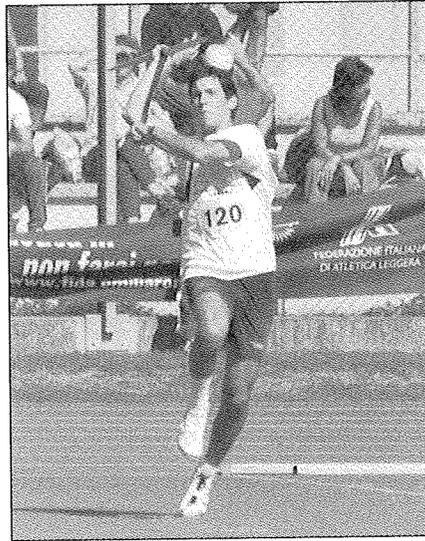
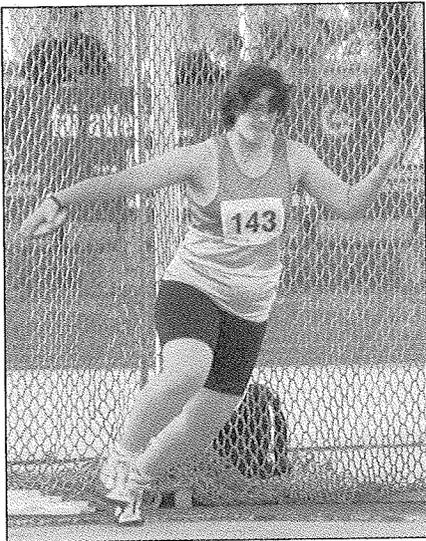


Analisi biomeccanica dei lanci in età prescolare

Franco Merni - Monia Baravelli
Andrea Ceciliani - Gabriele Semprini
Università di Bologna - Facoltà di Scienze Motorie



Introduzione

I termini “cinesiologia dello sviluppo” (Robertson 1972) e “cinesiologia strutturale” (Barhame Wooter 1972) indicano un campo di ricerche sul comportamento motorio in età evolutiva con un approccio di tipo biomeccanico. Lo studio dello sviluppo delle abi-

lità motorie di base come correre, saltare, lanciare, ecc. prevede non solo studi di tipo qualitativo (Korenberg 1983, Merni e al. 1986a, Knudson e Morrison 1997, Merni e Baravelli 1999) ma anche quantitativo (Merni e Al. 1986b, Merni e al. 1992) con la determinazione della geometria (spazi percorsi e distanze tra segmenti corporei),

della cinematica del movimento del corpo in toto o di alcuni segmenti (velocità ed accelerazioni lineari ed angolari) e cinetica (forze che producono o influenzano il moto).

Nella valutazione dello sviluppo motorio dei bambini si misurano comunemente i risultati cronometrici o metrici (Merni e al. 1979), raramente si prende in considerazione il processo motorio che ha determinato il risultato. Eppure quanto più si scende con l'età dei soggetti esaminati, tanto più la prestazione dipende dalle capacità coordinative in senso lato e dalle abilità richieste nel gesto, mentre è correlata, in minor grado, con le capacità condizionali come forza e rapidità.

L'analisi qualitativa dei vari tipi di lancio con soggetti in età prescolare è iniziata più di 60 anni fa. Già nel 1938 Wild ha individuato, in soggetti tra i 2 e i 7 anni, quattro diversi modelli di movimento per l'arto superiore e cinque per il resto del corpo nei lanci sopra spalla. I modelli erano molto diversi ma si potevano schematizzare in quattro fasi chiaramente definite sulle quali concorda anche Wickstrom (1983) e che andavano dai modelli dominati dai segmenti dell'arto superiore (segmenti dell'arto superiore mossi per primi) a quelli sequenziali interessanti tutto il corpo, con una sequenza dei movimenti che parte dagli arti inferiori per arrivare ai segmenti distali dell'arto superiore lanciante.

Nella prima fase di sviluppo, identificata da Wild e da Wickstrom, il movimento del braccio avviene su un piano anteroposteriore, con partenza del braccio in alto, o leggermente in

uori-alto, e l'avambraccio ben flesso. L'estensione del gomito inizia presto rispetto ai movimenti degli altri segmenti. A volte il tronco dà un piccolo contributo con una leggera oscillazione in avanti ma esso non ruota e gli arti inferiori rimangono fermi.

Nella seconda fase evolutiva secondo Wild si nota un contributo maggiore del tronco con una torsione e tale azione è combinata temporalmente con i movimenti dell'arto superiore.

Nella terza fase compaiono delle azioni degli arti inferiori, con uno spostamento del peso corporeo sul piede opposto al braccio di lancio, anche se spesso il piede in avanti è quello corrispondente; compare inoltre un ritardo dell'azione del gomito rispetto agli altri segmenti. Perciò compaiono sia una lateralizzazione dello schema corporeo riguardante l'intero corpo, sia una successione dei movimenti che vede il gomito utilizzato sequenzialmente dopo gli altri segmenti corporei.

La quarta fase, caratterizzata da un passo con il piede opposto al braccio lanciaante ed un'azione sequenziale dei segmenti dal basso verso l'arto di lancio, fu definita da Wild "modello maturo".

Cratty e Martin 1969, Calabrese 1974, Gallahue 1989, Adrian e Cooper 1995 hanno proposto varie fasi di sviluppo nel lancio sopra spalla.

Si possono identificare le seguenti caratteristiche proposte dai diversi autori nello stadio iniziale:

- azione prevalente e dominante del gomito, con anteposizione verso avanti alto;
- il tronco rimane orientato frontalmente, non partecipa al lancio o presenta lievi rotazioni;



- i piedi rimangono paralleli e non si nota trasferimento del peso corporeo da dietro verso avanti.

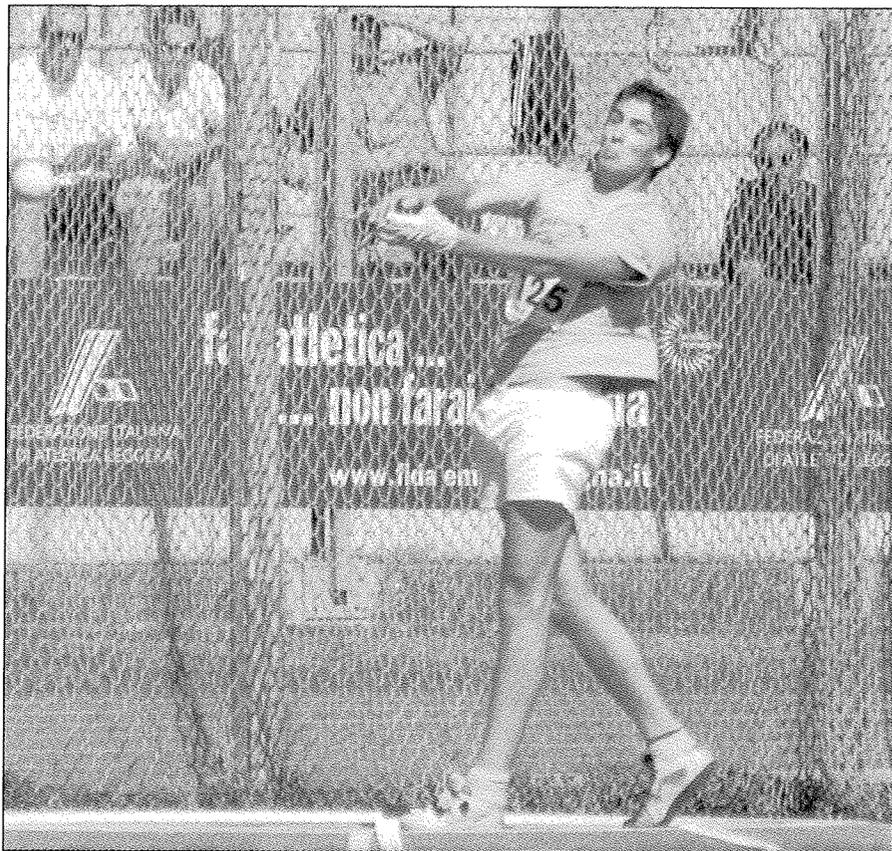
Secondo gli autori sopra citati in una seconda fase di sviluppo compaiono:

- movimenti di preparazione al lancio con elevazione del braccio verso alto, in fuori e dietro accompagnati da movimenti preparatori di torsione del tronco dal lato dell'arto lanciaante;
- il tronco quindi si flette in avanti e/o ruota in direzione opposta con un modello combinato, in un unico movimento (modello unitario), con il braccio lanciaante;
- il peso corporeo è spostato verso avanti ed a volte compare un passo in avanti con il piede omolaterale all'arto

lanciaante, in tale situazione l'asse delle spalle risulta frontale nel finale del lancio.

Solo tra i 5 e i 7 anni per Meinel e dopo i 6 anni per Cratty o anche in seguito per gli altri Autori compare il modello più evoluto con coordinazione crociata degli arti inferiori con l'arto superiore lanciaante, nonché un modello sequenziale nell'uso dei vari segmenti corporei dal basso verso l'alto.

Nello studio di Merni e Baravelli (1999) su soggetti tra i 2 e i 6 anni che utilizzavano palle di diversi pesi e dimensioni, non sono stati riscontrati lanci interessanti un'azione sequenziale dei segmenti corporei con inizio del movimento dagli arti inferiori verso l'alto, come nella fase 4 descritta da Wild o nei modelli più maturi proposti dagli altri autori. Solo 12 casi di lancio su



60 hanno evidenziato una progressione delle azioni motorie che dal tronco passava ai segmenti dell'arto superiore. Tali modelli si possono considerare i più evoluti in età prescolare.

Altri casi di lancio possono essere inquadrati nella fase 1 di Wild o negli stadi iniziali degli altri autori con successioni dei movimenti molto diverse tali da indicare l'estrema variabilità del comportamento motorio nell'età prescolare.

In ben 17 casi è stato rilevato un modello unitario con inizio simultaneo dei movimenti di tronco, spalla e gomito, modello che può essere considerato ancora più immaturo dei precedenti.

Di conseguenza Merni e Baravelli (1999) propongono in età prescolare i seguenti stadi di sviluppo nel lancio sopra spalla:

1) Modello con un solo seg-

mento lanciante del braccio o più segmenti dell'arto superiore interessati al lancio con un'azione contemporanea dei diversi segmenti (modello unitario) che non appaiono aperti nel finale.

- 2) Modelli sequenziali incompleti che interessano l'articolazione del gomito per ultima.
- 3) Modelli sequenziali che evidenziano una progressione delle azioni motorie dal tronco ai segmenti dell'arto superiore dal prossimale al distale, con maggiore apertura dei segmenti nella fase finale del lancio ed un eventuale spostamento di un piede in avanti con accenni di lancio lateralizzato.

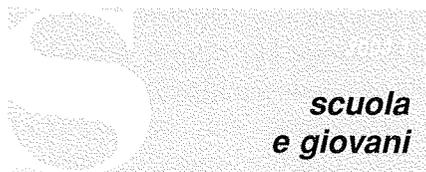
Dallo studio di 60 lanci compiuti da 8 soggetti con 8 palle di dimensioni e peso diversi Merni e Baravelli (1999) concludono che

il lancio più frequentemente utilizzato è ad una mano sopra la spalla, seguito dall'altro a due mani sopra il capo. Gli altri tipi di lancio sotto-spalla e una mano-petto sono utilizzati raramente e soltanto dai soggetti meno maturi dal punto di vista motorio.

Lo scopo di questo lavoro è mettere a punto un metodo di analisi quantitativo dei lanci per mezzo di analisi cinematografiche 2D, capace di evidenziare similitudini e differenze nei lanci a una mano con palla piccola e a due mani con pallone più grande (calcio o basket). La proposta ha come obiettivo analizzare i seguenti 4 gruppi di variabili ritenute importanti in seguito allo studio qualitativo dei modelli motori immaturi (Merni e Baravelli, 1999):

- 1) Posizioni, spostamenti e cinematica del corpo in toto grazie alla individuazione del baricentro.
- 2) Valori angolari del tronco e delle articolazioni dell'arto superiore.
- 3) Cinematica lineare dei punti caratteristici dell'arto lanciante e della palla.
- 4) Analisi temporale quantitativa nella sequenza dei movimenti di lancio.

Sarà così possibile descrivere ed interpretare meglio, quantificandole, le caratteristiche dei modelli motori utilizzati in soggetti nelle prime fasi coordinative dei due tipi di lanci utilizzati più frequentemente in età prescolare.



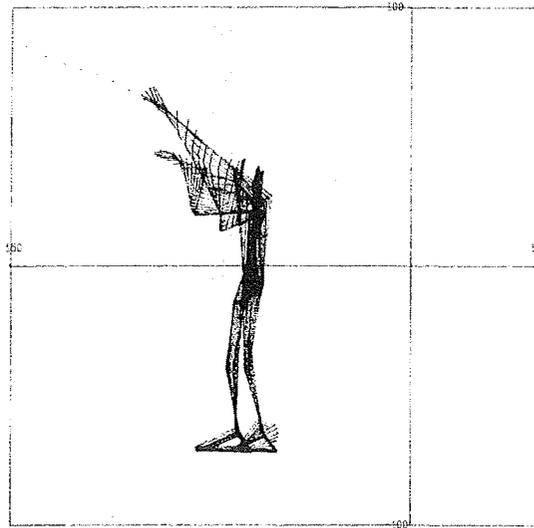
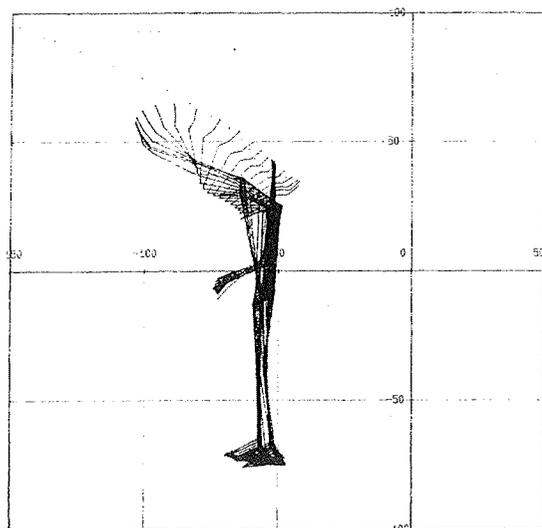


Figura segmentata di lancio a una mano, a sinistra, e a due mani, a destra

Metodi e soggetti

RIPRESA CINEMATOGRAFICA

I soggetti in esame sono stati invitati a raccogliere due tipi di palle: piccola (tennis) e grande (calcio o pallacanestro) disposte a terra e ad effettuare con un'esecuzione a piacere un bel lancio con i due tipi di palla. Ogni soggetto non vedeva gli altri lanciare e quindi ha scelto senza condizionamenti il modo di lanciare. Le riprese sono state effettuate con una cinepresa Beaulieu Super 8 con una velocità di ripresa di 72 fotogrammi/sec nel giardino di una scuola materna a Bologna.

La verifica della frequenza di ripresa e la taratura della scala degli spazi è stata effettuata con un cronometro analogico con quadrante 80x80 cm posto nel piano di movimento e era filmato durante il lancio. Per ridurre al minimo gli errori di parallasse, e per non condizionare con la vicinanza della cinepresa i soggetti in esame,

è stato utilizzato uno zoom di 70 mm. ed una distanza di ripresa di 29 metri. L'asse ottico dell'obiettivo era perpendicolare al piano del movimento principale ed al quadrante del cronometro.

Il rilevamento dei dati è stato effettuato con un proiettore Lafayette adattato in modo da rallentare la sequenza fino al fermo immagine e consentire di contare i fotogrammi con una centralina elettronica.

Sono stati utilizzati i seguenti marker: punta della mano, polso, gomito, spalla, anca, ginocchio, caviglia, punta del piede, tallone, orecchio come centro della testa, settima cervicale.

Per il calcolo del baricentro del corpo è stato utilizzato il metodo segmentario proposto da Wells e Luttgens (1978), il quale consta nel calcolo dei momenti di ogni segmento moltiplicando il valore delle coordinate di ogni punto per la percentuale di peso del segmento stesso rispetto al peso totale del corpo.

I dati della distanza dei baricen-

tri parziali dall'articolazione prossimale di ogni segmento e le percentuali dei pesi rispetto al peso totale sono stati rielaborati dalla letteratura (Tommaselli 1984). Mediante un programma in Basic ed una tavoletta grafica digitalizzatrice collegata ad un Personal Computer sono state rilevate e registrate le coordinate dei punti di reperi già trasformate nella scala reale in cm. Il programma prevedeva la rappresentazione grafica su monitor del fotogramma digitato ed un controllo di qualità dell'input basato su un sistema di previsione dei punti digitati con delle medie mobili.

La rappresentazione grafica poteva avvenire mediante la visione di figure segmentate singole, in successione o distanziate, con possibilità di avere un'animazione, nonché la rappresentazione di traiettorie di punti. Un programma di correzione delle coordinate dei punti dopo un controllo di qualità dei dati di tipo statistico ha permesso la correzione

manuale di un punto o il suo calcolo ricorrendo a medie mobili. Infine le piccole irregolarità della digitazione manuale sono state ridotte usando filtri di tipo passa basso di 4° ordine di Butterworth, come proposto da Winter (1987), con un rapporto tra frequenza di campionamento e frequenza di taglio pari a 6.

Attraverso calcoli trigonometrici è stato calcolato il valore dell'angolo dell'articolazione desiderata, prendendo in considerazione le coordinate bidimensionali del triangolo corrispondente a tale articolazione e alle due contigue. Sono stati rilevati anche i dati quantitativi della lunghezza e durata del lancio. La lunghezza del lancio è stata misurata con una cordella metrica in centimetri.

La durata del movimento del lancio in centesimi di secondo è stata calcolata partendo dal fotogramma nel quale un segmento corporeo iniziava l'azione di lancio dopo la fase preparatoria, fino al momento del rilascio della palla.

I tempi sono stati ricavati da un cronometro analogico che era filmato durante il lancio di fianco al soggetto. Il quadrante del cronometro di cm. 80 x 80 diviso in cento parti, permetteva la stima dei centesimi di secondo poiché la lancetta, mossa da un motore elettrico, percorreva un giro al secondo.

SOGGETTI

Per l'analisi quantitativa di tipo biomeccanico sono stati selezionati 14 lanci dei diversi soggetti, rappresentativi dei modelli motori più frequentemente utilizzati nei 60 lanci studiati qualitativamente. Nella tabella 1 sono raccolte alcune caratteristiche anagrafiche ed antropometriche dei

N. SOG.	SESSO	ANNI	MESI	ETA' (MESI)	STATURA	PESO
1	F	5	9	69	111	16
2	F	5	6	66	121	24
3	F	5	6	66	115	22
4	M	5	9	69	109	18
5	F	6	0	72	120	20
6	M	6	3	75	120	20
7	M	2	3	27	100	12
MEDIA		4,9	5,1	63,4	113,7	18,9
MINIMO		2	0	27	100	12
MASSIMO		6	9	75	121	24
DEV. STAND.		1,25	3,09	15,16	7,09	3,68

soggetti esaminati. L'età dei 3 maschi e delle 4 femmine oscillava dai 27 mesi ai 75 mesi (perciò tra i 2 e i 6 anni). La statura con una media di 113,7 cm. andava dai 100 ai 121 cm. Il peso stava tra i 12 Kg e i 24 Kg con un valore medio di 18 Kg.

Risultati

Sei dei sette soggetti esaminati hanno effettuato un lancio sopra spalla ad una mano con la palla piccola da tennis, ed un lancio a due mani sopra il capo con la palla più grande. Solo un soggetto ha scelto di effettuare un lancio sottospalla con la pallina da tennis. Di conseguenza i suoi dati saranno riportati a parte nelle tabelle onde poterli confrontare con gli altri senza utilizzarli per l'elaborazione statistica essendo un caso particolare.

In ogni tabella sono riportati tutti i dati rilevati per ogni variabile esaminata. Nelle prime 6 righe si trovano i dati dei lanci sopra spalla, nelle successive 6 quelli a due mani sopra il capo. In fondo alla tabella si trovano alcuni dati statistici: media generale dei 12 lanci, valore massimo e minimo, deviazione standard. Inoltre sono state calcolate le

medie dei valori dei due tipi di lancio (Media1 a una mano e Media2 a due mani) ed è stato effettuato un test t di "Student" a una coda per dati appaiati in modo da verificare la probabilità dell'ipotesi dello 0 di una differenza tra le due medie.

Di seguito sono riportate quattro tabelle con i dati relativi ai quattro gruppi di variabili definiti nell'introduzione.

POSIZIONI, SPOSTAMENTI E CINEMATICA DEL CORPO IN TOTO

Nella tabella 2 si trovano i dati riguardanti questo paragrafo.

- *elevazione del baricentro.*
Spostamento verticale in cm del baricentro dal momento in cui inizia il movimento della spalla o del gomito fino al momento del rilascio.

Il dato medio di elevazione del baricentro nella fase di lancio è di circa 2 cm. Si nota un'elevazione maggiore ($p < 0,05$) nel lancio a due mani (quasi 3 cm. contro 1

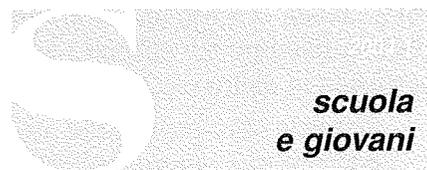


TABELLA 2 - SPOSTAMENTI - POSIZIONI E CINEMATICA DEL CORPO IN TOTO

SOGGETTO	ELEVAZIONE	SPOSTAMENTO	DIST.BAR	DIST.BAR	DIST.TRA	VELOCITA' MASSIME		VELOCITA' RILASCIO	
	BARICENTRO (cm)	ORIZZONTALE (cm)	PIEDE-DX (cm)	PIEDE-SN (cm)	PIEDI (cm)	ORIZ. (m/sec)	VERT. (m/sec)	ORIZ. (m/sec)	VERT. (m/sec)
1TEN	0,94	-0,24	-8,1	-7,68	0,4	0,11	0,15	0,14	0,02
2TEN	-0,54	8,66	13,72	16,79	3,1	1,02	0,26	0,09	-0,06
3TEN	0,51	2,76	-3,12	-12,07	-9,0	0,40	0,27	0,25	-0,04
5TEN	2,67	0,92	-2,99	-7,93	-4,9	0,28	0,41	-0,13	0,03
6TEN	2,36	-0,09	-4,81	-10,64	-5,8	0,08	0,19	-0,05	0,32
7TEN	0,04	-0,70	-9,96	-11,02	-1,1	0,13	0,14	-0,31	-0,31
1CAL	2,49	1,55	-16,46	11,64	28,1	0,33	0,30	-0,16	0,09
2CAL	1,99	2,44	-4,49	-1,89	2,6	0,35	0,40	-0,19	-0,37
3BASK	1,45	-0,11	-4,27	-15,04	-10,8	0,49	1,14	-0,52	-0,46
5BASK	6,48	-1,33	1,21	-13,28	-14,5	0,28	0,53	-0,13	-0,31
6BASK	4,90	-1,31	-3,41	-16,03	-12,6	0,17	0,61	-0,18	0,58
7CAL	-0,35	-1,21	-10,61	-15,5	-4,9	0,17	0,26	0,01	0,15
4BAS	1,73	-1,44	-3,39	-15,49	-12,1	0,16	0,20	-0,29	-0,43
4TEN	1,01	1,52	-5,27	-9,03	-3,8	0,31	0,37	0,19	0,43
MEDIA	1,9	0,9	-4,4	-6,9	8,1	0,32	0,39	-0,10	-0,03
MAX	6,5	8,7	13,7	16,8	28,1	1,02	1,14	0,25	0,58
MIN	-0,5	-1,3	-16,5	-16,0	0,4	0,08	0,14	-0,52	-0,46
D.S.	2,0	2,7	7,0	10,2	7,4	0,24	0,27	0,20	0,29
MEDIA 1	1,0	1,9	-2,5	-5,4	4,0	0,34	0,24	0,00	-0,01
MEDIA 2	2,8	0,0	-6,3	-8,4	12,2	0,30	0,54	-0,20	-0,05
TEST 1	0,014	0,073	0,154	0,293	0,441	0,390	0,028	0,124	0,383

cm. a una mano), probabilmente dovuta all'elevazione dei due arti superiori rispetto ad uno solo dell'altro tipo di lancio. Soltanto due soggetti mostrano un abbassamento del baricentro in fase di lancio (vedi valori negativi). L'innalzamento massimo è di 6,5 cm. del soggetto 5.

- spostamento orizzontale del baricentro rilevato con le stesse modalità della variabile precedente.

Questi spostamenti sono in genere più contenuti, la media è attorno al centimetro, arrivano a 2 cm. nel lancio a una mano, mentre sono pari a 0 in quello a due mani. Osservando il comportamento dei singoli si possono rilevare dati diversi: alcuni si spostano in avanti (valore massimo 8,7 cm) altri leggermente in dietro (-1,3 cm).

- distanza tra proiezione del baricentro e punta dei piedi

destra e sinistra misurata in cm rispetto all'asse di direzione di lancio.

- distanza tra i piedi misurata in cm. tra le due punte dei piedi rispetto all'asse della direzione di lancio. Tale variabile dà un'idea della simmetria dell'azione degli arti inferiori.

Nella maggioranza dei casi (8 su 12) il baricentro è posto dietro la punta dei piedi, in media 4 cm dietro il piede dx e 7 cm dietro il sn. Due lanci evidenziano una leggera anteposizione (0,4- 2,6 cm.) con il piede dx. Altri due evidenziano un deciso posizionamento del piede dx avanti ed il soggetto 2 si trova completamente proiettato in avanti rispetto gli appoggi nel lancio ad una mano.

Le statistiche non evidenziano differenze significative nella posizione dei piedi tra i due lanci.

- velocità massime del baricentro in direzione orizzontale e

verticale. Le velocità massime in m/sec si rilevano solitamente in tutti i soggetti esaminati prima del rilascio della palla.

Le velocità massime orizzontali e verticali del baricentro nella fase centrale del lancio sono in generale ridotte: in media 0,32 m/s (velocità orizzontale) e 0,39 m/s (velocità verticale). Si notano differenze significative tra i due tipi di lanci, per quanto riguarda la velocità verticale maggiore nel lancio a due mani, in relazione al fatto che sono elevati contemporaneamente due arti contro uno nel lancio ad una mano. Analizzando il comportamento dei singoli si possono evidenziare soggetti che presentano delle velocità superiori ad 1 m/sec, mentre altri risultano fermi con valori prossimi allo 0.

- velocità di rilascio. E' la velocità orizzontale e verticale del baricentro al momento del rilascio espressa in m/sec.

TABELLA 3 - VALORI ANGOLARI TRONCO E ARTICOLAZIONI ARTO SUPERIORE (gradi)

SOGGETTO	TRONCO MAX	TRONCO INIZIO	TRONCO RILASCIO	ANCAdx RILASCIO	ANCAsn RILASCIO	SPALLAsn INIZIO	SPALLAsn RILASCIO	SPALLAsx INIZIO	SPALLAsx RILASCIO	GOMITODx INIZIO	GOMITODx RILASCIO	POLSO RILASCIO
1TEN	12	8	4	184	178			239	250	45	125	167
2TEN	19	12	-18	145	161			160	194	18	135	176
3TEN	12	-1	-20	154	154			198	203	78	125	179
5TEN	2	0	-10	171	169			141	218	63	131	160
6TEN	9	9	2	181	175			275	249	29	139	148
7TEN	7	4	-1	176	176			250	225	41	150	172
1CAL	-4	-12	-15	175	155	203	202	201	196	76	159	179
2CAL	7	2	-30	126	215	177	215	158	209	37	146	151
3BASK	4	-2	-16	156	160	178	216	163	200	108	135	168
5BASK	1	-2	-31	135	142	176	208	164	209	68	143	176
6BASK	12	8	0	170	172	278	247	303	236	52	162	176
7CAL	9	7	-5	153	160	220	230	177	212	156	168	141
4BAS	15	15	-16	149	150	204	219	200	216	46	140	170
4TEN	-10	-10	-12	157	161			66	306	178	157	168
MEDIA	8	9	-12	161	161	205	220	202	217	64	143	166
MAX	19	12	4	184	178	278	247	303	250	156	168	179
MIN	-4	-12	-31	126	135	176	202	141	194	18	125	141
D.S.	5,9	6,4	11,5	17,8	13,0	36,3	14,9	50,2	18,6	36,4	13,6	12,5
MEDIA 1	10	5	-7	169	169			211	223	46	134	167
MEDIA 2	5	0	-16	153	154			194	210	83	152	165
TEST 1	0,078	0,097	0,039	0,015	0,022			0,180	0,113	0,034	0,003	0,429

Al momento del rilascio le velocità del baricentro sono vicine allo 0 e non si notano differenze tra i due tipi di lancio, ad indicare la scarsa partecipazione del corpo in toto alla dinamica del lancio. La maggioranza dei soggetti evidenzia addirittura valori bassi ma negativi di velocità, perciò al momento del rilascio essi tendono ad abbassarsi e/o ad andare indietro col baricentro. Solo tre soggetti evidenziano valori positivi di spostamento verso avanti-alto degni di nota.

VALORI ANGOLARI DEL TRONCO E ARTICOLAZIONI DELL'ARTO SUPERIORE

- *tronco max.* Indica in gradi l'angolo massimo di estensione del tronco, rispetto alla perpendicolare al terreno, nella fase preparatoria al lancio.
- *tronco inizio.* Indica l'angolo

del tronco rilevato all'inizio del movimento di lancio della spalla o del gomito.

- *tronco rilascio.* Indica l'angolo del tronco rilevato al momento del rilascio della palla.

Per quanto riguarda i movimenti del tronco in fase di preparazione i soggetti si presentano con il tronco esteso di 8° dietro rispetto alla perpendicolare. Al momento dell'inizio del movimento dell'arto o degli arti lancianti il tronco è quasi perpendicolare (3° di inclinazione dietro). Mentre al momento del rilascio il tronco è inclinato in avanti in media di 12°. I movimenti del tronco nei due tipi di lancio non risultano significativamente diversi nelle prime due fasi, vi è una tendenza a concludere il lancio ad una mano più eretti rispetto a quella a due mani.

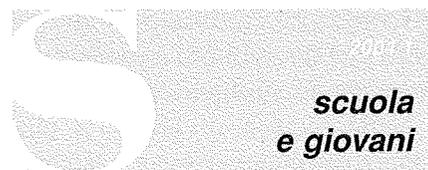
Il comportamento dei soggetti può essere molto diverso ad esempio: il soggetto 1, nel lancio ad una

mano, mantiene sempre il tronco in retroposizione rispetto alla perpendicolare; lo stesso soggetto, nel lancio a due mani, mantiene sempre il tronco inclinato in avanti.

Il soggetto che lancia con una mano sotto spalla mantiene sempre il tronco inclinato in avanti; quando lancia con due mani sopra il capo invece, parte col tronco in retroposizione e conclude inclinato in avanti.

Gli altri non mostrano grandi differenze fra i due tipi di lanci, anche se alcuni si trovano sempre in retroposizione col tronco, altri mostrano una fase di retroposizione e una di inclinazione in avanti nel finale.

- *anca destra e sinistra al rila-*



scio. Indica l'angolo formato dal tronco e dall'asse delle due cosce rilevato al momento del rilascio della palla.

In questo caso è interessante la comparazione tra gli angoli delle due anche per studiare la simmetria o la asimmetria dei movimenti degli arti inferiori. In media gli angoli delle due anche sono 161°, cioè l'anca risulta flessa di circa 20°; la flessione maggiore si riscontra al momento del rilascio nel lancio a due mani, 153° contro 169° nel lancio a una mano. Alcuni soggetti, infatti, evidenziano asimmetrie nella flessione dell'anca imputabili, a volte, al posizionamento sfalsato dei piedi (esempio il soggetto 5 nel lancio a due mani, presenta un'inclinazione dell'anca di 135° e dell'altra di 142° ed una distanza tra i piedi di 14,5 cm). Altri come il soggetto 1 presentano, sorprendentemente i piedi paralleli e le anche in atteggiamento asimmetrico.

- *angoli delle spalle all'inizio del movimento di lancio e al rilascio.*

Gli angoli delle spalle dx e sn sono valutati prendendo in considerazione l'angolo posteriore tra gli assi del tronco e del braccio. Perciò nel movimento di anteposizione l'angolo aumenta passando da dietro, per alto, in avanti sul piano sagittale. Nel lancio ad una mano è stato valutato solo l'angolo della spalla destra lanciante. Nel lancio a due mani sono stati valutati anche gli angoli della spalla sinistra in modo da poter effettuare un confronto tra le due parti che dovrebbero compiere un movimento simmetrico.

Nella tecnica di lancio a una mano, per quanto riguarda la spal-

la di lancio, si può notare in media un movimento in anteposizione di 15°, cioè dai 202° iniziali ai 217° al momento del rilascio. Con tale tecnica l'arto superiore è maggiormente in anteposizione rispetto alla tecnica di lancio a due mani.

Anche in tale analisi alcuni soggetti presentano dei movimenti della spalla particolari.

Solo in due casi soggetti partono dall'anteposizione avanti-alto ed portano il braccio verso il basso.

La maggioranza (sei casi) parte da una retroposizione dell'arto superiore in posizione indietro-alto ed effettua un movimento di anteposizione verso "avanti-basso".

In quattro casi i soggetti, invece, partono da una posizione avanti basso ed effettuano un movimento di retroposizione passando per alto. Per questa variabile perciò il dato medio non dà l'idea del comportamento motorio dei diversi soggetti ed è meglio suddividere il campione nei sopraccitati sottogruppi.

Per quanto riguarda la simmetria dell'ampiezza dei movimenti delle due spalle, nella tecnica di lancio a due mani, si evidenzia che in media, al momento del rilascio, non esistono grandi differenze (220° a sn e 223° a dx nei lanci a due mani), mentre le differenze sono maggiori all'inizio del movimento.

- *gomito destro e sinistro all'inizio e al rilascio.*

Sono stati valutati gli angoli tra braccio ed avambraccio all'inizio del movimento di lancio (della spalla o del gomito) ed al momento del rilascio.

In questo caso dai dati medi si evince un chiaro movimento di estensione del gomito da 64° a 143°, perciò da una posizione di flessione maggiore rispetto all'an-

golo retto si passa ad una estensione che non risulta completa. Gli angoli risultano più chiusi (46° e 134°) nel lancio ad una mano rispetto a quello a due (83° e 152°). Da notare l'ampia variabilità dell'angolo d'inizio movimento (da 156° a 18°) con una deviazione standard di 36°. I valori sono disomogenei specialmente nel lancio a due mani. Al momento del rilascio il comportamento dei soggetti è più omogeneo (D.S. = 13,6°) con un range di valori dai 168° ai 125°.

- *polso al rilascio*

Il polso come valore angolare è stato studiato solo al momento del rilascio per vedere se il movimento era completato con una azione a "frusta".

L'angolo del polso in media risulta leggermente flesso dorsalmente di 14°; non si notano differenze tra i due tipi di lancio, ad indicare la difficoltà di coordinare questo segmento distale nel finale del gesto al fine di un contributo propulsivo della palla. Alcuni soggetti al momento del rilascio posizionano la mano sul prolungamento dell'avambraccio (179°), altri evidenziano ancora una flessione dorsale evidente (141°). Questo dato indica la mancata o incompleta azione del polso nel finale.

Analizzando i grafici dei goniogrammi relativi alle articolazioni della spalla, del gomito e del polso nella fase di lancio si possono individuare molte soluzioni nei movimenti dell'arto superiore lanciante. Mentre per quanto riguarda la spalla, come si è visto, sono stati individuati solo tre modelli motori, combinando l'analisi temporale contemporanea dei goniogrammi di spalla e gomito sono stati individuati 12 modelli diversi sui 14 lanci studiati.

TABELLA 4 - CINEMATICA LINEARE ARTO SUPERIORE DESTRO VALORI MASSIMI E AL RILASCIO

SOGGETTO	PICCO SPALLA		SPALLA RILASCIO		PICCO GOMITO		GOMITO RILASCIO		POLSO PICCO		POLSO RILASCIO		USCITA PALLA	
	VX (m/sec)	VY (m/sec)	VX (m/sec)	VY (m/sec)	VX (m/sec)	VY (m/sec)	VX (m/sec)	VY (m/sec)	VX (m/sec)	VY (m/sec)	VX (m/sec)	VY (m/sec)	VX (m/sec)	VY (m/sec)
1TEN	1,86	0,78	-0,18	0,34	2,65	2,62	0,44	-0,20	3,09	1,97	2,77	-1,30	4,59	1,55
2TEN	2,87	0,37	1,47	-1,04	3,81	0,87	2,36	-1,86	7,12	2,45	7,12	-2,18	9,69	2,02
3TEN	2,64	0,84	0,87	-0,14	3,08	0,68	1,18	-0,15	5,45	2,16	5,45	-0,82	8,60	1,27
5TEN	1,79	1,15	0,46	-0,44	2,76	1,32	0,81	-0,75	5,12	2,41	4,62	-1,47	6,06	3,65
6TEN	2,15	0,96	-0,06	0,71	1,53	2,03	0,47	1,57	3,91	2,34	2,88	-0,42	6,49	3,35
7TEN	1,29	0,41	0,74	0,11	1,58	1,37	1,37	-0,44	3,59	1,91	3,25	-1,95	5,89	0,24
1CAL	1,41	0,84	0,06	-0,07	1,38	0,76	0,45	0,14	3,15	1,74	2,96	0,94	4,49	1,33
2CAL	0,85	0,52	0,46	-0,18	2,84	0,41	0,11	-0,15	4,41	2,49	3,60	-3,85	8,73	-1,54
3BASK	0,94	0,92	-0,67	0,54	2,13	0,43	0,57	-0,77	3,59	2,06	3,21	-1,62	4,51	0,30
5BASK	0,61	0,56	1,43	-0,74	2,35	1,01	1,16	-1,77	4,52	2,33	3,39	-4,21	6,04	-1,98
6BASK	1,57	1,89	0,37	1,04	1,43	3,77	0,28	2,96	1,92	3,29	1,36	2,38	4,36	2,47
7CAL	1,38	0,35	0,61	-0,08	1,81	0,47	1,81	0,062	3,33	0,88	3,25	-2,03	4,44	-2,05
4BAS	0,39	0,68	-0,35	-0,48	1,19	0,37	0,30	-1,53	3,15	1,57	2,90	-2,75	4,99	0,09
4TEN	1,12	0,92	0,17	0,92	3,73	2,97	1,84	2,97	5,89	5,55	2,78	5,55	5,53	5,74
MEDIA	1,61	0,80	0,46	-0,09	2,28	1,31	0,92	-0,17	4,10	2,17	3,66	-1,38	6,16	0,88
MAX	2,87	1,89	1,47	1,04	3,81	3,77	2,36	2,96	7,12	3,29	7,12	2,38	9,69	3,65
MIN	0,61	0,35	-0,67	-1,04	1,38	0,41	0,11	-1,86	1,92	0,88	1,36	-4,21	4,36	-2,05
D.S.	0,66	0,41	0,60	0,56	0,74	0,98	0,65	1,27	1,29	0,54	1,41	1,74	1,81	1,87
MEDIA 1	2,10	0,75	0,55	-0,08	2,57	1,48	1,11	-0,31	4,71	2,21	4,35	-1,36	6,89	2,01
MEDIA 2	1,13	0,85	0,38	-0,10	1,99	1,14	0,73	-0,04	3,49	2,13	2,96	-1,40	5,43	-0,25
TEST 1	1,13	0,85	0,38	-0,10	1,99	1,14	0,73	-0,04	3,49	2,13	2,96	-1,40	5,43	-0,25

CINEMATICA LINEARE DELL'ARTO SUPERIORE DESTRO: VALORI MASSIMI E AL RILASCIO.

La tabella 4 è relativa alla cinematica lineare dell'arto superiore destro riferita ai valori massimi e a quelli del momento del rilascio in direzione orizzontale e verticale per i punti: spalla, gomito e polso. Inoltre è stata valutata la velocità di uscita della palla al rilascio.

Le velocità orizzontali e verticali del punto di reperi spalla dipendono soprattutto dai movimenti di torsione e di inclinazione in avanti del tronco.

Il picco di velocità orizzontale del punto di reperi della spalla è risultato di 1,61 m/sec, nettamente superiore a quello registrato al momento del rilascio 0,46 m/sec. In questo caso si notano differenze significative tra lancio ad una mano e a due mani. Nel lancio ad una mano la velocità orizzontale è nettamente superiore (2,1 m/sec con-

tro 1,1 m/sec). Ciò si può spiegare con i movimenti di torsione del tronco, più evidenti nel lancio ad una mano. Al momento del rilascio invece non si notano differenze significative tra i due tipi di lancio.

Anche il massimo della velocità verticale risulta più elevato (0,80 m/sec) di quello rilevato al momento del rilascio che risulta anzi negativo (-0,1 m/sec). Il valore negativo indica che al momento del rilascio si nota uno spostamento appena accennato verso il basso della spalla. Ciò avviene in 9 lanci su 14 esaminati ed è più frequente nel lancio a due mani.

Anche il gomito mostra dei picchi di velocità orizzontale e verticale nettamente superiori a quelle del rilascio. La velocità orizzontale di picco del gomito è significativamente più elevata nel lancio a una mano (2,28 m/sec contro 0,92 m/sec) e ciò può essere dovuto al peso della palla da tennis decisa-

mente inferiore a quella da basket. Ma può derivare anche dal contributo di un numero maggiore di segmenti nella determinazione della velocità. Come nel caso della spalla, la velocità verticale del gomito al rilascio è negativa passando da 1,31 m/sec come massimo a -0,17 m/sec al rilascio.

Il polso mostra i valori di picco più elevati essendo, nel lancio, il segmento distale di una catena cinetica aperta. Le velocità orizzontali di picco e al rilascio risultano significativamente più elevate nel lancio ad una mano (4,71 e 4,35 m/sec rispetto a quelle del lancio a una mano 3,49 e 2,96 m/sec). In questo caso le differenze tra valori massimi e di picco

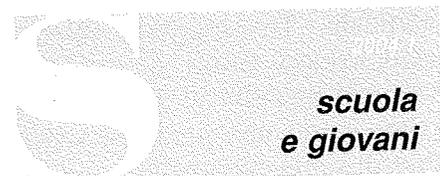


TABELLA 5 - TEMPI INIZIO MOVIMENTI E TEMPO DI PICCO RISPETTO RILASCIO

SOGGETTO	DURATA LANCIO (sec.)	TRONCO (sec.)	TEMPI INIZIO		TEMPI PICCO V. ANG.		T. PICCO SPALLA VX (sec.)	V. LINEARE SPALLAVY (sec.)	LUNGHEZZA LANCIO (cm)
			SPALLA (sec.)	GOMITO (sec.)	SPALLA (sec.)	GOMITO (sec.)			
1TEN	0,14	0,19	0,14	0,11	0,11	0,04	0,10	0,13	260
2TEN	0,21	0,37	0,21	0,21	0,16	0,00	-0,04	-0,09	590
3TEN	0,10	0,23	0,10	0,10	0,09	-0,01	0,04	0,04	470
5TEN	0,20	0,25	0,20	0,13	0,17	0,00	0,06	0,06	520
6TEN	0,16	0,17	0,09	0,16	0,03	0,03	0,12	0,12	480
7TEN	0,18	0,24	0,14	0,18	0,04	0,00	0,08	0,10	210
1CAL	0,16	0,41	0,04	0,16	0,03	0,01	0,06	0,14	250
2CAL	0,24	0,36	0,24	0,24	0,13	0,00	0,17	0,13	290
3BASK	0,16	0,38	0,16	0,16	0,03	-0,04	0,09	0,12	240
5BASK	0,20	0,25	0,20	0,14	0,19	-0,01	0,12	0,10	230
6BASK	0,13	0,21	0,13	0,13	0,04	0,03	0,07	0,07	300
7CAL	0,17	0,22	0,17	0,03	0,13	0,01	0,04	0,11	108
4BAS	0,33	0,33	0,07	0,33	0,04	0,00	0,25	0,25	190
4TEN	0,22	0,22	0,22	0,10	0,03	0,09	0,07	-0,01	560
MEDIA	0,17	0,27	0,15	0,15	0,10	0,00	0,08	0,09	329
MAX	0,24	0,41	0,24	0,24	0,19	0,04	0,17	0,14	590
MIN	0,10	0,17	0,04	0,03	0,03	-0,04	-0,04	-0,09	108
D.S.	0,04	0,08	0,06	0,05	0,06	0,02	0,05	0,06	141,8
MEDIA 1	0,17	0,24	0,15	0,15	0,10	0,01	0,06	0,06	422
MEDIA 2	0,18	0,30	0,16	0,14	0,09	0,00	0,09	0,11	236
TEST 1	0,269	0,093	0,358	0,417	0,349	0,110	0,244	0,105	0,005

non sono elevate come quelle della spalla e del gomito ad indicare che il picco di velocità si raggiunge in prossimità del rilascio.

La velocità verticale presenta valori elevati positivi di picco (2,17 m/sec in media) e negativi al rilascio (-1,38 m/sec). Ciò indica che il rilascio avviene in una fase discendente della mano. Solamente tre soggetti (tra i quali quello lancia sotto spalla) presentano velocità positive verticali al rilascio.

La velocità orizzontale risulta in media molto elevata rispetto a quella verticale, 6 m/sec contro 1 m/sec.. I valori individuali sono molto diversi tra i soggetti, oscillando da 9,7 m/sec a 4,3 m/sec per la velocità orizzontale e da 3,65 m/sec a -2 m/sec per quella verticale. Tre soggetti, infatti, evidenziano valori di velocità verticali negativi al rilascio che comportano una parabola senza fase di salita della palla.

STUDIO TEMPORALE D'INIZIO DEI MOVIMENTI E DEL TEMPO DI PICCO DELLE VELOCITÀ

Questo paragrafo riguarda i dati temporali d'inizio dei vari movimenti e di manifestazione dei vari picchi di velocità angolare e lineare.

La prima variabile esaminata è la durata del lancio in secondi calcolata prendendo in considerazione il primo movimento significativo dell'articolazione della spalla o del gomito o di entrambe se i movimenti risultavano accoppiati. È stato considerato un movimento significativo quello che presentava una velocità angolare di movimento eguale o superiore ai 100°/sec.. I tempi sono stati calcolati prendendo in considerazione la distanza temporale tra questo fotogramma e quello di rilascio (tenendo presente che il tempo tra due fotogrammi è di 14 millesimi di secondo).

Non si notano differenze tra i due tipi di lancio come valori medi della durata di 0,17 sec. Nella seconda colonna sono prese in esame le durate dei movimenti del tronco che risultano più lunghe (0,27 sec. in media). Ciò indica che il movimento del tronco tende ad anticipare di 0,10 sec i movimenti degli arti superiori. Nel lancio a due mani il tronco tende ad anticipare di più i movimenti degli arti (0,12 sec. contro 0,07) sebbene le differenze non risultano statisticamente significative.

Se si studiano i dati temporali medi della spalla e del gomito sembra che i due movimenti inizino insieme. Ciò si evidenzia soprattutto nel lancio ad una mano, mentre in quello a due mani appare un leggerissimo anticipo della spalla sul gomito.

Studiando i singoli casi, soltanto 5 lanci mostrano in realtà un

accoppiamento dell'inizio dei movimenti della spalla e del gomito, mentre altri 5 mostrano un anticipo dell'azione della spalla e 4 un anticipo dell'azione del gomito. Diversi autori interpretano l'azione di anticipo della spalla come uno schema motorio più evoluto rispetto agli altri modelli di movimento.

Le altre variabili della tabella 5 riportano il tempo intercorso tra picco della velocità angolare di spalla e gomito e il momento del rilascio, in modo da evidenziare la distanza temporale tra i due avvenimenti.

Il picco di velocità di anteponzione della spalla si rileva 0,10 secondi prima del rilascio, mentre il picco di velocità di estensione del gomito avviene al momento del rilascio (tempo 0,0). Come dati medi non si notano differenze significative tra i due lanci, mentre risultano evidenti quelle tra alcuni soggetti.

Il picco della spalla anticipa sempre il rilascio (valori massimo 0,19 e minimo 0,03 sec) mentre il picco del gomito avviene pochi centesimi prima o dopo il rilascio. Si può affermare che la maggioranza dei soggetti in età prescolare, sia nel lancio ad una mano che a due mani, ricerca soprattutto un'elevata velocità angolare del gomito in coincidenza del rilascio della palla, utilizzando poco l'azione del polso come si è visto nel paragrafo precedente.

Allo stesso modo sono state valutate le distanze temporali tra il rilascio e i picchi di velocità orizzontali e verticali della spalla. Si deve tenere presente che i picchi di velocità lineare del punto di reperi della spalla dipendono, come si è già detto,

dai movimenti di flessione e torsione del tronco. Tali picchi si notano 0,08 -0,09 sec prima del rilascio, perciò sono temporalmente vicini al picco di velocità angolare nell'anteponzione della spalla. Ciò significa che tronco e spalla compiono dei movimenti temporalmente sincronizzati.

Conclusioni

Gli spostamenti verticali ed orizzontali del baricentro, e quindi del corpo in toto, sono molto ridotti: leggermente maggiori quelli verticali, specialmente nei lanci a due mani. La distanza tra punta del piede e baricentro indica che solitamente i piedi sono davanti al baricentro e la distanza tra i piedi è piuttosto contenuta. Le velocità massime del baricentro al momento del rilascio sono molto contenute. Questi dati confermano la scarsa partecipazione degli arti inferiori al movimento di lancio. Gli angoli del tronco sono stati valutati al momento della massima estensione (media 8°), all'inizio del primo movimento di lancio della spalla o del gomito (3°), al rilascio (inclinazione avanti di 12°). Questi dati indicano la scarsa partecipazione del tronco al movimento di lancio. Le velocità lineari della spalla dipendono soprattutto dai movimenti del tronco, i valori massimi sono più elevati rispetto al rilascio per tutti i punti. Perciò l'azione del tronco anticipa gli altri movimenti.

Un primo passo verso lo studio del timing è quello della comparazione delle durate dei singoli movimenti rispetto alla durata totale del lancio. Il momento corrispondente al picco di velocità angolare delle diverse articolazioni degli arti superiori è un

altro dato temporale interessante.

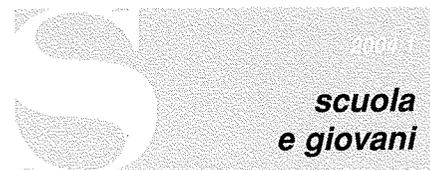
Gli spostamenti del corpo in toto non risultano rilevanti; a questo proposito si possono individuare diverse strategie:

1. Spostamenti molto ridotti nelle due direzioni.
2. Spostamento prevalente verticale.
3. Spostamento prevalente orizzontale.
4. Spostamento proporzionato nelle due direzioni.

A fronte di tale variabilità si può rilevare un dato di velocità orizzontale al rilascio prossima allo 0 oppure, in alternativa, una velocità negativa rispetto alla direzione di lancio. Il modello motorio più frequente per il tronco è quello della flessione in avanti ma anche questo presenta varianti:

1. Partenza con tronco esteso dietro e arrivo verticale.
2. Partenza con tronco esteso dietro e arrivo flesso avanti.
3. Partenza con tronco eretto ed arrivo flesso avanti.
4. Partenza con tronco flesso avanti ed arrivo con flessione più accentuata.

Le differenze tra gli angoli della parte dx e sn permettono lo studio della simmetria e asimmetria dei movimenti da porre in relazione con lo sviluppo della lateralità. Il controllo degli arti inferiori e superiori appare così carente, in



soggetti di questa età, che si riscontrano differenze tra lato destro e sinistro anche in un lancio simmetrico molto semplice come quello a due mani sopra il capo, specialmente nelle fasi iniziali di movimento degli arti superiori.

In conclusione questo lavoro dimostra le possibilità offerte dal-

l'analisi quantitativa nell'identificazione di modelli motori diversi nei lanci, e ciò torna utile per studiare in modo più preciso, rispetto alla valutazione qualitativa, il grado di sviluppo di tale abilità anche in età prescolare. Ciò potrà servire per riconoscere anche nei soggetti di età successive modelli

meno evoluti che possono richiedere un intervento appropriato dell'educatore. In futuro sarà interessante studiare quali interventi educativi siano i più indicati per il miglioramento dei diversi aspetti dei movimenti di lancio nelle diverse fasi di sviluppo motorio e di apprendimento.

Bibliografia

- Adrian M., Cooper J.M. 1995. *Biomechanics of Human movement*. Brown & Benchmark. Madison.
- Barham J., Wooten E. 1973 "Structural Kinesiology". Macmillan, New York.
- Calabrese L. 1974. "L'apprendimento motorio tra i cinque e i dieci anni". Armando Ed. Roma.
- Cratty B. J., Martin M. M. 1969. *Perceptual-Motor Efficiency in children*. Lea & Febiger. Philadelphia.
- Gallahue D. L. 1989. *Understanding motor development: Infants, Children, Adolescent*. Benchmark Press Inc.
- Knudson D. V., Morrison C. S. 1997. "Qualitative Analysis of Human Movement" *Human Kinetics*. Champaign
- Korenberg V. B. 1983. "Principi dell'analisi qualitativa biomeccanica" Soc. Stampa Sportiva. Roma.
- Meinel K. 1984 "Teoria del movimento" S. Stampa Sportiva. Roma.
- Merni F., Dala D., Grandi E., Facondini C., Capizzi C. 1979. Relazioni tra le capacità motorie e loro sviluppo nei ragazzi di un centro di avviamento all'atletica. *Atletica Studi*. N. 10-12 p. 173-198
- Merni F., Coppini L., Magenti L. 1986 a. Il bambino e la corsa. Una analisi qualitativa. *Scuola dello Sport* n. 5 p. 47-53
- Merni F., Coppini L., Magenti L. 1986 b. Il bambino e la corsa. Una analisi quantitativa per lo studio della coordinazione motoria. *Scuola dello Sport* n. 6 p. 43-53
- Merni F., Baravelli M. 1999. Modelli motori dei lanci in età prescolare. *Atletica Studi* N. 3 / 4 p.67-80.
- Merni F., Coppini L., Magenti L. 1992. A longitudinal study of the kinematics of running in children. 8° Meeting of European Society of Biomechanics. *Book of Abstracts*. Roma
- Robertson M. A. 1972. *J. Helath Phys. Educ. Recreation* 43, 65-66
- Tommaselli C. (1984) *Modelli e metodi per la determinazione dei centri di gravità e delle masse del corpo umano*. Tesi di Diploma ISEF Bologna.
- Vayer P. 1971. *Educazione psicomotoria nell'età scolastica*. Ed. Armando. Roma
- Wells K.F., Luttgens K. 1978. *Kinesiologia*. Verducci Ed. Roma
- Wickstrom R. L. 1975. *Developmental Kinsiology: Maturation of basic motor patterns in Ex. Sport Sciences Rev.* Acad. Press.
- Wickstrom R. L. 1983. *Fundamental motor patterns*. Lea & Febiger. Philadelphia.
- Wild M. 1938. The behaviour pattern of trowing and some observation concerning its course of development in children. *Res. Quart.* 9, 20-24.
- Winter D.A. 1987. *Biomechanics of human movement*. J. Wiley & Sons, New York.