

“Dove tirerà?” Un paradigma sperimentale per l’indagine del riconoscimento delle intenzioni del giocatore nel calcio del rigore

“Where will he shoot?” An experimental paradigm for the investigation of the intentions recognition of the soccer player in penalty kick

Alice Cancer*, Federica Lodato*, Mauro Bonali*, Lina Stefanini°, Daniele Tolomini°, Leonardo Fogassi§, Alessandro Antonietti*

* Dipartimento di Psicologia, Università Cattolica del Sacro Cuore,
Largo Gemelli, 1 - 20123 Milano;
e-mail: alice.cancer@unicatt.it, tel. 02-72342284;
e-mail: federica.lodato09@gmail.com;
e-mail: misterbonali@gmail.com;
e-mail: alessandro.antoniett@unicatt.it.
° Associazione “Bussola della Mente Funzionale”, Cremona;
e-mail: pedagogista1@gmail.com;
e-mail: danielesoniatolomini@gmail.com.
§ Dipartimento di Medicina e Chirurgia, Università di Parma;
e-mail: leonardo.fogassi@unipr.it.

Ricevuto: 21.10.2019 - **Accettato:** 01.01.2020

Pubblicato online: 29.11.2021

Riassunto

È stato implementato un nuovo paradigma sperimentale per verificare l’ipotesi del coinvolgimento del sistema dei neuroni specchio in un compito di previsione dell’esito di un’azione motoria, ossia la traiettoria del pallone in un calcio di rigore. In particolare, è stato messo a punto un compito sperimentale manipolando una serie di filmati di calci di rigore, tirati da calciatori professionisti e ripresi dal punto di vista del portiere, in modo che il video si interrompesse nel momento in cui il piede del calciatore toccava il pallone. Si è ipotizzato che le caratteristiche dei movimenti del calciatore durante la rincorsa forniscano indizi circa la direzione della traiettoria del pallone. Inoltre si è ipotizzato che soggetti

A. Cancer et al. / *Ricerche di Psicologia*, 2021, Vol. 44(1),
ISSN 0391-6081, ISSN 1972-5620, Doi: 10.3280/rip2021oa12896

con esperienza calcistica interpretino correttamente tali indizi grazie all'attivazione cerebrale delle rappresentazioni motorie dei movimenti che essi utilizzano durante l'esecuzione del calcio di rigore. La prestazione di 20 studenti universitari destrimani nel compito sperimentale sui calci di rigore, valutata in termini di rapidità e accuratezza, è stata messa in relazione con la capacità di rotazione mentale, la reattività di base, l'esperienza calcistica, la familiarità e l'interesse per le partite di calcio. I risultati hanno mostrato che la percentuale di risposte corrette al compito di riconoscimento della traiettoria del pallone è significativamente superiore al caso. Inoltre, si è osservato che l'esperienza calcistica ha un ruolo nel determinare la velocità dei soggetti nel compito sperimentale: i più esperti sono meno impulsivi.

Parole chiave: calcio, rigore, neuroni specchio, psicologia dello sport, differenze individuali, immagine mentale

Abstract

A novel experimental paradigm was designed to test the hypothesis that the mirror neuron system is involved in the anticipation of a motor action outcome, namely, the ball trajectory in the penalty kick (PK). A series of videos showing PKs, performed by professional soccer players and videotaped from the goalkeeper's point of view, were edited so that the video would stop as the player's foot touched the ball. The hypothesis was that the characteristics of the player's movements during the PK preparation would provide cues about the ball trajectory and that the correct anticipation of the ball direction would be more likely in individuals with a high level of soccer expertise, due to the activation of the motor representations of the PK shooting movements. Speed and accuracy performances in the PK task of 20 right-handed university students were recorded and relationships between such scores with mental rotation ability, simple reaction times, level of soccer expertise, familiarity, and interest in soccer matches were investigated. Results showed that response accuracy in the direction-identification task was significantly higher than random. Moreover, the soccer experience modulated the response speed in the experimental task: The most expert participants were slower to react.

Keywords: soccer, penalty kick, mirror neurons, sport psychology, individual differences, mental imagery

Introduzione

*“Nel gioco del calcio tutto è complicato
dalla presenza dell’avversario”
Jean-Paul Sartre*

Il calcio di rigore è un evento particolare nel contesto del gioco del calcio. Dal suo esito molte volte dipende il risultato finale di una partita e la vittoria in molti tornei è stata determinata dal successo/insuccesso nel tirare/parare calci di rigore, con importanti conseguenze – oltre che sul piano del prestigio sportivo – anche dal punto di vista economico (Lyttleton, 2015). Il calcio di rigore è inoltre una situazione di gioco che contribuisce, in base al suo esito, alla reputazione dei giocatori ed è un momento della partita ad alta attivazione emotiva (nei giocatori e negli spettatori). Per questo è un evento ripreso in commenti e dibattiti, risultando un episodio altamente memorabile così da guadagnarsi un posto nell’immaginario collettivo, tanto che vi sono opere artistiche (racconti, film) imperniati su di esso. Al di là della sua rilevanza sportiva e sociale, il calcio di rigore si segnala anche come un ambito di studio utile per indagare in un contesto ecologico alcuni processi mentali, come l’identificazione delle intenzioni altrui.

Un motivo per cui il portiere ha difficoltà a parare il tiro è la velocità con cui viaggia la palla che è stata calciata, stimata tra i 50 e 100 km/h. Se si considera anche il tempo di reazione del portiere, cioè il tempo di cui ha bisogno per tuffarsi verso una direzione (500/700 ms), si nota che al portiere rimane un tempo insufficiente per decidere all’ultimo momento verso quale direzione lanciarsi, cosicché deve fare la sua scelta prima ancora che il rigorista tocchi la palla.

Nelle prestazioni sportive che hanno l’obiettivo di anticipare le intenzioni dell’altro, come richiesto al portiere durante un calcio di rigore, bisogna prestare particolare attenzione agli aspetti cinematici, in questo caso specifico per le azioni del calciatore impegnato a calciare (Diaz, Fajen e Phillips, 2012; Nunome, Asai, Ikegami e Sakurai, 2002). Nella prospettiva del sistema dei neuroni specchio, l’esperienza motoria dovrebbe rivestire un ruolo rilevante in un’azione di questo tipo e diventa importante per l’anticipazione del movimento altrui. Coerentemente con questa predizione, osservatori esperti, come ad esempio gli allenatori, formulano le loro previsioni in base alla traiettoria iniziale della palla mentre i giocatori esperti si soffermano a osservare i movimenti dei loro avversari (Abernethy et al., 2008; Makris e Urgesi, 2014; Tomeo et al., 2013). Queste migliori capacità percettive degli atleti più esperti sono associate ad attivazioni differenziali nella corteccia motoria (Aglioti et al., 2008) e

nelle aree visive deputate all'osservazione di azioni specifiche (Abreu et al., 2012). I calciatori esperti hanno abilità percettive superiori nell'interpretare i movimenti (Farrow e Abernethy, 2003) e questo permette loro di prevedere in anticipo e in modo più accurato lo svolgimento delle azioni altrui (McMorris e Colenso, 1996). Tomeo e collaboratori (2012) riportano che giocatori e portieri più esperti hanno una capacità migliore di prevedere l'esito dei calci di rigore anche dopo la sola osservazione della fase iniziale dell'esecuzione del tiro (Williams, van der Kamp, Savelsbergh e Savelsbergh, 2002). L'esperienza di osservatore può favorire la formazione di rappresentazioni visive delle azioni che vengono utilizzate per comprendere le dinamiche dei movimenti. L'esperienza motoria, al contrario, favorisce la formazione di rappresentazioni basate su movimenti, che vengono utilizzate per prevedere ed anticipare le azioni future proprie ed altrui (Wilson e Knoblich, 2005; Abernethy e Zawir, 2007; Schuetz-Bosbach e Prinz, 2007; Smeeton e Huys, 2010; Urgesi et al., 2010).

Anticipare la direzione del tiro in base al movimento del piede prima che tocchi il pallone è particolarmente utile per i portieri (Williams e Griffiths, 2002). Alcuni studi condotti utilizzando il paradigma di occlusione temporale hanno mostrato che i portieri esperti sono bravi a prevedere la direzione del tiro traendo informazioni precoci dalla corsa e dal movimento del tiro (Savelsbergh, Williams, van der Kamp e Ward, 2002). Williams e Burwitz (1993) hanno chiesto a 30 portieri esperti e a 30 portieri novizi di prevedere la direzione di 40 calci di rigore. I portieri hanno potuto osservare su uno schermo i tiri di rigore suddivisi in quattro condizioni temporali: fino a 120 ms prima del contatto con la palla; fino a 40 ms prima del contatto con la palla; fino all'istante in cui il piede ha toccato la palla; fino a 40 ms dopo il contatto con la palla. Dai risultati si evince che i portieri esperti hanno prestazioni migliori rispetto ad i novizi, individuando la corretta direzione soprattutto nella prima condizione temporale.

Non è soltanto il contatto tra piede e palla a fornire utili informazioni al portiere. Franks e Harvey (1997) hanno condotto un'analisi per individuare le fonti di informazioni affidabili durante un rigore. Analizzarono 132 filmati di calci di rigore effettuati durante la Coppa del Mondo del 1982 e del 1994 e scoprirono che la direzione di un rigore è intuibile osservando il punto di contatto tra il piede del rigorista e la palla ma anche osservando l'orientamento del ginocchio e della gamba. Queste informazioni però possono essere ricavate soltanto nella fase finale dell'azione del tiro, non lasciando molto tempo al portiere per reagire. Al contrario osservare l'angolo del piede d'appoggio del calciatore durante il tiro risulta essere un'informazione non soltanto affidabile, ma che fornisce an-

che del tempo sufficiente al portiere per reagire. Invece, non sono affidabili né le informazioni fornite dalla posizione di partenza del calciatore né l'angolo di avvicinamento alla palla. Utilizzando l'*eye-tracking* con portieri professionisti e novizi, impegnati nel guardare dei filmati di rigori, si è visto che i professionisti fissavano per gran parte del tempo la palla e la gamba d'appoggio del rigorista, mentre i novizi avevano una tendenza a fissare il tronco, il braccio e i fianchi del rigorista e a fissare la testa del calciatore all'inizio del processo. Entrambi i gruppi fissavano anche delle regioni vicino al piede e alla palla, suggerendo che le informazioni vengono estratte, molto probabilmente, anche attraverso la visione periferica (Savelsbergh et al., 2002; Savelsbergh, van der Kamp, Williams e Ward, 2005). Questi dati però non coincidono con quanto riportato in questionari *self-report* compilati da portieri esperti, i quali ritengono informazioni affidabili quelle che derivano dalla posizione del tronco e dalla posizione del piede impegnato a tirare il rigore (Kuhn, 1988).

Una strategia che i portieri possono utilizzare per evitare di essere ingannati dai rigoristi prevede la simulazione mentale delle rappresentazioni motorie altrui partendo dall'osservazione. Le rappresentazioni anticipate dei comportamenti altrui richiedono la formazione di modelli predittivi interni di azioni, che si sviluppano durante l'osservazione e con l'esperienza motoria (Savelsbergh, Cañal-Bruland e van der Kamp, 2012). La capacità di sviluppare rappresentazioni anticipate osservando l'azione è influenzata dalle competenze motorie. La sola esperienza motoria di una determinata azione infatti influisce positivamente sulla discriminazione visiva, migliorandola (Prinz, 1997; Hommel et al., 2001). Studi di *neuroimaging* mostrano che durante la formazione delle rappresentazioni delle azioni, sia eseguite che osservate (Van Overwalle e Baetens, 2009), e durante lo svolgimento dell'azione osservata (Calvo-Merino et al., 2005; Reithler et al., 2007; Orgs et al., 2008) si registra l'attivazione delle aree fronto-parietali, coinvolte nel sistema dei neuroni specchio. Riuscire a creare rappresentazioni anticipate in corso d'azione è cruciale per i portieri, i quali devono eseguire movimenti in brevissimo tempo, e i portieri più esperti presentano abilità superiori nel predire e anticipare le azioni altrui (Abernethy e Zawi, 2007; Abernethy et al., 2008; Weissensteiner et al., 2008).

La prospettiva da cui si osserva un calcio di rigore, inoltre, non è influente. La prospettiva frontale del portiere gli consente di elaborare in maniera più accurata e veloce le informazioni visive (Urgesi et al., 2012). Quindi, anche se calciatori e portiere hanno lo stesso grado di esperienza visiva dei calci di rigore, i portieri avranno spesso delle pre-

stazioni migliori dovute alla prospettiva frontale rispetto all'azione, traendo così dei vantaggi che consentono un maggior successo nell'intercettare la traiettoria del tiro.

Coerentemente con quanto esposto, una strategia utile per migliorare le prestazioni dei portieri sarebbe quella di progettare degli interventi di formazione utilizzando dei video. Ai portieri vengono mostrate sequenze di video di calci di rigore e il loro compito è quello di prevedere la direzione del calcio (Savelsberg, van Gastel e van Kampen, 2010). Si fornisce loro così la possibilità di osservare un ampio spettro di calci di rigore diversi tra loro (Dicks, Button e Davis, 2010; Dicks, Davids e Button, 2010) e al contempo questo esercizio è utile per facilitare l'apprendimento percettivo, in quanto i portieri dirigono la loro attenzione verso i movimenti più salienti nell'azione compiuta dal rigorista (van der Kamp, 2006; Savelsbergh et al., 2010). Interventi di formazione di questo genere hanno prodotto notevoli miglioramenti nell'anticipazione visiva, ma rimangono pur sempre delle attività avvenute all'interno di un laboratorio e non esistono ancora dei dati provenienti da situazioni reali (Savelsbergh et al., 2010).

Nella prospettiva del sistema dei neuroni specchio, che riveste un ruolo importante nell'identificazione delle intenzioni altrui grazie all'esperienza motoria vissuta in prima persona (Fogassi et al., 2005; Iacoboni et al., 2005), si può congetturare che quanto maggiore è la pratica di tiro di calci di rigore, tanto maggiore è la capacità di inferire la direzione del tiro, in quanto il soggetto, nel ruolo di portiere, osservando un soggetto umano accingersi a calciare un rigore attiva dentro di sé le medesime rappresentazioni motorie degli atti che lui/lei, nel ruolo di rigorista, compirebbe se si comportasse come il modello osservato, e su questa base comprende l'obiettivo a cui tali atti sono indirizzati. Alcuni studi sembrano smentire però questa predizione. Cañal-Bulard e Schmidt (2009) (però nella pallamano anziché nel calcio) non hanno osservato differenze tra portieri (alta esperienza percettiva) e rigoristi (alta esperienza motoria) nell'individuare la direzione dell'analogo del calcio di rigore. Tomeo e colleghi (2012) non hanno rilevato differenze tra portieri e rigoristi nell'identificazione delle intenzioni del tiratore in tiri non ingannevoli, mentre nel caso di tiri ingannevoli i rigoristi erano maggiormente indotti a sbagliare rispetto ai portieri. Non risulta che a oggi l'ipotesi sopra esposta sia stata testata nel gioco del calcio con materiale-stimolo non artificiale (nello studio di Tomeo e colleghi i video osservati dai soggetti erano giustapposizioni della ripresa della fase pre-tiro con la ripresa – nella condizione ingannevole – della fase post-tiro di un'altra prestazione).

Lo scopo della ricerca è di indagare il coinvolgimento del sistema dei neuroni specchio nell'identificazione delle intenzioni del rigorista. Si ipotizza che in una situazione ecologica (ossia con video non manipolati di rigori reali) i soggetti con pratica del gioco del calcio siano più abili dei soggetti senza esperienza di pratica del gioco del calcio nell'identificare la direzione del tiro. Si intende inoltre accertare se abilità visuo-spaziali siano, in accordo con la prospettiva dei neuroni specchio, secondarie in questa situazione, in cui dovrebbe essere maggiormente rilevante la competenza motoria. Inoltre, ci si propone di indagare il possibile ruolo del genere, della prontezza di reazione di base (misurata attraverso un compito di identificazione di stimoli visivi) e dell'interesse verso il gioco del calcio. Da ultimo, considerata la scarsa corrispondenza tra ciò che emerge dagli studi comportamentali e le credenze dei soggetti documentata in letteratura, si vuole analizzare il sistema delle opinioni che le persone sviluppano riguardo ai meccanismi che intervengono nell'individuazione della direzione della palla nel calcio di rigore. Questi obiettivi sono stati affrontati nell'ambito di uno studio-pilota finalizzato soprattutto a testare l'applicabilità degli strumenti messi a punto.

Metodo

Partecipanti

Venti studenti universitari (10 maschi) destrimani di età compresa tra i 20 e i 28 anni ($M = 25$; $D.S. = 2.1$), iscritti vari corsi di laurea (Psicologia, Logopedia, Farmacia, Architettura, Scienze Umane e dell'Ambiente) presso differenti università di Milano, hanno partecipato alla ricerca. La partecipazione è stata volontaria e non ha dato luogo a compensi o crediti universitari.

Compito sul calcio di rigore

È stato predisposto un compito informatizzato con l'obiettivo di indagare il riconoscimento delle intenzioni del calciatore durante il calcio di rigore. In particolare, a seguito della visione di una serie di filmati di calciatori professionisti in procinto di calciare un rigore, veniva richiesto all'osservatore di stimare, il più velocemente possibile, la traiettoria del pallone, scegliendo tra quattro opzioni di direzione. I filmati sono stati realizzati in collaborazione con la società calcistica Unione Sportiva Cremonese. Due attaccanti destrimani della squadra sono stati istruiti a calciare una serie di rigori in quattro direzioni predefinite (riferite al portiere): alto a sinistra (AS), basso a sinistra (BS), alto a destra (AD) e basso a destra (BD), per un totale di 8 filmati (2 per ogni direzione). Al fine di escludere possibili elementi distrattori, ai calciatori è stato chiesto di

prendere la rincorsa da destra verso sinistra, rispetto alla posizione del portiere, di mantenere una velocità di rincorsa costante per tutti i tiri e di calciare il pallone a una velocità media. Inoltre i calciatori sono stati istruiti a prevedere la direzione verso cui indirizzare il tiro ancor prima di iniziare la fase della rincorsa.

I filmati sono stati realizzati in un regolare campo da calcio, in condizioni di luce naturale idonea a rendere visibili e distinguibili i movimenti dei calciatori. Le riprese sono state realizzate utilizzando un'*action camera* (GoPro Hero 5) collocata al centro della porta del campo di calcio. Tale posizione ha permesso di simulare il punto di vista del portiere. Tramite un *software* di *editing* i filmati sono stati privati dell'audio e manipolati al fine di interromperne la visione nel momento in cui il piede del calciatore toccava il pallone. Per la presentazione temporizzata dei filmati e per la registrazione delle risposte dei partecipanti è stato utilizzato il software E-Prime (Psychology Software Tools).

La visione dei filmati era preceduta da una serie di consegne testuali relative al compito, le quali istruivano i partecipanti a premere il più velocemente possibile, una volta terminata la visione di ciascun filmato, il tasto corrispondente alla direzione verso la quale stimavano sarebbe stato calciato il pallone, scegliendo tra le quattro opzioni di risposta. Preliminarmente all'esecuzione del compito, le seguenti corrispondenze tasto-direzione erano presentate al soggetto: A=alto sinistra, C=basso sinistra, L=alto destra, N=basso destra. Tali posizioni sulla tastiera sono state selezionate al fine di semplificare il compito di associazione stimolo-risposta grazie ad una corrispondenza tra le direzioni e la collocazione nello spazio nei quattro tasti-risposta. Inoltre, prima dell'esecuzione del compito, al soggetto veniva suggerita la disposizione delle dita sulla tastiera, considerando la posizione più usuale e comoda possibile: l'indice della mano sinistra sopra il tasto C, l'anulare della mano sinistra sopra il tasto A, l'indice della mano destra sopra il tasto N e l'anulare sopra il tasto L. Per rendere più semplice la collocazione delle dita sulla tastiera, veniva preliminarmente fornita ai partecipanti un'immagine esplicativa ed inoltre i tasti-risposta venivano contrassegnati con un adesivo colorato per renderli distinguibili. Ciascun partecipante veniva sottoposto alla visione di 8 filmati, controbilanciando l'ordine di presentazione, i quali rappresentavano due tiri per ciascuna delle direzioni previste, calciati da due differenti tiratori. La presentazione degli 8 filmati era preceduta da un filmato di prova, per il quale la risposta fornita dai soggetti non veniva registrata, al fine di abituare i partecipanti al compito sperimentale.

Strumenti di valutazione pre- e post-test

Prima o dopo l'esecuzione del compito sperimentale sul calcio di rigore sono stati somministrati ai partecipanti i seguenti strumenti.

(a) Questionario pre-compito, costruito *ad hoc*, per la raccolta dei dati anagrafici, del livello di esperienza calcistica, della familiarità e dell'interesse per le partite di calcio, valutati su scala Likert a 10 passi.

(b) *Mental Rotation Test* di Vandenberg e Kuse (1978), per la valutazione delle abilità di rotazione mentale. Il test, composto da 20 item, prevede che il soggetto individui correttamente, all'interno di un insieme di 4 risposte possibili, le due figure geometriche tridimensionali che corrispondono alla rotazione nello spazio di una figura-target. Al soggetto viene chiesto di fornire quante più risposte possibili entro 8 minuti.

(c) Compito informatizzato per la rilevazione dei tempi di reazione semplici (ossia il tempo che intercorre tra la presentazione di uno stimolo visivo e la risposta motoria prodotta dal soggetto), realizzato e applicato utilizzando E-Prime. Il test prevede la comparsa di una serie di stimoli visivi al centro del monitor, costituiti da una freccia orientata verso una di quattro direzioni: alto e basso a sinistra e alto e basso a destra. Il soggetto viene istruito a premere il più velocemente possibile, non appena vede comparire la freccia sullo schermo, il tasto sulla tastiera di un computer corrispondente alla direzione indicata della freccia. I tasti-risposta, le corrispondenze con le quattro direzioni nello spazio e la collocazione delle dita sulla tastiera erano invariati rispetto al compito del calcio di rigore. Il compito era costituito da 50 stimoli presentati in ordine randomizzato; i 10 stimoli iniziali, per i quali le risposte dei soggetti non erano registrate, permettono la familiarizzazione del soggetto al compito. Il tempo richiesto per lo svolgimento dell'intera prova è di circa 5 minuti.

(d) Questionario post-compito, includente una serie di domande a risposta aperta, volto ad indagare (1) i processi sulla cui base il partecipante aveva ipotizzato la direzione dei calci di rigore osservati nei filmati, (2) se avesse rivolto la sua attenzione su una specifica parte del corpo del calciatore e se, a suo parere, questa avesse facilitato l'individuazione della traiettoria del pallone. Inoltre, il questionario indagava (3) se il partecipante ritenesse che per l'identificazione della direzione del pallone fosse più rilevante l'allenamento oppure si trattasse di una capacità innata.

Procedura

L'esperimento è stato condotto in una stanza priva di elementi distrattori e di rumori che potessero interferire con lo svolgimento del compito. Il partecipante è stato invitato ad accomodarsi, a prendere visione di un documento informativo sullo scopo della ricerca e a compilare e firmare

il consenso informato al trattamento dei dati. Adempiuta la parte informativa, lo sperimentatore ha proceduto con la somministrazione del questionario pre-test e del *Mental Rotation Test*.

Per i compiti da svolgere al computer è stato chiesto al partecipante di assumere la posizione corporea più comoda e di sistemare, in base alle proprie esigenze e caratteristiche, l'inclinazione del monitor del PC e di aggiustarne eventualmente la distanza. Compito dello sperimentatore è stato mettere a conoscenza il soggetto che la prova da svolgere avrebbe indagato i tempi di reazione semplice e che sul monitor sarebbero comparse delle istruzioni precise e complete sullo svolgimento del compito. Concluso il primo test, il soggetto è stato invitato a continuare con il successivo compito sul calcio di rigore e istruito circa le modalità di svolgimento e sulla posizione da assumere.

Si è infine somministrato al partecipante il questionario post-test e lo si è ringraziato per la partecipazione.

Analisi dei dati

L'accuratezza totale nell'esecuzione del compito sperimentale sui calci di rigore è stata considerata in termini di percentuale di risposte corrette su 8 filmati osservati. L'accuratezza delle risposte è stata inoltre valutata in riferimento a ciascuno di due orientamenti nello spazio: alto/basso e destra/sinistra. A questo scopo, le risposte sono state categorizzate in funzione dell'accuratezza dell'individuazione di ciascuna di queste due dimensioni e successivamente espresse in termini di percentuale di accuratezza.

I confronti e le correlazioni tra le variabili sono stati realizzati utilizzando analisi non parametriche (confronti entro i gruppi: test di Wilcoxon e test di Friedman; confronti tra i gruppi: test di Mann-Whitney; confronti tra frequenze: test chi quadrato; correlazioni: rho di Spearman), fatta eccezione per i confronti tra la media di una variabile continua e un valore di confronto, per il quale è stato impiegato il test parametrico *t* di Student a campione singolo, dopo aver verificato la normalità della variabile (test di Kolmogorov-Smirnov). Il valore di alpha considerato è .05.

Risultati

Differenze di genere

Dalle risposte al questionario pre-test non è emersa alcuna differenza significativa tra maschi e femmine per quanto riguarda l'interesse per il calcio, l'esperienza calcistica, la frequenza di visione di partite e la frequenza di visione dei *replay* (tutte le $p > .10$). Si è rilevata invece una

differenza di genere nella prova di rotazione mentale tridimensionale: i maschi hanno ottenuto prestazioni significativamente migliori ($U = 11$; $p < .005$; Figura 1).

Nessuna differenza di genere si è rilevata in relazione alla reattività di base (tempi di reazione semplici in ms: $M = 491.50$, $D.S. = 83.27$ per le femmine; $M = 500.80$; $D.S. = 181.23$ per i maschi; confronto: $U = 42$; n.s.). Per quanto riguarda il compito sperimentale, maschi e femmine hanno ottenuto prestazioni simili tra loro, sia per quanto riguarda la rapidità nel fornire le risposte (tempi di risposta in ms: $M = 807.7$; $D.S. = 261.31$ per le femmine; $M = 1022.32$; $D.S. = 511.55$ per i maschi; confronto: $U = 42$; n.s.) che l'accuratezza (percentuale di risposte corrette: $M = 33.75$; $D.S. = 14.49$ per le femmine; $M = 38.75$; $D.S. = 21.61$ per i maschi; confronto: $U = 44.5$; n.s.).

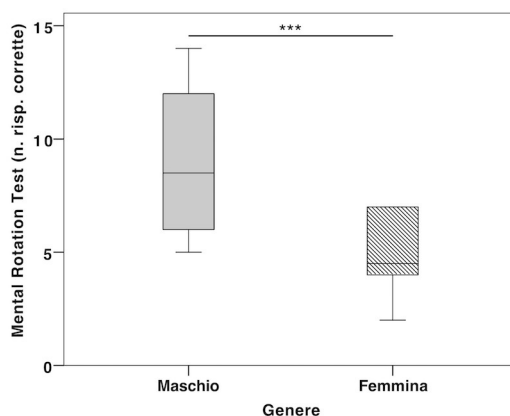


Fig. 1 – Differenze tra i punteggi nel test di rotazione mentale in funzione del genere. *** $p < .005$

Prestazione nel compito sul calcio di rigore

Accuratezza. L'analisi dell'accuratezza delle risposte fornite dai partecipanti ai filmati del compito sperimentale ha mostrato che la percentuale di risposte corrette è stata mediamente pari al 36.35% ($D.S. = 18.09$), con una distribuzione della variabile che si approssima alla curva normale (K-S test: $D = .18$; n.s.; Figura 2). Tale percentuale di accuratezza è significativamente superiore ($t_{(19)} = 2.78$; $p < .05$) alla probabilità di fornire casualmente la risposta corretta, pari al 25% (1 risposta corretta su 4 opzioni). Dall'analisi *post-hoc* dell'accuratezza delle risposte per ciascuna delle quattro condizioni è emerso che soltanto la direzione AD è stata identificata correttamente con una probabilità ($M = 42.50\%$; $D.S.$

= 37.26) che si è attestata significativamente superiore al caso ($t_{(19)} = 2.10$; $p < .05$). Tuttavia, le percentuali di accuratezza delle risposte sono risultate tra loro simili (test di Friedman: $\chi^2_{(3)} = 1.67$; n.s.) per le quattro condizioni (AS: M = 35.00; D.S. = 28.56; BS: M = 32.50; D.S. = 40.63; BD: M = 35.00; D.S. = 32.85; Figura 3).

Prendendo singolarmente in esame le dimensioni spaziali, e calcolando le percentuali di accuratezza della dimensione alto/basso (indipendentemente dal fatto che il tiro fosse a destra o sinistra) e viceversa, non è emersa alcuna differenza significativa tra l'accuratezza nell'individuazione della dimensione destra/sinistra (M = 52.50%; D.S. = 33.10) e alto/basso (M = 47.50%; D.S. = 25.52; T = 79; n.s.).

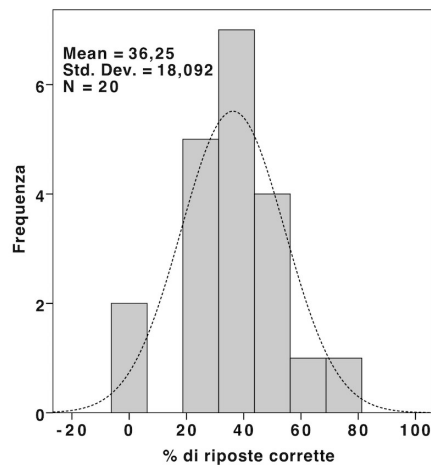


Fig. 2 – Distribuzione delle percentuali di risposte corrette al compito sul calcio di rigore

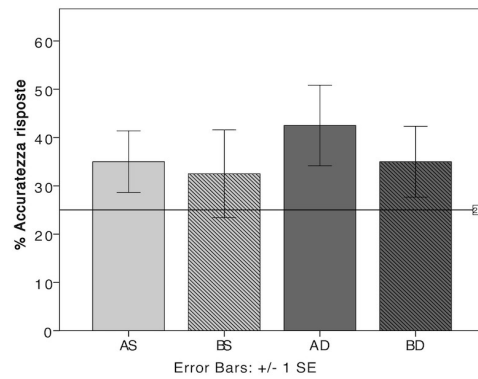


Fig. 3 – Percentuale di risposte corrette per ciascuna delle quattro condizioni del compito sul calcio di rigore: alto a sinistra (AS), basso a sinistra (BS), alto a destra (AD) e basso a destra (BD)

Tempi di risposta. Il tempo medio per fornire la risposta è risultato essere di 915.01 ms (D.S. = 410.39) e i tempi di risposta sono significativamente diversi nelle quattro condizioni (test di Friedman: $\chi^2 = 8.22$; $p < .05$; Figura 4). Dalle analisi *post-hoc* è risultato che i tiri indirizzati in AD (M = 1161.62; D.S. = 887.15) hanno richiesto significativamente maggior tempo rispetto a quelli indirizzati in BS (M = 671.25; D.S. = 313.75; T = 36.00 ; $p < .01$).

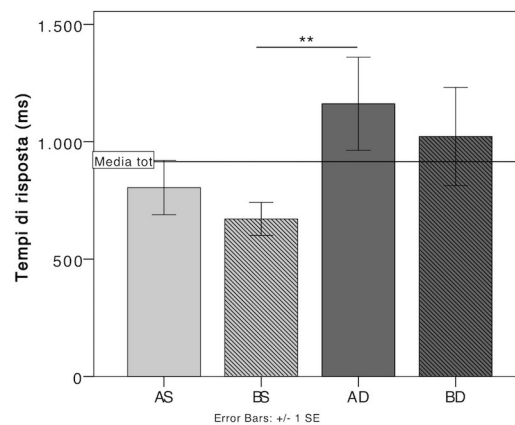


Fig. 4 - Tempi medi di risposta nella quattro condizioni del compito sul calcio di rigore: alto a sinistra (AS), basso a sinistra (BS), alto a destra (AD) e basso a destra (BD). ** $p < .01$

Questionario post-test

Le risposte fornite dai partecipanti alle domande aperte del questionario post-test sono state categorizzate e analizzate in termini di frequenza.

(1) Alla domanda sulla presa di decisione (*“Sapresti descrivere il processo che ti ha portato ad intuire la direzione del pallone?”*), le risposte che hanno avuto una frequenza maggiore sono: la posizione del calciatore (38.8%) e la rincorsa (36.8%), mentre il piede (15.8%) e la posizione della testa (5.3%) hanno ottenuto percentuali di risposta inferiori.

(2) Alla domanda sulla parte del corpo osservata (*“Guardavi una parte del corpo in particolare? Se sì, quale?”*) le parti del corpo più frequentemente osservate sono risultate: i piedi e i piedi contemporaneamente alle gambe con uguale percentuale (20%). Seguivano poi: le gambe e i piedi più il busto (15%); l'angolazione del busto (10%); lo stinco (5%); l'angolazione degli arti inferiori (5%); i piedi più l'angolazione degli arti inferiori (5%); i piedi più la testa (5%).

(3) Alla domanda sulla presenza di finte durante i tiri (*“Pensi che il calciatore abbia tentato di ingannare sull'effettiva traiettoria del pallone?”*) il 60% dei partecipanti ha risposto di no, mentre il restante 40% ha erroneamente valutato che fossero presenti delle finte.

(4) Alla domanda sul punto di vista (*“Pensi che da un'altra prospettiva sia più facile intuire la traiettoria del pallone?”*) la maggior parte dei partecipanti ha ritenuto che cambiare la prospettiva non aiuti nell'intercettazione della direzione corretta del tiro di rigore (55%). Seguono: sì, da dietro (30%); sì, senza specificazioni (10%); sì, da sopra (5%).

(5) Alla domanda sulla frequenza di visione del compito (*“Pensi che dopo aver visto un certo numero di video saresti più capace di riconoscere la direzione del pallone?”*) il 70% dei partecipanti ha pensato che potrebbero essere capaci, contro il 30% che ha ritenuto che rivedere i filmati del compito sperimentale non li potesse aiutare nel riconoscere la direzione della palla.

(6) Alla domanda inerente alla velocità (*“Pensi che sapresti valutare anche la velocità del pallone?”*) il 55% dei partecipanti ha ritenuto di essere in grado di farlo mentre il 45% non pensava di essere in grado.

(7) Alla domanda che indagava l'importanza dell'allenamento o della dote innata (*“Pensi che sia più importante un allenamento o una dote innata per svolgere questo compito?”*) la maggior parte dei partecipanti ha ritenuto più importante possedere una dote innata (60%). Seguivano: entrambi (35%) e l'allenamento (5%).

Discussione e conclusioni

L'analisi delle prestazioni dei partecipanti nel compito sperimentale ha mostrato che la direzione del calcio di rigore è stata individuata correttamente in circa il 36% dei casi, in media, rispetto alle 4 traiettorie possibili, quindi la stima della direzione corretta da parte del campione è risultata superiore alla probabilità di indovinare casualmente la risposta esatta. Dati statistici raccolti da Dohmen (2008) indicano che le possibilità per il portiere di parare il calcio di rigore è solo del 18.8%. Considerando che un portiere può pianificare il proprio comportamento anche sulla base di dati recepiti dopo che il pallone ha iniziato la propria traiettoria, la percentuale media di successo nel compito sperimentale qui descritto induce a ritenerlo una prova adeguata per lo studio della specifica capacità di cogliere le intenzioni di tiro dell'avversario. La mancanza di correlazioni tra accuratezza e velocità, valutata complessivamente su tutte le direzioni, suggerirebbe inoltre che, in generale, in questo compito non è la maggior "prudenza" nell'emettere la risposta ad assicurare un maggior successo: coloro che attendono di più a rispondere, con ciò avendo la possibilità di "riflettere" maggiormente circa il comportamento del rigorista, non per questo riescono meglio ad identificare la direzione del tiro.

Tuttavia, analizzando l'accuratezza delle risposte in relazione a ciascuna possibile direzione del tiro, l'identificazione della direzione AD è risultata essere la più facile, ma anche associata a tempi di risposta più lunghi. Si ipotizza che per i soggetti sia più semplice intuire che il tiro sia indirizzato in alto a destra poiché la configurazione motoria del calciatore in procinto di tirare in quella direzione è maggiormente distinguibile, facilitando pertanto la corretta associazione tra gesto e direzione del pallone. Inoltre, seppure la correlazione tra accuratezza e tempi di risposta al compito sperimentale non abbia raggiunto la significatività statistica, il fatto che la direzione più spesso individuata correttamente abbia richiesto tempi di risposta prolungati sembra suggerire la necessità di un'elaborazione più lunga e accurata della scena al fine di stimare correttamente dove verrà proiettato il pallone. Coerentemente, analizzando la relazione tra l'*expertise* calcistico e i tempi di risposta, è emerso come i soggetti più esperti siano stati tendenzialmente più lenti, e pertanto meno impulsivi, nel fornire le risposte rispetto ai soggetti meno esperti.

Queste considerazioni tendono a confermare la possibile implicazione del sistema dei neuroni specchio nella individuazione dell'intenzione del rigorista da parte dell'osservatore. Infatti nel nostro compito sperimentale, per poter cogliere tale intenzione, l'osservatore si può basare esclusivamente su indizi visivi cinematici (cioè relativi al movimento del cal-

ciatore), essendo tutti gli altri elementi contestuali identici (la rincorsa parte sempre dallo stesso lato in tutti i filmati; lo sfondo è sempre identico). Dato che la cinematica di un atto motorio è strettamente legata alla rappresentazione cerebrale di quell'atto, quando l'osservatore analizza la cinematica del calciatore (della rincorsa del rigorista fino al contatto del piede con la palla), attiva le proprie rappresentazioni motorie di quell'azione, e ciò gli permette di riconoscerla automaticamente. Questo è esattamente il meccanismo sotteso dai neuroni specchio che, mediante l'analisi visiva del movimento altrui, confrontano questa rappresentazione visiva col repertorio motorio dell'osservatore. Numerosi studi comportamentali e neurofisiologici evidenziano che l'esperto in una particolare abilità motoria è più rapido nel riconoscere, osservandola, la cinematica sottostante a quell'abilità e presenta una maggiore attivazione della corteccia motoria, rispetto a persone *naïve* o a esperti soltanto da un punto di vista visivo (p. es. giornalisti sportivi) (Aglioti et al., 2008; Calvo-Merino et al., 2005). Questi dati sono in accordo con la migliore accuratezza dei nostri soggetti più esperti. Ovviamente ci si può aspettare che, proponendo un compito simile a giocatori di calcio, essi possano produrre una percentuale di risposte corrette ancora maggiore in quanto la loro migliore conoscenza motoria li facilita nell'interpretazione dell'intenzione del rigorista.

Confrontando la corretta identificazione delle dimensioni spaziali alto/basso e destra/sinistra, non sono emerse differenze specifiche: è risultato ugualmente difficile per i soggetti prevedere sia il corretto orientamento nella dimensione orizzontale che in quella verticale (altezza del tiro). Questi dati portano a ritenere che nella prova non operino *bias* che interessano gli assi spaziali.

Variabili quali il genere, la reattività base e l'abilità di rotazione mentale tridimensionale dei soggetti non si associano alle prestazioni nel compito sperimentale. Ciò suggerisce l'indipendenza del compito da caratteristiche individuali strutturali. È interessante notare che la reattività di base in un compito visivo di detezione del segnale è correlata alla capacità visuo-spaziale di rotazione mentale, a significare una coerenza di questi due aspetti della cognizione visuo-spaziale, e che nel test di rotazione mentale i maschi hanno avuto prestazioni superiori alle femmine, in accordo con la letteratura (Vandenberg & Kuse, 1978) e prova che le abilità visuo-spaziali non sono implicate nella prova del calcio di rigore.

L'unica variabile personale che incide sul compito, relativamente alla velocità di esecuzione, è l'esperienza calcistica, da considerarsi autonoma rispetto all'interesse per questo sport, che invece non si associa alla prestazione.

Per quanto riguarda le opinioni dei partecipanti sui processi attivati per stimare la direzione del pallone, è emerso che la posizione del corpo del calciatore e la rincorsa sono stati gli elementi più informativi e utili nella presa di decisione. I piedi, le gambe e l'angolazione del busto del calciatore sono le parti del corpo che i partecipanti hanno dichiarato di osservare più frequentemente durante il compito. Si ravvisa quindi una discrepanza tra ciò che i soggetti dicono essere più funzionale all'esecuzione del compito e ciò che riferiscono di aver compiuto, suggerendo una certa problematicità della dimensione metacognitiva in prove di questo genere. La prospettiva frontale è stata valutata essere quella maggiormente funzionale per lo svolgimento del compito, mentre un ipotetico cambio del punto di vista non sarebbe stato altrettanto d'aiuto. La maggior parte dei partecipanti ha valutato che la possibilità di visionare frequentemente filmati su calcio di rigore possa favorire una migliore prestazione nel compito di identificazione della traiettoria del tiro; tuttavia, la gran parte dei rispondenti ha ritenuto che una dote innata sia significativamente più rilevante rispetto ad un allenamento costante nel garantire ottime prestazioni al compito. Questo repertorio di credenze, che in parte coincidono e in parte differiscono da quanto emerge dagli studi sulle caratteristiche maggiormente informative del comportamento del rigorista, confermano che il compito di identificazione delle intenzioni di tiro dell'avversario è scarsamente "penetrabile" dall'introspezione e quindi in esso non hanno ruolo processi inferenziali espliciti, mentre è più verosimile il coinvolgimento di un meccanismo più diretto come quello dei neuroni specchio. Infatti, è molto probabile che la risposta del 40% dei soggetti che hanno ritenuto fossero presenti delle finte nelle azioni osservate sia un tentativo successivo di interpretazione della scena osservata, un processo di tipo *top-down*, diverso da quello *bottom-up* tipico del sistema dei neuroni specchio. Esperimenti di neuroimmagine, in cui veniva richiesto non soltanto un riconoscimento delle azioni intenzionali ma anche una riflessione esplicita sui motivi che avevano indotto queste azioni, hanno evidenziato un'attivazione non solamente del sistema dei neuroni specchio, ma anche di altre aree corticali che sono probabilmente legate al tentativo di dare un'interpretazione a ciò che si osserva (Iacoboni et al., 2005; Brass et al., 2007). È possibile che il questionario post-compito proposto ai nostri soggetti abbia indotto questo processo di mentalizzazione, che non coincide con l'attivazione, più automatica, del sistema specchio.

La scarsa numerosità campionaria e di numero di prove per partecipante è probabilmente il limite principale del presente studio e pertanto è bene avere cautela nella generalizzazione dei risultati. Inoltre, aver valutato l'esperienza calcistica dei partecipanti esclusivamente con una misu-

ra *self-report*, e senza indicatori comportamentali più specifici (quali ad esempio gli anni di allenamento e il numero di allenamenti alla settimana), potrebbe aver contribuito a una scelta del campione non sufficientemente accurata.

Ulteriori studi su un campione più ampio e meglio caratterizzato potranno confermare i dati preliminari emersi. Per gli obiettivi della presente indagine è degno di nota che il paradigma sperimentale messo a punto sia risultato adeguato per indagare la possibilità di intuire la direzione della traiettoria di un pallone basata sull'osservazione dei movimenti di un calciatore in procinto di tirare un calcio di rigore.

Dati acquisiti con questo paradigma potranno dare un contributo alla comprensione dei processi implicati nell'identificazione della direzione del calcio di rigore e, più in generale, dei processi sottesi alla comprensione delle intenzioni altrui (contribuendo così alla letteratura sul *mindreading*-Teoria della Mente). I risultati potranno essere poi la base per la messa a punto di tecniche di addestramento volte a migliorare la prestazione di rigoristi e portieri più contestualizzate rispetto alle correnti pratiche di enhancement (Cancer et al., 2018).

Bibliografia

- Abernethy, B., & Zawi, K. (2007). Pickup of essential kinematics underpins expert perception of movement patterns. *Journal of motor behavior*, *39*(5), 353-367.
- Abernethy, B., Zawi, K., & Jackson, R. C. (2008). Expertise and attunement to kinematic constraints. *Perception*, *37*(6), 931-948.
- Abreu, A. M., Macaluso, E., Azevedo, R. T., Cesari, P., Urgesi, C., & Aglioti, S. M. (2012). Action anticipation beyond the action observation network: a functional magnetic resonance imaging study in expert basketball players. *European Journal of Neuroscience*, *35*(10), 1646-1654.
- Aglioti, S. M., Cesari, P., Romani, M., & Urgesi, C. (2008). Action anticipation and motor resonance in elite basketball players. *Nature neuroscience*, *11*(9), 1109.
- Calvo-Merino, B., Glaser, D. E., Grèzes, J., Passingham, R. E., & Haggard, P. (2004). Action observation and acquired motor skills: an fMRI study with expert dancers. *Cerebral Cortex*, *15*(8), 1243-1249.
- Cañal-Bruland, R., & Schmidt, M. (2009). Response bias in judging deceptive movements. *Acta Psychologica*, *130*(3), 235-240.
- Cancer, A., Schulz, P., Castaldi, S., & Antonietti, A. (2018). Neuroethical issues in cognitive enhancement: The undergraduates' point of view. *Journal of Cognitive Enhancement*, *2*, 323-330, DOI: 10.1007/s41465-018-0110-3.
- Diaz, G. J., Fajen, B. R., & Phillips, F. (2012). Anticipation from biological motion: The goalkeeper problem. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *38*(4), 848-864.

- Dicks, M., Button, C., & Davids, K. (2010). Availability of advance visual information constrains association-football goalkeeping performance during penalty kicks. *Perception*, 39(8), 1111-1124.
- Dicks, M., Davids, K., & Button, C. (2010). Individual differences in the visual control of intercepting a penalty kick in association football. *Human Movement Science*, 29(3), 401-411.
- Dohmen, T. J. (2008). The influence of social forces: Evidence from the behavior of football referees. *Economic inquiry*, 46(3), 411-424.
- Farrow, D., & Abernethy, B. (2003). Do expertise and the degree of perception-action coupling affect natural anticipatory performance?. *Perception*, 32(9), 1127-1139.
- Franks, I. M., & Harvey, T. (1997). Cues for goalkeepers. High-tech methods used to measure penalty shot response. *Soccer Journal*, 42, 30-33.
- Hommel, B., Pratt, J., Colzato, L., & Godijn, R. (2001). Symbolic control of visual attention. *Psychological Science*, 12(5), 360-365.
- Kuhn, W. (1988). Penalty-kick strategies for shooters and goalkeepers. *Science and Football*, 489-492.
- Lyttleton, B. (2015). *Undici metri: Arte e psicologia del calcio di rigore*. Milano: Tea.
- Makris, S., & Urgesi, C. (2014). Neural underpinnings of superior action prediction abilities in soccer players. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 10(3), 342-351.
- McMorris, T., & Colenso, S. (1996). Anticipation of professional soccer goalkeepers when facing right-and left-footed penalty kicks. *Perceptual and Motor Skills*, 82(3), 931-934.
- Nunome, H., Asai, T., Ikegami, Y., & Sakurai, S. (2002). Three-dimensional kinetic analysis of side-foot and instep soccer kicks. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34(12), 2028-2036.
- Orgs, G., Dombrowski, J. H., Heil, M., & Jansen-Osmann, P. (2008). Expertise in dance modulates alpha/beta event-related desynchronization during action observation. *European Journal of Neuroscience*, 27(12), 3380-3384.
- Prinz, W. (1997). Perception and action planning. *European Journal of Cognitive Psychology*, 9(2), 129-154.
- Reithler, J., van Mier, H. I., Peters, J. C., & Goebel, R. (2007). Nonvisual motor learning influences abstract action observation. *Current Biology*, 17(14), 1201-1207.
- Savelsbergh, G. J. P., Cañal-Bruland, R., & van der Kamp, J. V. D. (2012). Error reduction during practice: A novel method for learning to kick free-kicks in soccer. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 7(1), 47-56. DOI: 10.1260/1747-9541.7.1.47.
- Savelsbergh, G. J. P., van der Kamp, J. V. D., Williams, A. M., & Ward, P. (2005). Anticipation and visual search behaviour in expert soccer goalkeepers. *Ergonomics*, 48(11-14), 1686-1697. DOI: 10.1080/00140130500101346.

- Savelsbergh, G. J. P., van Gastel, P., & van Kampen, P. M. V. (2010). Anticipation of penalty kicking direction can be improved by directing attention through perceptual learning. *International Journal of Sport Psychology*, *41*, 24-41.
- Savelsbergh, G. J., Williams, A. M., van der Kamp, J. V. D., & Ward, P. (2002). Visual search, anticipation and expertise in soccer goalkeepers. *Journal of Sports Sciences*, *20*(3), 279-287.
- Schütz-Bosbach, S., & Prinz, W. (2007). Perceptual resonance: action-induced modulation of perception. *Trends in Cognitive Sciences*, *11*(8), 349-355.
- Smeeton, N. J., & Huys, R. (2011). Anticipation of tennis-shot direction from whole-body movement: The role of movement amplitude and dynamics. *Human Movement Science*, *30*(5), 957-965.
- Tomeo, E., Cesari, P., Aglioti, S. M., & Urgesi, C. (2012). Fooling the kickers but not the goalkeepers: behavioral and neurophysiological correlates of fake action detection in soccer. *Cerebral Cortex*, *23*(11), 2765-2778.
- Urgesi, C., Maieron, M., Avenanti, A., Tidoni, E., Fabbro, F., & Aglioti, S. M. (2010). Simulating the future of actions in the human corticospinal system. *Cerebral Cortex*, *20*(11), 2511-2521.
- Urgesi, C., Savonitto, M. M., Fabbro, F., & Aglioti, S. M. (2012). Long- and short-term plastic modeling of action prediction abilities in volleyball. *Psychological Research*, *76*(4), 542-560.
- Kamp, J. V. D. (2006). A field simulation study of the effectiveness of penalty kick strategies in soccer: Late alterations of kick direction increase errors and reduce accuracy. *Journal of Sports Sciences*, *24*(05), 467-477.
- Van Overwalle, F., & Baetens, K. (2009). Understanding others' actions and goals by mirror and mentalizing systems: a meta-analysis. *Neuroimage*, *48*(3), 564-584.
- Vandenberg, S. G., & Kuse, A. R. (1978). Mental rotations, a group test of three-dimensional spatial visualization. *Perceptual and Motor Skills*, *47*(2), 599-604.
- Weissensteiner, J., Abernethy, B., Farrow, D., & Müller, S. (2008). The development of anticipation: A cross-sectional examination of the practice experiences contributing to skill in cricket batting. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, *30*(6), 663-684.
- Williams, A. M. (1993). Advance cue utilization in soccer. *Science and Football II*, 284-290.
- Williams, M., & Griffiths, I. W. (2002). A kinematic analysis of the prevalence of pre-impact cues in the football penalty kick. *Journal of Sports Sciences*, *20*(1), 74-74.
- Williams, M., Kamp, J. V. D., Savelsbergh, G. J. P., & Savelsbergh, G. J. P. (2002). Visual search, anticipation and expertise in soccer goalkeepers. *Journal of Sports Sciences*, *20*(3), 279-287. DOI: 10.1080/026404102317284826.
- Wilson, M., & Knoblich, G. (2005). The case for motor involvement in perceiving conspecifics. *Psychological Bulletin*, *131*(3), 460.