



Foto: Cuerni M. / Maxipix / Europa

Processi cerebrali e prestazione

Intervista al prof. Fabrizio Eusebi a cura di Mario Gulinelli

Il Laboratorio di Neurofisiologia per lo sviluppo del potenziale cerebrale umano negli sport dell'Istituto di medicina e scienza dello sport del Coni Servizi, in collaborazione con la Federazione italiana judo, lotta, karate, arti marziali (FJKAM), con la Federazione italiana scherma (FIS), con la Federazione italiana golf (FIG) e con la Federazione ginnastica d'Italia (FIGI) ha sviluppato un programma di ricerca diretto alla comprensione dei meccanismi cerebrali alla base della prestazione degli atleti, la cui conoscenza potrebbe consentire di migliorare le tecniche di allenamento e la prestazione di gara. Su tale programma, i cui risultati sono stati presentati nel Convegno "Processi cerebrali e gesto sportivo in atleti di elite" svoltosi a Roma presso il Centro di preparazione olimpica "Giulio Onesti" il 20 giugno 2007, abbiamo intervistato il professore Fabrizio Eusebi, direttore del suddetto Laboratorio.

www.acquacetosaricerca.it

Può spiegarci il tipo di ricerca che sta conducendo la sua Unità di ricerca presso l'Istituto di medicina e scienza dello sport del Coni?

I programmi sperimentali dell'Unità di ricerca che dirigo sono volti alla comprensione degli specifici meccanismi cerebrali che stanno alla base della performance degli atleti di diversi sport. La conoscenza di tali meccanismi dovrebbe consentire di migliorare le tecniche d'allenamento e l'approccio alla gara. Ma queste scoperte potrebbero avere ricadute molto importanti anche nel campo della riabilitazione, per tutti quei pazienti che presentano deficit cognitivo-motori a seguito di malattie neurodegenerative, o di ictus e di traumi cranici.

Tutti i programmi di ricerca in corso nascono da accordi specifici con i vertici federali - e vorrei a questo proposito ringraziare sia il Presidente, Giovanni Petrucci, sia il Segretario generale, Raffaele Pagnozzi del Coni. Un ringraziamento va anche ai Presidenti, Matteo Pellicone (FJKAM), Giorgio Scarso (Fis), Franco Chimenti (Fig) e Riccardo Agabio (FIGI), che ci hanno messo in contatto con Direttori tecnici e medici federali che hanno fornito un contributo inestimabile allo sviluppo delle nostre ricerche neuroscientifiche e meritano di essere ricordati: Pierluigi Aschieri e Andrea Lino, rispettivamente Direttore tecnico karate e Medico federale della FJKAM; Antonio Fiore, medico sportivo e promotore del progetto Schermaalab, Giancarlo Torà, Presidente dei Maestri di Scherma e Enrico Di Ciolo della FIS; Federica Dassù; Gianluca Crespi, Alberto Binaghi, Direttori tecnici e Antonio Pelliccia, Medico federale della FIG; Marina Piazza, Direttore tecnico della sezione ritmica e Giovanna Berluti medico federale della FIGI.

Scienze della cultura sportiva Anno XXIV n. 74

Di che mezzi vi servite per valutare l'attività cerebrale degli atleti?

Utilizziamo principalmente tecniche elettroencefalografiche (EEG) ad alta risoluzione spaziale, che forniscono stime accettabili dell'attività oscillatoria (le cosiddette onde cerebrali) che riflette la trasmissione di segnali all'interno dei circuiti cerebrali. La nostra vita mentale emerge in modi complessi e non sempre chiari, proprio dall'attività di questi circuiti. La percezione del mondo, i processi attentivi, la memoria, la pianificazione e l'esecuzione delle nostre azioni, le emozioni e i sentimenti e infine la coscienza sono tutti prodotti del funzionamento dell'insieme dei circuiti nervosi del cervello. Un segno distintivo di questi processi, che si può cogliere nel tracciato EEG, è la cosiddetta *sincronizzazione temporale* dell'attività elettrica associata all'attività dei circuiti cerebrali. Mi spiego. In un soggetto in condizioni di veglia rilassata, i neuroni delle aree sensoriali e motore della corteccia cerebrale si attivano in maniera sincrona, producendo il cosiddetto *ritmo alfa* che, normalmente, ha una frequenza media di circa 10 cicli al secondo. Quando una persona esegue un compito, l'ampiezza del ritmo alfa diminuisce drasticamente. In questi frangenti la frequenza dell'EEG infatti diviene molto più alta, tenta e più cicli al secondo. Per fare un esempio, in condizioni di tranquillità, le popolazioni neurali della corteccia cerebrale si attivano all'unisono come un plotone di soldati in marcia. Quando scatta l'allarme, i soldati cominciano improvvisamente a correre in piccoli gruppi. Ogni gruppo corre alla sua velocità, in relazione all'operazione da compiere.

Quale è la relazione tra queste onde cerebrali e la prestazione degli atleti?

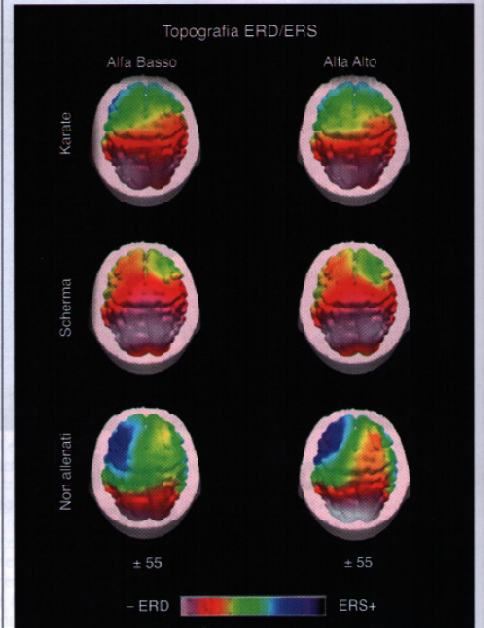
Si è osservato che esiste una relazione tra le caratteristiche del ritmo alfa in condizioni di riposo e il livello della prestazione di una persona che viene chiamata successivamente a svolgere un compito cognitivo-motorio. Maggiore è l'ampiezza del ritmo alfa a riposo e migliore è la performance. Le ricerche condotte in questi ultimi mesi hanno dimostrato in atleti di élite una stretta relazione tra l'ampiezza del ritmo alfa e l'equilibrio. Inoltre si è visto che inducendo sperimentalmente un aumento dell'ampiezza del ritmo alfa, sia atleti che persone che non svolgono attività sportiva agonistica reagiscono più rapidamente alla presentazione di stimoli sensoriali. L'ampiezza del ritmo alfa e la sua riduzione durante l'azione potrebbero, quindi, essere usati come parametro utile per giudicare se le pratiche di allenamento producono un'efficiente sincronizzazione temporale dell'attività cerebrale. Sulla base di questa ipotesi abbiamo sviluppato un dispositivo elettronico per la modulazione dei ritmi cerebrali alfa (circa 10 Hz) al fine di favorire il recupero delle funzioni visuo-cognitive-motorie in atleti di ogni livello e in non atleti con deficit da trauma o neuropatie. Il dispositivo rende possibile, in modo estremamente semplice e immediato, la somministrazione di stimolazioni audio-visive sincronizzate di opportuna frequenza, intensità e durata. Tali stimolazioni sono in grado di modulare i ritmi cerebrali alfa, la cui potenza in condizioni di riposo è alla base della globale efficienza visuo-cognitivo-motoria del soggetto. Il dispositivo potrebbe essere usato anche per ottimizzare le procedure di riabilitazione sulle funzioni visuo-cognitive-motorie in atleti e non atleti con deficit incotti da trauma o da neuropatia.

Però la rapidità di esecuzione non è tutto in gara...

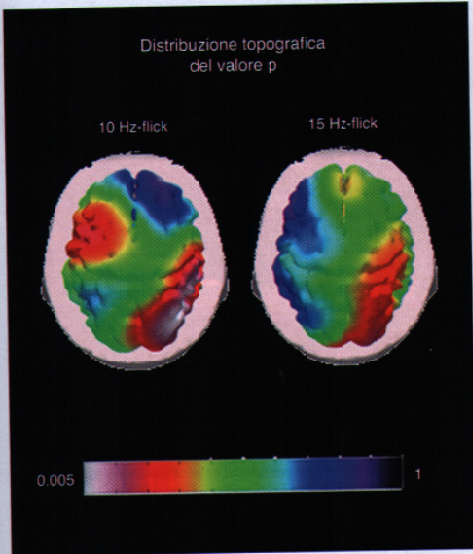
Absolutamente d'accordo. A questo riguardo abbiamo visto che atleti di jūdō di karate e scherma, ai quali vengono presentate foto del loro sport, mostrano la tipica attività cerebrale che caratterizza situazioni nelle quali devono essere evitati comportamenti impulsivi. Nel cervello di questi atleti sembra scattare un meccanismo che inibisce le risposte impulsive. In altre parole, la rapidità di esecuzione viene combinata



Foto: Lirio / Europa / FULCAM



Distribuzione topografica della desincronizzazione/sincronizzazione evento-correlata (ERD/ERS) del ritmo cerebrale alfa a bassa frequenza (circa 8-10 Hz) e alta frequenza (circa 10-12 Hz) in atleti di élite di karate, in atleti di élite di scherma e in non atleti. La desincronizzazione evento-correlata indica la riduzione percentuale in ampiezza del ritmo alfa nella condizione di stazione eretta ad "occhi aperti", rispetto alla condizione di stazione eretta ad "occhi chiusi". La desincronizzazione evento-correlata del ritmo alfa è un tipico indice di attivazione corticale e, nelle mappe in figura, il suo valore percentuale massimo è rappresentato dal colore bianco. Si nota la vasta regione anteriore di desincronizzazione evento-correlata del ritmo alfa negli atleti di élite rispetto ai non atleti, come segno di una elaborazione dell'informazione visiva che si estende alle regioni frontali della corteccia cerebrale, le quali controllano gli atti motori e la postura. I risultati di questo studio sono stati esaurientemente illustrati nell'articolo "Cortical alpha rhythms are correlated with body sway during quiet open-eyes standing in athletes: a high-resolution EEG study" di C. Del Percio, A. Brancucci, F. Bergami, N. Marzano, A. Fiore, E. Di Ciolo, P. Aschieri, A. Lino, F. Vecchio, M. Iacoboni, M. Gallimini, C. Babiloni, F. Eusebi, pubblicato recentemente sulla rivista internazionale "NeuroImage" (36, 2007, 3, 822-829).



Distribuzione topografica del valore di probabilità ("valore p") relativo alla correlazione tra la variazione della sincronizzazione evento-correlata del ritmo alfa ad alta frequenza (circa 10-12 Hz) prima di un compito cognitivo-motorio (rispondere subito dopo aver visto foto di azioni sportive) e la variazione percentuale del tempo di reazione a tale compito, in un gruppo formato da atleti di elite di karate e da non atleti. In particolare, la sincronizzazione evento-correlata indica l'aumento percentuale in ampiezza del ritmo alfa nella fase che immediatamente precede il compito cognitivo-motorio nella condizione di stimolazione audiovisiva a 10 Hz (condizione sperimentale) e a 15 Hz (condizione placebo), rispetto alla condizione di base in cui non si riceveva la stimolazione audiovisiva a 10 Hz o 15 Hz. Analogamente, la variazione percentuale del tempo di reazione al compito cognitivo-motorio indica la riduzione o l'aumento del tempo di reazione al compito cognitivo-motorio nella condizione di stimolazione audiovisiva a 10 Hz o 15 Hz, rispetto alla condizione di base. La stimolazione audiovisiva a 10 Hz o 15 Hz veniva svolta per un minuto prima del compito cognitivo. L'ampiezza del ritmo alfa in condizione di veglia rilassata è proporzionale all'efficienza con cui la corteccia cerebrale è in grado di elaborare l'informazione sensorimotoria durante il compito cognitivo-motorio. Riguardo il significato del massimo valore di probabilità ("valore p") rappresentato nelle mappe di colore, vale la seguente regola: più è basso il valore di probabilità, più la correlazione tra desincronizzazione evento-correlata e variazione percentuale del tempo di reazione acquisita significativamente statistica. La soglia minima di significatività statistica è di $p=0,05$. Scala di colore: il valore minimo del valore di probabilità ("valore p") è indicato in bianco. Si nota che il valore di probabilità della correlazione è marcatamente più basso per la stimolazione audiovisiva a 10 Hz (condizione sperimentale) che per quella a 15 Hz (condizione placebo), come segno della possibilità di modificare con una semplice stimolazione audiovisiva a 10 Hz di un minuto sia l'ampiezza dei ritmi alfa prima del compito cognitivo-motorio, sia la prestazione a tale compito. I risultati di questo studio sono stati esaurientemente illustrati nell'articolo "Pre-stimulus alpha rhythms are correlated with post-stimulus sensorimotor performance in athletes and non-athletes: a high-resolution EEG study" di C. Del Percio, N. Marzano, S. Tighe, A. Fiore, E. Di Ciolo, P. Aschieri, A. Lino, G. Torà, C. Babiloni, F. Eusebi, pubblicato recentemente sulla rivista internazionale "Clinical Neurophysiology" (118, 2007, 8, 1711-1720).

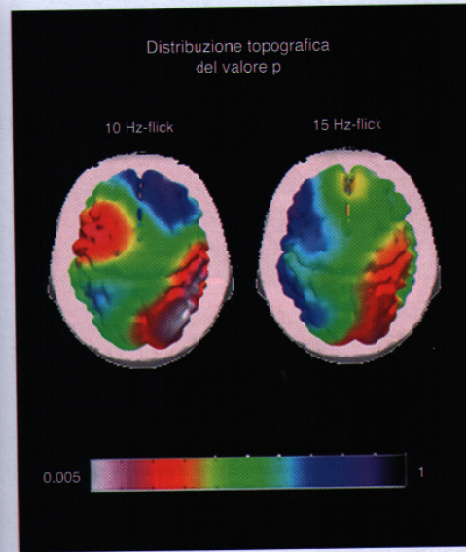
ta con la capacità di frenare le proprie azioni. Verosimilmente si tratta di meccanismi cerebrali atti ad evitare le trappole dell'avversario (ad esempio quando viene fittato un attacco). L'idea base è che una parte del segreto dei campioni dello sport sia riposta nella loro abilità di comprendere in maniera fulminea le intenzioni dell'avversario e di prevenirle con azioni opportune e tempestive. I risultati preliminari delle nostre ricerche confermano ed estendono al mondo dello sport i risultati ottenuti dall'equipe del prof. Rizzolatti dell'Università di Parma. Quando i karateki esperti guardano azioni che si riferiscono allo sport praticato, mostrano, attraverso la RMF, una particolare attivazione di specifiche regioni del lobo frontale e del lobo parietale, dove sono stati identificati i cosiddetti sistemi specchio nella scimmia (lo studio è stato svolto nel Centro di neuroimmagini dell'Università di Chieti, diretto da Prof. Romani). Analoghi risultati sono stati ottenuti misurando la riduzione dei ritmi alfa in atleti di élite di ginnastica ritmica che osservavano filmati di ginnastica. Se i risultati saranno confermati da ulteriori controlli sperimentali, potremo dimostrare che l'attività dei sistemi specchio sia alla base della comprensione del gesto sportivo in atleti di alto livello. Anche in questo caso le misure dell'attività cerebrale potrebbero offrire preziose indicazioni sui processi di plasticità che permettono all'atleta una fulminea comprensione delle intenzioni dell'avversario o del compagno di squadra.

Queste ricerche a quanti sport potrebbero essere estese?

Abbiamo motivi per pensare che i ritmi alfa riflettano una generale capacità di sincronizzazione e coordinamento dell'attività neurale all'interno dei circuiti cerebrali. Il loro ruolo dovrebbe, quindi, essere importante in generale per i processi cognitivi-motori in tutti gli sport. Prendiamo ad esempio i golfisti. La loro prestazione dipende da una precisa analisi percettiva della posizione della pallina rispetto alla buca, dal controllo della posizione di equilibrio del corpo e della fluidità del movimento. Attualmente si sa molto poco della relazione tra una buona prestazione sportiva e le caratteristiche dell'attività cerebrale. Tuttavia, per i motivi che ho esposto e per i risultati di ricerche precedenti di altri gruppi di ricerca, abbiamo ritenuto che un ruolo chiave potesse essere giocato dal tipo di ritmo alfa correlato allo stato di concentrazione che precede l'azione. Per verificare questa ipotesi abbiamo chiesto a golfisti di élite di eseguire colpi di precisione su un simulatore del green costruito ad hoc. Si è visto che il ritmo alfa sulle regioni che regolano l'azione si riduce drasticamente prima dell'impatto vincente tra bastone e pallina da golf. Siamo ora impegnati a verificare l'ipotesi che i parametri maggiormente correlati con l'accuratezza della prestazione possano essere utilizzati per migliorare la performance dell'atleta attraverso uno specifico training.

Capisco bene che una simulazione realistica dell'attività sportiva in laboratorio garantisca risultati neurofisiologici in grado di riflettere meglio i processi cerebrali degli atleti durante la gara. Avete in mente di sviluppare simulatori per altri sport?

Sì. Abbiamo recentemente sviluppato un simulatore adatto per la valutazione strumentale della reattività a stimoli ambientali di atleti amatoriali e di élite di sport di combattimento (arti marziali, pugilato e scherma). Il dispositivo rende possibile, in modo estremamente semplice e immediato, lo svolgimento di paradigmi per lo studio e la valutazione di funzioni visuo-cognitivo-motorie di base (per esempio, Go-NoGo e countermanding). Gli allenatori con il simulatore potrebbero verificare obiettivamente le condizioni basali e le conseguenze degli allenamenti praticati sulle prestazioni cognitive-motorie degli atleti loro affidati. Il simulatore può essere di interesse anche per i neuroriabilitatori che possono verificare le condizioni basali ed eventuali benefici di procedure di riabilitazione sulle funzioni visuo-cognitivo-motorie in pazienti con deficit motori, misurate mediante i paradigmi Go-NoGo e countermanding.



Distribuzione topografica del valore di probabilità ("valore p") relativo alla correlazione tra la variazione della sincronizzazione evento-correlata del ritmo alfa ad alta frequenza (circa 10-12 Hz) prima di un compito cognitivo-motorio (rispondere subito dopo aver visto foto di azioni sportive) e la variazione percentuale del tempo di reazione a tale compito, in un gruppo formato da atleti di elite di karate e da non atleti. In particolare, la sincronizzazione evento-correlata indica l'aumento percentuale in ampiezza del ritmo alfa nella fase che immediatamente precede il compito cognitivo-motorio nella condizione di stimolazione audiovisiva a 10 Hz (condizione sperimentale) e a 15 Hz (condizione placebo), rispetto alla condizione di base in cui non si riceveva la stimolazione audiovisiva a 10 Hz o 15 Hz. Analogamente, la variazione percentuale del tempo di reazione al compito cognitivo-motorio indica la riduzione o l'aumento del tempo di reazione al compito cognitivo-motorio nella condizione di stimolazione audiovisiva a 10 Hz o 15 Hz, rispetto alla condizione di base. La stimolazione audiovisiva a 10 Hz o 15 Hz veniva svolta per un minuto prima del compito cognitivo. L'ampiezza del ritmo alfa in condizione di veglia rilassata è proporzionale all'efficienza con cui la corteccia cerebrale è in grado di elaborare l'informazione sensorimotoria durante il compito cognitivo-motorio. Riguardo il significato del massimo valore di probabilità ("valore p") rappresentato nelle mappe di colore, vale la seguente regola: più è basso il valore di probabilità, più la correlazione tra desincronizzazione evento-correlata e variazione percentuale del tempo di reazione acquisita significativamente statistica. La soglia minima di significatività statistica è di $p=0,05$. Scala di colore: il valore minimo del valore di probabilità ("valore p") è indicato in bianco. Si nota che il valore di probabilità della correlazione è marcatamente più basso per la stimolazione audiovisiva a 10 Hz (condizione sperimentale) che per quella a 15 Hz (condizione placebo), come segno della possibilità di modificare con una semplice stimolazione audiovisiva a 10 Hz di un minuto sia l'ampiezza dei ritmi alfa prima del compito cognitivo-motorio, sia la prestazione a tale compito. I risultati di questo studio sono stati esaurientemente illustrati nell'articolo "Pre-stimulus alpha rhythms are correlated with post-stimulus sensorimotor performance in athletes and non-athletes: a high-resolution EEG study" di C. Del Percio, N. Marzano, S. Tighe, A. Fiore, E. Di Ciolo, P. Aschieri, A. Lino, G. Torà, C. Babiloni, F. Eusebi, pubblicato recentemente sulla rivista internazionale "Clinical Neurophysiology" (118, 2007, 8, 1711-1720).

ta con la capacità di frenare le proprie azioni. Verosimilmente si tratta di meccanismi cerebrali atti ad evitare le trappole dell'avversario (ad esempio quando viene fittato un attacco). L'idea base è che una parte del segreto dei campioni dello sport sia riposta nella loro abilità di comprendere in maniera fulminea le intenzioni dell'avversario e di prevenirle con azioni opportune e tempestive. I risultati preliminari delle nostre ricerche confermano ed estendono al mondo dello sport i risultati ottenuti dall'equipe del prof. Rizzolatti dell'Università di Parma. Quando i karateki esperti guardano azioni che si riferiscono allo sport praticato, mostrano, attraverso la RMF, una particolare attivazione di specifiche regioni del lobo frontale e del lobo parietale, dove sono stati identificati i cosiddetti sistemi specchio nella scimmia (lo studio è stato svolto nel Centro di neuroimmagini dell'Università di Chieti, diretto da Prof. Romani). Analoghi risultati sono stati ottenuti misurando la riduzione dei ritmi alfa in atleti di élite di ginnastica ritmica che osservavano filmati di ginnastica. Se i risultati saranno confermati da ulteriori controlli sperimentali, potremo dimostrare che l'attività dei sistemi specchio sia alla base della comprensione del gesto sportivo in atleti di alto livello. Anche in questo caso le misure dell'attività cerebrale potrebbero offrire preziose indicazioni sui processi di plasticità che permettono all'atleta una fulminea comprensione delle intenzioni dell'avversario o del compagno di squadra.

Queste ricerche a quanti sport potrebbero essere estese?

Abbiamo motivi per pensare che i ritmi alfa riflettano una generale capacità di sincronizzazione e coordinamento dell'attività neurale all'interno dei circuiti cerebrali. Il loro ruolo dovrebbe, quindi, essere importante in generale per i processi cognitivi motori in tutti gli sport. Prendiamo ad esempio i golfisti. La loro prestazione dipende da una precisa analisi percettiva della posizione della pallina rispetto alla buca, dal controllo della posizione di equilibrio del corpo e della fluidità del movimento. Attualmente si sa molto poco della relazione tra una buona prestazione sportiva e le caratteristiche dell'attività cerebrale. Tuttavia, per i motivi che ho esposto e per i risultati di ricerche precedenti di altri gruppi di ricerca, abbiamo ritenuto che un ruolo chiave potesse essere giocato dal tipo di ritmo alfa correlato allo stato di concentrazione che precede l'azione. Per verificare questa ipotesi abbiamo chiesto a golfisti di élite di eseguire colpi di precisione su un simulatore del green costruito ad hoc. Si è visto che il ritmo alfa sulle regioni che regolano l'azione si riduce drasticamente prima dell'impatto vincente tra bastone e pallina da golf. Siamo ora impegnati a verificare l'ipotesi che i parametri maggiormente correlati con l'accuratezza della prestazione possano essere utilizzati per migliorare la performance dell'atleta attraverso uno specifico training.

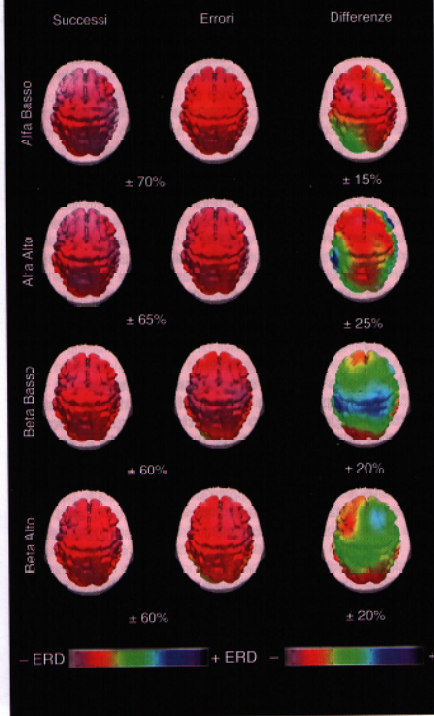
Capisco bene che una simulazione realistica dell'attività sportiva in laboratorio garantisca risultati neurofisiologici in grado di riflettere meglio i processi cerebrali degli atleti durante la gara. Avete in mente di sviluppare simulatori per altri sport?

Sì. Abbiamo recentemente sviluppato un simulatore adatto per la valutazione strumentale della reattività a stimoli ambientali di atleti amatoriali e di élite di sport di combattimento (arti marziali, pugilato e scherma). Il dispositivo rende possibile, in modo estremamente semplice e immediato, lo svolgimento di paradigmi per lo studio e la valutazione di funzioni visuo-cognitivo-motorie di base (per esempio, Go-NoGo e countermanding). Gli allenatori con il simulatore potrebbero verificare obiettivamente le condizioni basali e le conseguenze degli allenamenti praticati sulle prestazioni cognitive-motorie degli atleti loro affidati. Il simulatore può essere di interesse anche per i neuroriabilitatori che possono verificare le condizioni basali ed eventuali benefici di procedure di riabilitazione sulle funzioni visuo-cognitivo-motorie in pazienti con deficit motori, misurate mediante i paradigmi Go-NoGo e countermanding.



Foto: P. A. 2013 / H. M. M. G. D. E. F. R. M.

Topografia ERD/ERS durante i colpi di golf



Distribuzione topografica della desincronizzazione/sincronizzazione evento-correlata (ERD/ERS) del ritmo alfa a bassa frequenza (circa 8-10 Hz), del ritmo alfa ad alta frequenza (circa 10-12 Hz), del ritmo beta a bassa frequenza (circa 16-18 Hz) e del ritmo beta ad alta frequenza (circa 18-20 Hz), in golfisti di élite durante l'esecuzione di colpi di proiezione ("putte") su un simulatore del green (distanza tra la pallina e la buca di circa 2 metri). I dati si riferiscono ai casi in cui la pallina da golf andava in buca (condizione SUCCESSI) e ai casi in cui la pallina da golf non andava in buca (ERRORI). La desincronizzazione evento-correlata indica la riduzione percentuale in ampiezza dei ritmi alfa e beta durante l'esecuzione del colpo di precisione, rispetto ad un periodo di riposo precedente all'inizio del movimento. La desincronizzazione evento-correlata è un tipico indice di attivazione corticale e, nelle mappe in figura, il suo valore percentuale massimo è rappresentato dal colore bianco. In figura sono riportate anche le mappe delle differenze della desincronizzazione/sincronizzazione evento-correlata (ERD/ERS) dei ritmi alfa e beta nelle due condizioni (SUCCESSI vs. ERRORI). In queste mappe, la preponderanza della desincronizzazione evento-correlata nella condizione SUCCESSI rispetto alla condizione ERRORI è riportata in bianco, mentre il contrario è riportato in viola. Si nota che i colpi di golf vincenti (SUCCESSI) sono principalmente caratterizzati da una maggiore desincronizzazione evento-correlata del ritmo alfa nelle regioni cerebrali anteriori, come segno di una più profonda elaborazione dell'informazione sensorimotoria nelle regioni frontali che controllano gli atti motori. I risultati di questo studio sono stati esaurientemente illustrati nell'articolo "Golf putt outcomes are predicted by sensorimotor cerebral EEG rhythms" di G. Bahilini, O. Del Percio, M. Iacoboni, F. Infarinato, R. Lizio, N. Marzano, G. Crespi, F. Dassi, M. Pirritano, M. Galliani, F. Eusebi, che è stato recentemente inviato ad una rivista scientifica internazionale del campo di studio.

Insomma si può affermare che la prestazione sportiva dipende molto dal cervello oltre che dal cuore e i muscoli degli atleti...

Sì, ma non vorrei essere frainteso. La performance di un atleta dipende da diversi fattori, quali la conoscenza tecnico-tattica della propria disciplina, la gestione dei processi cognitivi e affettivi, l'efficienza del sistema muscolo-scheletrico e lo stato di salute. Altre Unità di ricerca di questo Istituto focalizzano validamente la loro attività e ricerca sportiva e di ricerca sui menzionati fattori. In questo contesto, noi non vogliamo affatto mettere in secondo piano il corpo dell'atleta. Vogliamo solo esplorare meglio il ruolo delle funzioni cerebrali cognitive e motorie sulla prestazione di uomini molto speciali, finora ben studiati dal punto di vista cardiovascolare, muscolare e bioenergetico. Anche in ambito di Scienza dello sport lo scopo finale non può che essere l'armonia tra cuore, muscoli e cervello.

Per informazioni e approfondimenti sull'attività del Laboratorio di neuroscienza consultare il sito www.aquasportscienze.it