

Daniela Longo, Dipartimento di scienze biomolecolari,
Sezione di Scienze motorie e della salute, Università degli Studi di Urbino "Carlo Bo"
Francesco Lucertini, Dipartimento di scienze biomolecolari,
Sezione di Scienze motorie e della salute, Università degli Studi di Urbino "Carlo Bo"
Emanuele Lattanzi, Dipartimento di Scienze di base e fondamentali,
Università degli studi di Urbino "Carlo Bo"
Marino Serafini, Bocciofila "La Combattente", Fano
Ario Federici, Dipartimento di scienze biomolecolari,
Sezione di Scienze motorie e della salute, Università degli Studi di Urbino "Carlo Bo"

ANALISI BIOMECCANICA DEL GIOCO DELLE BOCCE

Una analisi del movimento del gioco delle bocce basata su tecniche optoelettroniche

L'analisi del movimento basata sulle tecniche optoelettroniche permette di ottenere informazioni quantitative di tipo cinetico sul moto dei segmenti corporei. L'obiettivo principale di questo lavoro è stato quello di applicare tali tecniche allo studio della biomeccanica del gioco delle bocce, allo scopo di caratterizzare il gesto ottimale e proporre una metodologia di analisi per lo studio cinesiologico di tale sport. In particolare è stato analizzato un campione costituito da otto atleti agonisti di serie A e otto atleti amatori al fine di valutare i parametri relativi alla postura (analisi statica) dei fondamentali del gioco delle bocce. Dai risultati ottenuti sono emerse differenze significative tra le due categorie analizzate.



Introduzione

L'analisi biomeccanica computerizzata costituisce oggi uno dei principali strumenti per lo studio del gesto atletico sportivo. I contributi della letteratura scientifica testimoniano come, grazie ad innovativi sistemi di analisi, sia possibile quantificare i parametri cinetici che caratterizzano il movimento, consentendo la misura della sua correttezza in termini numerici (Cutti et al. 2005b). Tra le discipline nelle quali tali strumenti trovano valida applicazione vi è anche quella delle scienze motorie, a beneficio degli atleti, degli allenatori, nonché dei ricercatori, che hanno la possibilità di indagare quantitativamente il gesto atletico, scomponendolo nelle sue fasi e valutando l'arrangiamento reciproco delle diverse parti del corpo (Sforza et al. 2005). Una delle tecniche più promettenti di cui ci si può avvalere è quella nota con il nome di *analisi optoelettronica del movimento*. Tale tecnica si basa su di un sistema costituito da videocamere che rilevano la luce emessa o riflessa da appositi *marker* che sono generalmente delle piccole semisfere ricoperte di carta adesiva riflettente (*marker* passivi) o piccoli *led* luminosi (*marker* attivi). I sistemi optoelettronici per l'analisi del movimento umano sono in grado di fornire informazioni sulla cinetica e sulla cinematica grazie all'acquisizione delle coordinate cartesiane di questi *marker* applicati sulle parti del corpo da analizzare (Galli et al. 1999). La cinematica articolare, infatti, viene descritta attraverso l'adozione di tali sistemi di riferimento anatomici secondo le indicazioni riportate in specifiche pubblicazioni (van der Helm 2000; Cutti et al. 2005a). Dall'analisi computerizzata dei filmati registrati dalle videocamere è possibile rilevare tutti i parametri cinetici (angoli di flesso-estensione, abdo-adduzione ed extra-intrarotazione delle articolazioni ove sono posizionati i *marker*) e cinematici (velocità ed accelerazioni dei *marker*) di interesse (Davis et al. 1991). I vantaggi principali di tale tecnica sono la non invasività (gli unici componenti da applicare sul corpo dell'atleta sono i *marker*, del peso di pochi grammi ciascuno) e la possibilità di effettuare un'analisi simultanea del gesto atletico da più punti di vista, fino alla ricostruzione tridimensionale delle posture e dei movimenti della "macchina umana" nel suo complesso (Galli et al. 2001; Sforza et al. 2005).

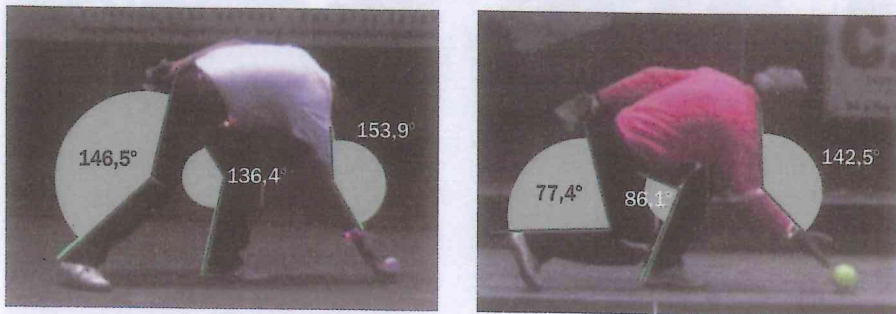


Figura 2 – Confronto tra gli angoli quantificati in un soggetto agonista (sinistra) e gli angoli quantificati in un soggetto amatore (destra).

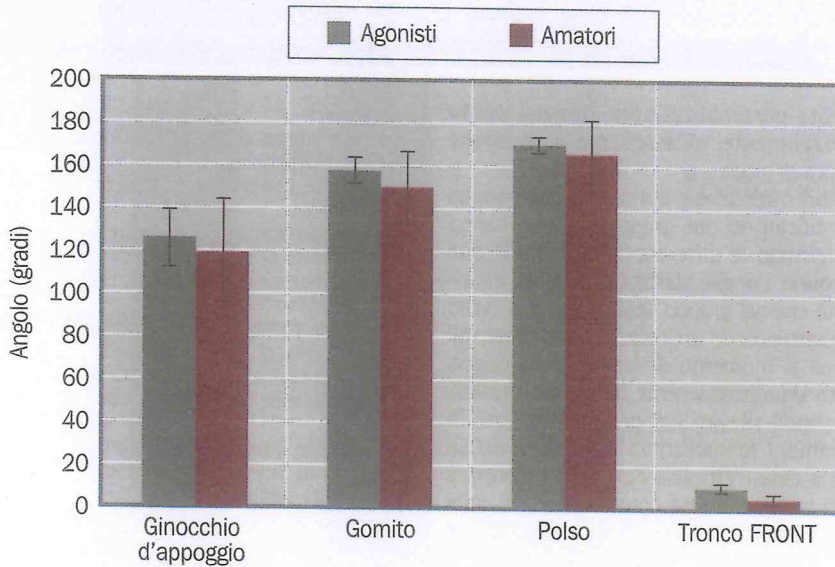


Figura 3 – ACCOSTO. Medie globali gruppo agonisti e gruppo amatori (il confronto agonisti vs amatori raggiunge significatività statistica ($p < 0,05$) in tutti e 4 gli angoli mostrati).

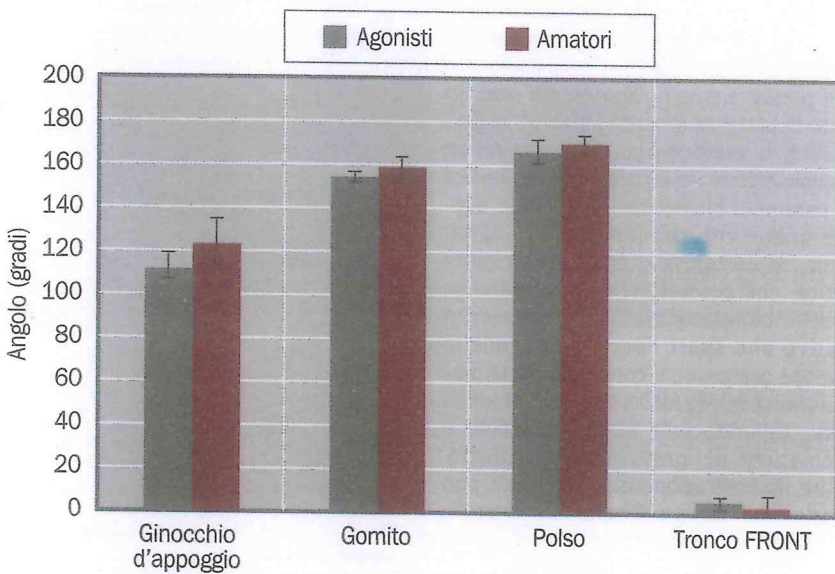


Figura 4 – BOCCIATA. Medie globali gruppo agonisti e gruppo amatori (il confronto agonisti vs amatori raggiunge significatività statistica ($p < 0,05$) in tutti e 4 gli angoli mostrati).

sente di eseguire facilmente la procedura di analisi delle prestazioni sportive. La possibilità di gestire la riproduzione di video clip (pausa, riproduzione fotogramma per fotogramma, riproduzione a varie velocità e così via) è uno dei vantaggi più immediati derivati dall'utilizzo di questo software di analisi video. A questo si affianca la possibilità di ritagliare i video clip, scegliendo parti più piccole di essi, e di selezionare immagini fisse dei movimenti salienti, dai quali è successivamente possibile estrarre tutti i parametri cinetici e cinematici di interesse.



Analisi statistica

I dati ottenuti dall'analisi statica dei gesti tecnici (angoli di flessione delle varie articolazioni indagate) del gruppo amatori e del gruppo agonisti sono stati confrontati con il test *T di Student* a due code per campioni indipendenti.

Il livello di significatività è stato fissato al 5% ($p < 0,05$).



Risultati

Da una prima analisi statistica descrittiva (medie e deviazioni standard) condotta sugli angoli rilevati sugli atleti agonisti, non si evidenziano marcate differenze tra i valori espressi all'interno del gruppo, a testimonianza del fatto che questi soggetti padroneggiano, a differenza di quanto riscontrato negli atleti amatori, l'esecuzione del gesto tecnico a tal punto che gli angoli delle articolazioni durante l'esecuzione dei fondamentali sono del tutto ripetibili (dati non mostrati).



Figura 1 – Esempio di quantificazione dei parametri interessanti nella visione frontale e laterale.

In questo lavoro è stata applicata la tecnica di analisi optoelettronica del movimento allo studio della biomeccanica del gioco delle bocce, in particolare nella specialità "raffa". Il gioco delle bocce è a tutti gli effetti un'attività di destrezza in quanto implica la prevalente sollecitazione degli apparati sensoriali e richiede atti motori estremamente precisi (Dal Monte, Faina, 1999), necessita di una buona coordinazione motoria, abilità e strategia, un grande impegno neuropsichico e una tattica di gioco a volte molto complessa. I totali nazionali del monitoraggio Coni-Fsn-Dsa del 2005 conferiscono a questo sport la decima posizione in graduatoria per numero di tesserati. Nonostante il grande interesse nutrito da un gran numero di appassionati, il contributo dei ricercatori in questa disciplina sportiva è piuttosto scarso. La tecnica di analisi proposta nel presente lavoro ha riguardato la valutazione dei principali comportamenti cinetici dei segmenti del corpo degli atleti durante l'esecuzione dei due gesti tecnici fondamentali dello sport bocce: l'*accosto* e la *bocciata*. Scopo dello studio è stato quindi tentare di quantificare i valori degli angoli dei parametri cinetici dei due gesti, in due gruppi di atleti di differente qualificazione (agonisti e amatori), al fine di individuare eventuali differenze tra le due componenti e per inferenza suggerire delle possibili linee guida (espresse sotto forma di valori ottimali dei suddetti parametri), per la corretta esecuzione dei gesti stessi.

Materiali e metodi

La sperimentazione è stata condotta presso il bocciodromo "La Combattente" di Fano (PU). Sedici atleti maschi di cui 8 atleti agonisti (serie A) e 8 atleti amatori, hanno acconsentito a partecipare allo studio e sono stati sottoposti alle rilevazioni optoelettroniche dei gesti tecnici fondamentali di 'bocciata' e 'accosto'. A ciascun atleta è stato chiesto di eseguire per tre volte ognuno dei due gesti a una distanza prefissata e in condizioni ripetibili (mantenendo cioè



immutate le condizioni di esecuzione e di rilevamento), bocciando e accostando il boccino posizionato nella porzione destra, centrale e sinistra del campo, al fine di valutare una possibile correlazione dei parametri oggetto di studio con la direzione del lancio. Ciascun atleta ha quindi eseguito un totale di 18 lanci (9 per ognuno dei due fondamentali), di cui 6 (3 accosti e 3 bocciate) in ognuna delle tre porzioni del campo. Gli atleti hanno eseguito le prove indossando 8 *marker* luminosi (*led*) posizionati in determinati punti su ognuna delle articolazioni principali (spalle, gomiti, polsi e ginocchia). In particolare, sono stati posizionati bilateralmente due *marker* sul deltoide per l'articolazione scapolo-omerale, due sulla regione laterale del gomito (in prossimità dell'epicondilo omerale), due sull'articolazione radio-carpale del polso e due sulla rotula per l'articolazione del ginocchio. Tutte le esecuzioni sono state riprese simultaneamente da due videocamere posizionate perpendicolarmente ai piani sagittale (lato lungo del campo) e frontale (lato corto del campo) dell'atleta (vedi paragrafo "Acquisizione dati").

I filmati contenenti le registrazioni degli esperimenti sono stati elaborati ed analizzati (vedi paragrafo "Elaborazione ed analisi dei dati") dal punto di vista cinetico (analisi statica).

Analisi statica

Per quanto riguarda la valutazione delle posture (analisi statica), sono stati calcolati gli angoli delle articolazioni di interesse nel momento comunemente considerato cruciale per l'ottenimento del risultato: il rilascio dell'attrezzo (boccia). In particolare, sul piano frontale è stato calcolato l'angolo di inclinazione del tronco, mentre sul piano sagittale sono stati individuati gli angoli di flessione del gomito, del polso e del ginocchio d'appoggio. La figura 1 mostra un esempio di quantificazione degli angoli di flessione del tronco (sul piano frontale), del ginocchio d'appoggio e del polso (sul piano sagittale).

Acquisizione dati

Sono stati utilizzati 8 *marker* attivi, pertanto dotati di luce propria, creati saldando, ad una piccola bassetta, una resistenza, un *led* colorato ad alta luminosità ed ampio angolo di visuale, un piccolo interruttore a pulsanti *ON/OFF* e una piccola batteria. Per l'acquisizione video sono state utilizzate due videocamere digitali conformi allo standard *PAL* con risoluzione di acquisizione 720 x 576 pixel a 25 frame al secondo, unite ad un cavalletto che ne garantiva la stabilità durante le riprese. I filmati sono stati trasferiti a un computer dotato di una scheda di acquisizione video basata sull'interfaccia *FireWire*, mediante l'utilizzo del cavo comunemente utilizzato per collegare ciascuna videocamera al computer stesso.

Elaborazione ed analisi

L'elaborazione e la visualizzazione dei dati raccolti è stata effettuata con il software *Dartfish TeamPro 4.0* (*Dartfish*, Friburgo, Svizzera). Si tratta di un modulo che con-



Dall'analisi effettuata per confrontare le due categorie oggetto di studio, invece, sono emerse differenze staticamente significative ($p < 0,05$) (vedi figura 3 e 4). In particolare, gli angoli al ginocchio d'appoggio, al gomito, al polso (visione laterale) e del tronco (visione frontale) negli amatori sono significativamente differenti dagli stessi angoli registrati negli atleti agonisti. Le immagini messe a confronto in figura 2 mostrano, a titolo puramente esemplificativo, le differenze tra i valori assoluti quantificati in un soggetto agonista e in un soggetto amatore.

Discussione

In questo lavoro è stata effettuata un'analisi biomeccanica dei fondamentali del gioco delle bocce utilizzando la tecnica optoelettronica per l'analisi del movimento. Grazie all'utilizzo di tale tecnica è stato possibile condurre uno studio sulla postura degli atleti nel momento di rilascio della boccia. A nostra conoscenza non esistono lavori in letteratura che abbiano indagato tali aspetti nello sport delle bocce. È noto come livelli di prestazione elevata necessitano di una preparazione e di un bagaglio tecnico ben definito per determinare la buona riuscita dell'esecuzione dei fondamentali. I risultati del presente studio puntano proprio in questa direzione, dimostrando che gli atleti agonisti sono dotati, a differenza degli amatori, di un'elevata fedeltà nell'esecuzione dei gesti e di una buona capacità di adattamento alle diverse condizioni di gioco. In effetti, pur se con semplici statistiche descrittive, la quantificazione delle medie e delle rispettive deviazioni standard degli angoli di flessione e inclinazione delle diverse parti del corpo ha evidenziato che, mediamente, il gesto viene eseguito dai vari atleti agonisti con un'impostazione ben precisa, determinata e ripetibile. Negli atleti amatori, invece, gli angoli subiscono una

elevata personalizzazione dovuta, molto probabilmente, all'assenza di una buona tecnica di gioco.

I valori ottenuti dal confronto degli angoli quantificati nei due gruppi analizzati hanno confermato le differenze attese tra le due categorie. L'analisi statistica ha infatti dimostrato che nel gruppo degli agonisti, a livello di quattro delle articolazioni indagate, gli angoli al momento di rilascio della boccia erano significativamente diversi dai medesimi angoli rilevati nel gruppo amatori, in entrambi i fondamentali indagati ($p < 0,05$). Non a caso, l'efficacia del gesto riscontrata negli agonisti, intesa come numero di colpi andati a segno (dati non mostrati), è stata di gran lunga superiore rispetto a quella ottenuta dagli amatori. È plausibile quindi affermare che, a elevati livelli agonistici, i fondamentali del gioco delle bocce consentono un livello di personalizzazione minima dei parametri biomeccanici del movimento.

Il gioco delle bocce è uno sport che si presta bene ad essere studiato con sistemi optoelettronici per l'analisi del movimento ed il presente studio rappresenta solo un punto di partenza in questo ambito. In particolare, la metodologia proposta rende possibile effettuare un'analisi approfondita dei parametri biomeccanici, in modo agevole anche con un campione di atleti ampio, ivi compresa la componente cinematica, che permetterebbe di creare un modello computerizzato del movimento relativo allo sport bocce. Tale modello potrebbe consentire il confronto tra la prestazione specifica dell'atleta e il modello stesso, calibrato sulle variabili cinetiche e cinematiche del gesto tecnico perfetto. Inoltre, la costruzione di un modello può stimolare la ricerca orientata alla determinazione e alla classificazione delle caratteristiche fondamentali del gesto tecnico, al fine di catalogare tutte quelle variabili che possono essere modificate per migliorare la prestazione.

Gli Autori:

Daniela Longo, dottoranda, Dipartimento di Scienze biochimiche, Sezione di Scienze motorie e della salute, Università degli studi di Urbino "Carlo Bo";

Francesco Lucertini, ricercatore universitario, Dipartimento di Scienze biochimiche, Sezione di Scienze motorie e della salute, Università degli studi di Urbino "Carlo Bo";

Emanuele Lattanzi, ricercatore universitario, Dipartimento di scienze di base e fondamentali, Università degli studi di Urbino "Carlo Bo";

Marino Serafini, fisioterapista, Consigliere regionale FIB;

Ario Federici, Dipartimento di Scienze biochimiche, Sezione di Scienze motorie e della salute, Università degli studi di Urbino "Carlo Bo"; Università degli studi di Urbino "Carlo Bo".

Indirizzo degli Autori: longodana@gmail.com

Bibliografia

- Cutti A. G., Paolini G., Troncosi M., Capello A., Davalli A., Soft tissue artefact assessment in humeral axial rotation - *Gait Posture*, 2005a, 21, 341-349.
- Cutti A., Nicita D., Gazzotti V., L'esperienza del centro protesico INAIL nell'analisi del movimento strumentale dell'arto superiore, 2005b, Congresso SIMFER.
- Dal Monte A., Faina M., Valutazione dell'atleta, Collana Scienze dello Sport, UTET, 1999.
- Davis III R. B., Ounpuu S., Tyburski D., Gage J. R., A Gait Analysis data collection and reduction technique, *Human Movement Science* 10, 1991 575-587.
- Dartfish TeamPro, Dartfish video software solutions (ultimo consulto marzo 2008), <http://www.dartfish.com>.
- Galli M., Fazzi E., Motta F., Crivellini M., Kinematic and dynamic analysis of the ankle joint in children with cerebral palsy, *Functional Neurology*, 1999, anno XIV.
- Galli M., Albertini G., Tenore N., Crivellini M., L'utilizzo della Gait Analysis in ambito clinico, *La Nuova Stampa Medica Italiana*, 2001, anno XXI, 37-43.
- Sforza C., Lo vecchio N., Grassi G., Calori G., Ferrario V., Swing a ripetizione, *Sport & Medicina*, 3, maggio-giugno 2005, 18.
- van der Helm F.C., A standardized protocol for the description of shoulder motions - 2000. <http://www.wbmt.tudelft.nl/mms/dgs/intersg/ISGproposal.pdf>