all'azione</i> .....	7
1.1 La percezione visiva.....	7
1.2 Il sistema visivo.....	9
1.3 Percepire gli oggetti.....	11
1.3.1 Indizi Fisiologici.....	12
1.3.2 Indizi Pittorici.....	12
1.3.3 Indizi Prospettici.....	12
1.3.4 Indizi Cinetici.....	13
1.4 Percepire il movimento.....	13
1.4.1 Neurofisiologia della percezione del movimento.....	15
1.4.2 Via ventrale e via dorsale.....	16
1.5 Dalla percezione all'azione.....	18
1.6 Il programma motorio.....	19
1.7 Le teorie ed i modelli del controllo motorio.....	20
1.7.1 Il controllo motorio a circuito chiuso.....	20
1.7.2 Il controllo motorio a circuito aperto.....	22
CAPITOLO II	
<i>L'attenzione visiva</i> .....	23
2.1 Prospettive teoriche.....	24
2.1.1 Modelli attentivi a capacità fissa.....	24
2.1.2 Modelli attentivi a capacità flessibile.....	25
2.1.3 Modelli attentivi a capacità multiple.....	26
2.1.4 Le reti neurali.....	27
2.2 Il modello di Posner.....	27
2.2.1 Orienting.....	28
2.2.2 Executive Control.....	31
2.2.3 Alerting.....	32
2.2.4 I sistemi attenzionali.....	33
2.3 L'Attention Network Test (ANT).....	36
2.4 L'Attention Network Test – Revised.....	39
CAPITOLO III	
<i>Studio 1: La validazione dello strumento</i> .....	42
3.1 La Brain Foot Machine (BFM).....	42
3.2 Strumentazione.....	43
3.2.1 La pedana.....	44
3.2.2 I sensori di movimento PIR.....	46
3.2.3 Il BeagleBone.....	47
3.2.4 Altre componenti hardware.....	48
3.3 I trials.....	49
3.3.1 Condizione “Base”.....	50
3.3.2 Condizione “Intermedia”.....	50
3.3.3 Condizione “Avanzata”.....	50
3.4 La registrazione dei dati.....	55

3.5 La validazione dello strumento.....	56
3.5.1 Metodo.....	56
3.5.2 Risultati.....	58
 CAPITOLO IV	
<b>Gli stati emotivi</b> .....	61
4.1 Cos'è un'emozione.....	61
4.2 Le teorie delle emozioni.....	62
4.3 Fisiologia delle emozioni.....	64
4.4 Misurare le emozioni.....	67
4.5 Il Profile Of Mood States.....	69
 CAPITOLO V	
<b>Studio 2: Stati emotivi e tempi di reazione. Un caso applicato al calcio</b> .....	73
5.1 Metodo.....	74
5.2 Risultati.....	78
 CAPITOLO VI	
<b>Conclusioni</b> .....	82
6.1 L'importanza dei risultati ottenuti.....	84
6.2 I limiti della ricerca.....	84
6.3 Le prospettive future di ricerca.....	85
 <b>Bibliografia</b> .....	 87

# INTRODUZIONE

La capacità di controllare i processi motori, di pensiero e di dirigere e mantenere l'attenzione su di un compito per una corretta esecuzione sono riconosciuti come fattori importanti per la prestazione sportiva (Williams, 1993). Parimenti, ormai è stato provato come gli stati emotivi assumano un ruolo altrettanto importante nell'efficacia della performance e nel raggiungimento di risultati di successo nello sport (Hartel et al., 2005). In questo lavoro di ricerca si è cercato di unire questi due aspetti studiando come diversi livelli di stati dell'umore influenzino la capacità di attenzione.

La ricerca che verrà presentata in seguito nasce dalla collaborazione tra il Dipartimento di Scienze della Vita dell'Università degli Studi di Trieste e l'Udinese Calcio. Da un lato, la società calcistica era interessata allo sviluppo di un allenamento volto al potenziamento delle capacità attentive dei propri giocatori, dall'altra il Dipartimento di Scienze della Vita nutriva interesse nel poter “fare ricerca” con atleti professionisti di alto livello.

Ricordo ancora con entusiasmo quando mi venne data la possibilità di applicare quanto appreso nell'ambito della Psicologia dello Sport e di potermi relazionare con atleti, tecnici e staff di alto livello. Per me, da sempre tifoso della squadra bianconera, è stata un'esperienza molto importante sia dal punto di vista formativo e di crescita personale, sia per avermi dato la possibilità di “mettere piede” nel mondo del calcio professionistico.

Da subito approcciai questo specifico ambito di ricerca con grande interesse e, dal costante e puntuale confronto con gli “addetti ai lavori”, è nata la possibilità di unire il rigore scientifico con la massima concretezza ed applicabilità degli strumenti necessari per chi opera in ambito sportivo. L'obiettivo e l'ipotesi dello studio, ovvero l'analisi di come lo stato emotivo influenzi la capacità di attenzione, è stata la naturale conseguenza di tale confronto.

Dopo un'analisi della letteratura esistente ed il vaglio delle strumentazioni disponibili in ambito sportivo, ci si rese subito conto che l'oggetto e le modalità dell'indagine richiedevano la creazione dal nulla di uno strumento specifico che potesse rispondere sia alle esigenze del mondo scientifico che a quelle degli addetti ai lavori, che chiedevano di “intervenire” sulla performance sportiva.

Non va dimenticato, infatti, che il fine ultimo della Psicologia applicata allo sport deve essere la definizione di strategie di intervento per il miglioramento della performance stessa ed il compito dello psicologo dello sport è quello di rendere ottimale una prestazione atletica che può essere, come in questo caso, già di per sé eccezionale e che prende forma a partire dalla condizione fisica e dalle capacità strategiche e motorie degli atleti, fornendo a questi ultimi gli strumenti per sviluppare ed allenare le abilità mentali.

La creazione dello strumento e la sua validazione, dettagliatamente descritta nel capitolo III, è il risultato dell'incontro tra varie professionalità, sia in fase di ideazione, sia nella sua realizzazione. Dall'incontro con lo staff atletico e tecnico dell'Udinese Calcio, infatti, sono state raccolte le domande "pratiche e concrete" e, come detto, le risposte hanno richiesto la creazione di uno strumento deputato alla registrazione dei tempi di reazione, denominato Brain Foot Machine, che ora rientra stabilmente nella routine di allenamento della squadra.

La sua realizzazione, come vedremo, ha coinvolto diverse figure professionali quali fabbri, carrozzieri, programmatori informatici e periti elettrici il cui lavoro è stato supervisionato e testato costantemente. La creazione del prototipo descritto nello Studio 1 di questo lavoro può essere considerato solo il punto di partenza per la ricerca condotta successivamente ed ampiamente descritta nel Capitolo V, in cui sono stati messi in relazione gli stati emotivi; misurati tramite l'utilizzo del Test POMS (McNair, 1971) e la capacità di attenzione.

Gli strumenti creati ed utilizzati in questa ricerca si rifanno a delle cornici teoriche ben definite che vengono ampiamente descritte nei restanti capitoli, il cui compito è quello di supportare gradualmente la parte sperimentale e di oggettivare le conclusioni.

Nel Capitolo I verranno descritti i meccanismi percettivi alla base della ricerca, con grande attenzione agli indizi necessari alla percezione degli oggetti e del movimento. Questo fondamentale capitolo terminerà con il passaggio che porta dalla percezione all'azione, ovvero il passaggio cardine per la ricerca applicata all'ambito sportivo. Vi trovano inoltre spazio le nozioni teoriche ed i modelli del programma motorio caratterizzanti il passaggio all'azione.

Nel Capitolo II si tratterà la funzione cognitiva oggetto del nostro studio; verranno dapprima considerate alcune prospettive teoriche relative all'attenzione e, in seguito, analizzato accuratamente il modello di Posner che, nella sua applicazione più recente, il Test Ant-R (Fan et al., 2009), costituisce il modello di riferimento per la creazione e la validazione della Brain Foot Machine.

Nel Capitolo III, come già detto più volte, verrà descritta nel dettaglio la Brain Foot Machine.

Il Capitolo IV introduce il tema del secondo studio di questa ricerca, ovvero quello sugli stati

emotivi. All'interno del capitolo viene introdotto l'aspetto emotivo sottostante alla performance sportiva e, dopo una breve esposizione sulla fisiologia delle emozioni, viene descritto lo strumento utilizzato per "misurare" tali emozioni, ovvero il Test POMS (McNair, 1971), utilizzato nel secondo studio che verrà descritto nel capitolo successivo.

Nel Capitolo V viene descritta una delle possibili applicazioni della Brain Foot Machine, ovvero l'indagine della relazione tra gli stati emotivi, misurati con il Test POMS, ed i livelli di attenzione, misurati attraverso i tempi di reazione. Come verrà ricordato nel capitolo conclusivo, questa è solo una possibile applicazione dello strumento creato, in quanto esso si presta a molteplici applicazioni sia per quanto riguarda la ricerca, sia per quanto riguarda il suo utilizzo come strumento di allenamento della performance.

Nel VI ed ultimo capitolo verranno riportate le conclusioni dei due studi oggetto di questo lavoro di ricerca e si delinearanno le possibili conseguenze applicative derivanti dagli stessi. Verrà illustrato un quadro riassuntivo dei risultati, ipotizzando future applicazioni della Brain Foot Machine.

# CAPITOLO I

## DALLA PERCEZIONE ALL'AZIONE

Come anticipato nella parte introduttiva di questo lavoro, la percezione visiva è quel meccanismo che permette di acquisire informazioni sull'ambiente circostante elaborando le informazioni veicolate dai fasci di luce. Sebbene lo studio di questo particolare processo cognitivo abbia fatto più progressi negli ultimi 40 anni rispetto a qualsiasi altro settore della scienza cognitiva, nei paragrafi successivi vedremo come il rapporto tra percezione e visione sia ancora oggetto di controversie e disaccordi tra gli autori che se ne sono occupati. La percezione, come vedremo, è un processo creativo e complesso in cui sono coinvolte componenti fisiologiche e cognitive al centro di molte ricerche in ambito psicologico, delle scienze cognitive, delle neuroscienze e della biologia molecolare e questi diversi approcci scientifici sono stati inglobati in quella che è stata definita la “scienza della visione” che studia il processo percettivo considerandone i vari aspetti multidisciplinari.

Al fine di inserire il lavoro che verrà di seguito esposto in una cornice teorica di riferimento, quindi, emerge la necessità di considerare le teorie e gli studi sulla percezione visiva e gli apparati coinvolti in tale processo, analizzando dettagliatamente la letteratura specifica.

### **1.1 La percezione visiva**

Come già detto, la percezione visiva è quel processo che permette al cervello di elaborare le informazioni del mondo esterno trasformandole in informazioni più complesse e ciò, ovviamente, permette agli esseri viventi di muoversi ed interagire nel e con il mondo circostante.

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 et al., 1996).

Come è facilmente intuibile, il principale organo di senso coinvolto in questo processo è la vista (Schmidt e Wrisberg, 2000), in quanto essa permette di acquisire le informazioni fisiche (forma, colore, dimensione, posizione, ecc.) e dinamiche (velocità, direzione, andamento, ecc.)

degli oggetti dell'ambiente circostante, permettendoci di diventare consapevoli dell'esistenza delle cose esterne, delle loro caratteristiche, delle loro relazioni e posizioni (Massironi, 1998).

Come specificato da Palmer (1999), il processo di percezione non termina con l'acquisizione ottica dell'immagine ma permette di apprendere e conoscere ciò che vediamo attribuendo significato alle variazioni dello "scenario percettivo"; ad esempio, quando una palla ci viene lanciata contro, noi percepiamo l'avvicinamento dell'oggetto e non un aumento delle dimensioni dello stesso, come potrebbe derivare dal solo ingrandimento della sua immagine sulla retina.

Una delle correnti psicologiche più importanti e rilevanti nello studio della percezione visiva è sicuramente la psicologia della Gestalt, secondo la quale i fenomeni percettivi vanno considerati nella loro globalità e comportano processi attivi e creativi che vanno ben oltre la semplice acquisizione delle informazioni fornite dalla retina (Kandel et al., 2003).

Diversi studi riconducibili a questa corrente psicologica mettono in evidenza la discrepanza tra la "realtà fisica" e la "realtà fenomenica" dell'ambiente e questi concetti vengono ben sintetizzati da Max Wertheimer nella formulazione delle ben note leggi dell'organizzazione percezione (Figura 1.1) che, come vedremo nel dettaglio, specificano i principi tramite i quali gli elementi del campo percettivo vengono identificati e raggruppati. Le 7 leggi fondamentali asseriscono che gli elementi del campo percettivo vengono uniti in forme con tanta maggiore coesione quanto minore è la distanza tra loro (*legge della vicinanza*), con tanta maggior coesione quanto maggiore è la loro somiglianza (*legge della somiglianza*) e quando hanno un movimento solidale tra loro (*legge del destino comune*); le linee che formano delle figure chiuse tendono ad essere viste come unità formali (*legge della chiusura*); elementi posti uno di seguito all'altro vengono uniti in forme in base alla loro continuità di direzione (*legge della continuazione*); la forma che si costituisce è tanto "buona" quanto le condizioni date lo consentono (*legge della pregnanza*) ed elementi che per la nostra esperienza passata sono abitualmente associati tra loro tendono ad essere uniti in forme (*legge dell'esperienza passata*) (Luccio, 1999).

La psicologia della Gestalt, come detto, attribuisce alla mente umana un ruolo attivo e fondamentale nel processo di percezione poiché questa ultima, oltre ad organizzare gli elementi della realtà esterna, permette di attribuire loro significato. Come vedremo nel prossimo paragrafo, infatti, il nostro sistema visivo è continuamente chiamato a processare una vasta gamma di stimoli che attivano diversi apparati recettori e permettono al nostro cervello di vedere ed attribuire un significato all'immagine esterna.

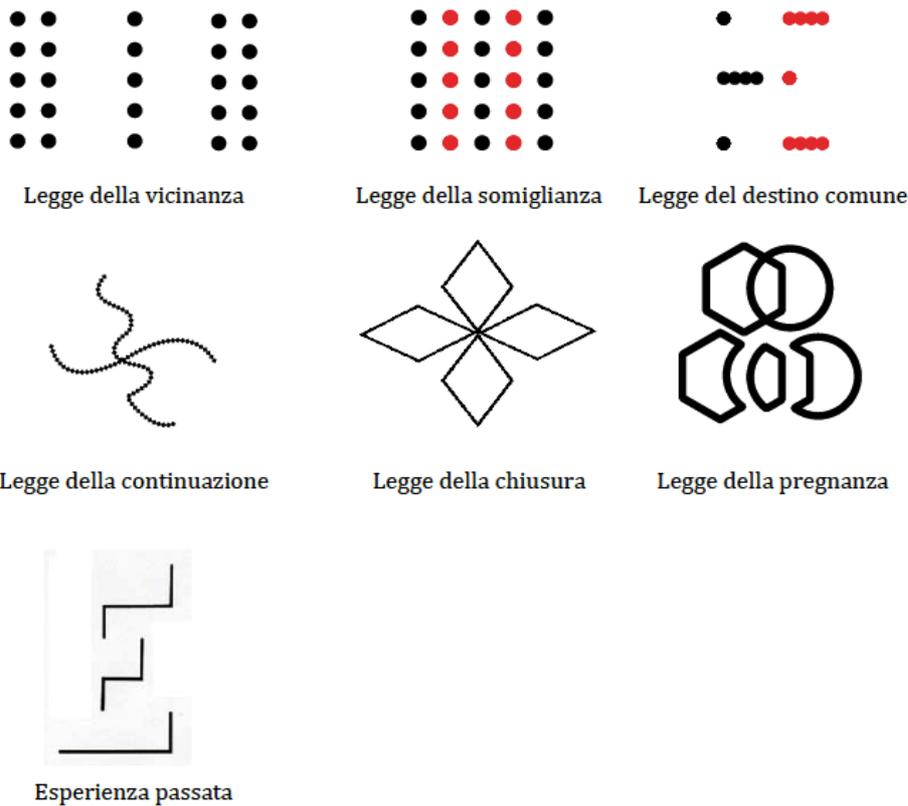


Fig. 1.1: Le 7 leggi dell'organizzazione percettiva di Wertheimer

## 1.2 Il sistema visivo

Come detto, la vista gioca un ruolo chiave nella vita di molti esseri viventi e la percezione visiva di ogni specie dipende dal modo in cui il cervello elabora le informazioni sulla distribuzione spaziale delle varie lunghezze d'onda luminose provenienti dagli occhi. Generi diversi di elaborazione dello stimolo in entrata permettono di vedere la forma, il colore, la posizione e la distanza degli oggetti nel campo visivo. Le ricerche sull'elaborazione delle informazioni visive è uno dei campi più attivi della psicobiologia e delle neuroscienze, dato che circa un terzo del cervello umano è deputato all'analisi visiva della percezione (Rosenzweig et al., 1998).

Come vedremo all'interno di questo paragrafo, il sistema visivo possiede molteplici stazioni di elaborazione e vie di connessione e i neuroni presenti in ognuna di esse hanno proprietà e funzioni diversificate; primi fra queste sono le strutture e i processi che permettono all'occhio di formare immagini ottiche relativamente accurate a livello delle cellule sensibili alla luce sulla retina. Per poter vedere la forma degli oggetti, infatti, è necessario che le immagini ottiche siano accurate, ovvero che la luce proveniente dagli oggetti arrivi all'immagine retinica come un punto e non come una macchia.

Quando la luce colpisce un oggetto, essa può essere diffusa, rifratta, riflessa, trasmessa o

assorbita, ma l'oggetto illuminato è visibile grazie alla quantità di luce che riflette e non assorbe e lo stimolo luminoso, colpendo l'occhio, attiva una successione estremamente rapida, complessa e organizzata di eventi fisici, biochimici e nervosi che determinano la visione.

Il primo tessuto attraversato dalla luce è la cornea, struttura trasparente che costituisce la parte più esterna dell'occhio (Figura 1.2) e che, deviando i raggi luminosi provenienti dall'esterno, è la principale responsabile dell'immagine sulla retina. Il cristallino, anch'esso trasparente e controllato dai muscoli ciliari, effettua ulteriori aggiustamenti mettendo a fuoco l'immagine (Wolfe et al., 2007). Le prime tappe dell'elaborazione delle informazioni visive avvengono nella retina la quale, situata nella parte posteriore dell'occhio, è composta da recettori che trasformano l'energia luminosa in attività neuronale e da strutture neurali capaci di eseguire l'analisi preliminare dell'informazione visiva (Casco, 2009). Questi recettori sono di due tipi: i coni, responsabili della visione diurna, ed i bastoncelli, che permettono la visione in condizione di luminosità ridotta (Kandel et al., 2003). A loro volta, queste cellule si connettono con le cellule gangliari i cui assoni formano il nervo ottico che trasporta le informazioni all'emisfero cerebrale opposto. L'incrocio dei nervi ottici avviene nel chiasma ottico localizzato anteriormente al peduncolo dell'ipofisi e, dopo averlo oltrepassato, la maggior parte degli assoni delle cellule gangliari, chiamati complessivamente tratto ottico, termina nel nucleo genicolato laterale (NGL), la parte visiva del talamo. Gli assoni delle cellule postsinaptiche del nucleo genicolato laterale formano le radiazioni ottiche che terminano nelle aree visive della corteccia occipitale situata nella parte posteriore del cervello. I neuroni provenienti dal NGL inviano i loro assoni alle cellule della corteccia primaria (detta area visiva 1, o area V1) la quale, a sua volta, invia assoni verso le altre aree corticali visive vicine, tra cui le aree che sembrano essere coinvolte nella percezione della forma, (area V2, V4 e area temporale inferiore) (Figura 1.3).

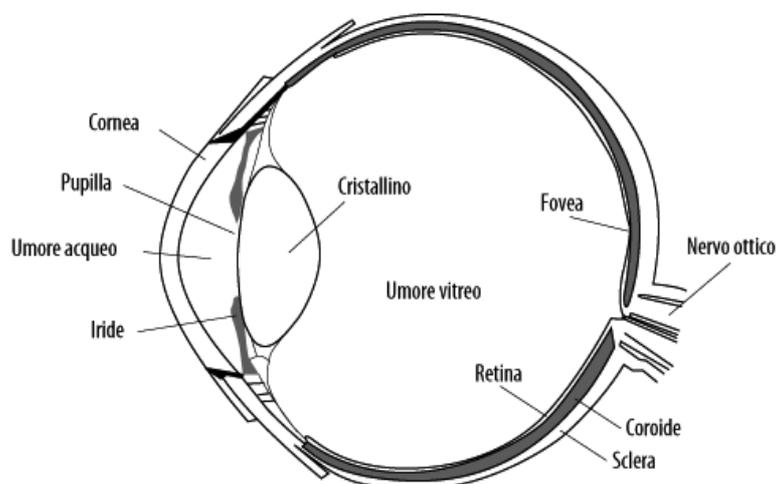
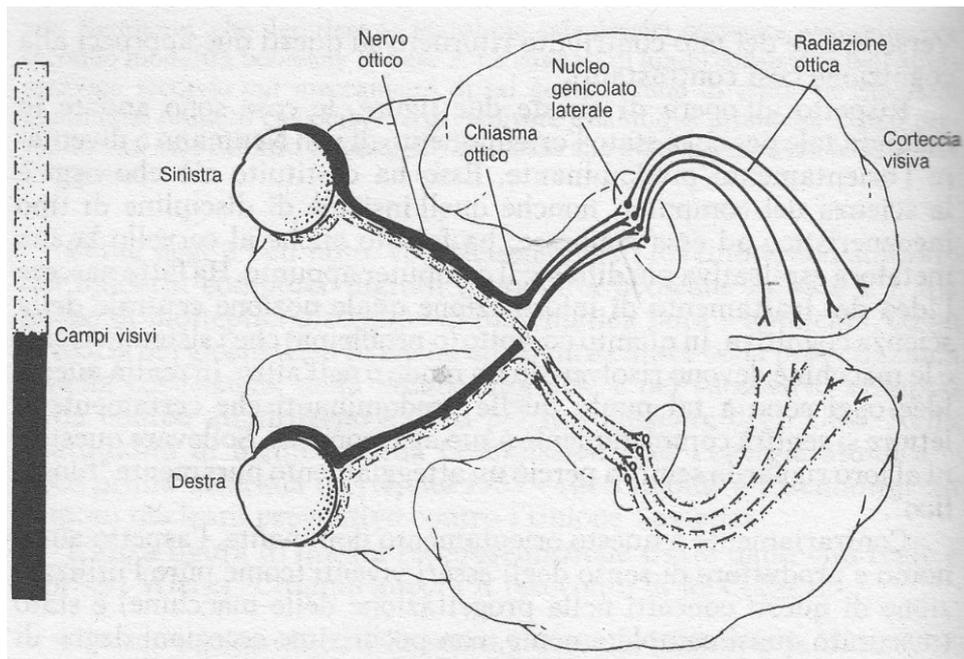


Fig. 1.2: Sezione orizzontale dell'occhio umano



**Fig. 1.3:** Schema del sistema visivo umano

### 1.3 Percepire gli oggetti

Come abbiamo visto, percepire gli oggetti non significa fermarsi al semplice “vedere” la loro grandezza, forma, colore, movimento o cambiamento, ma bensì attribuire a queste proprietà un significato specifico.

Dopo aver descritto la fisiologia del sistema visivo, nei prossimi paragrafi ci focalizzeremo sull'oggetto della visione, ovvero sugli stimoli presenti nel campo percettivo; percepire gli oggetti, infatti, significa innanzitutto localizzare questi ultimi nello spazio, che essi si trovino in una condizione statica o dinamica.

Queste abilità di localizzazione rivestono un ruolo importante soprattutto nella prestazione sportiva: nel calcio, ad esempio, la capacità di riconoscere la posizione e la direzione del pallone e/o dell'avversario permette di individuare gli spostamenti di questi ultimi e, inoltre, di mettere in atto l'azione più efficace in quella determinata situazione.

Se considerando gli oggetti della realtà come gli elementi percettivi di uno spazio tridimensionale, gli indizi che ci forniscono le informazioni essenziali per la percezione dello scenario possono essere distinti in indizi fisiologici, pittorici, prospettici e cinetici (Bressan, 1999). Di seguito cercheremo di descrivere brevemente ognuno di questi fattori.

### **1.3.1 Indizi Fisiologici**

Gli indizi fisiologici sono legati a meccanismi sensoriali quali la messa a fuoco o accomodazione, la vergenza e la disparità binoculare (Massironi, 1998).

L'accomodazione consiste nella modificazione della convessità del cristallino da parte dei muscoli ciliari, la quale permette la messa a fuoco sulla retina di oggetti situati a distanze diverse (Massironi, 1998; Bressan, 1999). Quando fissiamo un oggetto, i nostri occhi si “accomodano” in base alla distanza dell'oggetto: oggetti più vicini richiedono una maggiore accomodazione rispetto a quelli più lontani in quanto il muscolo che controlla l'accomodazione è in uno stato più rilassato.

Un altro indizio fisiologico utilizzato dal sistema visivo è la vergenza; gli occhi, quando guardano un oggetto vicino, girano l'uno verso l'altro (convergenza), mentre quando guardano un oggetto lontano compiono il movimento opposto, allontanandosi l'uno dall'altro (divergenza). Tale effetto si annulla quando l'oggetto target si trova ad una distanza superiore ai sei metri, misura oltre la quale l'angolo di vergenza si riduce a zero.

La disparità binoculare è la differenza fra le immagini retiniche dei due occhi relativamente alla stessa immagine visiva le quali vengono fuse in un'unica rappresentazione che possiede informazioni sulla tridimensionalità dell'oggetto osservato (Massironi, 1998; Bressan, 1999).

### **1.3.2 Indizi Pittorici**

Gli indizi pittorici forniscono informazioni sulla profondità degli oggetti prescindendo sia dalla disparità binoculare sia dagli effetti del movimento e vengono utilizzati per simulare la terza dimensione in contesti bidimensionali quali dipinti, disegni o fotografie.

Tra di essi, uno dei più importanti è legato alla grandezza relativa o familiare di un oggetto il quale, se più vicino, ci appare più grande di uno più lontano; ciò dipende dal fatto che l'immagine retinica di un oggetto diminuisce man mano che l'oggetto si allontana e per questa ragione nella rappresentazione bidimensionale oggetti più grandi sembrano più vicini di oggetti identici ma più piccoli.

Quando una figura occlude parte di un'altra, l'oggetto più occluso è percepito come quello più distante poiché, sebbene incapaci di vedere le porzioni occluse, assumiamo che gli oggetti occlusi siano completi e che le parti che percepiamo come nascoste non siano parti mancanti. Infine, l'ombreggiatura fornisce all'osservatore importanti informazioni sulla profondità poiché essa è un indizio potentissimo delle caratteristiche tridimensionali degli oggetti (Massironi, 1998).

### **1.3.3 Indizi Prospettici**

Ci sono quattro tipi d'indizi prospettici che forniscono indicazioni visive sulla profondità

spaziale e sulla tridimensionalità degli oggetti: 1) la *prospettiva lineare*, la quale si riferisce alle linee che, se nella visione tridimensionale appaiono come parallele, in quella bidimensionale convergono verso l'orizzonte, dando l'impressione di profondità nei dipinti;(Bressan, 1999); 2) il *gradiente di tessitura*, secondo cui oggetti con una tessitura più fitta ci appaiono più lontani rispetto ad altri con una tessitura più rara; 3) la *vicinanza alla* linea dell'orizzonte: lo stesso oggetto, posto nelle sue vicinanze, ci apparirà più grande rispetto allo stesso oggetto posto più in basso di suddetta linea.

### **1.3.4 Indizi Cinetici**

Gli indizi descritti precedentemente riguardano soprattutto la capacità di cogliere informazioni sulla posizione spaziale degli oggetti in un contesto di tipo statico, mentre altri indizi permettono il processo della percezione in situazioni dinamiche. In questo caso, importanti indicazioni vengono fornite dal parallasse di movimento, un processo che 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). La differenza di velocità del movimento apparente di oggetti posti a distanze diverse fornisce indizi di profondità perché il sistema visivo è in grado di calcolare le distanze a cui si trovano gli oggetti basandosi sulla rapidità con cui essi sembrano spostarsi mentre noi ci muoviamo.

## **1.4 Percepire il movimento**

Un limite di molti approcci che si sono occupati dello studio della percezione sta nel fatto che essi si sono fondamentalmente limitati alla percezione di oggetti statici eppure, come sappiamo bene, sia gli oggetti sia gli osservatori sono spesso in movimento nell'ambiente. Accanto all'esperienza percettiva che potremmo chiamare cognitiva, ovvero indirizzata alla comprensione del mondo e del nostro corpo, c'è un ruolo della percezione indirizzato all'azione: per compiere con successo un'azione, come ad esempio calciare una palla che viene lanciata nella nostra direzione, può non essere necessario analizzare compiutamente l'oggetto da colpire.

Nel caso di oggetti in movimento, la velocità può essere tale da non consentire un apprezzamento delle qualità formali dell'oggetto e potrà accadere che, pur non essendo possibile descrivere nel dettaglio le caratteristiche di un oggetto lanciatoci ad alta velocità, siamo tuttavia capaci di compiere azioni appropriate come scansarlo, prenderlo o colpirlo. Il successo dell'azione

implica, comunque, la disponibilità di una serie di informazioni relative alla posizione dell'oggetto nello spazio e alla posizione e al movimento del corpo.

Come abbiamo visto nei paragrafi precedenti, diversi studi sperimentali hanno dimostrato come il sistema visivo umano abbia la tendenza a cogliere il movimento anche dove in realtà esso non è presente, come nel caso del movimento stroboscopio (Wertheimer, 1912) o l'effetto autocinetico, per il quale un punto fermo viene percepito in movimento se osservato in condizioni di perfetta oscurità.

La percezione del movimento si presenta quindi come un fenomeno complesso e le spiegazioni date in proposito si possono suddividere in due correnti che indicano la percezione del movimento come un effetto dell'ambiente o del contesto.

Nel primo caso rientrano tutti sostenitori dell'approccio della percezione diretta, secondo i quali è l'ambiente a fornire informazioni sul movimento sia nel caso si tratti di segnali di movimento locale, riguardante cioè oggetti che si muovono mentre altri stanno fermi, sia che si consideri il flusso globale della percezione, ovvero quello che entra in gioco quando tutto intorno a noi si muove. Quando ci muoviamo, infatti, l'assetto del campo visivo si trasforma in maniera continua; da questo fluire di immagini nasce il termine di flusso ottico (Gibson, 1979). Il flusso è definito relativamente al punto, detto polo o fuoco, verso cui ci muoviamo: nel movimento verso il polo del flusso, le immagini degli oggetti presenti nel campo visivo si muovono allontanandosi dal polo in tutte le direzioni (quindi c'è un flusso in direzione centrifuga) fino ad uscire dal campo visivo. La prima informazione specificata del flusso ottico è quindi la direzione del movimento del soggetto mentre la seconda informazione contenuta nel flusso ottico è la velocità del movimento (Spinelli, 2002). È 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, mentre le cose diventano più complesse quando lo sguardo viene spostato in punti di fissazione diversi (Spinelli, 2002).

Per spiegare gli effetti attribuiti al contesto prendiamo ad esempio il paradigma sperimentale proposto da Ramachandran e Anstis (1986), i quali presentarono successivamente a dei soggetti due croci con inclinazione diversa. Il compito richiedeva di distinguere in che senso avveniva la rotazione; i partecipanti riferivano che le croci ruotavano in senso orario o antiorario ma, quando prima delle due croci veniva presentata un'altra croce, tutti i partecipanti riferivano di vedere la croce muoversi in senso orario, portando gli autori dello studio ad assumere che il movimento di regola continuerà nella direzione in cui è cominciato, in accordo con il principio di buona continuazione già individuato da Wertheimer e presentato nei paragrafi precedenti.

Un'altra interessante ricerca tesa a confermare l'effetto del contesto sulla percezione del

movimento è stata presentata da Shiffar e Freyd (1993, il cui obiettivo era di studiare il concetto di vincolo del tragitto minimo (*shortest path constraint*), ovvero il fenomeno per cui quando uno stimolo viene rapidamente alternato con un altro, l'osservatore percepirà un movimento apparente lungo il più breve tragitto possibile.

Nell'esperimento condotto dagli autori, ai partecipanti venivano mostrate in sequenza due fotografie di una giovane donna con i pugni alzati. Nella prima foto la donna teneva le braccia ben diritte davanti a sé, mentre nella seconda foto le braccia erano incrociate; le due immagini venivano proiettate velocemente e alternate tra loro, in modo tale che le braccia apparissero in movimento. Secondo il vincolo del tragitto minimo, ci si aspettava che gli osservatori vedessero le braccia muoversi una attraverso l'altra, ma i partecipanti riferivano invece di vedere un braccio che passava sotto l'altro, portando gli autori alla conclusione che i partecipanti abbiano scartato la traiettoria che avrebbero scelto perché non era possibile fisicamente che si verificasse quel tipo di fenomeno (Bazzarin, 2009).

Questo ed altri esperimenti spiegano come il contesto sia una variabile che incide sulla percezione del movimento, nonostante non sia ancora del tutto chiaro il funzionamento di tutti i meccanismi sottostanti. Il senso del movimento, infatti, è dato dalla cooperazione di molte popolazione recettoriali e il cervello deve restituire in modo coerente il movimento del corpo e dell'ambiente. Nel caso in cui questa coerenza risulti impossibile, il corpo reagirà producendo delle illusioni, che rappresentano una soluzione all'incongruenza tra le informazioni sensoriali e le loro rappresentazioni interne anticipate (Berthoz, 1997)

#### **1.4.1 Neurofisiologia della percezione del movimento**

Psicologia e neuropsicologia cognitiva, soprattutto nelle scienze dello sport, hanno sovente dialogato e collaborato nelle loro ricerche al fine di estendere ed implementare i reciproci punti di vista. A differenza della psicologia, la neurofisiologia studia in modo sistematico pazienti con lesioni cerebrali dando un importante contributo alla comprensione dei processi cognitivi. L'osservazione ha infatti permesso di determinare come la presenza di lesioni cerebrali localizzate possa determinare la comparsa di specifici disturbi cognitivi.

Uno dei pionieri di queste scienze fu Paul Broca, che nel 1861 mise in relazione le aree cerebrali lesionate e le funzioni cognitive, identificando l'area specifica per il centro del linguaggio articolato che, come noto, prende il suo nome. Come sappiamo, a queste prime osservazioni ne seguirono molte altre che hanno permesso e definito l'architettura cerebrale relativa a diverse funzioni cognitive.

In tempi più recenti, i due metodi maggiormente utilizzati per la visualizzazione delle

regioni cerebrali interessate o meno durante un compito sono la Tomografia ad Emissione di Positroni, meglio conosciuta con l'acronimo PET e la Risonanza Magnetica Nucleare Funzionale (fMRI); tecniche non invasive ed in grado di rilevare la quantità del flusso sanguigno e del metabolismo cerebrale durante le più svariate attività.

Il cervello, nel movimento, ovviamente non opera da solo e solo con il coinvolgimento del corpo è stata possibile l'evoluzione ci è stato permesso di sviluppare i meccanismi biologici che ci permettono di prevedere l'azione e generare modelli interni del mondo e del nostro corpo, permettendo alla nostra mente di lavorare in maniera proattiva e non reattiva. Le proprietà raffinate del pensiero e della sensibilità umana sono costruite da processi dinamici, da relazioni che cambiano in continuazione per adattarsi all'ambiente e allo stato del corpo. Il cervello è un simulatore biologico, che predice attingendo dalla memoria e formulando delle ipotesi e questo processo avviene in maniera inventiva e non semplicemente emulando o reagendo alla realtà. La mente è fluida e flessibile (Berthoz, 1997).

#### **1.4.2 Via ventrale e via dorsale**

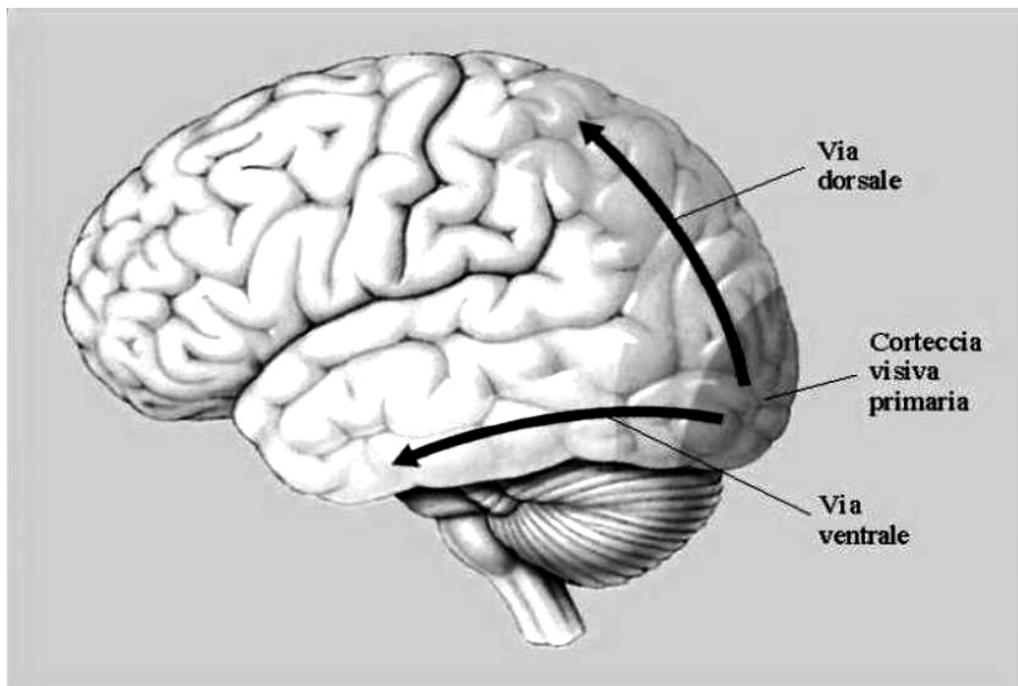
Tradizionalmente si è sempre ritenuto che le rappresentazioni mentali e i processi sensoriali che vengono attivati nel caso in cui si riconosca o si interagisca con un oggetto fossero le stesse; studi recenti hanno invece dimostrato come questi due aspetti della percezione siano tra loro diversi e, distinti in percezione per il riconoscimento e percezione per l'azione, dipendono da due vie nervose diverse (Bazzarin, 2009).

La *via visiva dorsale*, diretta dal lobo occipitale al lobo parietale, è dedicata selettivamente alla percezione della posizione degli oggetti nello spazio mentre la *via visiva ventrale*, diretta dal lobo occipitale al lobo temporale, è responsabile dell'analisi delle caratteristiche necessarie per il riconoscimento di un oggetto (Figura 1.4) (Pellegrino, 2004).

Secondo l'ipotesi di Ungerleider e Mishkin (1982), l'analisi delle informazioni spaziali e delle caratteristiche dell'oggetto convergono in una singola rappresentazione visiva da cui dipende la percezione consapevole del mondo esterno ed il controllo delle azioni. Per Goodale e Milner (1995), invece, la *via visiva dorsale* analizza le informazioni legate allo spazio e all'oggetto per guidare, in modo parzialmente inconsapevole, le interazioni motorie con l'ambiente circostante, mentre la *via visiva ventrale* analizza l'informazione legata allo spazio e all'oggetto per la percezione esplicita e consapevole del mondo. Jannerod (1994) anticipò questa teoria proponendone una simile che distingue tra rappresentazione semantica, che permette di accedere al significato, e rappresentazione pragmatica, prevalentemente motoria (Bazzarin, 2009).

La dissociazione tra consapevolezza dell'oggetto e azione indotta dallo stimolo trova

sostegno negli studi condotti su pazienti affetti da deficit percettivi quali, ad esempio, agnosia visiva, i quali, mantengono intatta la capacità di raggiungere o afferrare gli oggetti evidenziando una differenza tra le due diverse rappresentazioni solamente quando l'azione deve realizzarsi in un tempo particolarmente breve (Bazzarin, 2009).



**Fig 1.4:** Le via ventrale e dorsale

Come già premesso, il passaggio dalla percezione visiva all'azione può essere diretto lungo due vie: la via diretta percezione-azione, mediata dal sistema dorsale e la via indiretta che passa attraverso il lobo temporale per poi passare al lobo parietale dove hanno origine i programmi motori (Ruminati e Humphreys, 1998).

Anche in questo caso, la teoria è supportata da evidenze empiriche derivanti da indagini condotte su pazienti con deficit. Pazienti affetti da afasia ottica, pur non essendo in grado di nominare oggetti presentati visivamente, possono interagire normalmente con essi, mentre pazienti affetti da atassia ottica sono in grado di riconoscere gli oggetti pur non riuscendo a dirigere correttamente l'azione verso l'obiettivo. Ancora, pazienti affetti da aprassia, seppur incapaci di compiere gesti complessi, mantengono inalterate le loro capacità di riconoscere gli oggetti, permettendo di escludere dunque che il loro problema sia di tipo visivo (Sirigu et al., 1991).

Gli studi finora presentati dimostrano quindi l'esistenza di una via veloce e diretta, non semantica, che dalla percezione conduce all'azione. Questa idea differisce dalla concezione tradizionale secondo la quale abbiamo accesso ad una sola rappresentazione del mondo esterno che viene usata per tutti i tipi di comportamento o decisione.

Recentemente sono state proposte teorie che propongono una drastica riduzione delle funzioni attribuibili alla via dorsale (Buxbaum et al., 1997) ed una lettura di dati empirici dimostra in particolare come la via dorsale si attivi principalmente nel caso in cui al soggetto vengano presentati oggetti sconosciuti, di cui non conosce l'utilizzo o per oggetti molto semplici (Bazzarin, 2009).

## **1.5 Dalla percezione all'azione**

In ambito sportivo, ma non solo, la relazione tra percezione e movimento è molto stretta, tanto che alcuni autori si sono sbilanciati fino a sostenere che andrebbero affrontati come un sistema funzionale unitario (Lee e Young, 1986; Arbib, 1987; Warren, 1988; Kelso et al., 1990). È oramai dimostrato come sin dai primi anni di vita le interconnessioni tra sistema percettivo e sistema motorio siano molto intense e il loro sviluppo proceda parallelamente e in modo interdipendente (Thelen, 1986; von Hofsten, 1990).

L'approccio "Perception and Action, (Heuer e Sanders, 1987) studia l'essere umano nel suo complesso e focalizzando la sua attenzione sul rapporto tra informazione percettiva ed elaborazione psico-motoria. Secondo Schmidt e Wrisberg (2000), infatti, il movimento risulta essere la conseguenza di una serie di processi psico-motori, come l'identificazione dello stimolo (percezione); la selezione della risposta (decisione); e la programmazione del gesto da attuare (azione) che porta il soggetto ad analizzare le informazioni sensoriali, prendere decisioni ed infine organizzare ed attivare il sistema motorio per produrre il movimento corrispondente alla decisione presa. Questo modello sottolinea quindi la necessità di prendere in considerazione la situazione ambientale, e non solo il singolo gesto dell'azione, al fine di ricavare l'informazione percettiva necessaria per scegliere la risposta più opportuna. Ciò trova largo riscontro soprattutto nelle attività sportive, dove l'interazione tra percezione e azione è un processo continuo e l'atleta deve costantemente interagire con oggetti e persone in movimento ed allo stesso tempo compiere la sua azione nel migliore dei modi.

Il processo percezione-azione, dunque, è fondamentale per capire e spiegare il comportamento motorio umano ed è essenziale nelle ricerche in ambito sportivo; l'atleta impegnato in un movimento, ad esempio un passaggio in un'azione di contropiede nel calcio o un esercizio di ginnastica artistica, ha bisogno di integrare tutte le informazioni a disposizione, sia esteroceettive che propriocettive, relative all'ambiente in cui si trova, elaborandole rapidamente al fine di predisporre l'azione più adeguata alla situazione.

Il complesso processo di elaborazione dell'informazione è stato studiato a fondo ed è stato

possibile suddividere il percorso che porta dalla percezione all'azione in diverse fasi, la prima delle quali è relativa all'analisi dell'informazione enterocettiva e propriocettiva in entrata che implica la selezione dell'informazione rilevante ed il filtraggio dell'informazione irrilevante, capacità che riteniamo fondamentali per un atleta.

La seconda fase implica la selezione della risposta più adeguata al compito, al cui fine il sistema utilizza le informazioni in uscita dalla fase precedente e seleziona la risposta più appropriata alle richieste del contesto. La risposta dell'atleta può essere un'azione attiva ma anche una inibizione della stessa, come ad esempio quando un calciatore evita di toccare il pallone con le mani quando questo ultimo transita a mezza altezza e non può essere raggiunto con i piedi, evitando di subire sanzioni disciplinari. A completamento di quanto detto, va precisato che maggiori alternative stimolo-risposta l'atleta ha a disposizione, maggiore sarà il tempo richiesto per operare la scelta adeguata (Hick, 1952; Schmidt e Wrisberg, 2006).

La terza ed ultima fase è quella della programmazione della risposta in cui il soggetto opera il corretto programma motorio espresso come forza e sequenza delle contrazioni, il quale viene organizzato e inviato ai muscoli per l'output finale che può essere, ad esempio, uno scatto, un tiro in porta, un passaggio, ecc.

Le tre fasi appena descritte sono influenzate del livello di *expertise* dell'atleta; le esperienze sperimentate precedentemente, infatti, determinano i tre differenti stadi di elaborazione riducendo o aumentando il tempo complessivo che intercorre tra la presentazione dello stimolo e l'inizio della risposta. Se pensiamo ad una tipica azione legata al mondo sportivo, come ad esempio il tentativo di un portiere di opporsi ad un tiro in porta di un avversario, dobbiamo sia considerare la rapidità con cui tale decisione deve essere presa, sia il fatto che una volta iniziata, l'azione non può essere corretta. In questo caso, un ruolo fondamentale rivestono le informazioni in entrata a disposizione del giocatore, soprattutto gli indizi visivi.

## **1.6 Il programma motorio**

Nel concetto generale di programma motorio, come vedremo in seguito, il movimento è strutturato e guidato centralmente, e anche rilevanti porzioni di un movimento possono essere avviate in assenza dei feedback che produrrebbe la risposta. Come definito da Adams (1987) il programma motorio è un'astratta struttura in memoria che precede l'azione e contiene i patterns di contrazioni e decontrazioni muscolari che definiscono il movimento. Il programma motorio, per definizione, non ha bisogno del feedback prodotto dalla risposta per avviare il movimento, poiché

contiene centralmente immagazzinato un set prestrutturato di comandi muscolari capaci di avviare il movimento per il conseguire gli obiettivi desiderati. In questo modo, il programma determinerebbe quali muscoli contrarre, in quale ordine, con quale forza e per quanto tempo (Schmidt, 1976).

Il programma motorio è dunque considerato una rappresentazione astratta in cui ciò che è memorizzato non è uno specifico movimento, ma una classe di azioni con caratteristiche comuni, tali da rendere possibile il controllo di una grande varietà di gesti. Anche i muscoli coinvolti nel movimento non sono elementi del programma, ma vengono specificati al momento dell'azione e non fanno parte di ciò che viene immagazzinato permanentemente in memoria (Maggio, 2012).

## **1.7 Le teorie ed i modelli del controllo motorio**

Dalle ricerche e dagli studi sul ruolo del sistema nervoso centrale nel controllo dei movimenti derivano due modelli del controllo motorio i quali sono stati definiti a *circuito chiuso* (von Holst, 1954) e a *circuito aperto* (James, 1890). Il primo di questi due modelli suggerisce un controllo basato prevalentemente su fattori periferici mentre il secondo, diametralmente opposto, suggerisce un controllo centrale che non necessita delle informazioni provenienti dalla periferia (Nicoletti, 1992).

### **1.7.1 Il controllo motorio a circuito chiuso**

Il modello del controllo motorio a *circuito chiuso* si basa sul feedback propriocettivo dipendente dalla posizione del corpo nello spazio e da quello derivante dalla risposta finale; questo in quanto l'informazione periferica è in grado di aggiornare, modificare e correggere la postura del corpo in tempo reale e perché l'informazione sensoriale deve essere confrontata con l'obiettivo iniziale del movimento rilevando eventuali errori ed inviare ed effettuando le dovute correzioni. L'errore, dunque, viene elaborato a livello dello stadio di identificazione dello stimolo, mentre la scelta dell'eventuale correzione da apportare avviene in fase di selezione della risposta (Pin et al., 2008).

Il sistema a *circuito chiuso* comprende numerose parti, tra i quali il sistema esecutore, formato dai sistemi di identificazione dello stimolo, della selezione e della programmazione della risposta; il sistema effettore, composto dal programma motorio, dal midollo spinale e dai muscoli; il sistema comparatore, al quale afferiscono le informazioni della stato desiderato ed i feedback propriocettivi ed esterocettivi che permettono di comparare lo stato attuale con lo stato desiderato e di rimandare al sistema esecutore feedback sulle eventuali correzioni da apportare. Il sistema,

inoltre, dispone di una componente deputata al feedback relativo al movimento che si sta eseguendo.

Adams (1971) sostiene l'esistenza di due meccanismi, chiamati *traccia percettiva* e *traccia mnestica*. Nella prima sono rappresentate tutte le informazioni della corretta esecuzione di un movimento che viene continuamente confrontata ed aggiornata con il feedback del movimento in esecuzione finché non esiste una perfetta corrispondenza tra la traccia percettiva ed il feedback proveniente dagli organi di senso (Nicoletti, 1992); la seconda viene definita come la rappresentazione del movimento che si vuole eseguire ed ha la funzione di selezionare la risposta motoria e di iniziarne l'esecuzione.

L'elaborazione inserita nel sistema di controllo a *circuito chiuso* è vantaggiosa poiché consente la messa in atto di una serie di strategie ed opzioni motorie in funzione di un particolare compito dando flessibilità al sistema; ovviamente, tale elaborazione rende questo tipo di controllo inadeguato per tutti quei movimenti che non vengono eseguiti in un tempo sufficientemente lungo, in quanto è stato dimostrato che, affinché il feedback venga percepito ed elaborato prima che il movimento sia concluso, il tempo necessario per agire una correzione è di circa 150-200 msec (Gao e Zelaznik, 1991).

Schmidt e collaboratori (2000) postulano invece l'esistenza di altre tipologie di circuiti che rappresenterebbero meccanismi di feedback più rapidi e ipotizzano la presenza di un circuito rappresentato dai riflessi spinali suddiviso in riflessi di allungamento muscolare e in circuiti neuronali della forza e lunghezza del muscolo e della posizione e movimento degli arti (Spinelli, 2002). Così facendo, quindi, se i movimenti sono compresi tra 100 e 200 msec l'atleta può trarre beneficio dalle informazioni trasmesse da questi circuiti, ma non dal feedback lento esteroceettivo.

Nel modello formulato dagli autori è presente anche un circuito visivo a feedback breve che riguarda prevalentemente l'informazione contenuta nel flusso ottico e che viene elaborata in maniera automatica, non passando attraverso il sistema esecutore (Spinelli, 2002); questo tipo di controllo sarebbe adeguato fino a quando si rendono necessarie solo due o tre modificazioni di movimento per secondo (Schmidt et al., 2000) e questo spiegherebbe perché i giocatori di calcio, a causa dei cambi di direzione troppo repentini e poiché non dispongono del tempo necessario per la correzione adeguata del movimento, non riescono ad intercettare una palla veloce che rimbalza su una superficie irregolare.

### 1.7.2 Il controllo motorio a circuito aperto

A differenza del modello descritto nel paragrafo precedente, il sistema di controllo a *circuito aperto* non prevede nessun feedback o meccanismo comparatore che rilevi gli errori. Secondo questo modello, il movimento inizia con un input che viene elaborato fornendo al sistema effettore le informazioni necessarie per produrre l'azione desiderata e, quando questa ultima è completata, il compito del sistema a *circuito aperto* è terminato. A differenza di quanto espresso per il circuito chiuso, nel circuito aperto l'azione non è passibile di aggiustamenti in corso di esecuzione, quindi il sistema risulta efficace fino a quando le circostanze ambientali rimangono invariate.

Come è facilmente intuibile, questo tipo di controllo risulta appropriato soprattutto per controllare quei movimenti che avvengono in contesti stabili e prevedibili. Il sistema di controllo motorio a *circuito aperto* è composto da un esecutore che fornisce informazioni sul *sequencing* e sul *timing* in anticipo rispetto al movimento, e di un sistema effettore che esegue fedelmente le istruzioni date; non vi è, come già specificato, alcun sistema di rilevamento degli errori.

Il sistema di controllo a *circuito aperto* riesce a spiegare efficacemente la corretta successione dei sotto-movimenti che ne compongono uno più complesso e che, a loro volta, compongono un'azione (Nicoletti, 1992). Il modello, inoltre, fornisce una valida spiegazione per le azioni costituite da concatenazioni di movimenti e per quelle veloci quali tirare un pugno, calciare una palla o lanciare una freccetta (40-60 msec).

## CAPITOLO II

### L'ATTENZIONE VISIVA

Come spesso accade in letteratura, il concetto di attenzione non è per niente univoco. Essa infatti può essere considerata un costrutto multidimensionale in quanto, parlando di attenzione, ci si può riferire agli aspetti della selezione, dell'attivazione o arousal, alla focalizzazione sugli stimoli sensoriali o, ancora, al controllo attenzionale nella programmazione e nel controllo delle azioni.

Sebbene la definizione più frequentemente riportata sia quella di James, essa non è l'unica. Michael Posner, una delle voci più accreditate in questo panorama e il cui modello verrà esposto all'interno di questo capitolo, definisce l'attenzione come un sistema organico, con una propria anatomia, struttura cellulare, neurotrasmettitori, genetica, e con un proprio sviluppo (Posner, 2004). Proprio questa definizione fornisce un'idea della complessità dei processi attenzionali, i cui molteplici aspetti, o alcuni fra questi, saranno discussi qui di seguito.

L'attenzione, nella sua accezione più generica, può essere considerata come l'insieme dei meccanismi che ci consentono di selezionare gli stimoli utili e/o interessanti e di ignorare tutti gli altri presenti nell'ambiente; questo processo viene anche definito "attenzione selettiva", in quanto consiste essenzialmente in un'attività di selezione fra gli stimoli da cui generalmente siamo bombardati simultaneamente. Il mondo in cui viviamo è in genere ricco di stimoli e la nostra capacità di elaborazione è limitata e ci consente di usarne e di elaborarne solo una piccola parte; un sistema di selezione, pertanto, isola alcuni stimoli rilevanti e deseleziona tutti gli altri attenuandone il valore percettivo.

Negli ultimi cinquant'anni numerosi ricercatori si sono cimentati nel tentativo di spiegare l'attenzione, eppure non è stato ancora raggiunto un pieno accordo a favore dell'una o dell'altra teoria (Nigg, 2000) ed è oramai convinzione diffusa che il suo funzionamento sia il risultato dell'azione coordinata di diversi elementi collegati tra loro a formare un vero e proprio sistema. Numerosi autori hanno provato a definire questi diversi elementi fornendo una gran varietà di modelli che costituiscono sicuramente una ricchezza e la dimostrazione dell'interesse che da sempre questa particolare funzione cognitiva ha raccolto tra gli studiosi.

Nel prossimo paragrafo esporremo le principali prospettive teoriche dell'attenzione mentre in seguito, dopo aver descritto la fisiologia dell'attenzione, in un paragrafo a parte descriveremo il paradigma di Posner, autore i cui studi sono fondamentali per la comprensione dell'oggetto di questa ricerca.

## **2.1 Prospettive teoriche**

Come detto precedentemente, in letteratura troviamo una gran varietà di studi e ricerche sull'attenzione che solitamente prendono in esame il suo funzionamento o la sua struttura, pertanto parliamo di processi automatici e processi controllati, di attenzione selettiva e attenzione spaziale, di attenzione sostenuta e stato di allerta, di attenzione divisa, o ancora di focus attentivo.

Zubin (1975) e poi Mirsky (Mirsky et al., 1991) sono stati i primi ad introdurre i concetti di focus attentivo, attenzione sostenuta e spostamento. Laberge (1995) parla di manifestazioni dell'attenzione distinguendo tra manifestazione selettiva, preparatoria e di mantenimento. Pashler (1998) la distingue invece in selettiva, divisa e preparatoria; Umiltà (1994) opera una distinzione tra attenzione selettiva e attenzione spaziale, mentre Coull (1998) propone una quadripartizione dell'attenzione caratterizzata dai processi di selezione, divisione, attenzione sostenuta e orientamento che Parasuraman (1998) riassume in selezione, vigilanza e controllo.

Si capisce quindi come numerose siano le teorie ed i modelli relativi all'attenzione e, per fare ordine all'interno di questa grande varietà di modelli, in questo nei prossimi paragrafi prenderemo in considerazione quattro diverse teorie dell'attenzione.

### **2.1.1 Modelli attentivi a capacità fissa**

Le teorie dell'attenzione riconducibili a questo filone considerano la capacità attentiva coinvolta nel processo di elaborazione delle informazioni come limitata; quando questa “quantità di attenzione” richiesta dal processo viene superata, la prestazione peggiora. Quando, ad esempio, un calciatore deve effettuare un passaggio (compito A) e contemporaneamente difendere la palla dall'avversario (compito B) e controllare la posizione dei propri compagni di squadra (compito C), questi tre compiti possono essere visti come tre cerchi circoscritti in un cerchio più grande rappresentante la capacità attentiva. Fino a quando questi cerchi risiedono all'interno del cerchio più grande, il calciatore sarà in grado di svolgere questi compiti contemporaneamente ma, al contrario, se l'area dei tre cerchi piccoli supera quella del cerchio più grande, ci sarà un decremento della prestazione in uno o più di questi compiti. Per i principianti, effettuare un passaggio richiede delle risorse disponibili che occupano tutto lo spazio del cerchio attenzionale, mentre per il calciatore

esperto le richieste attenzionali dell'azione non ricoprono l'intera risorsa attentiva a disposizione con la possibilità di destinare altre risorse ad altri compiti, come per i compiti B e C.

Broadbent, sulla base di questi concetti, formulò la prima teoria moderna dell'attenzione (Bagnara, 1984). Secondo la teoria del filtro di Broadbent (1958), quando due stimoli vengono presentati contemporaneamente, essi vengono processati in parallelo ma, ad un certo punto e per evitare un sovraccarico di informazione, i due canali convergono in un dispositivo a capacità limitata, o collo di bottiglia e solo uno dei due può passare il filtro mentre l'altro, rimanendo immagazzinato nel buffer sensoriale, può essere elaborato successivamente.

Tuttavia, le limitazioni imposte all'elaborazione contemporanea di due stimoli si riducono notevolmente se gli stimoli da elaborare sono tra loro dissimili. La teoria del collo di bottiglia suppone che la selezione attentiva sia un filtro di tipo "tutto-o-nulla", localizzato negli stadi iniziali dell'elaborazione e che operi in base a criteri di tipo fisico quali la locazione spaziale, il colore, la luminosità. Treisman (1964) elabora una teoria alternativa a quella di Broadbent che ne mitiga le conclusioni; secondo l'autrice, l'analisi precoce dell'informazione irrilevante è meno precisa e completa rispetto a quella dell'informazione rilevante, tuttavia, l'informazione irrilevante non viene del tutto trascurata.

In seguito, diversi autori sostennero che tutti gli stimoli in ingresso vengono analizzati in modo automatico in base al significato e solamente quelli pertinenti vengono accettati e ulteriormente processati (Normann 1968; Keele 1973; Cantoviz 1964). Questi modelli, inoltre, sostengono che l'attenzione viene catturata dagli stimoli più significativi per produrre specifiche risposte ed il filtro selettivo agisce tra l'analisi percettiva e la selezione della risposta.

Tra le teorie a capacità fissa, quella più accettata in ambito sportivo è quella di Normann, il quale propose come, attraverso l'apprendimento, il soggetto costruisca un vasto repertorio di esperienze che lo aiutano ad interpretare altri eventi che si verificheranno in situazioni simili; appare logico come, incrementando il proprio livello di esperienza, il soggetto impari a riconoscere e selezionare le informazioni più significative e ad ignorare quelle più irrilevanti, riducendo la quantità di informazione necessaria ed aumentando di conseguenza la velocità della risposta (Norman, 1968).

### **2.1.2 Modelli attenti a capacità flessibile**

Queste teorie, a differenza di quelle descritte precedentemente, contestano la rigidità e l'inflessibilità dell'approccio a capacità limitata, sostenendo invece un approccio più adattabile in cui riveste primaria importanza l'allocazione dell'attenzione (Glencross, 1978; Schmidt, 1988; Magill, 1993).

Kahnemann considera la capacità attentiva non come statica ma bensì variabile in relazione al compito. Egli asserisce che, all'aumentare della difficoltà di due compiti simultanei, allo stesso modo aumentano le risorse che vengono rese disponibili per il loro superamento (Kahnemann, 1973). L'autore, inoltre, considera l'attenzione come un insieme generale di risorse da distribuire tra diversi compiti in relazione alle capacità individuali ed alle caratteristiche del compito. Egli identifica due fattori principali che influenzano la selettività, ovvero le “disposizioni durature”, funzioni involontarie dell'attenzione come la capacità di localizzare nuovi segnali, oggetti in movimento e stimoli intensi di varia natura e che sono viste come una risposta di orientamento automatica verso il quale il soggetto è attratto (Martens, 1987) e le “intenzioni momentanee”, istruzioni che possono essere proprie del giocatore o date dall'allenatore e possono essere considerate dei suggerimenti del tipo “Guarda la palla” o “Controlla il difensore avversario” (Bianchi, 2008).

### **2.1.3 Modelli attentivi a capacità multiple**

Le recenti ricerche si sono mosse verso un approccio che considera l'attenzione come un insieme di risorse individuali ognuna con la sua capacità e avente come scopo la percezione dell'informazione significativa. Questo approccio sostiene come la prestazione dipenda da differenti risorse che sono limitate in quantità (Logan 1985): più i compiti sono impegnativi, più richiedono risorse rendendo altre risorse non disponibili per altri compiti e, secondo queste teorie, il decremento della prestazione avviene quando due compiti accedono a risorse comuni simultaneamente.

Secondo questi principi, è possibile raggruppare le risorse per il processamento delle informazioni in tre categorie che includono le modalità responsabili per gli ingressi e le uscite (sistema visivo, limbico, uditivo e vocale), gli stadi di elaborazione dell'informazione (percezione, presa di decisione e risposta) e i codici di processamento dell'informazione (codici verbali e codici spaziali) (Wichens 1992). Quando due compiti utilizzano le stesse risorse si ha un'interferenza con la conseguente diminuzione della prestazione; viceversa, quando due compiti contemporanei, seppur impegnativi, richiedono risorse differenti, la prestazione rimane sostenuta. Questi modelli, dunque, sono in grado di spiegare come i calciatori siano capaci di correre con la palla e contemporaneamente dare informazioni tattiche alla propria squadra in quanto questi compiti richiedono differenti modalità. Allo stesso modo, i calciatori sono abili nel visualizzare la posizione del portiere mentre eseguono un tiro in porta (Mecleod e McLaughlin, 1985).

#### **2.1.4 Le reti neurali**

L'ultima descrizione dell'attenzione che prenderemo in considerazione è quella derivante dagli sviluppi basati sui modelli connessionisti (Rumelhart e McClelland 1986; Rumelhart, 1989).

Questo approccio origina dalla neurofisiologia e dalla comprensione del funzionamento neurale del cervello (Anderson, 1990) e ritiene che le conoscenze vengono modificate tramite l'esperienza dal cambiamento dei pesi delle interconnessioni tra i nodi neurali. Ad un aumento del livello di capacità attentiva, i soggetti sviluppano nuove connessioni e modificano la forza di quelle che sono già presenti; in questo modo, il sistema risulta flessibile poiché i pesi sinaptici non sono fissi ma subiscono delle modificazioni in funzione dell'esperienza (Bianchi, 2008). Posner e Raichle (1994), proponendo l'esistenza di diversi tipi di reti neurali coinvolte nel controllo dell'attenzione visiva: utilizzando le metodologie della Tomografia ad Emissione di Positroni (PET) e la Risonanza Magnetica (RMI), essi hanno dimostrato l'esistenza di reti neurali funzionali per l'orientamento visivo, per l'attenzione esecutiva e per la vigilanza, concetti fondamentali per l'approccio degli studi esposti in questo lavoro e che tratteremo nel prosieguo di questo capitolo.

## **2.2 Il modello di Posner**

Tra i numerosi autori che si sono occupati dello studio dell'attenzione, Michael Posner è senza dubbio uno degli psicologi che ha maggiormente contribuito allo sviluppo e all'approfondimento delle tematiche cognitive relative a questa funzione cognitiva. Egli, nei suoi studi, sottolinea l'importanza di alcuni principi fondamentali (Jugovac e Cavallero 2008).

Posner definisce l'attenzione come un sistema con una propria identità indipendente e separato anatomicamente a livello cerebrale da quelli che sono gli altri sistemi di elaborazione delle informazioni, intendendo sottolineare che il sistema dell'attenzione non è gestito da una sola area cerebrale e che, allo stesso tempo, ogni area cerebrale coinvolta ha una sua funzione specifica. L'attenzione, dunque, è costituita da diversi sottosistemi, ciascuno dei quali è regolato da diverse aree cerebrali e le quali sono in collegamento tra loro e formano una struttura complessa.

Coerentemente con quanto esposto fino ad ora, Posner ha diviso il sistema deputato all'attenzione in due diversi sottosistemi: l'orientamento in direzione degli eventi sensoriali (*orienting*) e la detezione dei segnali per l'elaborazione consapevole delle informazioni (*detecting*) (Posner, 1980). Successivamente, egli ha identificato un terzo sistema, definito come stato d'allerta (*alerting*), il quale rappresenta la capacità dell'individuo di mantenere uno stato vigile. Il sistema dell'*alerting*, per le sue caratteristiche specifiche, svolge un ruolo di supervisore essendo in grado di influenzare gli altri due sistemi rendendoli più o meno reattivi di fronte ad uno stimolo (jugovac e

Cavallero, 2008).

I tre sistemi individuati lavorano in maniera relativamente indipendente all'interno di un complesso sopramodale che prevede una certa relazione ad un livello superiore (Posner e Petersen, 1990).

Come spesso accade in ambiti di ricerca così complessi, negli anni il modello originale di Posner è stato rivisto e modificato fino a raggiungere la sua versione ultima in ordine di tempo nel 1994, anno in cui l'autore ha provveduto a rinominarne una parte delle componenti descritte negli anni precedenti (Posner e Raichle, 1994). Visti gli sviluppi che hanno caratterizzato la ricerca da allora ad oggi, per certi versi con questo cambiamento Posner è riuscito a precorrere i tempi.

Anche nella sua versione più recente, Posner distingue tre differenti network attenzionali, ai quali dà rispettivamente il nome di *orienting*, deputato ad orientare l'attenzione verso uno stimolo target; *executive control*, responsabile di complesse operazioni di monitoraggio e risoluzione di conflitti cognitivi; *alerting*, coinvolto nel raggiungimento e nel mantenimento dello stato di allerta (Posner e Raichle, 1994).

Inizialmente, i tre network vennero considerati relativamente indipendenti dal punto di vista funzionale, anche se non in tutte le situazioni (Fan et al. 2002), mentre nelle versioni più recenti sono state sottolineate diverse interazioni tra le reti, in particolare tra l'*alerting* e l'*executive control* (Fan et al. 2009). Ognuno di questi sistemi è stato definito, oltre che in termini funzionali, anche in termini strutturali, di seguito descriveremo singolarmente ognuno di questi network.

### **2.2.1 Orienting**

Attorno alla nozione di *orienting* Posner ha costruito una teoria dell'attenzione a sé stante che ancora oggi risulta essere tra le più influenti nell'ambito della ricerca psicologica (Jugovac e Cavallero, 2008). Egli utilizza questo termine per indicare l'allineamento dell'attenzione con lo stimolo sensoriale; ritenendo che questa caratteristica dell'attenzione sia collegata ad una varietà di cambiamenti che coinvolgono anche il sistema nervoso centrale e quello autonomo.

L'autore distingue il semplice allineamento dell'attenzione con lo stimolo (riflesso d'orientamento) dall'effettiva percezione dello stimolo con la raggiunta consapevolezza dello stesso (detezione) (Posner, 1980). Separare la direzione dell'attenzione da quella dello sguardo è stato un passo importante nello studio dell'orientamento dell'attenzione spaziale; normalmente un osservatore, infatti, seleziona una posizione nello spazio orientandovi l'attenzione e tale orientamento solitamente è accompagnato da una rotazione degli occhi, del capo e a volte anche del corpo. Tale combinazione di movimenti fa sì che l'attenzione e la percezione visiva dello stimolo

siano allineate, determinando l'impossibilità di distinguere gli effetti dell'orientamento dell'attenzione spaziale da quelli dell'acuità visiva (Umiltà, 1997).

Il modello di Posner, come già affermato precedentemente, permette di ovviare a questo problema; egli, infatti, con il concetto di *orienting*, si riferisce ad un network deputato all'orientamento dell'attenzione verso uno stimolo target e considera tale orientamento potenzialmente svincolabile dalla percezione visiva dello stesso (Muroni, 2014).

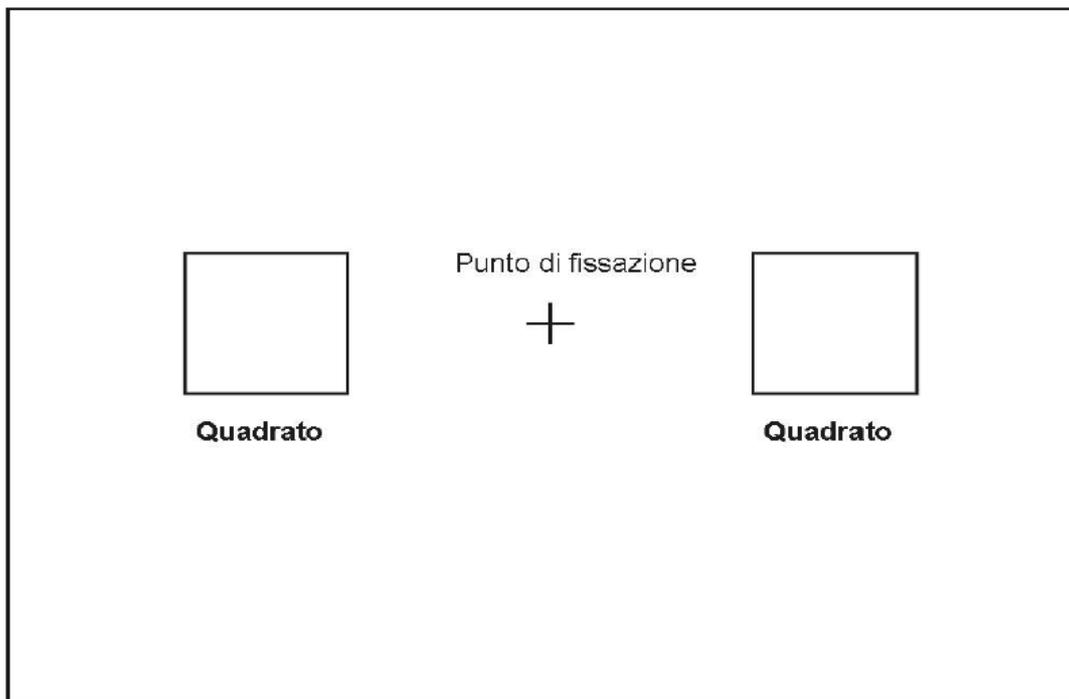
In riferimento a questa concettualizzazione di orientamento, Posner (Posner e Raichle, 1994) distingue due tipi di orientamento: *overt orienting*, ovvero l'orientamento esplicito caratterizzato da movimenti oculari, e *covert orienting*, ovvero l'orientamento in assenza di movimenti oculari.

È stato osservato che mentre i movimenti oculari necessitano di un tempo per lo spostamento che va dai 200 ai 250 millisecondi, lo spostamento implicito dell'attenzione richiede meno di 50 millisecondi; anche nel caso di un orientamento esplicito, quindi, lo spostamento dell'attenzione avviene comunque per primo e precede l'eventuale movimento degli occhi fornendo loro una valida guida verso la posizione del target nel campo visivo (Jugovac e Cavallero, 2008). Proprio a motivo della stretta connessione tra l'orientamento e gli spostamenti oculari, gran parte della ricerca sull'orientamento si è occupata dei problemi inerenti all'attenzione spaziale e lo stesso Posner si è concentrato nel corso degli anni su questo particolare ambito della psicologia cognitiva (Posner, 1995).

Il campo che ha catturato l'interesse della maggior parte dei ricercatori riguarda l'orientamento implicito, in quanto espressione "pura" dell'attivazione del meccanismo centrale dell'attenzione priva dei cambiamenti espliciti rappresentati dallo spostamento della testa e dai movimenti oculari ed uno dei primi paradigmi sperimentali, elaborato negli anni ottanta da Posner e che ancora oggi risulta essere la più utilizzata per testare l'orientamento implicito dell'attenzione, viene comunemente detta Cued Reaction Time Task (Posner, 1980).

Attraverso un'articolata procedura, questo paradigma permette lo studio dell'orientamento implicito dell'attenzione (*covert orienting*) prevedendo che il soggetto, seduto davanti al monitor di un computer, osservi un punto di fissazione rappresentato da una croce posta al centro del monitor, mentre ai lati del punto di fissazione sono raffigurati due quadrati all'interno dei quali può comparire un target (Figura 2.1). Compito del soggetto è quello di rispondere alla comparsa del target premendo un pulsante il più velocemente possibile; il target può comparire in uno dei due quadrati presenti sullo schermo e, prima della sua comparsa ed all'inizio di ogni prova, viene presentato un *cue*, che nell'esperimento originale consisteva nell'aumento della luminosità, per un breve periodo, di uno dei due quadrati. Il *cue* prediceva correttamente la comparsa del target nell'80% delle prove (*cue* valido), mentre nel restante 20% il target compariva nel quadrato non

illuminato (*cue* invalido).



**Fig. 2.1:** Cued Reaction Time Task (Posner, 1980)

Vennero predisposte anche delle prove neutre in cui entrambi i quadrati si illuminavano, per cui il soggetto non aveva alcuna informazione utile per localizzare la comparsa del target. Confrontando le prove neutre in cui i soggetti non sanno dove apparirà il target con quelle valide in cui il *cue* indica la posizione corretta, è possibile valutare i benefici ottenuti in seguito allo spostamento dell'attenzione in direzione del *cue* stesso, mentre i costi vengono definiti dalla differenza nei tempi di reazione tra le prove neutre e le prove invalide, ovvero le prove in cui il target compare in una posizione diversa da quella indicata. Quando l'attenzione viene diretta dal *cue* (prove valide) ad uno dei due quadrati la percezione visiva del target in quella posizione è facilitata ed il soggetto risponde con tempi di reazione più rapidi rispetto sia alle prove in cui il target compaiono nel quadrato non illuminato (prove invalide) ed alle prove neutre.

Evidentemente, il fatto di attendere uno stimolo in una determinata posizione ne rende più rapida la percezione ed il fatto che i risultati peggiori si ottengano nelle prove invalide, le quali sono più lente anche rispetto alle prove neutre, ha spinto Posner ad ipotizzare l'esistenza di un sottosistema all'interno dell'orientamento, definito disancoraggio.

Queste osservazioni hanno portato Posner a concludere che l'orientamento dell'attenzione implica tre operazioni che costituiscono tre diverse componenti dell'*orienting* inteso come

allineamento dell'attenzione: il disancoraggio (*disengagement*), ovvero lo sganciamento dell'attenzione dalla posizione iniziale; lo spostamento (*movement*), ovvero il movimento dell'attenzione da una posizione all'altra; l'ancoraggio (*engagement*), ovvero l'aggancio del focus attentivo ad una nuova posizione (Posner e Petersen, 1990). A sostegno di questa suddivisione, come vedremo in seguito, l'autore ha ipotizzato l'esistenza di un circuito costituito da tre aree cerebrali corrispondenti ai tre processi da lui individuati.

Ai fini della ricerca presentata in questo lavoro, va riconosciuto che il lavoro di Posner e la creazione di un paradigma sperimentale che introducesse un *cue* prima di ogni singola prova ha rappresentato un'assoluta novità nel contesto degli studi sull'orientamento, poiché fino ad allora le ricerche avevano utilizzato dei blocchi di prove in cui una determinata posizione spaziale aveva un'alta probabilità di verificarsi, pur non avendo quasi mai ottenuto risultati soddisfacenti (Posner e Cohen, 1984).

### **2.2.2 Executive Control**

Come già affermato precedentemente, Posner nel suo primo modello aveva proposto un sistema attenzionale anteriore (AAS) deputato al riconoscimento dello stimolo target, la cui funzione era quella di rilevare lo stimolo e mantenere il focus attentivo per l'esecuzione di un dato compito. Nell'ultima versione del suo modello, l'autore ha sostituito il termine detezione con quello di controllo esecutivo, una modifica non irrilevante in quanto, oltre al nome, sono state svariate le caratteristiche che Posner ha ritenuto di dover modificare, perfezionare ed aggiornare nel corso degli anni portando il sistema ad assumere una connotazione via via più ampia e complessa (Posner e Raichle, 1994).

Rispetto all'AAS, il sistema del controllo esecutivo sono state dapprima attribuite anche la capacità di eseguire consapevolmente un'istruzione, di selezionare un target tra una serie di alternative diverse e di resistere all'interferenza prodotta da stimoli provenienti da altre modalità (Posner e Raichle, 1994). Successivamente, forse anche influenzato dal crescente interesse manifestato dagli scienziati cognitivi per le funzioni esecutive (interesse che ha caratterizzato la ricerca degli ultimi dieci anni), Posner ha legato al controllo esecutivo la capacità di pianificazione e di riconoscimento degli errori (Posner e DiGirolamo, 1998) mentre, in tempi ancor più recenti, sono entrati a far parte del sistema anche il controllo del comportamento diretto verso un obiettivo e la risoluzione di un conflitto, nonché l'inibizione di risposte automatiche e dominanti (Berger e Posner, 2000).

Il modello di Norman e Shallice del 1986 ed il loro concetto di sistema attenzionale supervisore hanno con ogni probabilità influenzato il punto di vista di Posner portandolo ad

affermare, in maniera abbastanza forte rispetto alle definizioni formulate in precedenza, che il controllo esecutivo opera solo in determinate situazioni o in particolari momenti, ovvero quando le funzioni del sistema esecutivo risultano necessarie e cioè quando le funzioni di routine sono insufficienti per lo svolgimento del compito o quando le stesse funzioni devono essere annullate a causa di avvenute modifiche ambientali o del cambiamento dell'obiettivo finale (Posner e DiGirolamo, 1998). Sperimentalmente, questo network è stato spesso studiato mediante compiti che prevedono la risoluzione di conflitti cognitivi, come ad esempio tutte le varie versioni di Stroop Test e, più recentemente, attraverso il Flanker Task di Eriksen (Fan et al. 2002), mentre strutturalmente, come vedremo in seguito nel dettaglio, questo network è stato associato ad aree della corteccia cingolata anteriore e laterale prefrontale, legate alla via dopaminergica (Fan et al. 2003).

### 2.2.3 Alerting

Dal punto di vista cronologico, l'*alerting* risulta essere l'ultimo dei tre network attentivi proposti da Posner al fine di spiegare nella maniera più completa possibile i risultati sperimentali raccolti nell'arco di tempo tra il 1980 - anno in cui viene pubblicata la prima formulazione del modello - ed il 1990 - anno della versione elaborata in collaborazione con Petersen (Posner e Petersen, 1990) -.

Come già affermato, questo sistema è responsabile della preparazione e del mantenimento dello stato di allerta finalizzato alla percezione degli stimoli, non svolgendo una funzione in grado di modificare la capacità di elaborazione delle informazioni bensì migliorando la reattività dei soggetti, rendendoli capaci di fornire risposte più veloci (Fan et al., 2009), nonostante sia stato osservato che la maggiore reattività dei soggetti produca un effetto negativo sulla loro accuratezza (Posner et al., 1989) tradotta in un aumento della percentuale di errori commessi (Muroni, 2014).

Questo incremento è spiegabile col fatto che, in situazioni di elevata attivazione, la selezione della risposta avviene più rapidamente e sulla base di una qualità dell'informazione più bassa rispetto alle situazioni normali, il che aumenta inevitabilmente le probabilità di sbagliare (Posner, 1995). Sulla base della definizione di *alerting* fornita da Posner è possibile distinguere tra *alerting* tonico ed *alerting* fasico (*tonic and phasic alerting*) (Posner 1978).

Con il primo termine l'autore identifica il livello di vigilanza generale, ovvero l'attenzione sostenuta (Parasuraman et al., 1998) mentre con il secondo termine si fa riferimento al cambiamento nell'attivazione in seguito alla presentazione di un segnale allertante (*cue*) (Fan et al. 2003).

Gli studi di questi due tipi di *alerting* si differenziano molto: l'*alerting tonico* viene studiato attraverso test somministrati per periodi prolungati e caratterizzati da stimoli presentati in maniera sporadica, o per mezzo di compiti che prevedono una risposta continua (Parasuraman, 1998),

mentre l'*alerting* fasico viene studiato per mezzo di compiti di tempi di reazione di durata inferiore a quella comunemente utilizzata per i test di vigilanza e nei quali lo stimolo target è preceduto da un segnale di avvertimento (Posner, 1978).

Posner, sin dalle origini del suo modello, ha sostenuto il fatto che gli stessi meccanismi fisiologici siano all'origine sia dei decrementi osservati nei compiti di vigilanza sia della incapacità di rispondere rapidamente a stimoli presentati dopo un *cue* (Posner, 1978).

Osservando le varie proposte presenti in letteratura, è evidente come quasi tutti gli autori concordino nel ritenere che esistano due diversi tipi di *alerting*, sebbene alcuni studi sostengano la necessità di considerarli come aspetti diversi di una componente più ampia (Robertson e Manly, 1999; Pribram e McGuinness, 1975), mentre altri sostengano che esse possano essere considerate come un unico fattore (Lalberge, 1995; Mirsky et al., 1991; Posner e Petersen, 1990).

Appare dunque evidente come il modello elaborato da Posner sia uno dei più influenti nel panorama della psicologia dell'attenzione e, sebbene non sia in realtà esente da critiche e ambiguità, questo modello è il modello di riferimento per lo sviluppo del presente lavoro e per la creazione, come vedremo nei capitoli successivi, di un protocollo di intervento nell'ambito della Psicologia dello Sport.

#### **2.2.4 I sistemi attenzionali**

Come già anticipato, l'attenzione è stata descritta come un sistema che interagisce a livello cerebrale con altri sistemi, ma che mantiene una propria identità (Posner e Petersen, 1990). Le sue funzioni verrebbero quindi espletate da un network di aree anatomiche (Figura 2.2 e Figura 2.3) piuttosto che da una singola regione cerebrale ben precisa (Mesulam 1981, Rizzolatti et al., 1985).

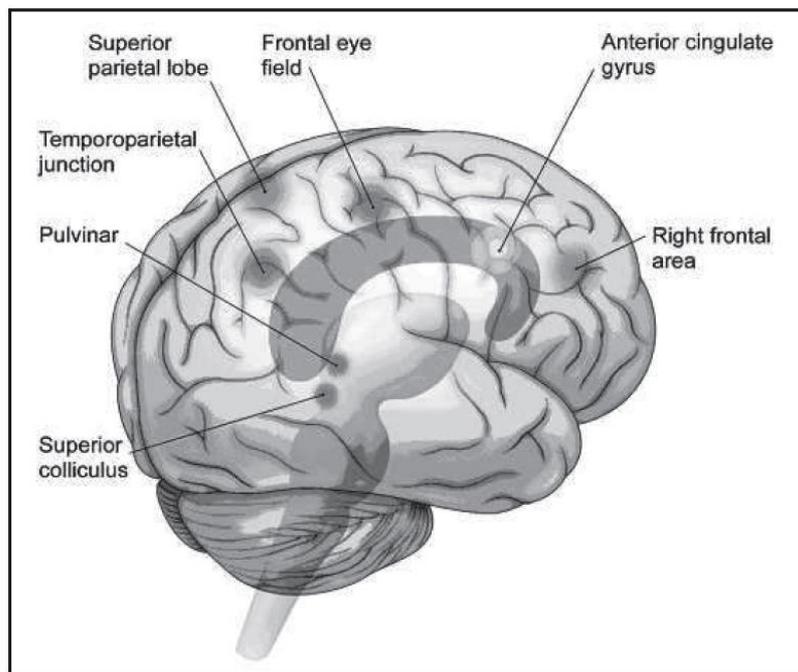
Come abbiamo visto nei paragrafi precedenti, poiché le aree componenti di questo network svolgerebbero funzioni diverse, Posner e Petersen (1990) hanno proposto di distinguere tre sistemi attenzionali, con le funzioni principali di orientamento verso stimoli sensoriali, detezione di segnali per il processamento consapevole e mantenimento di uno stato allerta e vigilanza.

L'*orienting* viene definito in termini di foveazione dello stimolo, ovvero lo stimolo viene raggiunto con lo sguardo e messo a fuoco dalla fovea, la parte della retina dove l'acuità visiva è massima.

Una volta focalizzata l'attenzione su uno stimolo ben preciso, tre aree cerebrali distinte sarebbero specializzate per le tre attività, già descritte in precedenza, di disancoraggio, spostamento ed ancoraggio: il lobo parietale posteriore per il disancoraggio (Posner et al., 1984); il collicolo superiore (Wurtz e Goldberg, 1972) per gli spostamenti dell'attenzione; il talamo ed il pulvinar

laterale per l'ancoraggio (Petersen et al., 1987; Posner, 1988).

I collicoli superiori sembrano avere un ruolo importante nello spostamento dell'attenzione: è stato dimostrato infatti che una lesione in quest'area dell'encefalo provoca un rallentamento nella velocità di spostamento dell'attenzione da una zona all'altra del campo visivo. Il fatto però che tale capacità non venga compromessa completamente sembra dimostrare che il sistema alla base di questo processo deve essere in qualche modo più complesso. A tal proposito è probabile che, accanto ai collicoli superiori, anche il lobo parietale superiore abbia un ruolo altrettanto importante (Posner e Raichle, 1994).



**Fig. 2.2:** Anatomia dei tre network attentivi (Posner e Rothbart 2007).

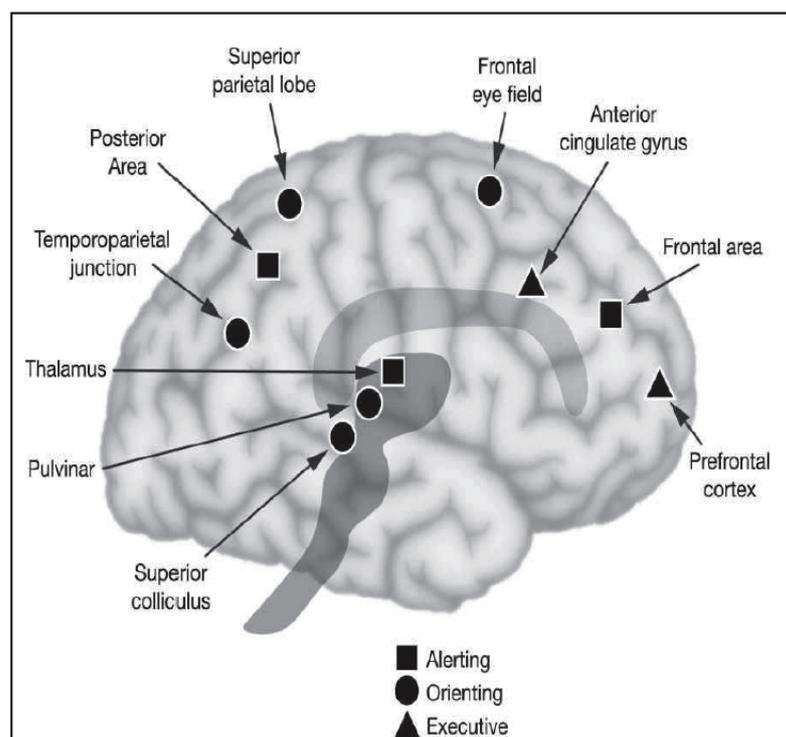
Il lobo parietale posteriore ricopre invece un ruolo centrale nel disancoraggio che precede lo spostamento dell'attenzione, in quanto è stato osservato che pazienti con lesioni in questa specifica area della corteccia non hanno difficoltà a rispondere alle prove in cui il *cue* indica correttamente il luogo della comparsa del *target*, mentre i loro tempi di reazione aumentano drasticamente nelle prove invalide.

Infine, l'ancoraggio sembra essere gestito dal talamo, in particolare dal pulvinar, regione dell'encefalo coinvolta anche nell'operazione di detezione oltre che nell'attenzione sostenuta, a dimostrazione del legame esistente tra questi diversi sistemi cognitivi (Posner et al., 1984).

Posner ha comunque più volte ribadito come il circuito dal lui proposto non sia in grado di fornire una descrizione precisa del sostrato fisiologico dell'orientamento, ma piuttosto permetta di

sottolineare l'esistenza di distinte aree anatomiche per distinte funzioni. Il substrato neurale del sistema Esecutivo Centrale, invece, sembra essere il giro cingolato anteriore (Raz e Buhle, 2006); studi effettuati sui pazienti con lesioni cerebrali hanno messo in evidenza che le aree coinvolte nell'attenzione esecutiva sono quelle mediali della corteccia frontale, in particolare l'area del giro del cingolo anteriore. Quest'area appare particolarmente attiva e sensibile durante le operazioni mentali della detezione del *target* e una lesione in questa zona produce nei pazienti un'evidente perdita del controllo delle proprie azioni (Posner, 1995).

Come già detto, le versioni successive formulate da Posner relativamente alla componente esecutiva hanno reso necessario il coinvolgimento di altre aree corticali e sottocorticali. In particolare, recenti studi hanno messo in evidenza come l'utilizzo di compiti in cui è necessario un intenso sforzo mentale o che richiedono il superamento di situazioni conflittuali, producono l'attivazione della corteccia prefrontale laterale (Bush et al., 2000).



**Fig. 2.3:** Network attenzionali: l'*alerting* comprende le regioni frontali e parietali dell'emisfero destro; l'*orienting* comprende il lobo parietale posteriore e alcune aree sottocorticali come i collicoli superiori e il pulvinar; l'*executive control* include il giro del cingolo anteriore e la corteccia prefrontale (Wang, et al., 2004).

Negli ultimi anni proprio questa particolare area corticale sembra aver assunto un ruolo determinante nel corretto funzionamento delle funzioni esecutive in generale (Muzur et al., 2002) e con ogni probabilità in questo modo Posner è riuscito a render conto anche delle critiche rivoltegli

da diversi autori i quali, pur ritenendo valida la struttura di base del modello, sostenevano la necessità di una revisione relativamente alle regioni anatomiche proposte alla base proprio del sistema esecutivo.

Studi di neuroimaging hanno rilevato che sia i compiti che utilizzano dei segnali di avvertimento sia quelli che prevedono invece una prestazione continua sono influenzati dagli stessi sostrati neurali (Deutsch et al., 1988).

Studi neuropsicologici sembrano mostrare l'importanza dell'emisfero destro - in particolare delle regioni frontali e parietali - per lo sviluppo e il mantenimento dello stato d'allerta e a conferma di questa conclusione ci sono numerose ricerche effettuate su pazienti con danni all'emisfero cerebrale destro, i quali mostrano una chiara difficoltà a mantenere l'attenzione per un periodo prolungato sullo stesso punto (Posner e Petersen, 1990).

Relativamente all'effettiva indipendenza dei tre network attenzionali, come già detto, diversi studiosi si sono espressi in maniera critica, dubitando che il sistema di orientamento spaziale ipotizzato da Posner possa essere considerato distinto dal sistema deputato al mantenimento dell'attenzione sostenuta. In particolare, queste critiche trovano fondamento nell'osservazione del fatto che, da un punto di vista anatomico, le due reti attenzionali risultano essere in parte sovrapposte e risulta pertanto difficile sostenere che i due sistemi siano effettivamente distinti (Robertson e Manly, 1999).

A queste critiche, l'autore risponde specificando che le due reti attenzionali, pur condividendo le stesse aree anatomiche, utilizzano in realtà neurotrasmettitori diversi, risultando pertanto dissociabili a livello cognitivo (Fernandez-Duque e Posner, 2001).

### **2.3 L'Attention Network Test (ANT)**

L'Attention Network Test (ANT – Fan et al., 2002) è un paradigma ideato dai collaboratori di Posner per misurare l'indipendenza e la funzionalità dei tre network attentivi e l'utilizzo di questo test è forse l'unico caso nell'ambito della ricerca sull'attenzione in cui ad un modello teorico di riferimento corrisponde un compito specifico in grado di valutarne le singole componenti. Tale paradigma nasce dalla combinazione dello storico paradigma di Posner (1980), il CRTT, già descritto precedentemente e del Flanker Task di Eriksen (Eriksen, Eriksen, 1974) ed è stato inizialmente sviluppato per offrire un valido strumento agli studiosi impegnati nella ricerca di base.

Per quanto riguarda il compito, l'Attention Network Test è costituito da diversi tipi di *cue* e diversi tipi di *flanker* (Figura 4) ed è in grado di fornire una stima dell'efficienza dei tre network attenzionali descritti dal modello di Posner (Posner e Raichle, 1994) sulla base dei tempi di reazione

medi ottenuti nei diversi tipi di *trial*.

Il compito è stato costruito in modo tale da essere di breve durata e di facile utilizzo, poiché le intenzioni degli ideatori erano quelle di creare un compito che fosse utilizzabile nei settori più disparati, da quello clinico a quello evolutivo, finanche a quello etologico (Fan et al., 2002). Grazie alle sue caratteristiche di semplicità, breve durata (circa 20 minuti), facile utilizzo ed attendibilità nel misurare ciascun network, unitamente alla possibilità di poterlo impiegare anche in caso di misure ripetute, risultando scarsamente sensibile all'effetto apprendimento, ci hanno portato a scegliere questo test anche per l'oggetto del presente lavoro dove, come vedremo in seguito, si vuole studiare il meccanismo dell'attenzione in ambito sportivo.

La procedura di somministrazione del test prevede l'utilizzo di un computer ed ai soggetti, seduti davanti al monitor ad una distanza standard di circa 50 cm, viene richiesto di tenere lo sguardo fisso su un punto di fissazione, rappresentato solitamente da una croce posta al centro del monitor. Il test prevede tre tipi di stimoli possibili che possono comparire al di sotto o al di sopra del punto di fissazione. Questi stimoli sono composti da cinque frecce orizzontali allineate che possono essere orientate a destra o sinistra. Il target a cui il soggetto deve prestare attenzione è rappresentato dalla freccia centrale, mentre le due frecce alla destra e alla sinistra del target hanno la funzione di distrattori.

I tre stimoli possibili sono quindi:

- **neutrale**, in cui solo il target è orientato (indifferentemente a destra o sinistra) mentre i distrattori non sono orientati (si veda il riquadro "b" di Figura 4);
- **congruente**, in cui il target e i distrattori sono orientati (indifferentemente a destra o sinistra) nella medesima direzione (si veda riquadro "b" di Figura 4);
- **incongruente**, in cui il target è orientato (indifferentemente a destra o sinistra) in direzione opposta ai distrattori (si veda riquadro "b" di Figura 4).

Precedentemente alla comparsa dello stimolo possono verificarsi quattro possibili condizioni di *cue*:

- condizione **no cue**, nella quale la comparsa dello stimolo non è preceduta dalla comparsa di alcun segnale allertante (si veda riquadro "a" di Figura 4);
- condizione **cue centrale**, nella quale la comparsa dello stimolo è preceduta dalla comparsa di un segnale allertante al centro del monitor (si veda riquadro "a" di Figura 4);
- condizione **doppio cue**, nella quale la comparsa dello stimolo è preceduta dalla comparsa di due *cue*, uno sopra e uno sotto il punto di fissazione (si veda riquadro "a" di Figura 4);
- condizione **cue orientante**, nella quale la comparsa dello stimolo è preceduta dalla comparsa di un segnale allertante che indica la reale posizione nella quale effettivamente comparirà lo

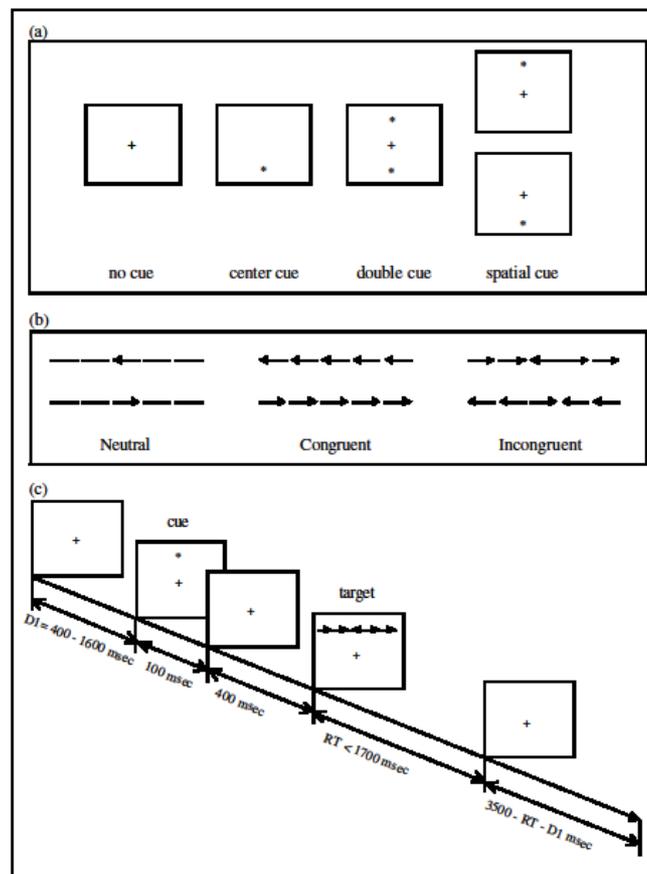
stimolo (si veda riquadro “a” di Figura 4).

Il test, come detto, prevede che il soggetto risponda nella maniera più veloce ed accurata possibile indicando la direzione del target mediante l’ausilio del mouse (tasto destro e tasto sinistro) ed il software, in maniera computerizzata, consente la registrazione dei tempi di reazione (RT) e dell’accuratezza (ACC) delle risposte fornite dai partecipanti.

Questi dati permettono successivamente, attraverso le formule indicate dagli stessi ideatori del test, di calcolare l’efficienza dei tre network attentivi (Wang et al. 2004):

- *Alerting*:  $RT(\text{no cue}) - RT(\text{double cue})$ ;
- *Orienting*:  $RT(\text{cue centrale}) - RT(\text{cue orientante})$ ;
- *Executive Control*:  $RT(\text{flanker incongruente}) - RT(\text{flanker congruente})$ .

L’efficienza dei tre network relativa all’accuratezza viene calcolata con le stesse formule, sostituendo però i valori dei tempi di reazione con quelli delle percentuali di accuratezza.



**Fig. 4:** *Attention Network Test*. a) Le 4 condizioni di cue; b) I 3 stimoli possibili; c) Un esempio di procedura sperimentale (Fan et al.,2002)

Nel test sono previsti quattro blocchi o sessioni: il primo è un blocco di apprendimento

composto da 24 prove nelle quali il soggetto, di volta in volta, riceve un feedback riguardo al proprio tempo di reazione e alla propria accuratezza, mentre i successivi tre blocchi - composti da 96 prove ciascuno - sono prove nelle quali il soggetto non riceve alcun feedback.

Tra un blocco e l'altro il soggetto ha la possibilità di riposarsi; il test prevede infatti che sia il soggetto stesso a far partire il blocco successivo.

## 2.4 L'Attention Network Test – Revised

Nonostante le prove raccolte a sostegno dell'indipendenza dei tre network attentivi, Fan e colleghi (2009), convinti che l'eventuale interazione e integrazione tra di esse fosse ancora poco chiara, hanno elaborato una nuova versione del test ANT, chiamata ANT-Revised (ANT-R); una versione del test progettata al fine di esaminare l'interazione tra le reti e che, rispetto alla precedente versione del test utilizza solo tre condizioni di *cue*:

- condizione ***no cue***, composta da 12 trial;
- condizione ***doppio cue***, composta da 12 trial;
- condizione ***cue spaziale***, composta da 48 trial.

Gli autori, inoltre, eliminando la condizione di target neutro, riducono le condizioni a congruenti e incongruenti.

Un ulteriore elemento distintivo, ancora più importante, è rappresentato dalla manipolazione della validità del *cue*, ovvero dall'inserimento di prove con *cue* invalidi: dei 48 *cue* spaziali, infatti, 36 sono validi (75%) mentre 12 sono invalidi (25%).

Rispetto alla precedente versione è stata manipolata, oltre alla congruenza dei *flanker*, anche la congruenza della posizione (*location*), manipolazione dalla quale risultano quattro possibili combinazioni:

1. *Flanker* Congruente – *Location* Congruente;
2. *Flanker* Incongruente – *Location* Congruente;
3. *Flanker* Congruente – *Location* Incongruente;
4. *Flanker* Incongruente – *Location* Incongruente.

La procedura di somministrazione del test è la stessa della versione precedente, con il soggetto seduto davanti al monitor, ad una distanza standard di circa 50 cm, impegnato a tenere lo sguardo fisso su un punto di fissazione rappresentato una croce posta al centro del monitor. Come nella versione precedente, anche in questa ai lati del punto di fissazione sono presenti due riquadri

all'interno dei quali compare lo stimolo.

Questo test, a differenza della versione del 2002, prevede due tipi di stimoli possibili i quali, anziché comparire al di sotto o al di sopra del punto di fissazione, possono comparire dentro il riquadro di destra o di sinistra.

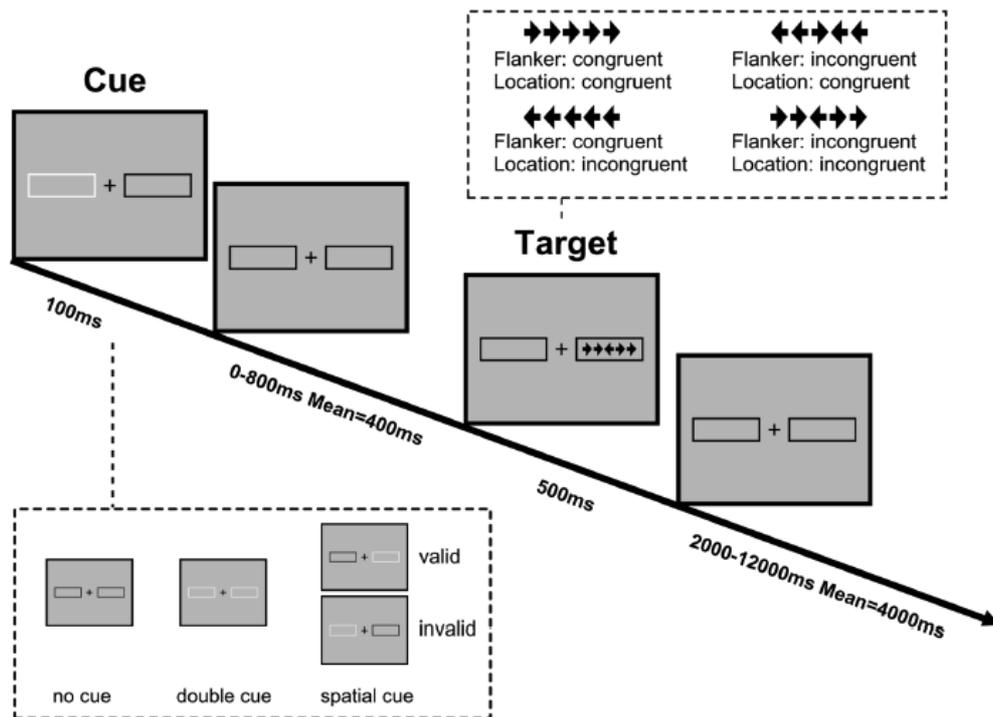
Anche in questo caso, gli stimoli sono composti da cinque frecce orizzontali allineate che possono essere orientate a destra o sinistra ed il target a cui il soggetto deve prestare attenzione è rappresentato dalla freccia centrale, mentre le due frecce alla destra ed alla sinistra del target hanno la funzione di distrattori.

I due stimoli possibili, pertanto, sono:

- **congruente**, in cui target e distrattori sono orientati nella medesima direzione (indifferente se destra o sinistra);
- **incongruente**, in cui target e distrattori sono orientati nella direzione opposta (indifferente se destra o sinistra).

Precedentemente alla comparsa dello stimolo possono verificarsi tre possibili condizioni di cue:

- condizione **no cue**, nella quale la comparsa dello stimolo non è preceduta dalla comparsa di alcun segnale allertante (si veda Figura 5);
- condizione **doppio cue**, nella quale la comparsa dello stimolo è preceduta dall'illuminazione di entrambi i riquadri nei quali compare lo stimolo. (si veda Figura 5);
- condizione **cue spaziale**, nella quale la comparsa dello stimolo è preceduta dall'illuminazione di uno dei due riquadri, ma l'informazione può essere valida o non valida (si veda Figura 5).



**Fig. 5:** In ogni trial, in relazione alle 3 condizioni di *cue* (*no cue*, doppio, e valido/invalido), il *cue* lampeggia all'interno del riquadro (100 ms). Dopo un tempo variabile (0, 400, o 800 ms), il target (freccia centrale) e i due flanker a destra e a sinistra del target (congruenti o incongruenti) compaiono per 500 ms. I partecipanti rispondono indicando la direzione del target (Fan et al., 2009).

Anche in questa versione del test il soggetto deve rispondere più velocemente ed accuratamente possibile indicando la direzione del target mediante l'ausilio del mouse (tasto destro e tasto sinistro) ed il software in maniera computerizzata consente la registrazione dei tempi di reazione (RT) e dell'accuratezza (ACC) delle risposte dei soggetti.

Anche in questo caso, i dati permettono di calcolare l'efficienza dei tre network attentivi (Fan et al., 2009) attraverso le formule proposte dagli stessi ideatori del test.

Come vedremo nel prossimo capitolo, il test ANT-R e la sua cornice teorica sono fondamentali in questo lavoro in quanto essi costituiscono il riferimento per la validazione dello strumento che verrà utilizzato nel secondo studio di questa ricerca.

# CAPITOLO III

## STUDIO 1

### LA VALIDAZIONE DELLO STRUMENTO

Come già descritto nell'introduzione di questo lavoro, la presente ricerca nasce dalla collaborazione tra il Dipartimento di Scienze della Vita dell'Università di Trieste e la Società Calcistica Udinese. Da un lato, l'Udinese Calcio era interessata nello sviluppo di una routine di allenamento che potesse potenziare le capacità attentive dei propri giocatori, dall'altra il Dipartimento nutriva interesse nel poter fare ricerca con atleti di alto livello.

Lo studio che verrà presentato in questo capitolo, e che risulta propedeutico per la seconda ricerca che vedremo nel capitolo V, nasce quindi dall'esigenza di unire gli interessi delle due parti in causa unendo, da un lato, il rigore scientifico necessario per la ricerca e, dall'altro, la massima concretezza e applicabilità degli strumenti necessari per chi opera in ambito sportivo.

Il fine ultimo di un approccio scientifico allo studio psicologico della performance sportiva deve essere costantemente focalizzato sulla definizione delle strategie di intervento volte a migliorare la performance stessa; il compito dello psicologo dello sport è quello di rendere ottimale una prestazione atletica che può essere già di per sé eccezionale e che prende forma a partire dalla condizione fisica e dalle capacità strategiche e motorie dell'atleta, fornendogli gli strumenti per sviluppare ed allenare le abilità mentali.

Nei paragrafi seguenti presenteremo lo strumento ideato per rispondere alle esigenze sopra riportate descrivendo le fasi della sua realizzazione, il suo *hardware* e *software*, le applicazioni possibili e, in ultima analisi, la sua validazione.

#### 3.1 La Brain Foot Machine (BFM)

Come già anticipato, la psicologia dello sport, nei suoi ambiti più strettamente applicativi,

affronta svariati tipi di richieste da parte degli addetti ai lavori, i quali si aspettano risposte concrete e risultati tangibili.

Lo strumento ideato per rispondere a queste esigenze, che di seguito verrà descritto nei particolari, nasce dal confronto con i tecnici ed i preparatori dell'Udinese Calcio ed è stato nominato “*Brain Foot Machine*” (BFM). L'idea della realizzazione della BFM nasce dall'esigenza di poter misurare i tempi di reazione alla presentazione di uno stimolo visivo, cercando di ricreare il più fedelmente possibile situazioni di gioco comuni. Dai confronti con i tecnici e i preparatori della Società, è emersa l'intenzione comune di sviluppare uno strumento che, da un lato, potesse “allenare” i giocatori nelle loro capacità attentive e, dall'altro, registrare una gran mole di dati per poter poi operare delle analisi statistiche. La BFM unisce questi due aspetti essenziali e risponde, come già detto, alle esigenze delle due parti in causa.

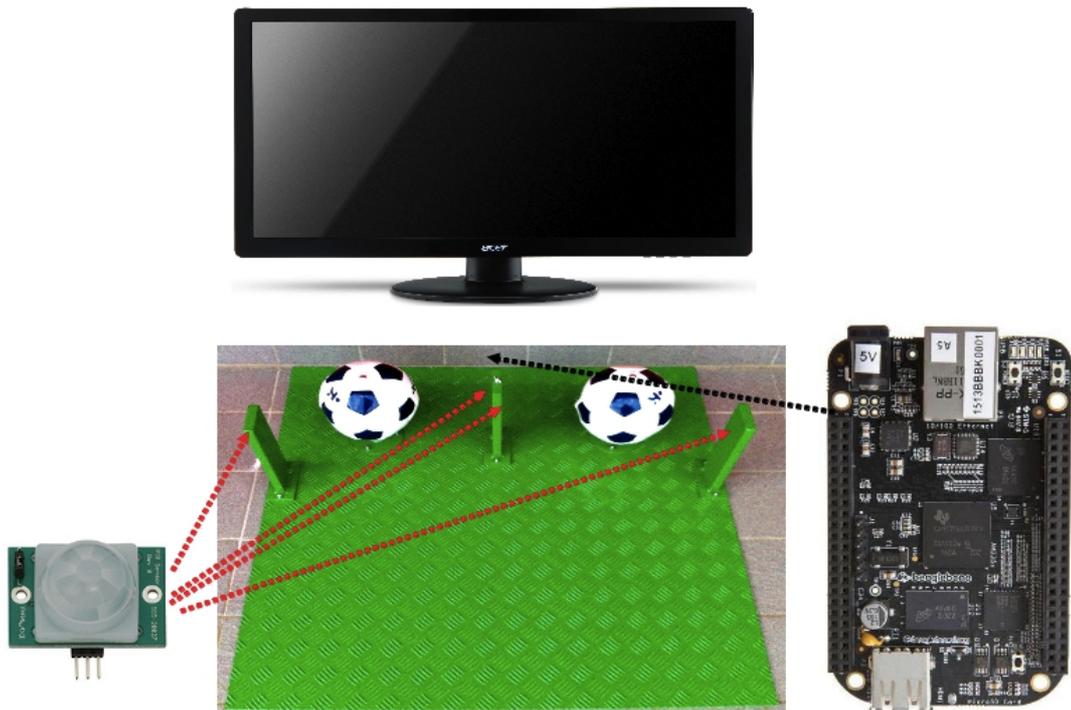
### **3.2 Strumentazione**

La BFM (Figura 3.1) è uno strumento composto da più unità. Anticipando ciò che verrà descritto dettagliatamente nei paragrafi successivi, lo strumento si presenta come una pedana quadrata su cui sono stati fissati due palloni da calcio. Su due parallelepipedi sono stati installati due sensori di movimento PIR (di cui in seguito si parlerà più diffusamente) che, collegati ad un processore, registrano l'interruzione del flusso infrarossi creato dal movimento dei soggetti. Un processore programma i filmati (*trials*) stimolo dell'esperimento che vengono visualizzati su uno schermo.

Il compito del soggetto, come vedremo, è quello di rispondere allo stimolo calciando il pallone sulla pedana in corrispondenza al lato dello schermo su cui esso compare al termine del filmato.

Come vedremo in seguito, gli stimoli della nostra ricerca rispecchiano il paradigma sperimentale delle ricerche di Posner già viste nel capitolo precedente. A differenza del Test ANT già descritto nel secondo capitolo di questo lavoro, si è deciso, al fine di rendere più “ecologico” l'esperimento, di usare come canale di risposta quello oculo-podalico.

Nei prossimi paragrafi descriveremo lo strumento nelle sue componenti, sia hardware che software; dopodiché esporremo il processo che ha portato alla validazione dello strumento stesso.



**Fig. 3.1:** Brain Foot Machine, schema componenti

### 3.2.1 La pedana

La BFM, come anticipato, nella sua parte fisica è composta da una quadrata, in acciaio mandorlato, con lato di 1 metro su cui sono stati saldati due cilindri dello stesso materiale sui quali sono stati fissati dei palloni regolamentari (diametro = 22 cm; circonferenza = 69cm) svuotati della loro camera d'aria e riempiti di gommapiuma. Sull'asse mediano della pedana, alle due estremità ed al centro, sono stati saldati tre parallelepipedi dello stesso materiale e sui quali, come vedremo in seguito, sono stati installati dei sensori PIR.

La pedana e gli altri componenti di acciaio sono stati colorati di verde e sulla base, dal lato poggiate sul terreno, è stato applicato uno strato di gomma antiscivolo (Figura 3.2a e 3.2b).



Fig. 3.2a: La pedana della BFM.

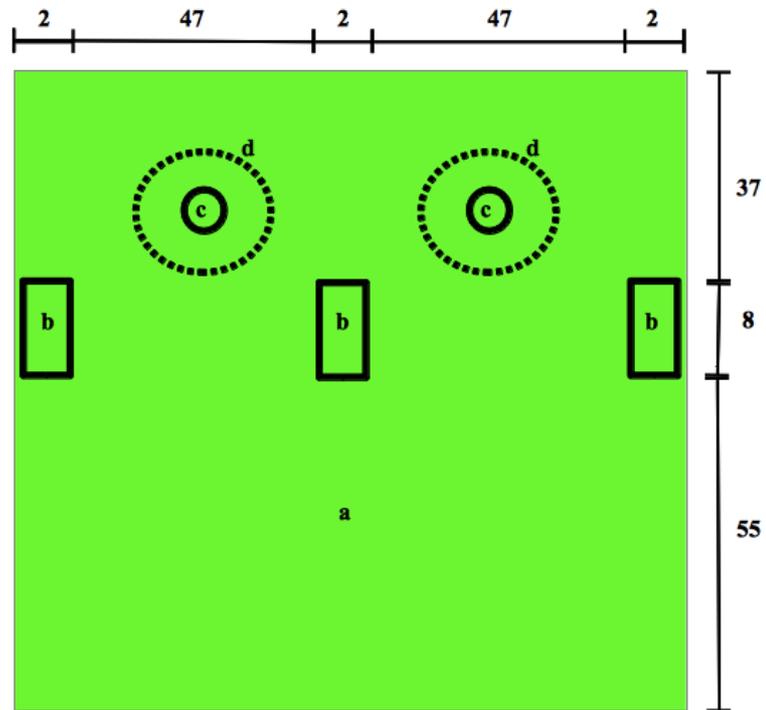
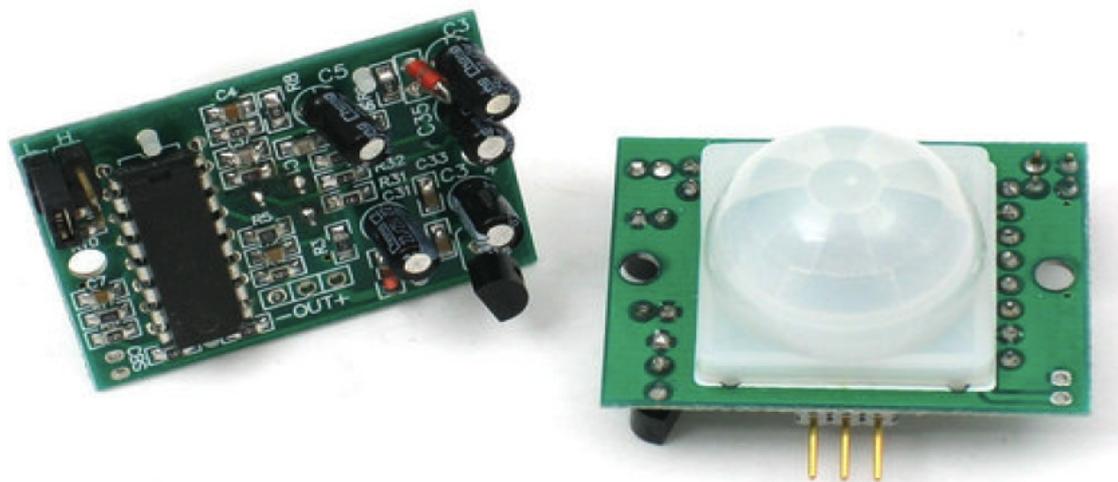


Fig. 3.2b: Quote pedana BFM. a) pedana; b) parallelepipedi per sensori PIR; c) cilindri ( $\varnothing$  2cm); d) palloni ( $\varnothing$  22cm).

### 3.2.2 I sensori di movimento PIR

Come detto, sui tre parallelepipedi posti ai lati ed al centro della pedana, sono stati installati dei sensori PIR (Figura 3.3).



**Fig. 3.3:** Sensore PIR, fronte e retro (Adafruit Industries©, 2014)

I *PIR Motion Sensor*, o sensori PIR, consentono di percepire il movimento inteso come interruzione del flusso dei raggi infrarossi tra due sensori. I sensori scelti in fase di realizzazione della BFM sono stati prodotti dalla Adafruit Industries© e la loro applicazione trova largo impiego nei comuni elettrodomestici poiché sono di dimensioni ridotte ma resistenti, poco costosi, hanno bassissimi consumi e sono facili da interfacciare con altri dispositivi. Essi sono fondamentalmente costituiti da un sensore piroelettrico di metallo con un cristallino rettangolare al centro in grado di rilevare i livelli di radiazione infrarossa (IR). Il sensore è composto dal sensore piroelettrico vero e proprio e da un gruppo di circuiti di sostegno, resistenze e condensatori. Tra i circuiti, è fondamentale ai fini del funzionamento della BFM un chip in grado di emettere un output digitale.

L'impulso digitale in uscita di 3V, in caso di attivazione (movimento rilevato) è relativamente alto, mentre quando il sensore è inattivo (nessun movimento rilevato) è quasi nullo. La gamma di sensibilità dei sensori arriva fino ai 6 metri, con un campo di rilevazione di  $110^{\circ} \times 70^{\circ}$ . Anche l'alimentazione dei sensori richiede un voltaggio ridotto, infatti la tensione in ingresso è stata impostata a 5V. Ciascun sensore PIR ha due slot nei quali è presente una fessura di un materiale sensibile alla luce infrarossa che possono “vedere” all'esterno ad una distanza pari alla sensibilità dei sensori. Quando il sensore è inattivo, entrambi gli slot rilevano la stessa quantità di IR. Ovvero la quantità irradiata dall'ambiente circostante. Quando invece un corpo dotato di calore attraversa il flusso IR, esso intercetta una metà del sensore PIR, provocando una variazione differenziale positiva tra i due slot. Quando invece il corpo lascia l'area di rilevamento accade il contrario per cui

il sensore genera una variazione differenziale negativa. Il sensore a infrarossi è alloggiato in un elemento di metallo ermeticamente chiuso che, oltre a ridurre il rumore, mantenere costante la temperatura e preservarlo dall'umidità, protegge l'elemento sensibile.

Sul retro dei sensori PIR è presente un *trim-pot* per la regolazione della sensibilità; vi sono infatti due *timeout* connessi con il sensore: il primo è il *timeout* “Tx”, relativo al tempo di attivazione necessario perché il LED si accenda dopo aver rilevato il movimento; il secondo è il *timeout* “Ti”, relativo al tempo di inattività a seguito del quale il sensore si spegne. Nel nostro caso, il tempo di riarmo, ovvero il tempo necessario perché il sensore si riattivi tra un'interruzione del flusso IR ed il successivo, è stato impostato al minimo (100 msec), mentre il *timeout* Ti è stato impostato al suo livello massimo. Per l'approfondimento delle caratteristiche tecniche dei sensori si rimanda alla consultazione del manuale (Adafruit Industries©, 2014) citato sul sito ufficiale presente in bibliografia.

I 4 sensori PIR costituiscono due coppie e creano due flussi infrarossi distinti; questa scelta è stata adottata perché comporta dei vantaggi nella rilevazione della lateralizzazione della risposta (dx/sx), riducendo al minimo possibili distorsioni nella registrazione della risposta.

### 3.2.3 Il BeagleBone

Il “cuore” della BFM è il BeagleBone Black, un processore che permette di essere programmato facilmente secondo le richieste dell'operatore (Figura 3.4). Il BeagleBone Black utilizza un processore Sitara™ AM3358AZCZ100 di Texas Instruments basato su ARM® Cortex™-A8 da 1 Ghz ed è accompagnato da una memoria RAM da 512MB e 2GB di *storage* che rende inutile, per l'utilizzo nella nostra ricerca, una memoria supplementare o esterna. Il sistema operativo *open source* installato è Ubuntu, un software distribuito gratuitamente sotto licenza GNU GPL che permette liberamente di apportare modifiche alla programmazione richiesta permettendo agli utenti applicazioni d'uso praticamente infinite.

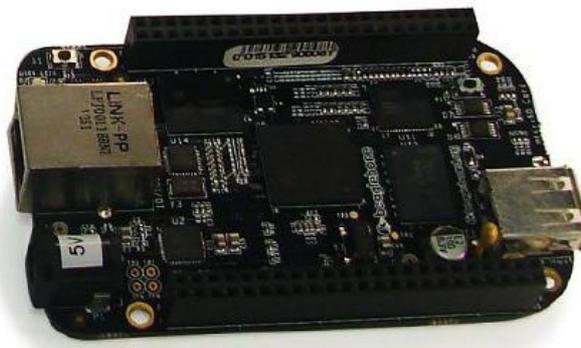


Fig 3.4: Il processore Sitara™ del BeagleBone Black (Texas Instruments, 2013).

Sulla superficie del BeagleBone sono presenti cinque LED blu che indicano se l'alimentazione del processore è attiva ed i collegamenti con le possibili interfacce. Uno degli aspetti rilevanti per la nostra ricerca è l'interfaccia HDMI che permette il collegamento con il monitor su cui vengono visualizzati i *trials*. Le risoluzioni supportate dallo strumento tramite il software (1280x1024; 1440 x 900; 1024x768; 1280x720) permettono un'ottima qualità nella visualizzazione dei filmati che verranno descritti in seguito.

La scelta di questa componente si è rivelata vincente grazie ai suoi punti di forza quali le dimensioni ridotte, le caratteristiche tecniche, il basso consumo e, soprattutto, la flessibilità e la facilità di programmazione.

### 3.2.4 Altre componenti hardware

Completano il quadro delle componenti della BFM il monitor su cui venivano visualizzati gli stimoli, la tastiera ed il mouse e un sistema di cavi di collegamento (Figura 3.5). Gli allenamenti che verranno presentati nel prossimo paragrafo e che venivano programmati dal BeagleBone descritto precedentemente, venivano visualizzati su un monitor LCD Sony Bravia da 40". I soggetti potevano avviare la visualizzazione dei filmati spostando il cursore sullo schermo tramite l'utilizzo di un mouse e inserire il proprio codice identificativo avvalendosi di una tastiera.

Dei cavi collegavano i sensori di movimento PIR al BeagleBone e questo ultimo al monitor; inoltre il processore e lo schermo venivano alimentati tramite dei cavi indipendenti.

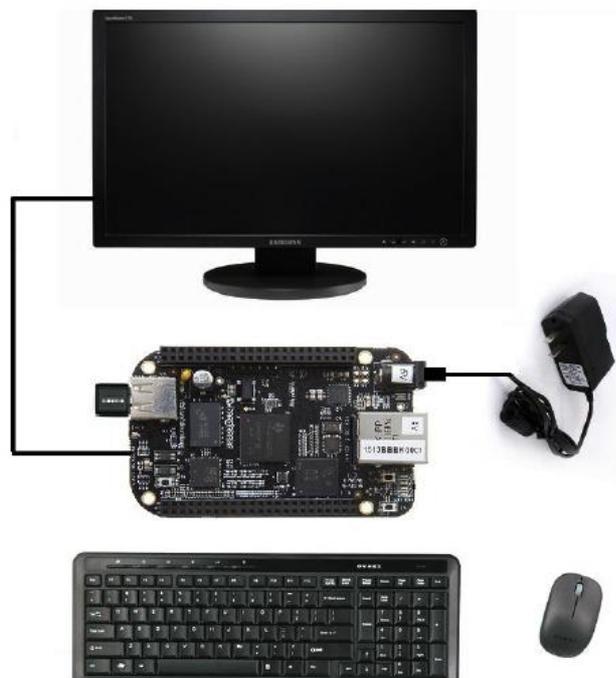


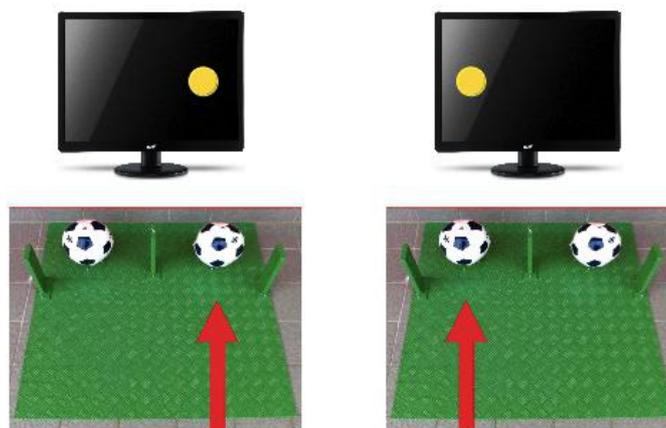
Fig. 3.5: Unità e collegamenti della BFM.

### 3.3 I trials

All'interno del processore BeagleBone sono stati caricati i trials oggetto della somministrazione, ovvero immagini elaborate e costruite tramite software grafici specifici all'interno del pacchetto Adobe, temporizzate in sequenza ad alta velocità e raffiguranti tre diverse situazioni appartenenti al gioco del calcio. Le immagini vengono presentate con un intervallo di 400ms. La loro visione, come riportato precedentemente, avviene su uno schermo posto ad una distanza di 1,5 metri dal soggetto e ad un'altezza di 1,70 metri. Il soggetto, in postazione, inserisce il proprio codice identificativo e, automaticamente, sul desktop appare una cartella in cui, cliccando sull'icona, è possibile avviare i tre diversi “allenamenti”. Ogni allenamento o video inizia con una schermata introduttiva che ripete le istruzioni sul compito e, dopo un'attesa di 10 secondi, inizia il flusso delle immagini nelle modalità che verranno descritte in seguito. La composizione dei filmati è stata studiata e discussa, come già anticipato, con i tecnici ed i preparatori dell'Udinese Calcio che, al fine di creare delle immagini rappresentative e raffiguranti diverse azioni di gioco, identificarono tre diverse situazioni di gioco che andarono a costituire, appunto, le tre condizioni dei *trials* che abbiamo chiamato “Base”, “Intermedio” e “Avanzato”.

Va specificato che all'inizio di ogni somministrazione viene proposta una sessione di prova o addestramento in cui vengono proposti casualmente 6 filmati, 2 per ogni condizione, al fine di addestrare il soggetto e testare le impostazioni della Brain Foot Machine. Come detto, le tipologie di filmati sono di tre tipi e di seguito riportiamo le caratteristiche salienti per ognuno di essi.

In tutte e tre le condizioni dei *trials* che, come detto, rappresentano delle azioni di gioco, la risposta (oculo-podalica) del calciatore avviene calciando uno dei due palloni posti sulla pedana al comparire della palla sullo schermo (Figura 3.6). Il pallone colpito (dx/sx) dovrà essere quello in corrispondenza della comparsa dello stesso sullo schermo (dx/sx).



**Fig 3.6:** Modalità di risposta. Il pallone da calciare dovrà corrispondere al lato di comparsa dello stesso sullo schermo.

### **3.3.1 Condizione “Base”**

Nella condizione base, sullo schermo appariva l'immagine di una porta da calcio divisa equamente in 4 settori (alto/basso/destra/sinistra). Al centro dello schermo, e coincidente con l'intersezione degli assi della porta da calcio rappresentata, compariva un pallone da calcio per un tempo di 3 secondi, passati i quali il pallone scompariva per poi ricomparire in uno dei 4 settori della porta. Al soggetto veniva chiesto di calciare uno dei due palloni (destra/sinistra) della BrainFoot Machine nella direzione di comparsa del pallone sullo schermo. Le sequenze, 16 in totale, erano casuali e bilanciate, ovvero il pallone compariva equamente nei 4 settori in cui era divisa la porta (50% destra, 50% sinistra). In figura 3.7 è possibile vedere le possibili sequenze generate dal BeagleBone Black che andavano a costituire lo stimolo dell'esperimento.

### **3.3.2 Condizione “Intermedia”**

La condizione “Intermedia” iniziava come la precedente, ovvero sullo schermo appariva la stessa immagine della porta da calcio divisa equamente in 4 settori (alto/basso/destra/sinistra) della condizione “Base”. Come nella condizione precedente, al centro dello schermo, e coincidente con l'intersezione degli assi della porta da calcio rappresentata, compariva un pallone da calcio per un tempo di 3 secondi, passati i quali il pallone scompariva. A questo punto, compariva l'immagine di un portiere nell'atto di effettuare una parata verso destra o verso sinistra e, alla sua scomparsa, ricompariva il pallone in uno dei 4 settori della porta.

Come per la condizione precedente, al soggetto veniva chiesto di calciare uno dei due palloni (destra/sinistra) della BrainFoot Machine nella direzione di comparsa del pallone sullo schermo. Anche in questo caso le sequenze, 16 in totale, erano casuali e bilanciate sia per quanto riguarda la comparsa del pallone nei 4 settori della porta (50% destra, 50% sinistra), sia nella congruenza/incongruenza tra la comparsa dell'immagine del portiere e la ricomparsa successiva del pallone in uno dei 4 settori della porta.

In figura 3.8 è possibile vedere le possibili sequenze generate dal BeagleBone Black che andavano a costituire lo stimolo dell'esperimento.

### **3.3.3 Condizione “Avanzata”**

L'ultima condizione prendeva in considerazione una diversa fase di gioco in cui veniva raffigurato sullo schermo un giocatore che, avvicinandosi al punto di vista del soggetto, giunto in prossimità del centro dello schermo effettuava un movimento, o finta, verso destra o verso sinistra. Successivamente, l'immagine del calciatore scompariva e compariva il pallone a destra o a sinistra rispetto il centro dello schermo. Anche in questo caso, al soggetto veniva chiesto di calciare uno dei

due palloni (destra/sinistra) della BrainFoot Machine nella direzione di comparsa del pallone sullo schermo. Le sequenze, 16 in totale, erano casuali e bilanciate sia per quanto riguarda la comparsa del pallone sullo schermo (50% destra, 50% sinistra), sia nella congruenza/incongruenza tra la direzione del movimento del calciatore rappresentato e la ricomparsa del pallone. In figura 3.9 è possibile vedere le possibili sequenze generate dal BeagleBone Black che andavano a costituire lo stimolo dell'esperimento.

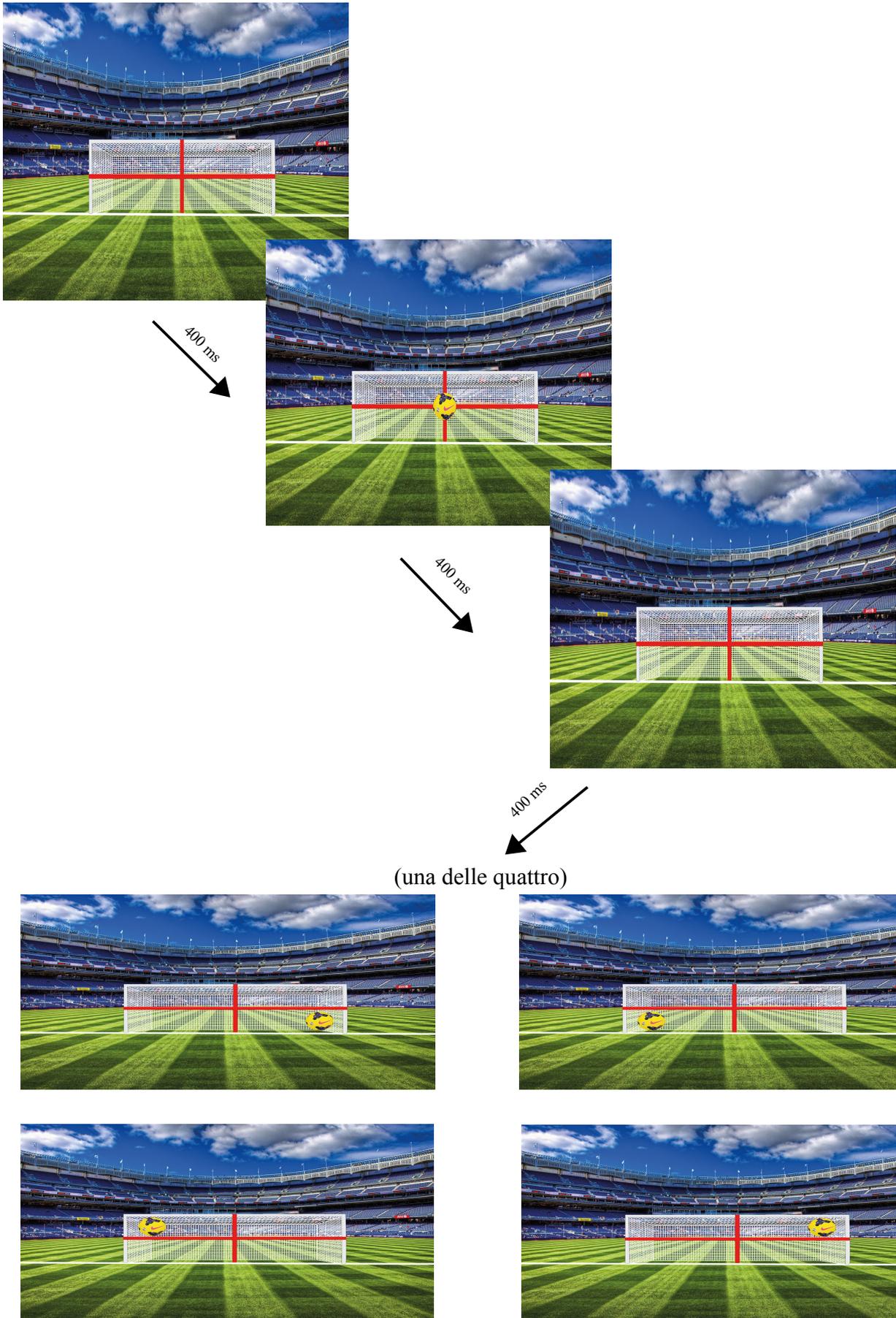
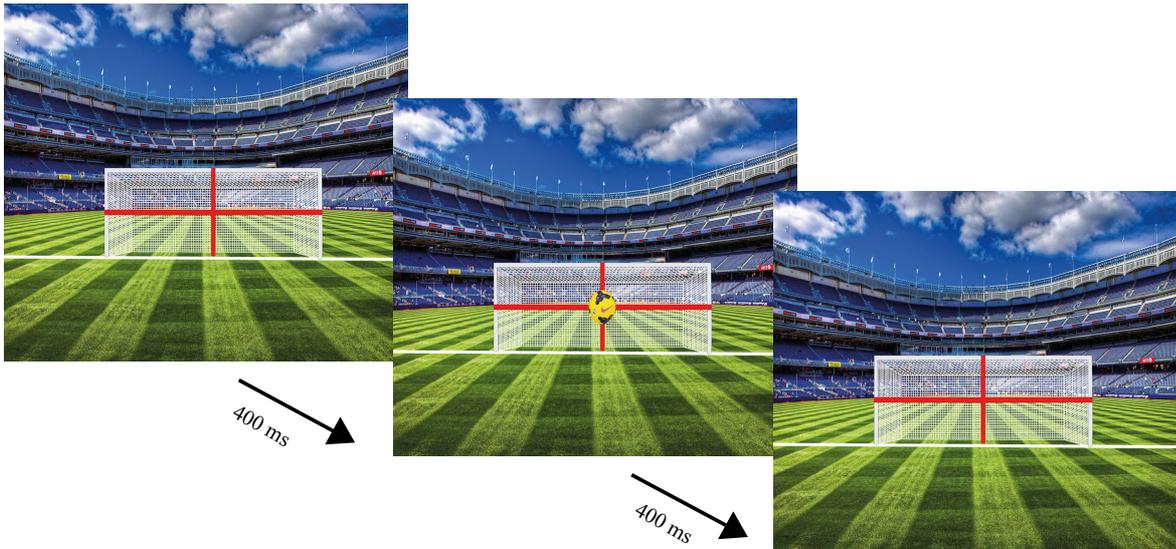
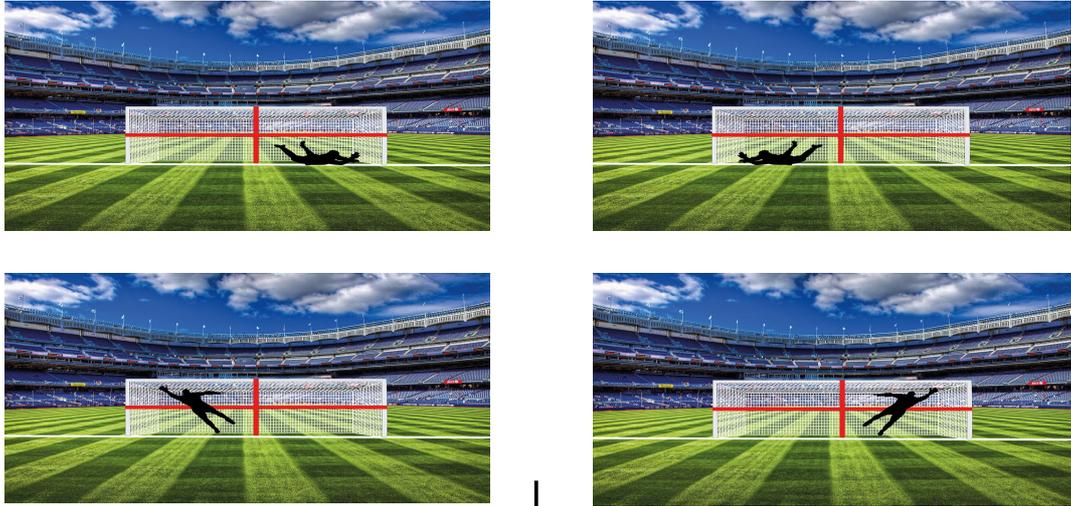


Fig 3.7: Esercizio “Base”, sequenze immagini.



(una delle quattro)



(una delle quattro)

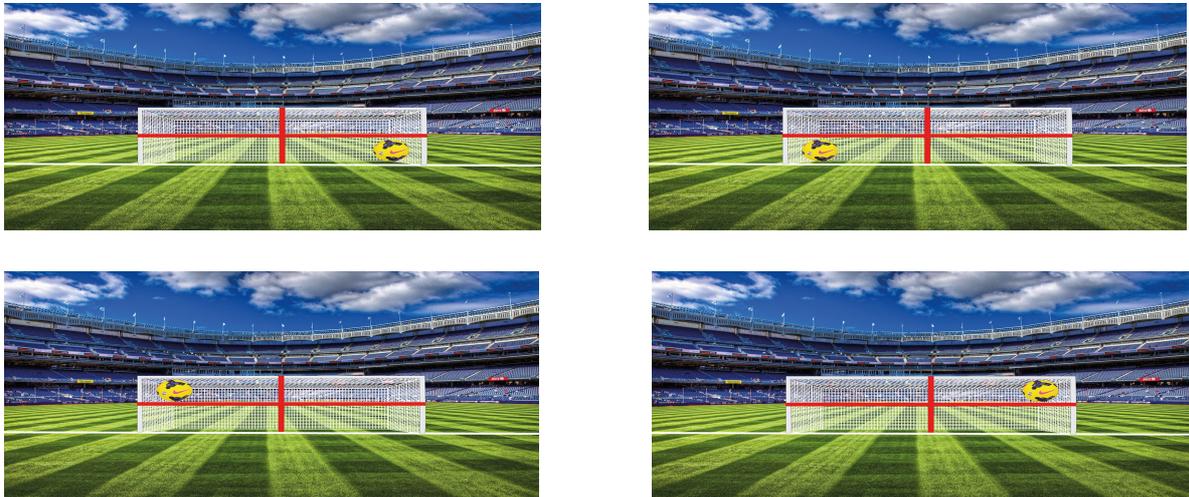
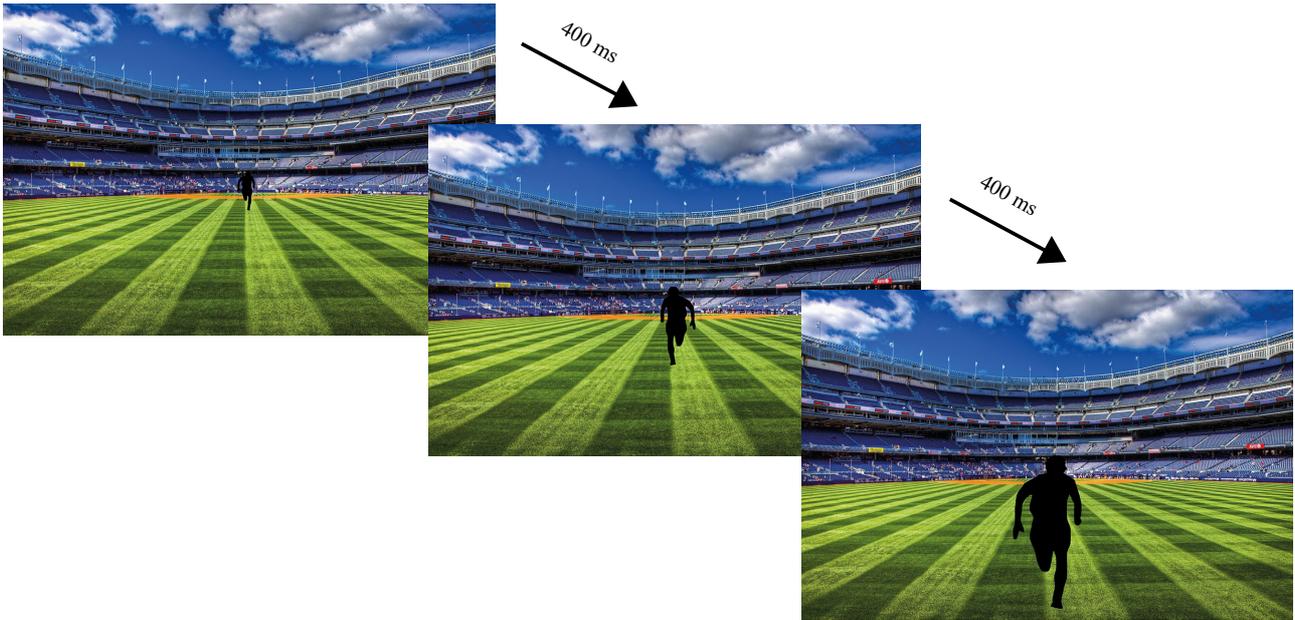
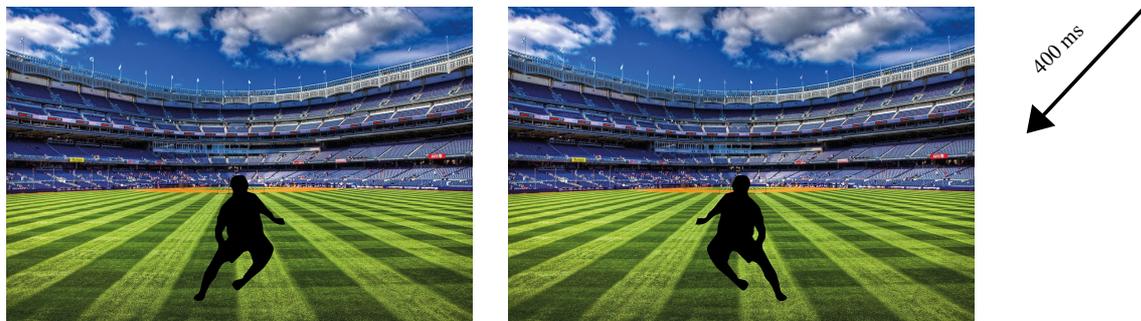


Fig. 3.8: Esercizio “Intermedio”, sequenze immagini.



(una delle due)



400 ms  
 (una delle quattro)

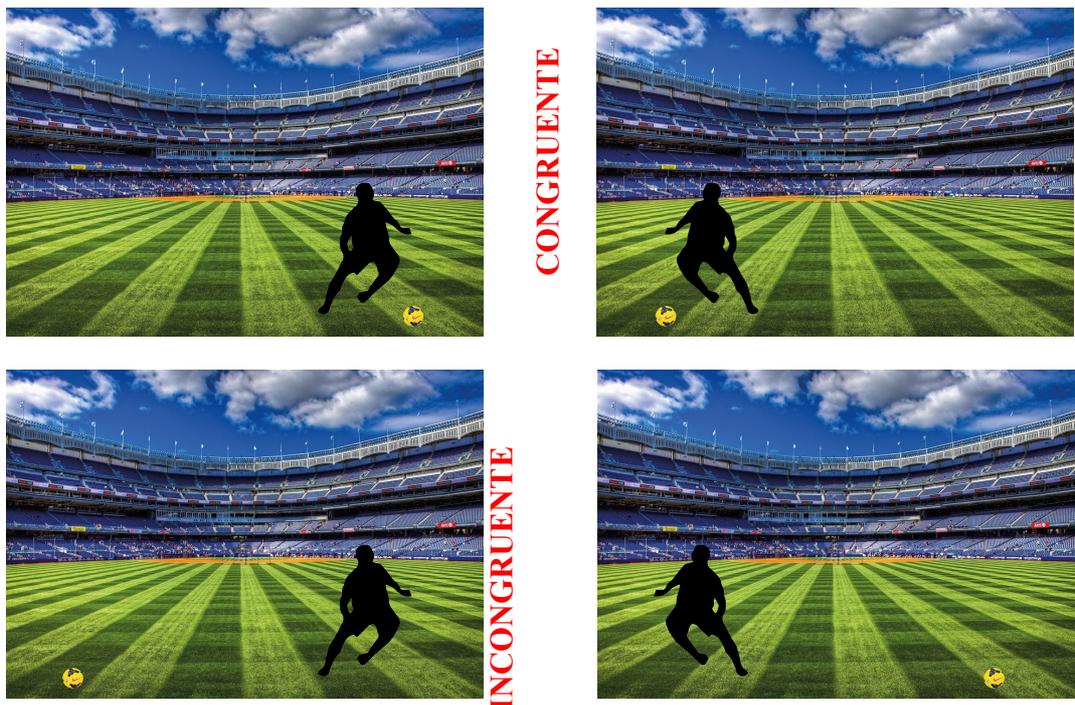


Fig. 3.9: Esercizio "Avanzato", sequenza immagini.

### 3.4 La registrazione dei dati

Il BeagleBone è stato programmato in modo da monitorare l'attività dei soggetti e registrare i dati delle risposte degli stessi. Il software, come anticipato, elabora le sequenze che vengono presentate casualmente. Il software è programmato in modo da bilanciare equamente le sequenze congruenti ed incongruenti (50%) di ogni ciclo di *trial* e di creare ogni volta *trials* diversi gli uni dagli altri. Il software, una volta avviato cliccando l'icona sul desktop del monitor, apre una finestra in cui i soggetti devono inserire il proprio codice e, in seguito, attraverso un secondo click, l'esercizio inizia. Al termine di ognuno dei tre tipi di *trials*, ciascuno composto da 16 sequenze, il software pianifica una pausa di 30 secondi in cui vengono salvati i dati e preparato il *trial* successivo.

Il software, dunque, oltre ad elaborare le immagini e comporre la loro successione, registra anche:

- il tempo di reazione del soggetto, misurato come tempo intercorso tra la comparsa del pallone sullo schermo e l'interruzione del flusso infrarossi dei segnali PIR;
- il numero di mancate risposte (omissioni);
- il numero di risposte a vuoto (falsi allarmi);
- il numero di risposte valide.

Inoltre, per ogni esercizio (composto da 16 sequenze) calcola la media dei tempi di reazione del soggetto e la deviazione standard. Questi dati vengono salvati ed archiviati in una cartella identificabile con il codice del soggetto inserita in una superiore contenente tutte le misurazioni della giornata. I dati vengono riportati in un foglio di calcolo e sono esportabili tramite l'utilizzo di una pen drive inseribile nella porta usb del BeagleBone. A fine sessione, il software provvede ad eliminare i dati trasferiti sulla pen drive usb, liberando lo spazio di memoria del processore BeagleBone. Questa procedura, anche se più complicata in fase di programmazione, permette di ovviare al problema della trascrizione dei dati, facilitandone la fruibilità in fase di analisi.

Descritto ampiamente lo strumento, nei prossimi paragrafi verrà descritto il procedimento di validazione dello stesso. Come già anticipato, i *trials* sono stati ipotizzati e creati sulla base del paradigma sperimentale del Test ANT esposto nel capitolo precedente. Ai fini della sua validazione, pertanto, lo strumento va comparato con i risultati del Test proposto da Posner e colleghi.

### 3.5 La validazione dello strumento

Prima di descrivere il processo di validazione necessario per poter rendere operativa la BFM, è necessario chiarire alcuni aspetti sulla sua realizzazione.

Nel campo della psicologia dello sport, scienza relativamente recente soprattutto nella sua dimensione applicativa, è ancora difficile disporre di strumenti pratici e concreti che sposino le necessità di tecnici, preparatori ed atleti e lo sviluppo delle abilità cognitive. Non di meno, notevoli difficoltà riguardano la necessità di spostare la ricerca dal laboratorio al mondo reale, ovvero l'ambiente proprio dello sport.

Nelle fasi preliminari di questa ricerca, chiarito l'obiettivo da raggiungere, da una ricerca in letteratura è emersa la mancanza di una strumentazione che rilevasse i tempi di reazione specificamente applicabile al calcio; i vari strumenti a disposizione, infatti, non prevedono una modalità di risposta podalica né, tantomeno, contemplano una stimolazione del tipo descritto in precedenza.

Alla luce di queste considerazioni dunque, si è resa necessaria la creazione di uno strumento *ex novo* che rispondesse a queste esigenze. Nella sua progettazione sono stati coinvolti tecnici, preparatori e psicologi dello sport, mentre nella sua fabbricazione meccanica e strumentale sono stati coinvolti fabbri, programmatori ed ingegneri informatici. La sua realizzazione, dunque, rappresenta una novità assoluta nel panorama della psicologia applicata allo sport e, come vedremo nell'ultima parte di questo lavoro, le applicazioni possibili sono pressoché illimitate.

Prima di descrivere, nel secondo studio di questo lavoro, l'esempio concreto di una di queste applicazioni, è stato inevitabilmente necessario validare lo strumento da un punto di vista scientifico.

#### 3.5.1 Metodo

**Partecipanti.** Il campione statistico analizzato per la validazione è di 40 soggetti ed è formato per l'80% da uomini (32/40) la cui età media è pari a 27,09 anni (D.S.  $\pm$  4,87); le donne - rappresentate per il 20% - hanno un'età media pari a 28,13 anni (D.S.  $\pm$  3,83). In totale, l'età media è pari a 27,3 (D.S.  $\pm$  4,66), con un range di 19-36 anni.

Vista la natura degli stimoli somministrati, è bene precisare che i partecipanti non erano calciatori professionisti, sebbene essi praticassero l'attività a livello amatoriale. Eventuali problemi di vista erano opportunamente corretti tramite l'utilizzo di occhiali o lenti a contatto. I partecipanti allo studio sono stati reclutati volontariamente e non hanno percepito alcun compenso per prendere

parte alla sperimentazione.

**Materiali e strumenti.** Il materiale utilizzato consiste nelle sequenze dei filmati “Base”, “Intermedio” e “Avanzato” già descritti in precedenza. Ognuno degli “esercizi” era composto da 16 sequenze generate casualmente e bilanciate rispetto alla lateralizzazione della comparsa del pallone (50% destra, 50% sinistra) e rispetto alle dimensioni di congruenza (50%) ed incongruenza (50%).

La durata di ciascun filmato, che prevedeva inizialmente un fermo immagine di 10 secondi in cui venivano riassunte le istruzioni per il compito, era di circa 1 minuto e 50 secondi. Il soggetto, dunque, veniva impegnato per un tempo di 6 minuti circa.

La sperimentazione è avvenuta nella palestra comunale di Manzano (UD), messa a disposizione dall'Associazione Sportiva Dilettantistica U.S. Manzanese. I soggetti al loro ingresso in palestra potevano usufruire di uno spogliatoio dove riporre i propri averi ed eventualmente cambiarsi d'abito; dopodiché, a turno si recavano presso la BFM e venivano istruiti sul compito.

Parallelamente a quanto fatto dal software, venivano annotati i dati dei soggetti e veniva loro assegnato un codice identificativo. Terminata la somministrazione, i soggetti facevano ritorno nello spogliatoio loro adibito e potevano ritenersi liberi.

**Disegno sperimentale e procedura.** Nel presente studio è stato utilizzato un disegno di ricerca within subjects con due variabili (Congruente ed Incongruente) e due livelli (Intermedio ed Avanzato).

La fase sperimentale era anticipata da una *fase di addestramento*, ovvero dalla somministrazione di 6 sequenze - 2 per ogni tipo di esercizio - al fine di rendere il compito familiare al soggetto. Le sequenze visualizzate erano casuali ed in questa fase non veniva registrato alcun dato.

Nella *fase sperimentale* vera e propria venivano invece somministrati i tre filmati intervallati da una pausa di 30 secondi. Come spiegato in precedenza, il software registrava tutti i dati che venivano salvati nelle diverse cartelle utente.

Relativamente ai dati raccolti, si nota che i valori riportati nelle condizioni “Congruente” ed “Incongruente” nell'esercizio “Intermedio” sono minori delle stesse condizioni nell'esercizio “Avanzato”, e a loro volta sono superiori a quelli riportati nell'esercizio “Base”. (Tabella 3.1).

Esercizio		Oss.	Media	D.S.	Min	Max
Base		40	0.3331	0.0040875	328	343
Intermedio	Congruente	40	0.336325	0.0053079	329	351
Intermedio	Incongruente	40	0.3398	0.0065797	331	356
Avanzato	Congruente	40	0.346725	0.0063931	333	367
Avanzato	Incongruente	40	0.35445	0.0072393	339	368

**Tab. 3.1:** Valori riportati negli Esercizi Base, Intermedio ed Avanzato.

Al fine di validare lo strumento è stato preso come riferimento il trend del paper di Fan e colleghi (2009), avente come oggetto il Test ANT-R descritto nel capitolo II e dal quale risulta che nei Cue-Target Intervals pari a 400 i valori di incongruenza sono più alti dei valori di congruenza.

In altri termini, è stato indagato se i valori nella condizione “Incongruente”, delle due tipologie di esercizio “Intermedio” ed “Avanzato”, sono maggiori dei valori rilevati nella condizione “Congruente” nelle stesse tipologie di esercizio. Come vedremo nel prossimo paragrafo, osservando i valori della media è possibile riscontrare la medesima tendenza riscontrata nel testo di Fan.

### 3.5.2 Risultati

Per effettuare i test statistici relativi alla validazione dello strumento, si è provveduto a sottrarre ai valori ottenuti nelle due condizioni “Congruente” ed “Incongruente” il valore dell’esercizio base.

Utilizzando un t-test, si è indagato se vi fosse una differenza statisticamente significativa tra le due variabili e se la media nella condizione “Congruente” fosse minore e statisticamente significativa rispetto alla media nella condizione “Incongruente”.

La tabella 3.2 mostra come, nei due diversi esercizi, le due variabili presentino una differenza statisticamente significativa, con i valori nella condizione “Incongruente” maggiori rispetto a quelli della condizione “Congruente”.

	Osservazioni	Media	test t (p-Value)
Congruente	40	0.003225	-4.2410
Incongruente	40	0.0067	(0.0001)

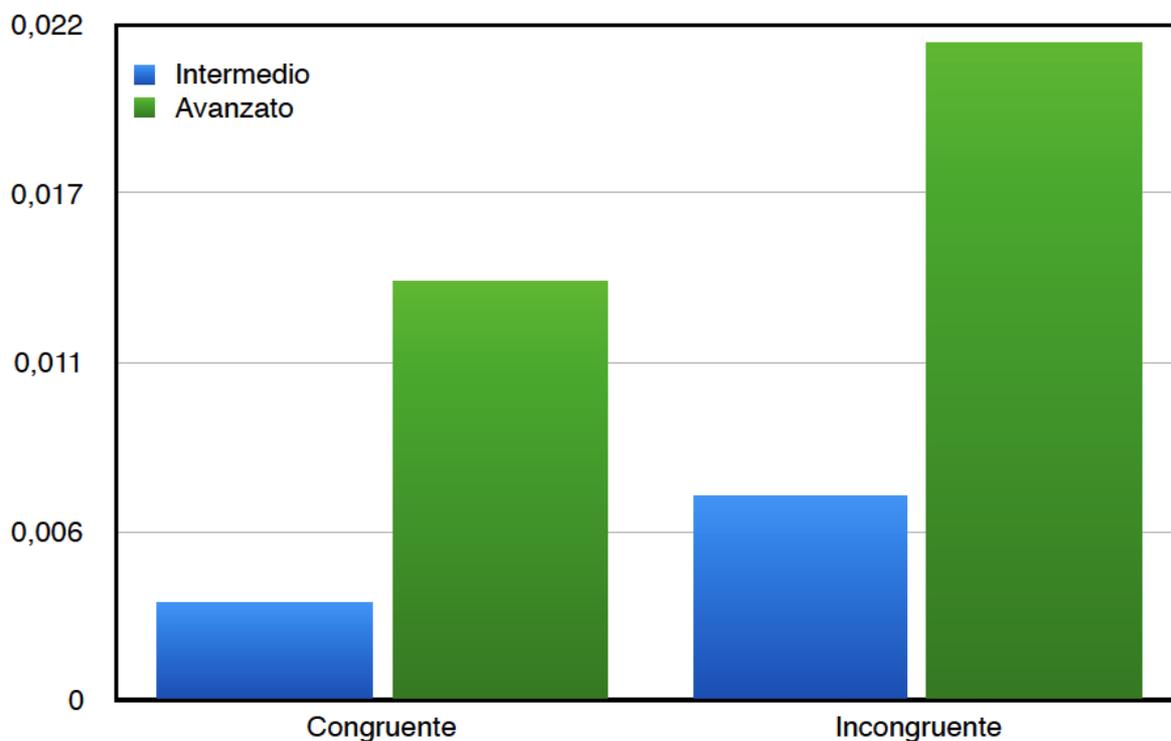
**Tab. 3.2:** Confronto t-test per le condizioni “Congruente” ed “Incongruente”.

Analogamente a quanto fatto per l'esercizio “Intermedio”, si è indagato se vi fosse differenza statistica anche per quanto riguarda l'esercizio “Avanzato”, con risultati analoghi a quelli riscontrati nell'analisi precedente (Tabella 3.3).

	Osservazioni	Media	test t (p-Value)
Congruente	40	0.013625	-4.3312
Incongruente	40	0.02135	(0.0000)

**Tab. 3.3:** Risultati T-Test – Esercizio Avanzato.

La figura 3.10 mostra il quadro riassuntivo dei valori nei due diversi esercizi, ovvero quello Intermedio e quello Avanzato.



**Fig. 3.10:** Confronto Intermedio-Avanzato

Per valutare correttamente le differenze rilevate è stata effettuata un'ANOVA (Tabella 3.3) con varianza a 4 livelli con due variabili “Congruente” e “Incongruente” - a due livelli - “Intermedio” e “Avanzato”.

	<b>Partial SS</b>	<b>df</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>p-Value</b>
Modello	0,00771005	3	0.00257002	66.71	0.0000
Intermedio vs Avanzato	0.00627502	1	0.00627502	162.88	0.0000
Congruente vs Incongruente	0.0012544	1	0.0012544	32.56	0.0000
Intermedio/Avanzato x Congruente/Incongruente	0.00018062	1	0.00018062	4.69	0.0319
Residui	0.00600985	156	0.00003852		
<b>Totale</b>	<b>0.0137199</b>	<b>159</b>	<b>0.00008629</b>		

**Tab. 3.3:** Risultati ANOVA per le due variabili (Congruente/Incongruente) nei due livelli (Intermedio/Avanzato).

I risultati del test ANOVA (analisi varianza within misure ripetute) mostrano come la combinazione “Congruente”/”Incongruente” presenti una differenza statisticamente significativa tra le due modalità ( $F = 32.56$ ,  $p < 0.000$ ), così come nel confronto tra “Intermedio” ed “Avanzato” ( $F = 162.88$ ,  $p < 0.000$ ). Inoltre, anche la combinazione delle due variabili rispetto ai due livelli riporta una differenza statisticamente significativa ( $F = 4.69$ ,  $p < 0,05$ ).

I risultati ottenuti attraverso l'analisi statistica effettuata sono coerenti con la letteratura di riferimento, ovvero seguono il trend dei risultati del test ANT-R ampiamente descritto nel lavoro di Fan e colleghi (2009).

La validazione dello strumento, avvalorata dal supporto empirico, costituisce un primo passo verso l'utilizzazione dello stesso sia a fini di ricerca, sia nella sua parte più applicativa, ovvero nel suo utilizzo da parte degli atleti.

Dopo questo primo passaggio, tanto obbligatorio quanto necessario, vedremo nel capitolo V una delle possibili applicazioni della Brain Foot Machine applicata ad un settore molto specifico dell'ambito sportivo: il calcio professionistico.

# CAPITOLO IV

## GLI STATI EMOTIVI

Le emozioni costituiscono un aspetto fondamentale della vita dell'uomo e consentono di classificare e valutare le esperienze. Tutti noi grazie ai nostri vissuti sappiamo in cosa consiste un'emozione, ma nel momento in cui si cerca di darne una definizione questo si rivela essere un compito molto complesso e, secondo alcuni studiosi, addirittura impossibile.

Nel presente capitolo si cercherà di rispondere ad alcune domande relative a questo aspetto umano; nel farlo, si cercherà inoltre di descrivere i principali costrutti teorici di riferimento.

Per introdurre poi il secondo studio del presente lavoro – che verrà trattato nel prossimo capitolo –, si definiranno gli strumenti principali con cui è possibile “misurare” gli stati emotivi e ci si dedicherà agli studi sulle emozioni applicati in ambito sportivo.

### 4.1 Cos'è un'emozione

L'emozione può essere intesa come un allontanamento dal normale stato di quiete dell'organismo, cui si accompagna un impulso all'azione in concomitanza con alcune specifiche reazioni fisiologiche interne, ognuna delle quali si esprime attraverso una diversa configurazione e designa diverse risposte emotive. Nello stesso tempo, quindi, l'emozione è una risposta fisiologica, motivazionale, cognitiva e comunicativa, sempre accompagnata da una dimensione sia soggettiva sia sociale.

A livello fisiologico, come vedremo, rivestono un ruolo importante i sistemi nervosi centrale ed autonomo, responsabili di specifiche reazioni corporee connesse alla manifestazione delle varie emozioni, ed il sistema endocrino che, oltre ad attivare il sistema nervoso centrale, regola i livelli di stress e di ansia.

La dimensione cognitiva media il rapporto con l'ambiente, valuta e attribuisce significato a quello che accade al soggetto. La valutazione cognitiva consente sia di attribuire significato alle reazioni che l'organismo mette in atto, sia di stimolare e guidare l'individuo a fronteggiare l'evento che ha scatenato l'emozione. Inoltre, un livello motivazionale orienta l'azione e modifica il comportamento in funzione dei desideri e degli scopi, dando origine a piani capaci di regolare il

comportamento, stabilire le priorità ed i sistemi di risposte, tutti aspetti che, a lungo termine, contribuiscono a formare gli interessi, ad organizzare le preferenze e ad orientare gli scopi.

La ricerca nel campo delle emozioni si è occupata a lungo dell'espressività delle stesse, evidenziando quanto sia difficile inibire o modificare la loro manifestazione, soprattutto quando esse colpiscono l'individuo in modo improvviso (Frijda, 1986).

Ogni emozione fondamentale presenta una configurazione comunicativa, proveniente da movimenti facciali, solo in parte determinata dalle differenze culturali ed è essenzialmente universale, vale a dire comune a tutti gli esseri umani (Ekman, 1972). Per quanto le espressioni facciali siano un canale privilegiato, non sono da sottovalutare altre manifestazioni non verbali, come ad esempio i movimenti corporei, l'assetto tonico-posturale o il tono della voce, tutti elementi che arricchiscono il significato delle reazioni individuali.

Le emozioni, inoltre, possiedono una specifica dimensione sociale; esse non si presentano mai casualmente o senza una ragione e, sebbene non sia indispensabile essere fisicamente a contatto con gli altri per sentire le emozioni, le relazioni interpersonali sono le sorgenti principali delle risposte emozionali. Porre l'accento sulla dimensione sociale delle emozioni significa riconoscere ad esse - persino alle emozioni di base, che pure hanno precisi substrati biologici geneticamente determinati - un significato fortemente contestualizzato e specifico che dipende dal contesto e dalle relazioni.

Il valore situazionale delle emozioni dipende dal fatto che esse assumono significati specifici in rapporto alla valutazione soggettiva e intersoggettiva che viene attribuita allo stimolo elicitante (Scherer, 1984). Poiché la proprietà di uno stimolo di manifestare emozioni viene definita dal contesto e dal significato che il soggetto attribuisce allo stimolo stesso, il concetto di stimolo elicitante appare eterogeneo nella sua definizione. Inoltre, lo stimolo può essere costituito da fattori sia interni che esterni e può includere cambiamenti della condizione fisiologica così come dell'attività cognitiva del soggetto.

Come si accennava nella parte introduttiva di questo capitolo, sebbene ognuno di noi sia in grado di riconoscere una emozione provata, sentita, percepita e sia in grado di riconoscerla negli altri, come oggetto di studio le emozioni sono di difficile trattazione e, come spesso accade in letteratura, tra gli studiosi non c'è concordanza neppure sulla definizione di emozione.

## **4.2 Le teorie delle emozioni**

Le emozioni sono un fenomeno complesso e la loro conoscenza appare ancora parziale e frammentaria e poiché le varie teorie delle emozioni, costruite su ipotesi divergenti, non si integrano

ancora in modo soddisfacente non è possibile elaborare una teoria unificata delle emozioni. Alcune ricerche sono basate sullo studio delle reazioni comportamentali e fisiologiche, altre invece pongono la loro attenzione sui processi cognitivi. Le teorie si distinguono tra loro anche in base al riconoscimento o meno di una base biologica delle emozioni, o di una psicologica. Una delle prime teorie sulle emozioni risale a James (1884) e Lange (1887), i quali elaborarono una teoria fisiologica delle emozioni, detta anche “teoria periferica”. Secondo questi studiosi, un avvenimento rilevante da un punto di vista emotivo provoca direttamente un’attivazione fisiologica, o arousal, a livello periferico, il quale si manifesta con una serie di reazioni fisiche in varie parti del corpo; l’individuo, percependo questa attivazione, dà luogo all’emozione. Studi successivi hanno dimostrato che, almeno in una certa misura, il forzare se stessi ad esprimere un’emozione può, in una percentuale significativa, condurre al risultato desiderato.

Ricerche successive criticarono l’approccio di James-Lange, asserendo che il feedback sensoriale proveniente dagli organi non poteva essere sufficiente a rendere conto delle sensazioni emotive, come del resto dimostrato da vari esperimenti sulla resezione dei nervi che convogliano informazioni verso il cervello, la quale peraltro, non alterava il comportamento emozionale (Cannon, 1927).

Cannon, uno dei principali critici della teoria appena descritta, elaborò una teoria detta centrale, localizzando i centri di attivazione, di controllo e regolazione delle emozioni nella regione talamica, e attribuendo ai segnali nervosi provenienti dal talamo la capacità di provocare l’attivazione.

Negli anni Sessanta l’attenzione sulle emozioni si è concentrata su una dimensione maggiormente psicologica. Shachter e Singer (1962) hanno cercato di conciliare attraverso il loro modello cognitivo-attivazionale il punto di vista di James, che sosteneva l’importanza dell’attivazione fisiologica nella generazione delle emozioni, con quello di Cannon, che invece sosteneva il carattere indifferenziato. Secondo i due autori, affinché si verifichi un’emozione sono necessarie sia un’attivazione fisiologica, sia una cognizione che permette di dar loro un nome (Mandler, 1984). Il fattore cognitivo, dunque, risulta essere decisivo per l’insorgenza dell’esperienza emozionale che avviene, quindi, attraverso un processo di percezione e di attribuzione di significato causale (Anolli, 2002).

Studi successivi propongono una teoria strutturale che utilizza cinque elementi motivazionali e valutativi, alle cui combinazioni corrisponderebbero tredici diverse emozioni.

Le dimensioni valutative citate dall’autore comprendono 1) uno stato motivazionale; 2) uno stato situazionale; 3) la probabilità con cui un evento potrebbe verificarsi; 4) la legittimità, ovvero la convinzione della persona di meritarsi il premio o la punizione e 5) l’agente, con cui si distingue se

un certo esito è prodotto da circostanze impersonali, derivanti da se stessi o da altri (Roseman, 1979). Dalla combinazione di questi cinque sistemi di valutazione emergono le varie emozioni che vanno considerate come conseguenze e non come cause (D'Urso e Trentin, 1998).

Altre ricerche (Philip Johnson-Laird e Oatley, 1992) descrissero le emozioni come un sistema di segnalazione a più livelli: uno arcaico, immediato e primitivo ed uno complesso, proposizionale, valutativo ed autocosciente che fa riferimento ad attribuzioni di significato sul sé, sul mondo e sugli altri. Il primo livello, definito livello base, è essenzialmente predisposto ad una risposta rapida e coerente con l'ambiente; l'altro livello costituisce, invece, una caratteristica evoluta che coincide con le valutazioni e le comunicazioni sociali tipiche del pensiero proposizionale ed autocosciente (D'Urso e Trentin, 1998). Nello stesso periodo in cui si applicavano agli studi sulle emozioni le teorie dell'appraisal, si sviluppava la cosiddetta concezione psicoevolutionistica delle emozioni la quale ritiene che ogni tipo di emozione primaria abbia una propria struttura di tipo fisiologico e psicologico universale, innata e frutto di apprendimento e adattamento filogenetico.

Rifacendosi ai pensieri di Darwin sulle emozioni e ritenendo che fossero associate alla sopravvivenza, Ekman (1972) e successivamente Izard (1978) fornirono la loro visione innatista delle espressioni facciali delle emozioni (Anolli, 2002). Secondo questo approccio, le esperienze emotive sono concettualizzate nella mente in forma di prototipi e script e queste strutture, che regolano la codifica e la decodifica degli eventi emotigeni, possono essere assunte come modelli impliciti del processo che produce l'esperienza emotiva (Fehr e Russel, 1984; Conway e Bekerian, 1987; Shaver et al., 2000).

### **4.3 Fisiologia delle emozioni**

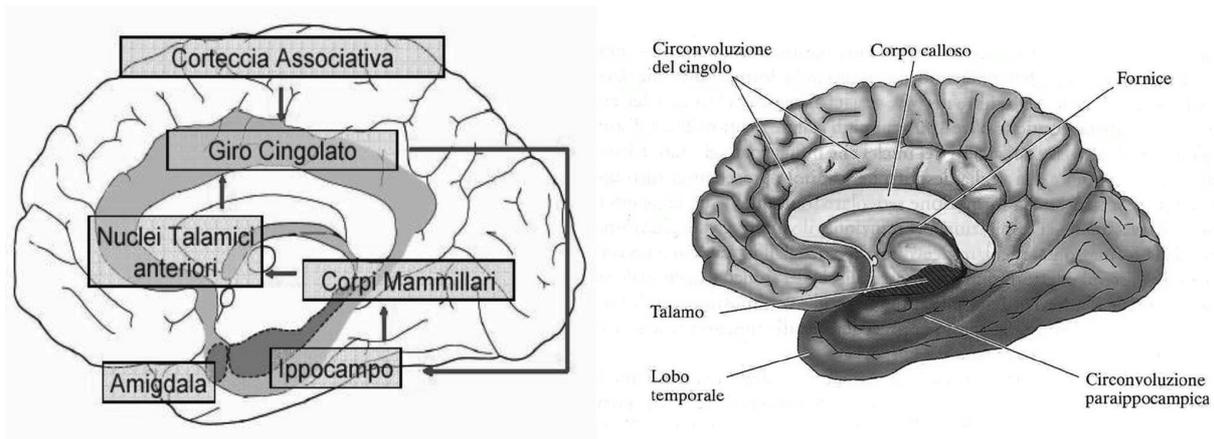
Come visto nel paragrafo precedente, alcune ricerche sulle emozioni sono basate sullo studio delle reazioni comportamentali e fisiologiche, mentre altre si focalizzano sul ruolo dei processi cognitivi; nonostante queste differenze, tutti i ricercatori concordano sul fatto che alla base del vissuto emotivo ci siano meccanismi cerebrali senza i quali le emozioni non esisterebbero.

Come messo in evidenza dalle teorie di James e di Cannon viste in precedenza, l'emozione comporta una serie di cambiamenti all'interno dell'organismo che fanno riferimento al sistema nervoso centrale (SNC), nelle sezioni simpatico e parasimpatico, al sistema nervoso autonomo (SNA) oltre al sistema endocrino ed ormonale. È il cervello, dunque, che attiva e regola gli aspetti fisiologici dell'esperienza emotiva: il sistema limbico ed i lobi frontali sono il substrato neurologico dell'emozione. Dal punto di vista funzionale, diversi studi hanno evidenziato l'intervento della

corteccia cerebrale nel vissuto emotivo, nella loro espressione e nei processi di riconoscimento delle loro espressioni mentre dal punto di vista evoluzionistico, specialmente in situazioni di stress emozionale, le emozioni si accompagnano anche ad attivazioni della corteccia posteriore sensoriale.

Le zone dei lobi frontali svolgono funzioni diverse in relazione alle emozioni provate: la corteccia frontale sinistra svolge un ruolo rilevante per quanto concerne le emozioni positive, mentre il lobo frontale destro ha un ruolo analogo per le emozioni negative (Plutchik, 1984); la corteccia prefrontale, invece, svolge compiti di organizzazione comportamentale e di anticipazione.

Un aspetto rilevante nel vissuto emotivo viene rivestito sicuramente dal sistema limbico (Figura 4.1a e Figura 4.1b), il quale interviene nell'elaborazione dei comportamenti correlati con la sopravvivenza della specie, elabora le emozioni e le manifestazioni vegetative che ad esse si accompagnano ed è coinvolto nei processi di memorizzazione. Esso è incaricato dell'elaborazione affettiva e comprende una vasta area mediale della corteccia tra cui il giro del cingolo, il giro paraippocampale, delle componenti sottocorticali, l'ipotalamo, parte dei nuclei della base e del talamo anteriore, l'ippocampo e l'amigdala.



**Fig. 4.1a e Fig. 4.1b:** Il sistema limbico

In questo sistema, l'ipotalamo svolge un ruolo di integrazione e controllo delle funzioni vegetative, delle esigenze fisiologiche, dei comportamenti istintivi, mentre l'amigdala e l'ippocampo sono le parti del cervello che più fortemente sono influenzate dell'ambiente emotivo in cui l'individuo sperimenta le diverse sensazioni. Molte osservazioni sperimentali e cliniche hanno inducono ad ipotizzare che l'ippocampo sia la sede di un sistema di inibizione delle risposte che agisce in base all'immagazzinamento delle informazioni biologicamente rilevanti (Douglas, 1967).

La teoria di Papez cerca di dare una definizione più specifica della struttura e della funzione del sistema limbico. In particolare, Papez elabora una teoria detta "a due vie", dove la via corticale coinvolge in maniera intensa l'area visiva fornendo una percezione conscia dell'evento osservato,

mentre la via Sub-Corticale, responsabile dell'elaborazione emotiva dell'evento osservato, mette in atto dei meccanismi di feedback che permettono un'accurata regolazione delle emozioni.

Papez inoltre, per avvalorare le sue teoria ha definito il cosiddetto “Circuito” (Figura 4.2) ), ovvero un asse formato da diverse aree del cervello che permettono di elaborare gli stimoli emotivi ricorrendo anche a meccanismi di memoria ed al cui interno sono state individuati il talamo, l'ipotalamo, la corteccia e l'ippocampo (Dalglish, 2004). L'amigdala e l'ipotalamo sono collocate nel sistema nervoso centrale che comprende l'encefalo ed il midollo spinale e che, esattamente come i lobi frontali, hanno un ruolo fondamentale nel processo emotivo. L'ipotalamo è la zona del cervello che coordina il sistema nervoso autonomo e regola, tramite il sistema ormonale, diverse funzioni, oltre a ricoprire un ruolo importante nella regolazione ormonale.

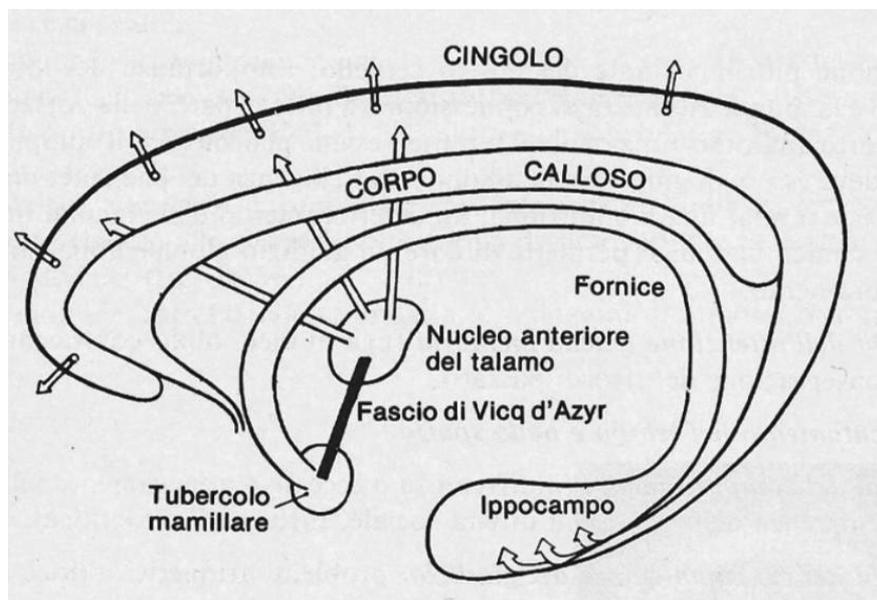


Fig. 4.2: Il Circuito di Papez

La teoria di LeDoux (2000) rappresenta un rafforzamento della teoria elaborata da Papez e grazie ai suoi studi e a diversi esperimenti a livello neurofisiologico, l'autore ha individuato un'area del cervello, circoscritta all'amigdala, che ricopre un ruolo centrale nell'elaborazione delle emozioni. L'amigdala è una parte della paleocorteccia formata da alcuni nuclei che si trovano nel lobo temporale ed è connessa, tra le altre, con la neocorteccia, l'ipotalamo, il talamo, il sistema olfattivo e la formazione reticolare. Essa è stata definita come una specie di computer dell'emozionalità (LeDoux, 1992) e rappresenta la porta d'ingresso sensoriale delle emozioni (Aggleton e Mishkin, 1986) in quanto registra ed innesca reazioni emotive rapide ed istintive.

Il ruolo dell'amigdala nella regolazione degli stati affettivi venne già evidenziato nel 1937 da Klüver e Bucy i quali descrissero la oramai ben nota sindrome prodotta dall'asportazione totale e bilaterale dell'amigdala caratterizzata da comportamento orale esasperato, dalla tendenza a reagire a

qualunque stimolo visivo, dalla perdita completa delle normali reazioni di timore e di aggressività e da ipersessualità (Klüver e Bucy, 1937).

#### **4.4 Misurare le emozioni**

Dopo aver cercato, nei paragrafi precedenti, di definire le emozioni e di descrivere le principali teorie di riferimento e aver spiegato l'anatomia del sistema emotivo, in questo paragrafo cercheremo di definire come sia possibile misurare le emozioni. Questo paragrafo ha la funzione di introdurre lo strumento utilizzato in questa ricerca per indagare gli stati emotivi oggetto di ricerca del capitolo successivo.

L'emozione come costrutto scientifico, a seconda dell'approccio di riferimento, è investigato essenzialmente con tre tipi di metodologia, ovvero con strumenti self-report, attraverso l'osservazione di segni comportamentali e con misurazioni fisiologiche.

Il metodo più comune - e relativamente più semplice - per misurare la responsività emozionale in persone adulte è l'uso di strumenti di self-report come checklist di aggettivi, scale di valutazione, questionari o descrizioni libere.

I tipi di test possono variare in considerazione del tipo di risposta richiesta: un'autodescrizione (self-report) o una misura di performance. Molti test sono delle autodescrizioni che possono avere una buona validità in alcune situazioni, ma soffrire di alcuni problemi generali quali la distorsione dalla presentabilità sociale delle risposte, o di descrizioni di sé poco congruenti con la realtà a causa della scarsa consapevolezza di alcuni processi, del livello di autoefficacia percepita o di effetti di memoria selettiva.

Un altro approccio allo studio delle emozioni è quello di misurare differenti forme di comportamento espressivo o prodotti di tale comportamento espressivo (come per esempio i disegni). Questo può includere le espressioni facciali, le vocalizzazioni e il linguaggio del corpo come i gesti o la postura. Il più famoso esempio di questi studi è lo studio trans-culturale di Ekman sulle espressioni facciali delle emozioni (Ekman, 1973). Un problema relativo a questo tipo di metodo è connesso al fatto che le emozioni non sono sempre accompagnate da segni comportamentali ed, inoltre, i comportamenti espressivi spesso si manifestano in assenza di emozioni, dal momento che le persone usano alcuni comportamenti intenzionalmente per comunicare informazioni ad altri individui.

Il terzo approccio allo studio delle emozioni si avvale della misurazione di alcuni parametri fisiologici. Questo metodo parzialmente riflette l'antesignano lavoro di William James descritto precedentemente, il quale riteneva che l'emozione, di base, fosse la percezione di cambiamenti

interni all'individuo. Da questo punto di partenza, i ricercatori hanno usato innumerevoli indici fisiologici per misurare l'emozione, come la frequenza cardiaca, respiratoria, la conduttanza cutanea, la tensione muscolare, l'elettrocardiogramma (EKG), la pressione sanguigna e l'elettroencefalogramma (EEG). Anche questo tipo di misurazioni, però, non è esente da inconvenienti; infatti, cambiamenti a livello autonomico spesso avvengono anche in assenza di emozioni con la conseguenza che è difficile stabilire chiaramente le relazioni fra gli stati emozionali e le risposte fisiologiche.

Prima di presentare lo strumento scelto per studiare e registrare gli stili emotivi dei soggetti del secondo studio di questa ricerca, è fondamentale distinguere tra emozioni e stati emotivi. Spesso, nel pensiero comune, infatti, si tende a confondere concetti e terminologie dell'ambito della sfera affettiva quali *stati d'animo*, *affetto*, *umore*, *temperamento* e *sentimenti*. Ai fini di questa ricerca, ci preme sottolineare principalmente le differenze, seppur sottili, tra *emozioni* e *stati d'animo*.

Gli *stati d'animo* sono dei tratti emotivi, ovvero delle tendenze a reagire sempre con la stessa modalità emotiva. Sono delle disposizioni d'animo e delle qualità affettive permanenti in cui vi è una modesta attivazione che mantiene il soggetto in una situazione riflessiva che consente di provare, allo stesso tempo, *stati d'animo* diversi. Le *emozioni*, invece, sono un "episodio", ovvero una risposta momentanea a un evento specifico in cui vi è una perturbazione fasica e il risultato di un'intensa attivazione del sistema nervoso che porta ad agire in modo immediato.

L'elevata attivazione impedisce di sperimentare contemporaneamente *emozioni* diverse. Ancora, gli *stati d'animo* possono essere suscitati da cambiamenti ormonali, situazioni generiche o semplici sensazioni e, non essendo ancorati a una specifica situazione ambientale, sono vaghi e non intenzionali e sono l'esito dei processi di valutazione generale sulla propria esistenza.

Le *emozioni*, invece, possono essere suscitate da eventi circoscritti, improvvisi e con un significato definito; sono collegate ad un oggetto e dotate di intenzionalità, quindi risultano essere la risposta all'urgenza delle richieste dell'ambiente.

Benché *emozioni* e *stati d'animo* possano essere distinti in base al grado di specificità dei loro oggetti, tale distinzione non è sempre netta, perché non è necessario che le emozioni siano dirette verso oggetti pienamente specifici, o precisamente descritti dalla persona che sperimenta l'emozione e, in secondo luogo, vi sarà sempre un *qualche grado* di specificità nell'oggetto dello *stato d'animo*, anche se riusciamo a descriverlo solo in termini di "tutto" o "nulla in particolare".

Uno *stato d'animo* implica dei sentimenti verso un *oggetto* tanto quanto un'emozione, anche se, come già detto, l'oggetto del sentimento è meno specifico nel caso dello *stato d'animo*.

Tra *stati d'animo* ed *emozioni* vi è dunque continuità e interdipendenza reciproca: i primi favoriscono la comparsa delle seconde, mentre queste ultime, attraverso il meccanismo della ruminazione mentale, portano alla costituzione del corrispondente *stato d'animo*. Nel delineare la distinzione tra emozione e stato d'animo, ad esempio tra rabbia e irritabilità o tra paura e apprensione, occorre sempre tener presente il fatto che, generalmente, *emozioni* e *stati d'animo* hanno anche molto in comune e possono benissimo essere interpretati come differenti varietà di una medesima emozione.

#### 4.5 Il Profile Of Mood States

Sembra scontato affermare che lo stato emotivo dell'atleta influenza la prestazione sia in allenamento che in gara. Talvolta, è difficile per gli atleti verbalizzare le loro sensazioni dal momento che in genere si insegna a controllare le reazioni emotive come parte della preparazione alla gara e, inoltre, diversi atleti ritengono che l'espressione dei loro sentimenti sia un segno di debolezza. Per superare il problema della verbalizzazione delle emozioni sono state sviluppate, come abbiamo visto nel paragrafo precedente, una serie di scale che richiedono all'atleta di attribuire un punteggio al proprio umore.

La scala più nota è probabilmente il "Profile of Mood States" (POMS - McNair et al., 1971) che, nella sua versione completa, è composto da un elenco di aggettivi che misurano sei aspetti o scale delle emozioni e, sebbene sia stato originariamente sviluppato per l'uso in ambito clinico ed il suo intento sia quello di misurare un disturbo psicologico, numerosi sono stati gli adattamenti realizzati per un suo impiego nel contesto sportivo.

Per poter contare su uno strumento flessibile, pratico e veloce, caratteristiche apprezzate quando si interviene nel delicato contesto sportivo, sono stati fatti degli sforzi per ridurre la lunghezza del POMS e renderlo di più rapida somministrazione, senza peraltro diminuire la sensibilità dello strumento.

Date le sue caratteristiche, il POMS è lo strumento scelto per monitorare lo stato dell'umore nel secondo studio di questo lavoro che verrà esposto ampiamente nel capitolo successivo. Esso consiste in un questionario di autovalutazione composto da 58 aggettivi particolarmente utile per valutare soggetti con disturbi da stress (Farnè, 1991) ed è composto dalle seguenti sei scale:

- **Depressione-Avvilimento** (fattore D), indica uno stato depressivo accompagnato da un senso di inadeguatezza personale. Tale stato viene ben definito dalle scale che indicano sentimenti di indegnità personale ("degnò di disprezzo") e di inutilità degli sforzi per

adattarsi (“senza speranza”, “sfiduciato”), oltre che un senso di isolamento emotivo degli altri (“triste”, “isolato dagli altri”, “senza aiuto, abbandonato”, “avvilto”), malinconia (“malinconico”, “infelice”) e senso di colpa (“tormentato dai rimorsi”, “scontento di quello che ho fatto”). L’indice alfa di Cronbach indica che la scala, composta da 15 items è ampiamente affidabile (a di Cronbach, 932);

- **Tensione-Ansia** (fattore T), questa scala viene definita da aggettivi che descrivono un aumento della tensione dei muscoli scheletrici. Riguardano sia una tensione somatica che non è visibile dall’esterno (“teso”, “con i nervi a fior di pelle”), manifestazioni psicomotorie visibili (“con un tremito diffuso”, “irrequieto”) ed altri items che si riferiscono a stati di ansia vaga e diffusa (“ansioso”, “a disagio”). Come indicato dall’indice, la scala costituita da 9 items è affidabile (a di Cronbach, 887);
- **Aggressività-Rabbia** (fattore A), descrive un umore di rabbia e di antipatia verso gli altri. Le scale principali descrivono sentimenti di rabbia intensa ed aperta (“arrabbiato”, “furibondo”, “pronto ad attaccar briga”). Gli items “immusonito” e “seccato” descrivono sentimenti di ostilità più attenuati, mentre quelli “pieno di risentimento”, “scontroso”, “deluso” e “amareggiato” si riferiscono a componenti dell’ostilità che meglio indicano sentimenti di astio e diffidenza. Gli items “irritato”, “di cattivo umore” e “ribelle” sono stati aggiunti al fine di ampliare il significato del fattore A. Questo fattore comprende 12 items ed è affidabile (a di Cronbach, 993);
- **Stanchezza-Indolenza** (fattore S), rappresenta un umore caratterizzato da noia, indolenza e scarsa energia. Per quanto vi siano item indicanti uno stato emotivo particolare (“annoiato”, “frastornato”), la maggior parte di essi sono orientati verso un senso di stanchezza fisica (“stressato”, “stanco”, “esausto”). È composta da 7 items e l’indice alfa indica l’affidabilità della scala (a di Cronbach, 874);
- **Confusione-Sconcerto** (fattore C) è caratterizzato da sensi di sconcerto e di turbamento. Non è ancora chiaro se questo fattore rappresenti un tratto di inefficienza cognitiva, uno stato dell’umore, o entrambe queste condizioni; è verosimile che il fattore C sia collegato alla classica dimensione emotiva dell’organizzazione/disorganizzazione. Esso può rappresentare il risultato di una valutazione circa la propria efficienza cognitiva, forse una conseguenza dell’ansia o di stati collegati a questa. La scala è composta da 7 items ed è affidabile (a di Cronbach, 788).
- **Vigore-Attività** (fattore V), è definito da aggettivi che danno l’idea di vigore, esuberanza ed energia ed è in relazione negativa con gli altri cinque fattori del POMS. Items quali “di buon umore”, “pieno di iniziativa” e “libero da preoccupazioni” indicano anche uno stato d’animo

euforico ed ottimista che è in netta contrapposizione con quello indicato dal fattore D. La è composta da 8 items è affidabile (a di Cronbach, 901).

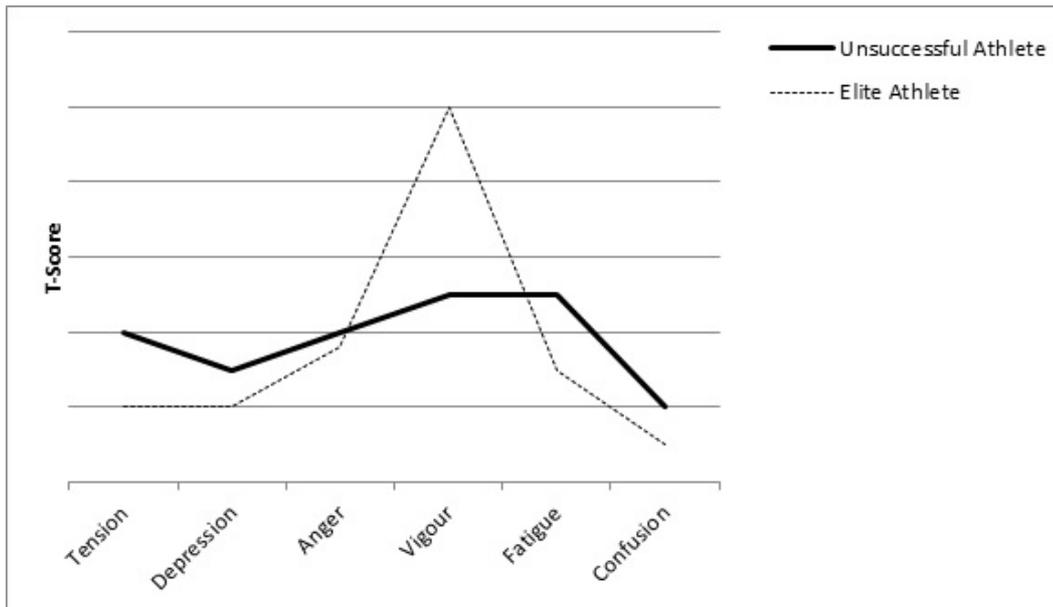
La somministrazione della scala è estremamente facile e l'atleta è invitato ad attribuire un valore di intensità su una scala Likert a 5 punti dove 0 corrisponde a "per nulla", 1 corrisponde a "poco", 2 è relativo a "una via di mezzo", 3 corrisponde a "molto" e 4 a "moltissimo" in base a come ha vissuto e sperimentato nell'ultima settimana tali sensazioni (Cei et al., 1994).

Lo scoring permette di ottenere la misura totale dello stato dell'umore sommando i valori dati a ciascun item all'interno dei singoli fattori e ottenendo così il punteggio complessivo per fattore; il punteggio totale dei disturbi dell'umore (Total Mood Factor) si ottiene sommando i 5 fattori negativi degli stati dell'umore sopra descritti e sottraendo, dalla somma ottenuta, il valore del fattore positivo del vigore in quanto esso contiene item con valenza positiva che vanno a contrapporsi ai valori negativi degli altri fattori. A questo punteggio viene poi aggiunto il valore costante di 100 per evitare che si ottenga un valore negativo (Raglin e Wilson, 1999). Come si può facilmente intuire, più basso è il valore, migliore è l'umore.

Lo strumento, come già anticipato, è stato impiegato largamente in ambito sportivo, vantando caratteristiche quali l'alta velocità di somministrazione, un equilibrio tra sensazioni positive e negative (evitando in tal modo di focalizzare l'interesse sugli aggettivi negativi, cosa non necessaria e addirittura controproducente dal momento che la scala può venire impiegata in prossimità delle gare) e, inoltre, gli aggettivi rappresentano descrizioni significative dell'esperienza emotiva e di conseguenza risultano più accettabili per l'atleta. Il Total Mood State, inoltre, fornisce una rappresentazione visiva delle sensazioni dell'atleta che rende più agevole per l'allenatore la comprensione dello stato emotivo.

Nello sport, il POMS venne introdotto nel 1970 e per tutti gli anni Ottanta è stato un punto di riferimento per molti lavori di ricerca. Esso, misura dimensioni del soggetto che vengono definite transitorie, cioè strettamente connesse all'evento che l'atleta vive in un dato periodo di tempo come ad esempio la gara, la competizione, la partecipazione all'Olimpiade o eventi simili.

La sua popolarità in ambito sportivo si deve soprattutto a William Morgan, il quale propose un modello degli stati dell'umore denominato "Iceberg Profile" (Figura 4.3) in seguito a una ricerca effettuata su un campione di 24 atleti statunitensi. Morgan è riuscito a dimostrare che una particolare configurazione di punteggi al POMS è risultata predittiva del successo alle qualificazioni olimpiche.



**Fig. 4.3:** Iceberg Profile

L'Iceberg Profile, infatti, descrive gli atleti di successo come caratterizzati da bassi punteggi di tensione, depressione, stanchezza, confusione e rabbia, cui si contrappone un punteggio elevato di vigore. La scala, con questa accezione, diventa così uno strumento possibile per il monitoraggio dell'overtraining, della stanchezza e dell'esaurimento delle riserve.

# CAPITOLO V

## STUDIO 2

### STATI EMOTIVI E TEMPI DI REAZIONE.

### UN CASO APPLICATO AL CALCIO

Nel capitolo III di questo lavoro abbiamo descritto ampiamente il funzionamento e la validazione della BFM; in questo capitolo vedremo invece una delle possibili applicazioni dello strumento, ovvero un esempio di ricerca applicata al mondo del calcio.

Lo studio descritto di seguito, pur concludendo questo lavoro, rappresenta il punto di partenza di questa ricerca, poiché quanto verrà descritto può essere considerato la risposta alle richieste ed alle necessità dei preparatori e dei tecnici dell'Udinese Calcio che hanno ricavato informazioni utili e indicazioni preziose dal suo utilizzo.

Grazie alla Brain Foot Machine, la collaborazione tra l'Università di Trieste e l'Udinese Calcio permette al Dipartimento di Scienze della Vita di poter “fare” ricerca con atleti di alto livello e in questa ottica, viste le molteplici applicazioni dello strumento, lo studio che verrà di seguito presentato può essere considerato come il primo di una lunga serie.

Come già descritto nel capitolo III, i *trials* stimolo del primo studio descritto in questo lavoro nascono dal confronto con i tecnici ed i preparatori dell'Udinese Calcio, oltre che con l'equipe di riferimento del Dipartimento di Scienze della Vita dell'Università di Trieste.

In seguito alla creazione degli stimoli, alla validazione dello strumento e ad alcuni accorgimenti che descriveremo in seguito, la BFM è stata alloggiata presso la palestra dello Stadio Friuli di Udine, sede degli allenamenti della Prima squadra e della categoria Primavera della società calcistica.

Dal mese di marzo 2014, dopo aver visionato e testato lo strumento, la routine di allenamento delle due squadre prevede l'utilizzo della BFM e dei suoi esercizi nelle giornate di martedì e giovedì ed alla fine della seduta fisica del pomeriggio. Per quanto riguarda lo studio che verrà presentato di

seguito, i dati registrati dalla BFM si riferiscono al periodo che va dal 31 ottobre 2014 al 12 dicembre 2014.

Prima di introdurre lo studio è utile indicare la cornice teorica di riferimento in cui esso va a collocarsi.

Si è già visto, nei capitoli precedenti, quanto la capacità di controllare i processi motori, di pensiero e di dirigere e mantenere l'attenzione su di un compito per una corretta esecuzione siano riconosciuti come fattori importanti per la prestazione sportiva (Williams, 1993); è stata inoltre assodata l'importanza degli stati emotivi nell'efficacia della performance e nel raggiungimento di risultati di successo in ambito sportivo (Hartel et al., 2005). Nel presente studio si è cercato di unire questi due aspetti osservando come i diversi livelli di stati dell'umore influenzino la capacità di attenzione.

La tesi di questo studio è che ad un umore migliore corrispondano tempi di reazione inferiori e, nello specifico, che a livelli di stanchezza minori corrispondano tempi di reazione inferiori.

Per dimostrarlo sono stati utilizzati gli strumenti già descritti in precedenza, ovvero la Brain Foot Machine ed il Test POMS (McNair et al., 1971).

## 5.1 Metodo

**Partecipanti.** In questa fase sperimentale sono stati testati 10 soggetti, selezionati tra i calciatori tesserati con la categoria Primavera dell'Udinese Calcio. I soggetti sono tutti maschi, di nazionalità italiana e di età compresa tra i 16 e 17 anni ( $M=17,3$ ; D.S.  $\pm 0,46$ ), essendo per regolamento i giocatori della squadra Primavera, nell'anno in corso, nati nel 1996 o 1997.

I soggetti, con un livello di *expertise* di almeno 10 anni e senza problemi alla vista, non svolgono ancora la professione di calciatore pur essendo alla soglia del professionismo. Il numero ristretto del campione è dovuto all'inserimento dei soli calciatori sempre presenti alle varie somministrazioni e sessioni di allenamento, mentre non sono stati presi in considerazione i giocatori che durante le somministrazioni si sono infortunati, erano indisponibili o si sono trasferiti in altre società.

**Materiali e strumenti.** Il materiale utilizzato comprende lo strumento descritto per la misurazione degli *stati dell'umore*, il test POMS (McNair et al., 1971) e quello - ampiamente descritto - per la rilevazione dei tempi di reazione, la BFM.

Gli stimoli somministrati ai soggetti erano gli stessi dello Studio 1 ai quali, per ognuno dei tre *trials*, sono state aggiunte due slide introduttive (Figura 5.1a,b,c,d).

A differenza della procedura dello Studio 1, i soggetti davano inizio agli esercizi aprendo un menù a tendina presente sul desktop da cui potevano selezionare il proprio nominativo. Questa procedura permetteva al software di registrare e salvare i dati direttamente nella cartella personale del giocatore. Inoltre, al termine di ogni singolo esercizio, sul desktop appariva una finestra in cui veniva riportato il valore del tempo di reazione medio prodotto dal soggetto.

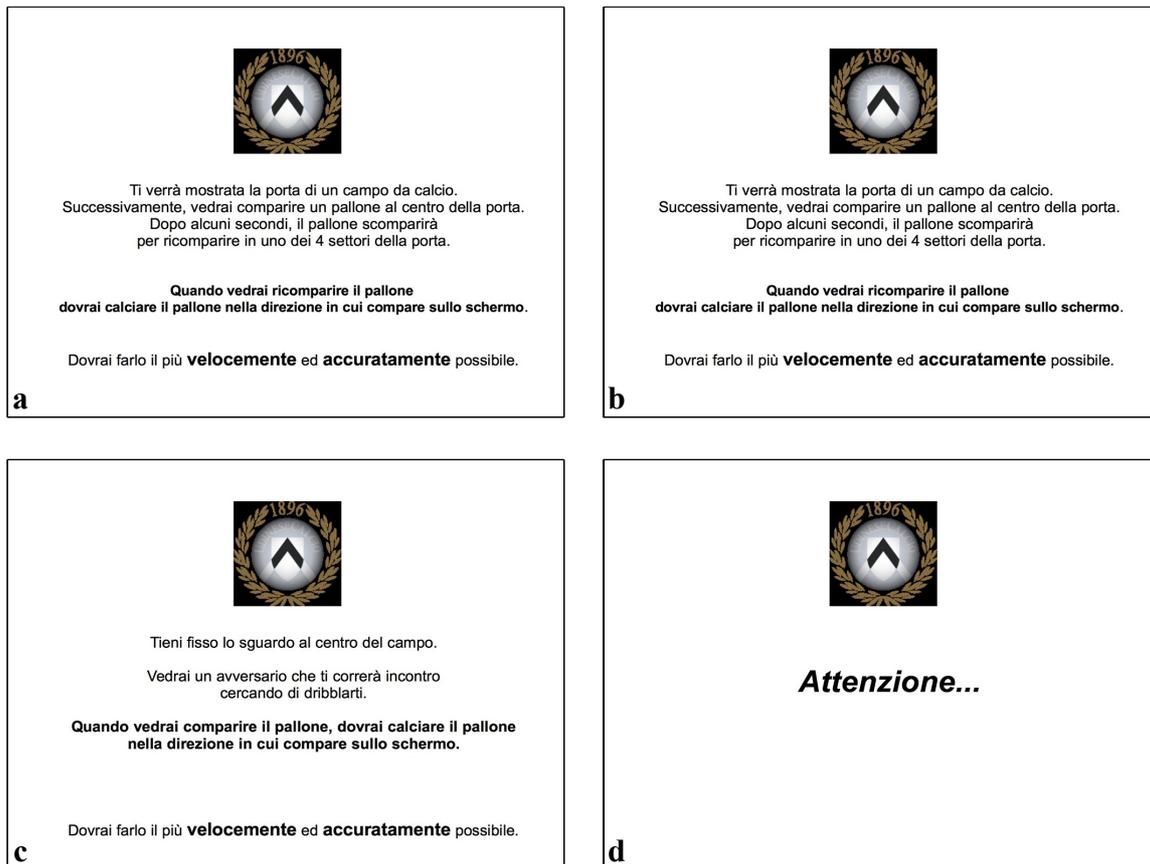


Fig. 5.1: Slide istruzioni per i diversi *trials*. a) Base; b) Intermedio; c) Avanzato; d) seconda slide del *trial*.

I filmati degli esercizi “Base”, “Intermedio” e “Avanzato” erano composti da 16 sequenze, generate casualmente e bilanciate rispetto alla lateralizzazione della comparsa del pallone (50% destra, 50% sinistra) e rispetto alle dimensioni di congruenza (50%) ed incongruenza (50%). Il tempo totale della somministrazione complessiva dei *trials* era di circa 5 minuti.

**Disegno sperimentale e procedura.** Nel presente studio è stata progettata un'esperimento che ha come scopo la verifica di cosa accade ad una variabile - il tempo di reazione - quando cambia il livello dello stato d'umore e di stanchezza.

Ai fini della ricerca e considerando il tempo intercorso tra l'inserimento della BFM nella routine di allenamento della squadra avvenuto nel mese di marzo 2014 ed il periodo di somministrazione (T1: 31/10/2014 – T6: 12/12/2014), non si è ritenuto necessario far partecipare i soggetti ad una fase di addestramento agli stimoli, come avvenuto invece per i soggetti coinvolti nella validazione dello strumento.

La fase sperimentale relativa alla somministrazione degli stimoli, pertanto, prevedeva la sola visione dei tre esercizi, intervallati tra di loro da una pausa di 10 secondi.

Il software registrava i dati, salvandoli in una cartella con il nome dell'utente ed al termine della settimana tali dati venivano trasferiti ed archiviati su una memoria esterna.

La registrazione dei tempi di reazione si è svolta con cadenza bisettimanale nelle giornate di martedì e giovedì mentre la somministrazione del test POMS si è svolta al termine della seduta di allenamento del venerdì, ovvero alla vigilia delle partite ufficiali del Campionato Nazionale Primavera – Trofeo “Giacinto Facchetti” che si svolgono nella giornata di sabato.

L'intera fase sperimentale è durata 7 settimane, dal 31/10/14 al 12/12/2014, ma nella settimana dal 10 al 17 novembre 2014 non è stato possibile effettuare le somministrazioni in quanto i soggetti erano impegnati in un torneo di pari età fuori regione.

Il campione era composto da 10 unità statistiche ed i valori medi dei tempi di reazione sono riportati nella tabella 2.4, relativa ai test ANOVA utilizzati per l'analisi statistica.

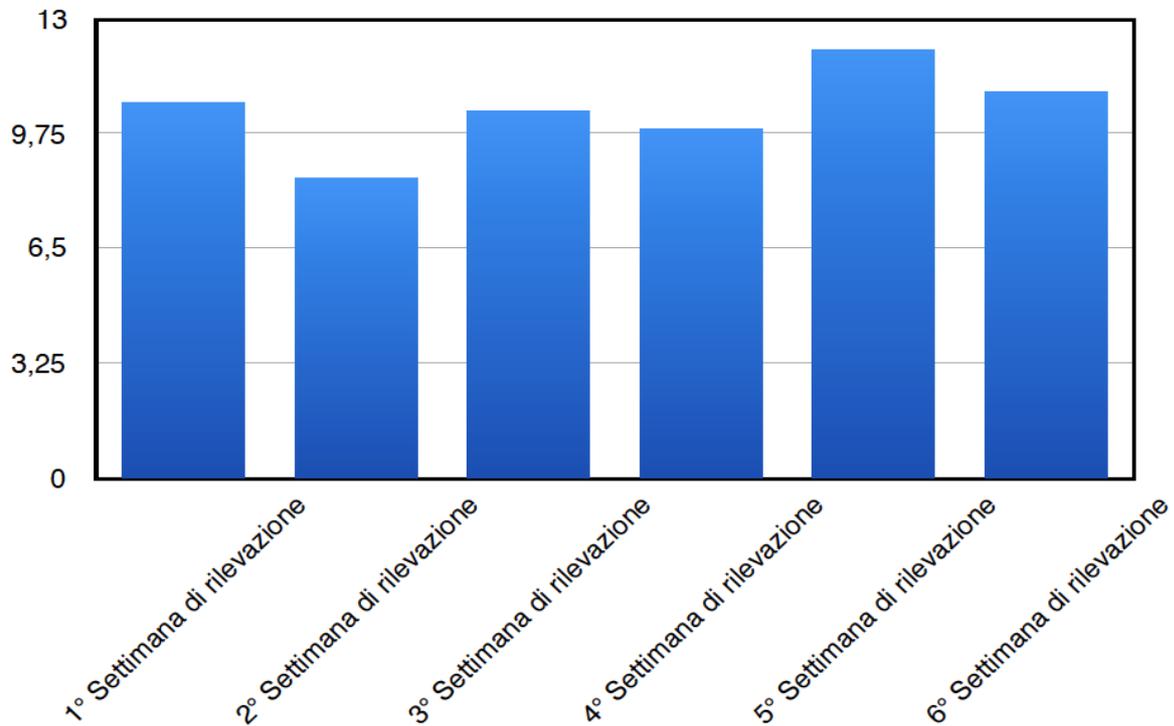
In questo studio si è voluto analizzare come i valori del Total Mood Factor e della scala S del test POMS varino in funzione dei tempi di reazione misurati con la Brain Foot Machine.

Lo studio analizza i valori sia in modo globale che rispetto alle singole settimane, andando a catturare le relazioni tra le variabili indipendenti - Stanchezza e Total Mood Factor - e le variabili dipendenti (tempo di reazione).

Per quanto riguarda la Stanchezza (Scala S del test POMS) ed il Total Mood Factor, i valori medi sono riportati nella seguente tabella 5.1, mentre essi vengono rappresentati separatamente in figura 5.1 e figura 5.2.

Periodo	Stanchezza (media e DS)	Total Mood Factor (media e DS)
1° Settimana di rilevazione	10,6 (3,95)	37 (29,22)
2° Settimana di rilevazione	8,5 (3,17)	35,1 (26,12)
3° Settimana di rilevazione	10,4 (2,50)	36 (23,97)
4° Settimana di rilevazione	9,9 (1,79)	27,5 (14,49)
5° Settimana di rilevazione	12,1 (1,37)	24,6 (10,83)
6° Settimana di rilevazione	10,9 (1,97)	26,9 (11,15)

**Tab. 5.1:** Statistiche descrittive Stanchezza e Total Mood Factor nelle sei settimane di rilevazione.



**Fig. 5.1 :** Punteggi medi nella scala S ("Stanchezza") del test POMS nelle sei settimane di rilevazione.

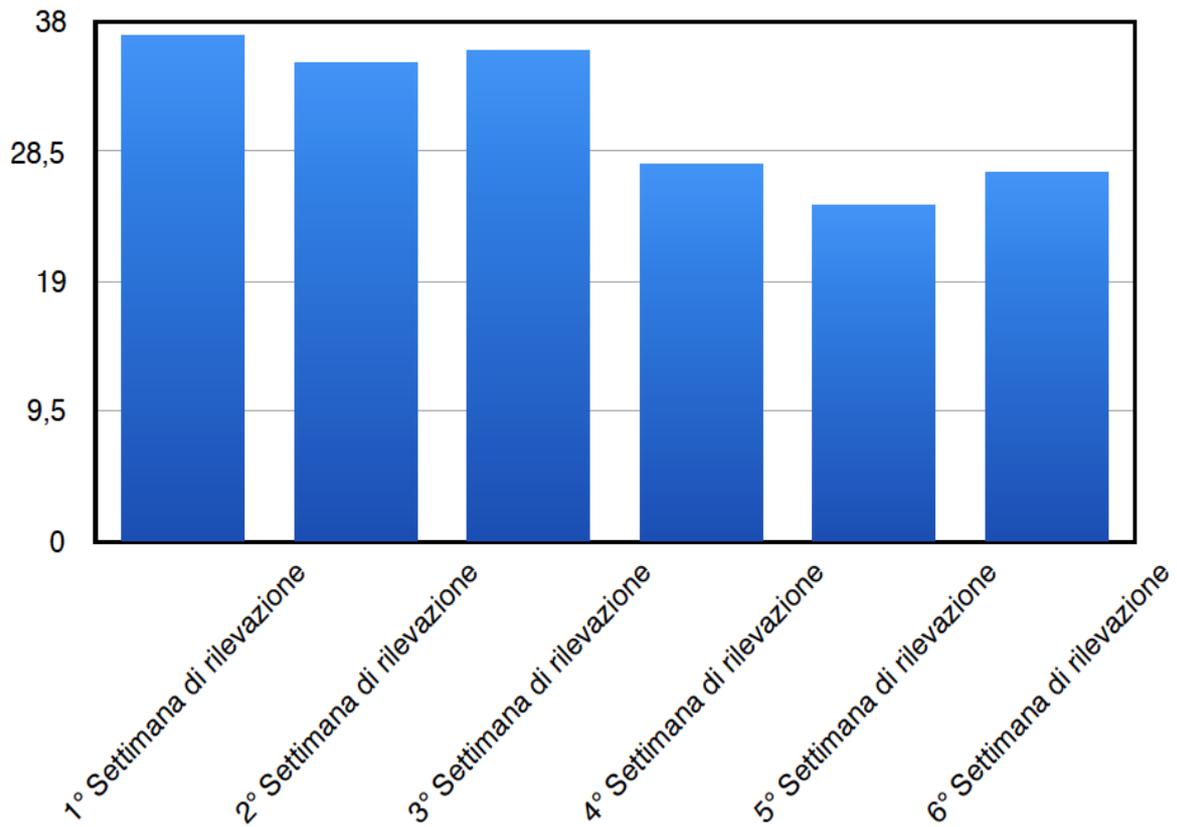


Fig. 5.2: Punteggi medi del Total Mood Factor nelle sei settimane di rilevazione.

## 5.2 Risultati

Dall'analisi della regressione, come si può vedere in tabella 5.2, si nota che vi è una relazione positiva tra i valori della scala S relativi alla stanchezza ed il tempo di reazione (0,0307791,  $p < 0,0000$ ).

	<b>Coefficiente (Errore standard robusto)</b>
<b>Stanchezza</b>	0,0307791*** (0,0008407)
<b>F (1, 59)</b>	1340,52
<b>(p-Value)</b>	(0,0000)
<b>R<sup>2</sup></b>	0,9365
<b>Numero osservazioni</b>	60

Tab. 5.2: Analisi della regressione Stanchezza e Tempi di Reazione.

Osservando lo stesso valore rispetto alle singole settimane (Tabella 5.3) si osserva che il valore è positivo ed il coefficiente della relazione è più basso nella 1° e nella 5° settimana di rilevazione - rispettivamente pari a 0,0289057 ( $p < 0,0000$ ) e 0,0276529 ( $p < 0,0000$ ). I valori dell' $R^2$  riportano una bontà di adattamento elevata.

	<b>Rilevazione</b>	<b>Coefficiente (Errore standard robusto)</b>	<b>R<sup>2</sup></b>
<b>Stanchezza</b>	1° Settimana di rilevazione	0,0289057*** (0,0022625)	0,8996
	2° Settimana di rilevazione	0,035964*** (0,0038613)	0,8898
	3° Settimana di rilevazione	0,032561*** (0,0022125)	0,9516
	4° Settimana di rilevazione	0,033445*** (0,001779)	0,9718
	5° Settimana di rilevazione	0,0276529*** (0,0010309)	0,9888
	6° Settimana di rilevazione	0,0301271*** (0,0015462)	0,9723

**Tab. 5.3:** Coefficiente della relazione nelle singole settimane.

Nelle tabelle seguenti vengono riportate le osservazioni, ottenute con il medesimo strumento, della relazione tra tempi di reazione e Total Mood Factor, sia per il caso generale, sia per le singole settimane di rilevazione.

Rilevazione		Coefficiente (Errore standard robusto)	R <sup>2</sup>
<b>Total Mood Factor</b>	Generale	0,0077295*** (0,0009348)	0,7065
	1° Settimana di rilevazione	0,0059653*** (0,0017333)	0,6407
	2° Settimana di rilevazione	0,006545*** (0,0015891)	0,6692
	3° Settimana di rilevazione	0,0068625*** (0,0015716)	0,7167
	4° Settimana di rilevazione	0,0099108*** (0,0021447)	0,7993
	5° Settimana di rilevazione	0,0117104*** (0,001818)	0,8511
	6° Settimana di rilevazione	0,0108877*** (0,0015117)	0,8675

**Tab. 5.4:** Relazione tra tempi di reazione e Total Mood Factor; generale e singole settimane di rilevazione.

Dalla tabella si può notare come tutti i coefficienti siano positivi e quindi si evidenzia come al crescere del valore della variabile Total Mood Factor vi sia un aumento dei tempi di reazione, confermando la tesi del presente studio. Dalla tabella si evidenzia come lo strumento della regressione, analizzato mediante R<sup>2</sup> riporti una bontà di adattamento elevata.

Infine, è stata effettuato un test ANOVA con la correzione di Bonferroni per analizzare eventuali differenze significative tra i tempi di reazione registrati nelle sei settimane di rilevazione (Tabella 5.5 e 5.6).

Dall'analisi si può notare come la differenza tra gruppi riporti una differenza statisticamente significativa ( $F = 27,79$ ,  $p < 0,0000$ ); in particolare, le differenze si riscontrano tra la quarta e la prima settimana ( $p < 0,0000$ ), tra la quinta e la prima settimana ( $p < 0,0000$ ) e tra la sesta e la prima settimana ( $p < 0,0000$ ); inoltre tra la quarta e la seconda ( $p < 0,014$ ), tra la quarta e la terza ( $p < 0,0000$ ), tra la quinta e la terza ( $p < 0,0000$ ), tra la sesta e la seconda ( $p < 0,0000$ ), tra la sesta e la

terza ( $p < 0,0000$ ), tra la sesta e la quarta settimana ( $p < 0,019$ ).

Rilevazione	ANOVA		
1° Settimana di rilevazione	0,34455	F (p-Value)	27,79 (0,0000)
2° Settimana di rilevazione	0,3437625		
3° Settimana di rilevazione	0,3451375		
4° Settimana di rilevazione	0,3407875		
5° Settimana di rilevazione	0,338425		
6° Settimana di rilevazione	0,3378875		
Totale	0,34175833		

**Tab. 5.5:** Media Settimanale delle rilevazioni dei Tempi di reazione e ANOVA.

	Prima	Seconda	Terza	Quarta	Quinta
<b>Seconda</b>	-0,000787 (1,000)				
<b>Terza</b>	0,000587 (1,000)	0,001375 (1,000)			
<b>Quarta</b>	-0,003763 (0,001)	-0,002975 (0,014)	-0,00435 (0,000)		
<b>Quinta</b>	-0,006125 (0,000)	-0,005338 (0,000)	-0,006713 (0,000)	-0,002363 (0,113)	
<b>Sesta</b>	-0,006663 (0,000)	-0,005875 (0,000)	-0,00725 (0,000)	-0,0029 (0,019)	-0,000537 (1,000)

**Tab. 5.6:** Correzione di Bonferroni

In base ai risultati ottenuti, dunque, possiamo affermare che le nostre ipotesi sono state confermate: ad un miglior tono dell'umore, corrispondono tempi di reazione inferiori e, inoltre, a livelli di stanchezza più bassi corrispondono tempi di reazione inferiori.

## CAPITOLO VI

### CONCLUSIONI

La psicologia sperimentale applicata allo sport si confronta da più di trent'anni con la necessità di valutare la ricerca di laboratorio in un'ottica ecologica; un approccio cognitivo e sperimentale alla psicologia dello sport, infatti, si fonda proprio sullo sviluppo di metodologie e paradigmi di ricerca che garantiscano l'applicazione sui campi di gara e di allenamento dei risultati che emergono dalle sperimentazioni. Per la psicologia dello sport, quindi, la natura prettamente applicativa dell'approccio di studio e la realtà stessa dell'oggetto d'analisi impongono, nella fase della ricerca sperimentale, delle scelte paradigmatiche che sono inevitabilmente legate ad una validità ecologica complessiva dell'intero progetto di ricerca.

L'obiettivo di questa ricerca, come preannunciato nella sua parte introduttiva, era quello di trovare un punto d'incontro tra il rigore metodologico e le richieste di strumenti concreti ed applicabili formulate dagli addetti ai lavori, definendo strategie di intervento per il miglioramento della performance e permettendo agli atleti di sviluppare ed allenare le abilità mentali.

Tale obiettivo, nel suo senso complessivo, era ambizioso e i risultati ottenuti, oltre ad essere un tentativo di raggiungerlo, vanno considerati come un punto di partenza per la ricerca futura.

Vale forse qui la pena ripetere che dal vaglio la letteratura disponibile, risulta ancora difficile disporre di strumenti pratici e concreti che sposino le necessità di tecnici, preparatori ed atleti e che permettano lo sviluppo delle abilità cognitive. Cionondimeno, notevoli difficoltà riguardano la necessità di spostare la ricerca dal laboratorio al mondo reale, ovvero di rendere la ricerca ecologica.

La mancanza di una strumentazione specifica per la rilevazione dei tempi di reazione che fosse applicabile al calcio ed utilizzasse come canale di risposta quello più consono per un calciatore, ovvero la modalità podalica, ha reso necessaria la fabbricazione di uno strumento che

rispondesse alle esigenze sopra citate. La Brain Foot Machine rappresenta la risposta a questa particolare esigenza e la progettazione, ideazione e realizzazione del prototipo, ancor prima del suo utilizzo, rappresentano il cuore di questo lavoro.

I risultati ottenuti - ed esposti chiaramente nel Capitolo III di questa ricerca - avvalorano la validazione dello strumento, seguendo in parallelo il trend verificatosi attraverso l'utilizzo degli altri strumenti presenti in letteratura. L'analisi statistica, infatti, ha dimostrato come i risultati seguano quelli ottenuti con il test ANT-R (Fan et. al., 2009), ovvero come i tempi di reazione aumentino con la difficoltà del compito o, nel presente studio, in presenza di “incongruenze” nei meccanismi del processo di risposta.

Considerando i tre esercizi predisposti - Base, Intermedio ed Avanzato – l'evidenza statistica ha dimostrato come, al crescere della complessità del compito, si riscontri un aumento dei tempi di reazione: allo stesso modo dell'articolo di riferimento, dunque, gli stimoli inseriti nei filmati, quando “incongruenti” fungevano da distrattori, con la conseguente richiesta di maggior tempo per essere processati e dare una risposta corretta.

La validazione dello strumento, che rappresentava un passaggio obbligato ma necessario, attribuisce validità scientifica allo stesso e ne consente dunque l'utilizzo per fini di ricerca e di intervento.

Da queste premesse nasce il secondo studio oggetto della presente ricerca il cui obiettivo è verificare come, al variare del livello di stanchezza e di umore, cambiano i tempi di reazione e la cui ipotesi è che tempi di reazione minore si associno ad un tono dell'umore migliore e, in seconda analisi, a livelli di stanchezza minore.

Come detto, per rispondere a queste domande ci siamo avvalsi di uno strumento, quale il POMS (McNair, 1971) ampiamente usato in letteratura sia nell'ambito della psicologia clinica che dello sport.

Come visto nel capitolo precedente, i risultati ottenuti hanno verificato le nostre ipotesi.

Nei prossimi paragrafi si tenterà di individuare quale sia la validità complessiva dei risultati ottenuti negli studi condotti, rilevando anche le possibili applicazioni che da questi possono conseguire. Per quanto riguarda gli aspetti meno metodologici, si proverà infine a delineare una piccola valutazione dei limiti di questa ricerca e dei suoi possibili sviluppi futuri.

## **6.1 L'importanza dei risultati ottenuti**

La psicologia dello sport deve necessariamente mirare alla definizione di strategie per il miglioramento della performance e l'approccio sperimentale in questo ambito deve avere come fine lo studio e l'ottimizzazione degli aspetti cognitivi coinvolti nella prestazione sportiva.

Nel passaggio dal laboratorio al campo di calcio è possibile ottenere quella validità ecologica il cui significato specifico si esplica nelle esigenze applicative che avvicinano la ricerca agli atleti ed ai loro allenatori; a questi ultimi è necessario restituire i dati che loro stessi hanno fornito, dando un'interpretazione scientifica e sviluppando, sulla base dell'analisi dei dati stessi, una proposta operativa che sia implementabile sui campi di gara e di allenamento.

Da questo punto di vista, la realizzazione della Brain Foot Machine ed i risultati prodotti nel secondo studio di questa ricerca rispondono alla richiesta di strumenti pratici e concreti provenienti dagli operatori dell'ambito sportivo. In un primo momento i dati raccolti, restituiti ai tecnici ed agli atleti, hanno rappresentato un'iniziale "fotografia" delle capacità attentive e della capacità di reazione agli stimoli dei giovani calciatori mentre, in un secondo momento, sulla base dei dati si è cercato di sviluppare una routine di allenamenti che potesse incrementare nei soggetti coinvolti queste abilità cognitive.

I risultati dello studio hanno permesso di aiutare l'atleta a raggiungere una maggior consapevolezza delle proprie potenzialità ed a fornire delle informazioni sul proprio livello di stanchezza che, in un'ottica longitudinale e dal punto di vista dell'allenatore, permettono di identificare quando un calciatore è più o meno reattivo o, viceversa, quando il suo rendimento rischia di subire delle flessioni.

I dati, inoltre, costituiscono il punto di partenza per un allenamento personale dell'atleta volto ad incrementare gli aspetti attentivi e la capacità di concentrazione con esercizi mirati sul campo e fuori.

## **6.2 I limiti della ricerca**

Ad ogni lavoro introduttivo può seguire una serie di prospettive di ricerca che da esso conseguono direttamente o indirettamente così come, viceversa, dei limiti che possono essere superati con delle ricerche successive. Le prospettive future della ricerca verranno presentate nel prossimo paragrafo, mentre di seguito verranno riportati quelli che possono essere considerati i limiti dell'attuale ricerca oggetto di questo lavoro.

Uno dei limiti di questa ricerca può essere considerato la grandezza del campione del secondo studio; sebbene i soggetti coinvolti siano sufficienti ai fini dello studio, tuttavia è pensabile poter

espandere le stimolazioni e le misurazioni a tutta la rosa della squadra coinvolta, consistente in 24 unità.

L'incremento del campione oggetto di studio, oltre a rafforzare dal punto di vista teorico le conclusioni della ricerca, permetterebbe anche una restituzione completa delle abilità oggetto di studio allo staff tecnico ed agli addetti ai lavori, rendendo più efficaci la successiva fase strategica e di allenamento.

Un secondo limite dell'attuale ricerca può essere considerato il lasso di tempo in cui si sono svolte le rilevazioni. Il periodo considerato, ovvero sei settimane, può essere un tempo troppo breve per poter osservare le variazioni significative dello stato di forma che si verificano in una stagione sportiva. Incrementare il numero delle misurazioni, come vedremo in seguito, potrebbe pertanto considerare le evoluzioni o le involuzioni che inevitabilmente si verificano in determinati periodi della preparazione fisico-tecnica e nell'arco dell'intero campionato.

### **6.3 Le prospettive future di ricerca**

Il paradigma utilizzato negli esperimenti di questa ricerca ha sicuramente varie implicazioni e può essere un punto di partenza per un filone di studi sperimentali in ambito sportivo; in questo ultimo paragrafo verranno delineati alcuni sviluppi possibili del lavoro di ricerca che possono riguardare sia gli esercizi prodotti dal software, sia le modalità di utilizzo della strumentazione.

Uno degli aspetti più pratici, seppur meno rilevanti dal punto di vista della ricerca, consiste nel perfezionamento dello strumento. La Brain Foot Machine, allo stato attuale, è un prototipo realizzato per fini di ricerca. Un passaggio obbligato per il suo utilizzo in ambito sportivo è munire di brevetto lo strumento, perfezionandolo sotto l'aspetto funzionale, estetico e dei materiali utilizzati.

Per quanto l'utilizzo dello strumento, è ipotizzabile pensare ad un uso dei dati raccolti in questo lavoro di ricerca per definire una serie di allenamenti da proporre ai calciatori ed alle squadre di calcio; dal confronto con i tecnici sono nati alcuni possibili sviluppi degli esercizi relativi al materiale impiegato come stimolo della ricerca. Le considerazioni riguardano:

- la realizzazione di nuove sequenze e situazioni di gioco per la creazione degli esercizi da inserire nel software della Brain Foot Machine. Queste situazioni potrebbero essere, ad esempio, azioni di gioco quali lo sviluppo di un passaggio tra compagni, gli effetti del pressing portato dagli avversari o delle situazioni sui calci piazzati;
- l'aumento dell'intervallo tra la presentazione della penultima e ultima slide della sequenza,

ai fini di prolungare lo stato di concentrazione del calciatore coinvolto e allenare la capacità di concentrazione del soggetto. Dagli incontri con lo staff tecnico e dei preparatori, tale tempo è stato identificato in 3, 4 e 5 secondi;

Un secondo possibile sviluppo relativo agli esercizi da inserire nel software dello strumento riguarda la creazione di sequenze specifiche per i portieri, ipotizzando la risposta dei soggetti come una riproduzione della parata ed utilizzando quindi una modalità di risposta manuale.

Un terzo campo d'indagine nasce dal confronto con lo staff sanitario della Società Calcistica, con il quale è possibile collaborare per indagare sui cambiamenti dei livelli ormonali quali il cortisolo - alla cui misurazione i calciatori sono sottoposti settimanalmente - in base al livello di stanchezza. La produzione di cortisolo, definito anche “ormone dello stress”, aumenta in condizioni di stress psico-fisico come ad esempio esercizi fisici intensi e prolungati.

Da tali conclusioni si evince come la fine del presente lavoro rappresenti in realtà l'inizio di una serie di approfondimenti e, perchè no, dell'esplorazione di nuovi campi d'indagine in ambito calcistico e, più in generale, sportivo.

## BIBLIOGRAFIA

Adams, J.A. (1971). A closed-loop theory of motor learning. *Journal of Motor Behavior*, 3: 11-15.

Adafruit Industries© (2014). PIR Motion Sensor Reference Manual. [www.adafruit.com](http://www.adafruit.com).

Aggleton J.P., Mishkin M. (1986). The Amygdala: Sensory Gateway to the Emotions, in Plutchik e Kellerman, vol.3.

Agostini, T., Righi, G., Galmonte, A., Pin, A. (2006). Penalty kick: when to decide where to kick. *Perception supplement*, 35, pg. 107.

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

Anolli, L. (2002). *Le emozioni*, Edizioni Unicopli, Milano.

Arbib, M.A. (1987). A view of brain theory, in Yates, F. E. (a cura di). *Self-Organizing System*. Plenum Press, New York.

Bagnara, S. (1984). *L'attenzione*, Bologna: Il Mulino.

Bazzarin, V. (2009). *Il rapporto tra percezione e previsione in compiti di compatibilità spaziale*. Tesi di laurea non pubblicata, Facoltà di Psicologia – Università degli Studi di Bologna, Bologna, Italia.

Berger, A., Posner, M.I. (2000). Pathologies of brain attentional networks, *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 24, 3-5.

Berthoz, A. (1997). *Le sense du mouvement*, Paris, Odile Jacob.

Bianchi, B. (2008). *Tennistavolo: ondizi visivi nella risposta al servizio*. Tesi non pubblicata, Facoltà di Psicologia – Università degli Studi di Trieste, Trieste, Italia.

- Botvinick, M.M., Braver, T.S., Barch, D.M., Carter, C.S., Cohen, J.D. (2001). Conflict monitoring and cognitive control. *Psychological Review*, 108(3), 624-652.
- Bressan, P. (1999). La percezione dello spazio, in Purgè, F., Stucchi, N., Oliviero, A., (a cura di). *La percezione visiva*. Utet, Torino, 390-410.
- Broadbent, D.E. (1958). *Perception and Communication*, Pergamon Press, New York.
- Bruce, V., Green, P.R., Georgeson, M.A. (1996). *Visual Perception: Physiology, Psychology and Ecology*. Lawrence Erlbaum, London.
- Bush, G., Luu, P., Posner, M.I. (2000). Cognitive and emotional influences in the anterior cingulate cortex, *Trends in Cognitive Sciences*, 4, 215-222.
- Buxbaum L.J., Schwartz M.F., Carew T.G. (1997). The Role of Semantic Memory in Object Use Source, *Cognitive Neuropsychology*, 14, 2, 219-254.
- Cannon, W.B. (1927). The James-Lange theory of emotion: A critical examination and alternative theory, in *American Journal of Psychology*, 39, pp.106-124.
- 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.
- Cei A., Mannlj O., Taddei F., Buonamano, R. (1994). Valutazione degli stati dell'umore negli atleti italiani di alto livello, *SdS - Rivista di cultura sportiva*, Ed. Pozzi.
- Conwai, A.M., Beerian, A.D. (1987), *Situational Knowledge and Emotions*, *Cognit. Emot.*, vol 1, 145-91.
- Corbetta, M., Shulman, G.L. (2002). Control of goal-directed and stimulus-driven attention in the brain. *Nature Neuroscience Reviews*, 3, 201-215.
- Coull, J.T. (1998). Neural correlates of attention and arousal: insights from electrophysiology, functional neuroimaging and psychopharmacology, *Progress in Neurobiology*, 55, 343-361.

Creem, S.H., Proffitt, D.R. (2001). Grasping objects by their handles: a necessary interaction between perception and action, *Journal of Experimental Psychology*, 91, 451-471.

Davies, D.R., Parasuraman, R. (1982). *The psychology of vigilance*. London: Academic Press.

Deutsch, G., Papanicolaou, A.C., Bourbon, T., Eisenberg, H.M. (1988). Cerebral blood flow evidence of right cerebral activation in attention demanding task, *International Journal of Neuroscience*, 36, 23-28.

Douglas, R.J. (1967). The hippocampus and behavior. *Psychological Bulletin*, 67, 416-442.

D'Urso V., Trentin R., (1998). *Introduzione alla pedagogia delle emozioni*, Laterza, Roma-Bari.

Ekman, P. (1972). Universal and cultural differences in facial expressions of emotions, in K. Cole (a cura di). *Nebraska symposium on motivation*, Lincoln, Nebraska University Press. *Emotions in the human face*, 2° ed., New York, Cambridge University. *Facial expression of emotions: New finding, new questions*, *Psychological Science*, n. 3, pp. 34-38.

Ekman, P. (1972). Universal and cultural differences in facial expressions of emotion. In J.Cole (a cura di) *Nebraska Symposium of Motivation*, 1971: vol. 19. Lincoln, NE: University of Nebraska Press.

Ekman, P. (1973). Cross-cultural studies of facial expression. In P. Ekman (ed.), *Darwin and Facial Expression: A Century of Research in Review*. New York: Academic Press, pp. 169-222.

Eriksen, B.A., Eriksen, C.W. (1974). Effects of noise letters upon the identification of a target letter in a nonsearch task, *Perception and Psychophysics*, 16, 143-149.

Fan, J., McCandliss, B.D., Sommer, T., Raz, A., Posner, M.I. (2002). Testing the efficiency and independence of attentional networks, *Journal of Cognitive Neuroscience*, 14 (3), 340-347.

Fan, J., Gu, X., Guise, G.K., Fan, J., Raz, A., Posner, M.I. (2003). Attentional mechanisms. *Encyclopedia of the Neurological Sciences*. Elsevier Sciences, 292 - 299.

- Fan, J., Gu, X., Guise, G.K., Liu, X., Fossella, J., Wang, H., Posner, M.I. (2009). Testing the behavioral interaction and integration of attentional networks, *Brain Cognition*, 70 (2), 209 - 220.
- Farnè, M. (1991). POMS: Profile of Mood States. Manuale Adattamento Italiano O.S. Organizzazioni Speciali, Firenze.
- Fehr B., Russel J.A. (1984). Concept of Emotion Viewed from a Prototype Prospective, *J. Exper. Psychology gen.*, vol. 113, 464-86.
- Fernandez-Duque, D., Posner, M.I. (1997). Relating the mechanisms of orienting and alerting, *Neuropsychologia*, 35 (4), 477-486.
- Frijda, N.H. (1986). *The emotions*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Gao, L., Zelaznik H.N., (1991). The modification of an already-programmed response: a new interpretation of Harry and Harrison (1961), *Journal of motor behaviour*, vol. 23, 221-223.
- Gibson, J.J. (1979). *The Ecological Approach to Visual Perception*. Houghton Mifflin, Boston (MA).
- Glencross, D.J. (1978). *Control and capacity in the study of skill*, Psychology and Sport, McGraw-Hill, Sydney.
- Guyton, C.G. (1996). *Neuroscienze. Basi di Neuroanatomia e Neurofisiologia*. Piccin, Padova.
- Hartel, C.E.J., Zerbe, W.J., Ashkanasy N.M. (2005). *Emotions in organizational behavior – Erlbaum*, Mahwah NJ: Lawrence
- Heuer, H., Sanders, A.F. (1987). *Perspectives on perception an action*. Elbaum, Hillsdale (NJ).
- Hick, E. (1952). A simple stimulus generator. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 3, 94-95.
- Izard C.E. (1978). On the ontogenesis of enotions and emotion-cognition relationship in infancy, in

Lewis M., Roseblum L.A., The development of affect, Plenum Press, New York.

James, W. (1884). What is an emotion? *Mind*, 9, 188-205.

James, W. (1890). *The principles of Psychology*, Henry Holt & Co., New York.

James, W. (1890). *Principles of Psychology*, New York: Dover Publications, 1950.

Jeannerod, M. (1994). Object oriented action. Insights into the reach grasp movement, in K.M.B. Bennet e U. Castiello (Eds.), *Insights into the reach to grasp movement*, Amsterdam, Elsevier.

Jugovac, D., Cavallero, C. (2008). Twenty-four hours of total sleep deprivation selectively impairs attentional networks. *Experimental Psychology*, 59 (3), 115-123.

Kahnemann, D. (1973). *Attention and Effort*, Prentice Hall, Englewood Cliffs NJ.

Kandel, E.R., Schwartz, T.H., Jessell, T.M. (2003). *Principi di Neuroscienze*. Casa Editrice Ambrosiana, Milano.

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

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).

Kluver H. e Bucy P. (1937), "Psychic Blindness" and Other Symptoms Following Bilateral Temporal Lobectomy in Rhesus Monkeys, *Am. J. Physiol.*, vol. 19, 352 e seg.

LaBerge, D. (1995). *Attentional processing*, Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts.

Lange, C.G. (1887). *Über Gemüthsbewegungen*. Leipzig: East Germany: T. Thomas.

LeDoux J.E., (1992). Brain Mechanisms of Emotion and Emotional Learning: Current Opinion, *Neurobiology*, vol. 2, 191-197.

- LeDoux, J. (2000). Emotion circuits in the brain. *Annual review of neuroscience* , 23(1): 155-184.
- Lee, D.N., Young, D.S. (1986). Gearing action to the environment. *Experimental Brain Research Series*, 15, 217-230.
- Logan, G.D. (1985). Skill and automaticity: relations, implications, and future directions, *Canadian Journal of Psychology*, 39,367-86.
- Luccio, R. (1999). Il costruirsi delle teorie della percezione, in Purgè, F., Stucchi, N., Oliviero, A., (a cura di). *La percezione visiva*. Utet, Torino, 3-37.
- Maggio, M. (2012). Sviluppo delle capacità motorie nella ginnastica artistica formativa. Tesi non pubblicata, Facoltà di Scienze Motorie - Università degli Studi di Verona, Verona, Italia.
- Mandler, G. (1984) *Mind and Body: Psychology of Emotion and Stress*. New York: W.W. Norton.
- McNair, D.M., Lorr, M., Droppleman, L.F. (1971). *Manual for the Profile of Mood States*. San Diego, CA: Educational and Industrial Testing Services.
- Martens, R. (1987). *Coaches Guide in Sport psychology*, Human Kinetics, Campaign IL.
- Magill, R.A. (1993). *Motor Learning Concepts and Applications*, Brown and Benchmark, Oxford.
- Mirsky, A.F. Bruno, J.A., Duncan, C.C., Ahearn, M.B., Kellam, S.G. (1991). Analysis of the elements of attention: a neuropsychological approach, *Neuropsychology Review*, 2 (2), 109-145.
- Massironi, M. (1998). *Fenomenologia della percezione visiva*. Il Mulino, Bologna.
- McLeod, S., McLaughlin, P. (1985). Information encapsulation and automaticity: Evidence from the visual control of finely timed action, *Attention and Performance*, vol. 9, Elsevier Science, Amsterdam.
- Mesulam, M.M. (1981). A cortical network for directed attention and unilateral neglect. *Annals of Neurology*, 10, 309-25.

- Milner, A.D., Goodale, M.A. (1995). *Visual brain in action*, Oxford University, Oxford.
- Muroni, A.F., Cavallero, C. (2014). Effetti combinati di alcol e privazione di sonno sui processi cognitivi in relazione al comportamento di guida. Tesi non pubblicata, Facoltà di Psicologia – Università degli Studi di Trieste, Trieste, Italia.
- Palmer, S.E. (1999). *Vision Science: Photons to Phenomenology*. MIT Press, Cambridge.
- Parasuraman, R., Warm, J.S., See, J.E. (1998). Brain systems of vigilance, In: *The attentive brain*, (Ed. Parasuraman, R.), MIT Press, Cambridge, Massachusetts.
- Pashler, H.E. (1998). *The psychology of attention*, MIT Press, Cambridge, Massachusetts.
- Pellegrino, G. (2004). Spazio e azione, in M. Zorzi e V. Girotto (a cura di), *Fondamenti di psicologia generale*, Bologna, Il Mulino.
- Petersen, S.E., Robinson, D.L., Morris, J.D. (1987). Contributions of the pulvinar to visual spatial attention. *Neuropsychology*, 25, 97-105.
- 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.
- Plutchik R., (1984). *The psychology and Biology of Emotion*, Harper Collins College, New York.
- Posner, M.I. (1978). *Chronometric explorations of mind*, Erlbaum, Hillsdale, NJ.
- Posner, M.I. (1980). Orienting of attention, *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 32, 3-25 .
- Posner, M.I., Rafal, R.D. (1986). Cognitive theories of attention and the rehabilitation of attentional deficit. In R.J. Meir, L.Diller, and A.C. Benton (eds.), *Neuropsychological Rehabilitation*. London: Churchill-Livingston.

- Posner, M.I. (1988). Structures and functions of selective attention. In *Master Lectures in Clinical Neuropsychology*, ed. T. Boll, B. Bryant. 173-202 pp. Washington, DC: Am. Psych. Assoc.
- Posner, M.I., Sandson, J., Dhawan, M., Shulman, G.L. (1989). Is word recognition automatic? A cognitive-anatomical approach. *J. Cog. Neurosci.* 1:50-60.
- Posner, M.I., Petersen, S.E. (1990). The attention system of the human brain, *Annual Review of Neuroscience*, 13, 25-42.
- Posner, M.I. (1995). Attention in cognitive neuroscience: an overview, in: *The Cognitive Neurosciences* (Ed. Gazzaniga, M.S.), MIT Press, Cambridge, Massachusetts.
- Posner, M.I., Cohen, Y. (1984). Components of visual orienting, In: *Attention and Performance* (Eds. Bouma, H., Bouwhuis, D.G.), Erlbaum, Hillsdale, NJ.
- Posner, M.I., DiGirolamo, G.J. (1998). Executive attention: conflict, target detection, and cognitive control, in: *The Attentive Brain* (Ed. Parasuraman, R.), MIT Press, Cambridge, Massachusetts.
- Posner, M.I., Walker, J.A., Friedrich, F.J., Rafal, R.D. (1984). Effects of parietal injury on covert orienting of attention, *The Journal of Neuroscience*, 4 (7), 1863-1874.
- Posner, M.I., Raichle, M.E. (1994). *Images of mind*, Scientific American Library, New York.
- Posner, M. (2004) Progress in attention research, in *Cognitive neuroscience of attention*, cap.1, 3-9.
- Pribram, K.H., McGuinness, D. (1975). Arousal, activation, and effort in the control of attention, *Psychological Review*, 82 (2), 116-149.
- Raglin, J.D., Wilson, G.S. (2000). Overtraining in athletes; in Y.L. Hanin (Ed.), *Emotions in Sport*, 191-207, Champaign, IL: Human Kinetics.
- Ramachandran, V.S., Anstis, S.M. (1990). Illusory displacement of equiluminous kinetic edges. *Perception*, 19: 611–616.
- Raz, A., Buhle, J. (2006). Typologies of attentional networks. *National Review of Neuroscience*,

7(5), 367-379.

Rizzolatti, G., Gentilucci, M., Matelli, M. (1985). Selective spatial attention: One center, one circuit, or many circuits? In M. I. Posner & Q S. M. Mai in (Eds.), *Attention and performance 11* (pp. 251-265). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Rizzolatti, G., Fadagia, L., Gallese, V., Figassi, L. (1996). Premotor cortex and the recognition of mirror actions, *Cognitive Brain Reserch*, 3, 131-141.

Robertson, I.H., Manly, T. (1999). Sustained attention deficits in time and space, in: *Attention, Space and Action* (Eds. Humphreys, G.W., Duncan, J., Treisman A.), Oxford University Press.

Rookes, P., Willson, J. (2000). *Perception: theory, development and organization*. Taylor&Francis Inc., Philadelphia, PA.

Roseman J.I., (1979). Cognitive aspects of emotions and emoziona behavior, relazione presentata all'ottantasettesima Annual Convention American Psychological Association, New York.

Rosenzweig, M.R., Leiman, A.L., Breedlove, S.M. (1998). *Psicologia biologica*. Casa Editrice Ambrosiana, Milano.

Rumelhart, D.E., McClelland, J.L. (1986). *Parallel Distributing Processing*, MIT Press, Cambridge MA.

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

Rumiati R.I., Humphreys, G.W. (1998). Recognition by action: dissociating visual and semantic routes to action in normal observer, *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 24, 631-647.

Schachter, S., Singer, J.E. (1962). Cognitive, social, and physiological determinants of emotional state. *Psychological Review*, 69, 379- 399.

Shaver, P., Schwartz, J., Kirson, D., O'Connor, C. (2001). Emotional Knowledge: Further Exploration of a Prototype Approach. In G. Parrott (Eds.), *Emotions in Social Psychology: Essential Readings* (pp. 26-56). Philadelphia, PA: Psychology Press.

Scherer K.R. (1984). On the nature and function of emotion: A component process approach. In K.R. Scherer e P. Ekman (a cura di), *Approaches to emotion*, Hillsdale, NJ, Erlbaum.

Schmidt, R. A. (1976). A schema theory of discrete motor skill learning. *Psychological Review*, 82, 225-260.

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

Schmidt, R.A., Wrisberg, C.A. (2006). *Apprendimento motorio e prestazione*. Società Stampa Sportiva, Roma.

Simon, J.R. (1969). Reactions toward the source of stimulation. *Journal of Experimental Psychology*. 81, 174-176.

Sirigu, A., Duhamel, J.R., Poncet, M. (1991). The role of sensorimotor experience in object recognition. A case of multimodal agnosia, *Brain*, 114, 2555-2573.

Spinelli, D. (2002). *Psicologia dello sport e del movimento umano*. Zanichelli, Bologna.

Stroop, J.R. (1935). Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of Experimental Psychology*, 18, 643-661.

Texas Instruments Incorporated (2013). *BeagleBone Black System Reference Manual*. [www.beaglebone.org](http://www.beaglebone.org)

Thelen, E. (1986). Development of Coordinated Movement: Implication for Early Human Development, in M.G. Wade e H.T.A. Whiting (a cura di), *Motor Development in Children: Aspects of Coordination and Control*, Boston (MA), Martinus Nijhoff Publishers.

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

Umiltà, C. (1994). Attenzione e coscienza, in: *Manuale di Psicologia Generale* (ed. Legrenzi, P.), Il Mulino, Bologna.

Ungerleider, L.G. e Mishkin, M. (1982). Two Cortical Visual Systems, in Ingle D.I., Goodale M.A e Mamsfield R.J.W. (a cura di), *Analysis of Visual Behaviour*, Cambridge, Mass., MIT Press, 549-586.

von Hofsten, C. (1990). A Perception-Action Perspective on the Development of Manual Movements, in M. Jeannerod (a cura di), *Attention and Performance XIII, Motor Representation and Control*, Hillsdale (NJ), Lawrence Erlbaum Associates.

von Holst, E. (1954). Relations between the central nervous system and the peripheral organs. *British Journal of Animal Behavior*, 2, 89-94.

Wang, H., Fan, J., Yang, Y. (2004). Toward a multilevel analysis of human attentional networks, 26<sup>th</sup> Annual Meeting of the Cognitive Science Society, paper 425, Chicago.

Warm, J.S. (1984). *Sustained attention in human performance*. Chichester, England: Wiley.

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.

Wertheimer, M. (1912). Experimentelle Studien über das Sehen von Bewegung, *Zeitschrift für Psychologie*, 61, pp. 161-265.

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

Williams, J.G. (1993). Motoric modeling: Theory and research. *Journal of Human Movement Studies*, 24, 237-270.

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*. Bologna: Zanichelli.

Wurtz, R.H., Goldberg, M.E. (1972). The primate superior colliculus and the Shift of visual attention. *Investigative Ophthalmology*, 11(6), 441-450.

Zubin, J. (1975). Problem of attention in schizophrenia, in: *Experimental Approaches to Psychopathology*, (Eds. Kietzman, M.L., Sutton, S., Zubin, J.) Academic Press, NY.