

Alma Mater Studiorum Università di Bologna

***Dottorato di Ricerca in
Discipline delle Attività Motorie e Sportive***

XXI ciclo

Sede amministrativa: Università di Bologna

Coordinatore: Prof. Salvatore Squattrito

ANALISI BIOMECCANICA DEL MAWASHI GERI JODAN IN CINTURE NERE DI KARATE: MODELLI TECNICI A CONFRONTO.

**Tesi di dottorato in
Metodi e didattiche delle Attività Sportive (M-EDF/02)**

Presentata da:
dott. Fabrizio Pecoraioli

Relatore:
Prof. Franco Merni

ABSTRACT

In martial arts there are several ways to perform the turning kick. Following the martial arts or different learning models many types of kicks take shape. Mawashi geri is the karate turning kick. At the moment there are two models of mawashi geri, one comes from the traditional karate (OLD), and the other newer (NEW), who agrees to the change of the rules of W.K.F. (World Karate Federation) happened in 2000 (Macan J. *et all* 2006). In this study we are focus on the differences about two models the mawashi geri jodan of karate. The purpose of this study is to analyse cinematic and kinetic parameters of mawashi geri jodan. Timing of the striking and supporting leg actions were also evaluated

A Vicon system 460 IR with 6 cameras at sample frequency of 200 Hz was used. 37 reflective markers have been set on the skin of the subjects following the “PlugInGait-total body model”. The participants performed five repetitions of mawashi geri jodan at maximum rapidity with their dominant leg against a ball suspended in front of them placed at ear height. Fourteen skilled subjects (mean level black belt 1,7 dan; age $20,9 \pm 4,8$ yrs; height $171,4 \pm 7,3$ cm; weight $60,9 \pm 10,2$ Kg) practicing karate have been split in two group through the hierarchical cluster analysis following their technical characteristics. By means of the Mann Whitney-U test (Spss-package) the differences between the two groups were verified in preparatory and execution phase. Kicking knee at start, kicking hip and knee at take-off were different between the two groups ($p < 0,05$). Striking hip flexion during the spin of the supporting foot was different between the two groups ($p < 0,05$). Peak angular velocity of hip flexion were different between the two groups ($p < 0,05$). Groups showed differences also in timing of the supporting spin movement. While Old group spin the supporting foot at 30% of the trial, instead New start spinning at 44% of the trial. Old group showed a greater supporting foot spin than New (Old 110° Vs New 82°). Abduction values didn't show any differences between the two groups. At the hit has been evaluated a 120° of double hips abduction, for the entire sample. Striking knee extension happened for everybody after the kicking hip flexion and confirm the proximal-distal action of the striking leg (Sorensen H. 1996). In contrast with Pearson J.N. 1997 and Landeo R 2007, peak velocity of the striking foot is not useful to describe kick performance because affected by the stature. Two groups are different either in preparatory phase or in execution phase. The body is set in difference manner already before the take-off of the kicking foot. The groups differ for the timing of the supporting foot action Trainer should pay attention to starting posture and on abduction capacities of the athletes.

RINGRAZIAMENTI

Vorrei ringraziare le seguenti persone senza le quali non avrei potuto iniziare ne finire questo dottorato di ricerca.

In primis il mio tutor, il professor Franco Merni, il quale non solo mi ha accompagnato in tutte le fasi di questo dottorato ma è stato soprattutto lo stimolo ad un continuo impegno ed approfondimento delle affascinanti scienze motorie.

In particolar modo ringrazio l'ing. Silvia Fantozzi, la quale, mi ha spesso illuminato su alcuni aspetti della biomeccanica, che a volte mi sfuggivano. Ringrazio il dott. Roberto Ciacci e la dott.ssa Wanda Forzerc i quali mi hanno insegnato i "trucchetti" del mestiere, ossia come usare al meglio il software di Vicon. Un grazie anche ai due tecnici di laboratorio che si sono dati il cambio durante la mia esperienza al laboratorio della Record, e cioè agli ing. Nino Perretta e Andrea Giovanardi. Un grazie a tutto il gruppo che si occupa di biomeccanica: alla dott.ssa Martina Camorani, al dott. Rocco di Michele, al dott. Roberto Lobietti. Ringrazio anche quelli che con affetto mi sono stati vicini: il dott. Andrea Ceciliani, il dott. Gabriele Semprini, il dott. Guido Belli, il dott. Diego Rondini, il dott. Alessandro Piras, Stefano Maraccino e Giuseppe Ceretti. Un formale ringraziamento va sicuramente alla Polizia di Stato che mi ha consentito di poter svolgere questo dottorato nelle migliori condizioni economiche. Un grazie particolare al maestro Andrea Arena che ha da subito creduto al progetto così come ha fatto il maestro Carlo Maurizzi i quali hanno di fatto reclutato i soggetti testati. Ringrazio quindi i protagonisti di questo studio, ossia gli atleti che sono stati chiamati ad effettuare un gesto tutt'altro che semplice. Quindi un grazie agli atleti del Comitato regionale karate dell'Umbria e a quelli dello Sport Village di Bologna. Un grazie anche al Prof. Pier Luigi Aschieri che mi ha aiutato ad interpretare il complesso movimento dei calci circolari, ma anche per aver scritto "Karate - il combattimento", testo che mi ha fortemente spinto allo studio delle tecniche del karate sportivo. In fine un grazie particolare ai miei genitori che mi hanno sostenuto in ogni modo, economico, ma soprattutto psicologico.

INDICE

ABSTRACT	I
RINGRAZIAMENTI	II
INDICE DELLE FIGURE.....	V
INDICE DELLE TABELLE	V
INDICE DEI GRAFICI	VI
INTRODUZIONE AGLI SPORT DI COMBATTIMENTO	1
IL KARATE	1
IL KARATE MODERNO.....	3
LE TECNICHE DEL KARATE.....	5
IL MAWASHI GERI	5
INTRODUZIONE GENERALE (METODI DI STUDIO DEI CALCI)	13
CINETICA E CINEMATICA DEI CALCI.....	17
INDIVIDUAZIONE DEGLI EVENTI E DELLE FASI DEL CALCIO	18
QUALITA' DELL'ESPERIMENTO	21
CONTROLLO DEGLI ERRORI SPERIMENTALI.....	21
CRITERI DELLA SCELTA DELLE PROVE	23
USO DELLA CLUSTER ANALYSIS IN CAMPO SPORTIVO	23
SCOPO DELLO STUDIO	24
METODI	25
SISTEMA DI ACQUISIZIONE.....	25
<i>Calibrazione</i>	25
<i>Acquisizione</i>	26
<i>Elaborazione</i>	26
<i>Marker set</i>	27
<i>Modello</i>	27
<i>Il calcolo del COM</i>	28
SOGGETTI.....	29
PROCEDURE METODOLOGICHE UTILIZZATE IN QUESTO STUDIO.....	31
INDIVIDUAZIONE DEGLI EVENTI.....	31
FASI E CARATTERISTICHE DEL CALCIO.....	33
AZIONI OSSERVATE.....	36
<i>Durate</i>	37
<i>Timing delle azioni</i>	37
<i>Valori angolari agli eventi</i>	38
<i>Valori angolari massimi</i>	38
<i>Velocità</i>	38

<i>Rotazioni e atteggiamenti del corpo</i>	39
PROCEDURA DEL TEST	39
TEST DI MOBILITÀ ARTICOLARE.....	41
TRATTAMENTO DEI DATI	43
ATTENDIBILITÀ DEL TEST (RELIABILITY TEST)	43
SELEZIONE DELLE PROVE ATTRAVERSO LA CLUSTER ANALISI	44
FORMAZIONE DEI GRUPPI.....	45
RISULTATI	49
CARATTERISTICHE DEI SOGGETTI	49
DURATE (DATI TEMPORALI).....	50
TIMING DELLE AZIONI	52
DATI ANGOLARI AGLI EVENTI (ISTANTANEI).....	54
VALORI ANGOLARI MASSIMI	56
VELOCITA' (DATI CINEMATICI).....	61
ROTAZIONI E ORIENTAMENTO DEI PIEDI.....	63
ROTAZIONI E ATTEGGIAMENTI DEL TRONCO E DELLA PELVI	65
ANALISI NON PARAMETRICA DEI SOGGETTI DIVISI PER GENERE	67
DISCUSSIONE	72
CONCLUSIONI	78
APPENDICE“ A, B”	81
BIBLIOGRAFIA	85

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1	Scena di un antico allenamento di karate	2
Figura 2	Torneo universitario di combattimento di karate tradizionale	4
Figura 3	Mawashi geri (karate, combattimento sportivo)	6
Figura 4	Mawashi geri tradizionale (prima fase)	7
Figura 5	Mawashi geri moderno (chambering position o prima fase)	9
Figura 6	Mawashi geri jodan (fine terza fase/colpo)	10
Figura 7	Disposizione dei marcatori nel “plug in gait”	27
Figura 8	Spostamento del COM (evento Str)	31
Figura 9	Stacco del piede calciante (evento Tkf)	32
Figura 10	Traiettoria 3D del marker Rtoe	32
Figura 11	Colpo del bersaglio (evento Hit)	33
Figura 12	Fase preparatoria e fase esecutiva	34
Figura 13	Linea di attacco	35
Figura 14	Linea di attacco e assi della pelvi sul piano trasverso	35
Figura 15	Angolo tra asse longitudinale del femore calciante e asse Z del sistema di riferimento	36
Figura 16	Vista sagittale della scena del test durante l’evento Str	37
Figura 17	Posizione di partenza dell'atleta durante il test	39
Figura 18	Test di flessione del tronco	42
Figura 19	Test di abduzione delle anche	42

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1	Caratteristiche dei soggetti che hanno preso parte allo studio	30
Tabella 2	Valori di alfa (Cronbach) ottenuti per le variabili usate per il controllo di qualità del test	44
Tabella 3	Ramo del dendrogramma	44
Tabella 4	Dendrogramma del campione studiato	47
Tabella 5	Prove scelte per l'analisi non parametrica	48
Tabella 6	Caratteristiche dei gruppi	49
Tabella 7	Durata delle fasi principali del calcio	50

Tabella 8 Intertempi delle rotazioni del piede di supporto rispetto allo stacco del piede calciante	51
Tabella 9 Timing delle principali azioni.....	52
Tabella 10 Angoli agli eventi Str, Tkf, Hit.....	54
Tabella 11 Valori angolari massimi.....	57
Tabella 12 Velocità lineari ed angolari.....	61
Tabella 13 Rotazione e orientamento dei piedi	64
Tabella 14 Movimenti del tronco e della pelvi.....	66
Tabella 15 Caratteristiche dei soggetti divisi per genere.....	67
Tabella 16 Variabili di performance divise per genere	69
Tabella 17 Valore interquartile del tempo di esecuzione del calcio.....	84
Tabella 18 Valore interquartile della massima flessione dell'anca calciante.....	84

INDICE DEI GRAFICI

Grafico 1 Istogramma delle durate	50
Grafico 2 Azione di anca e ginocchio calcianti di un soggetto del gruppo New, normalizzata dallo stacco (Tkf) al colpo del bersaglio (Hit).....	52
Grafico 3 Timing delle principali azioni nel gruppo New.....	53
Grafico 4 Timing delle principali azioni nel gruppo Old	54
Grafico 5 Istogramma degli angoli agli eventi Str e Tkf.....	55
Grafico 6 Istogramma degli angoli all'evento Hit.....	56
Grafico 7 Istogramma dei valori massimi di flessione dell'anca e del ginocchio calcianti	58
Grafico 8 Flesso-estensione del ginocchio calciante	58
Grafico 9 Flesso-estensione dell'anca calciante	59
Grafico 10 Istogramma dei valori di abduzione	60
Grafico 11 Abduzione-adduzione dell'anca calciante	60
Grafico 12 Istogramma delle velocità lineari della caviglia e del ginocchio calcianti.....	62
Grafico 13 Angolo del ginocchio calciante alle massime velocità angolari.....	63
Grafico 14 Istogramma dell'orientamento dei piedi.....	64
Grafico 15 Istogramma delle rotazioni del piede di supporto	65
Grafico 16 Istogramma dei movimenti del tronco e della pelvi agli eventi Str e Tkf	66
Grafico 17 Istogramma del movimento del tronco e della pelvi all'evento Hit.....	67
Grafico 18 Istogramma delle velocità lineari per genere	68
Grafico 19 Timing di abduzione/adduzione per genere	70

Grafico 20 Abduzione-adduzione dell'anca calciante per genere 71

INTRODUZIONE AGLI SPORT DI COMBATTIMENTO

Gli sport di combattimento sono stati da sempre oggetto di studio e di interesse scientifico a causa del loro molteplice coinvolgimento di capacità e abilità. Sono moltissime le arti marziali ma soltanto alcune prendono la connotazione di sport e vengono riconosciute come tale. Attualmente gli sport da combattimento si distinguono in lotte, in cui gli atleti cercano di afferrarsi, e in combattimenti in cui gli atleti cercano di colpirsi. Nel caso della lotta la coppia di atleti è detta “chiusa” mentre nel combattimento la coppia di atleti è detta aperta (Sacripanti A. 1996). Per intenderci il Judo, la lotta libera, quella greco/romana, il wrestling, ecc. sono delle lotte, ossia specialità in cui gli atleti effettuano tra loro delle prese stabili.

Il karate, il taekwondo, il pugilato, la scherma ecc. sono invece dei combattimenti, ossia specialità in cui tra gli atleti non vi è una presa stabile ma una certa distanza tra loro.

Ne consegue che tra queste due specialità vi è una sostanziale differenza nella distanza di combattimento, nelle condizioni di equilibrio e nella tattica di gara.

Relativamente agli sport di combattimento i campi di maggior interesse risultano essere soprattutto due: la tattica (Zehr E.P. *et all* 1997, Hodge T., Deakin J.M. 1998, Frederick M.J. 1999, Williams A.M., Elliot D. 1999, Mori S. *et all* 2002), e la resistenza specifica (Lehmann G. 1997, 2000, 2001, Francescato M.P. *et all* 1995, Imamura H. *et all* 1999, Beneke R. *et all* 2004, Zemkova E., Dzurenkova D. 2004). Stranamente scarsi o quasi inesistenti sono invece i lavori riguardanti il terzo aspetto della performance ossia la tecnica.

IL KARATE

Il karate è un'arte marziale orientale che si è sviluppata ad Okinawa (Giappone) fra il sedicesimo ed il diciottesimo secolo, come evoluzione di tecniche di autodifesa giapponesi. Si parla di periodi in cui le armi erano proibite ad Okinawa e di come questo abbia appunto spinto la gente a studiare tecniche di difesa senza armi. Infatti, il karate significa letteralmente “mano vuota”, a sottolineare il non uso delle armi tipiche del kung-fu e per esprimere lo spirito puro della nuova arte marziale giapponese. Il karate dei primordi era molto diverso da quello di oggi. L'allenamento principale, e praticamente l'unico, era la ripetizione senza fine di un ristretto numero di kata. Non c'era allenamento di gruppo, ma il maestro insegnava individualmente ed aveva pochissimi allievi; spesso tecniche ed allenamenti venivano mantenuti segreti. L'esperazione di singoli movimenti (figura 1), è una caratteristica principale delle arti marziali di Okinawa e giapponesi, focalizzate su concentrazione ed efficacia estrema.



Figura 1 Scena di un antico allenamento di karate

Fino al 1879, quando Okinawa diventa una provincia del Giappone, la Cina ha una forte influenza sull'isola. Infatti l'isola di Okinawa si trova in una posizione geografica molto particolare in mezzo al mar cinese e perfettamente al centro delle nazioni che si affacciano su tali acque: Cina, Korea del sud, Giappone e Taiwan. Tale posizione e la sua storia travagliata e ambigua per quanto riguarda la sua appartenenza, rende questa isola terreno idoneo per lo sviluppo di una nuova arte marziale, che comprende al suo interno tante altre arti tipiche delle zone circostanti. Ne consegue lo sviluppo di tanti stili e terminologie diverse, le quali distinguono soprattutto la famiglia che custodisce e tramanda tale forma di difesa personale. Pur essendo un'antichissima arte marziale originaria della Cina (che ricordiamo dominò l'isola dal III° sec d.C. fino al XIX° sec), il karate ha come precisa data di nascita il 1920 e come suo padre fondatore Gichin Funakoshi, maestro nato nel 1868 a Shuri (Okinawa), cultore delle arti di combattimento, abile calligrafo, uomo di cultura ed insegnante in una scuola elementare. Egli elaborò una sua forma di "tode" (che significa "mano cinese" una forma di autodifesa) che egli ebbe il merito di codificare per la prima volta. Questa nuova arte marziale venne apprezzata addirittura dal futuro Imperatore Hirohito che la conobbe nel 1921 durante una sua visita al castello di Shuri. Successivamente ci fu quindi un invito a tenere una dimostrazione della nuova arte in Giappone, e fu scelto Funakoshi che ne fece una prima a Kyoto, e poi una a Tokyo su invito di Gigoro Kano, il creatore del judo. Durante queste prime dimostrazioni fu introdotto il karategi (abito del karate), copiando l'aspetto di quello del judo. Funakoshi rimase in Giappone dove iniziò ad insegnare karate presso le università. Passo dopo passo il Karate venne sempre più apprezzato tanto che nel 1931 fu riconosciuto dal Butokukai, l'organizzazione imperiale per l'educazione della gioventù. Il primo periodo fu

molto difficile, ma poi il karate iniziò ad essere conosciuto e nel 1938 gli allievi di Funakoshi costituirono lo Shotokan, da cui il nome dello stile di Funakoshi. In questo periodo (1924) furono introdotti nel karate i gradi (dan e kyu), ossia le famose cinture colorate: bianca, gialla, arancione, verde, blu, marrone, nera. La divulgazione del karate nel mondo si deve invece attribuire al ruolo che ebbe Okinawa durante la seconda guerra mondiale. L'isola di Okinawa infatti, come del resto tante altre isole del sud Giappone, fu conquistata dalla marina americana, che instaurò su di essa una delle più importanti sedi logistiche e porti militari. Perciò venne favorita l'esportazione ad occidente del karate che diventa molto apprezzato e ricercato. Tale fattore creò una sorta di commercio del karate che già presentava differenti stili. Nascono così tra il 1945 e il 1972, anno in cui gli U.S.A restituiscono l'isola, ulteriori stili e varianti del karate, che si differenziano per lo più per i nomi delle tecniche e dei kata. Gli stili più famosi sono: il Gojo-ryu, il Wado-ryu, lo Shito-ryu e lo Shotokan.

IL KARATE MODERNO

Funakoshi, così come Jigoro Kano aveva fatto per il Ju-Jitsu, trasformandolo in judo, tramutò il karate di Okinawa in "karate-do", cioè sviluppò ed esaltò l'aspetto applicativo di questa disciplina. Da allora il karate ha subito ad opera di altri grandi Maestri, una profonda evoluzione sia sul piano tecnico-fisico, sia su quello della concezione stessa della difesa personale (Cervini F., Folgari F. 1993). L'arte del karate nasce sicuramente come mezzo per la ricerca spirituale, stato da raggiungere attraverso l'esecuzione di movimenti del corpo preordinati che si susseguono al fine di realizzare una composizione di tecniche. Questa rappresentazione prende nome di KATA che in giapponese vuol dire "forma", e non c'è dubbio che questa sia stata la prima espressione del karate stesso. Le tecniche del karate vengono dunque tramandate attraverso l'insegnamento del kata. Solo successivamente e dopo accese critiche dei maestri fondatori, prende origine il KUMITE, ossia il combattimento. Avviene così una spaccatura all'interno del karate, che vede da una parte i conservatori della filosofia tradizionale e dall'altra la nuova corrente, che vuole rendere il karate un'arte marziale estremamente efficace e applicativa. Vengono dunque organizzati tornei in cui si affrontano le varie università giapponesi, le quali si sfidavano nel combattimento, che avveniva senza protezioni e senza controllo.



Figura 2 Torneo universitario di combattimento di karate tradizionale

La prima descrizione delle tecniche del karate a carattere divulgativo si ha nel 1966 (Dynamic karate) ad opera di uno dei più importanti allievi di G. Funakoshi. Tale opera si pone come obiettivo quello di esporre i principi filosofici e tecnici dei colpi che caratterizzano il karate. Primo ad aver avuto il coraggio di divulgare l'arte del karate, trasgredendo quella regola non scritta di mantenere il segreto dell'efficacia del karate che doveva rimanere all'interno delle mura del dojo (scuola), fu Nakayama nel 1983 scrivendo "Dynamic Karate". Per la prima volta viene messo nero su bianco l'insieme delle tecniche del karate ed il segreto della potenza dei colpi del karate. Nel documento vengono descritte molte delle tecniche del karate, dalle posizioni di guardia alle tecniche di pugno e di calcio, fino a quelle ritenute "mortal". Da questo momento chiunque in tutto il mondo può accedere all'arte del karate. La descrizione che da Nakayama è però quella più ancorata alla tradizione e sancisce concetti da prendere per buoni senza che vengano date ulteriori spiegazioni sul perché dei suoi postulati. E' stata soprattutto l'introduzione del karate sportivo ha determinare l'evoluzione di alcune tecniche tradizionali, le quali si sono dovute attenere sempre più alle esigenze tecnico-tattiche di un combattimento sempre più performante, nel rispetto di un regolamento che come obiettivo ha oggi il rispetto dell'incolumità degli atleti. Il passaggio del combattimento dalla dimensione reale ad una simbolica ha obbligato gli atleti ad avere un maggior controllo dei propri colpi, aggiungendo così un'ulteriore difficoltà tecnica alla prestazione (Aschieri P.L. 2000). Le tecniche tradizionali sono tuttavia conservate indenni attraverso la pratica del katà il quale è rimasto tutt'oggi inalterato.

LE TECNICHE DEL KARATE

In realtà come in ogni disciplina, fin dal suo inizio anche il karate ha subito un'evoluzione lenta ma costante che ha portato ad un cambiamento delle sue tecniche. E' quindi ovvio che nel tempo i modelli tecnici del combattimento (kumitè) possano aver subito degli aggiustamenti.

Le tecniche del karate ma anche delle altre arti marziali si possono suddividere essenzialmente in tre categorie: i pugni (tzuki), i calci (geri) e gli atterramenti. La differenza tra queste categorie oltre che estetica è anche tattica. Infatti se i calci vengono usati a lunga distanza, i pugni vengono impiegati ad una distanza più corta, che consente di colpire l'avversario con le braccia (media distanza). Quando l'avversario è invece a contatto (corta distanza) si possono effettuare delle tecniche dette "proiezioni" che cercano di mandare l'opponente al tappeto (atterramento). Inoltre sia i pugni che i calci possono essere diretti sia al bersaglio alto (jodan) cioè al viso, che al bersaglio basso (chudan) cioè all'addome o alla schiena.

Queste tipologie di tecniche vengono usate isolatamente ma possono essere sferrate anche in sequenza, questa prende il nome di "combinazione di tecniche".

Molto interessanti sono le tecniche di calcio (geri) soprattutto quelle sferrate al bersaglio alto.

La più diffusa e conosciuta è senz'altro il mawashi geri jodan.

IL MAWASHI GERI

Il mawashi geri è il calcio circolare (turning kick) del karate. Questa tecnica colpisce l'avversario sul lato speculare (stesso lato della gamba che attacca) e la sua traiettoria va dall'esterno all'interno fino a giungere al bersaglio.

Esso può essere eseguito sia con la gamba avanti che con la gamba più arretrata, inoltre il mawashi geri può essere indirizzato sia al bersaglio basso (chudan) ossia all'addome, ai fianchi o alla schiena, che al bersaglio alto ossia al capo dell'avversario. Questa tecnica oltre ad essere la più impiegata tra quelle di calcio (Koropanovski N. *et all* 2008) è anche una delle più spettacolari da vedere, essa inoltre è premiata con il massimo del punteggio (3 punti).

Il mawashi geri è però una delle tecniche più difficili da eseguire perché si effettua in appoggio monopodalico (su un piede) e avviene con un movimento sui tre piani. Essa infatti a differenza delle tecniche frontali (pugni e calcio frontale) è una tecnica circolare che colpisce l'avversario lateralmente e che dunque richiede una rotazione del corpo sul suo asse longitudinale di circa 90° (Aschieri P.L. 2000, Sacripanti A. 1996). La parte che colpisce l'avversario è il piede, o con la parte inferiore (zona di articolazione metatarso-falangea) o con il collo (parte dorsale). Concezioni più remote riportano la possibilità di colpire con la

tibia, pratica oggi completamente abbandonata ma che caratterizza i calci della Thai-Boxe (antica arte marziale thailandese).

Tale movimento quindi avviene sull'appoggio di un piede e mentre si ruota, cercando di colpire in modo preciso e controllato un bersaglio alto, andando nel contempo a sollecitare massimamente l'articolazione coxo-femorale. Da questa descrizione si ha già l'idea della complessità esecutiva e valutativa di tale tecnica.



Figura 3 Mawashi geri (karate, combattimento sportivo)

Il mawashi geri, come del resto tutte le tecniche di calcio, si compone di quattro fasi esecutive: una fase preparatoria, una fase esecutiva, una fase di recupero (ritorno del calcio) e una fase di ripristino dell'equilibrio (Sforza C. *et all.* 2002, Andrzejewski X., Elbaum L. 2005, Aggeloussis N. *et all* 2007). La fase di maggior interesse e descritta da vari autori è senza dubbio la fase esecutiva detta anche fase utile (Aschieri P.L. 2000). Questa fase che va dallo stacco da terra del piede calciante (take-off) al colpo (hit) è quella più difficile da eseguire in cui si effettuano movimenti coordinati alla massima rapidità. Questa inoltre è la fase in cui si passa da un equilibrio bipodalico ad uno monopodalico.

Le anche durante tale calcio risultano inoltre considerevolmente sollecitate soprattutto in abduzione.

Nella pratica dell'insegnamento si sono delineati essenzialmente due tipi di mawashi geri, uno con una tecnica legata maggiormente alla tradizione del karate (Nakayama M. 1983, Sacripanti A. 1996) l'altra è invece una sua evoluzione, maggiormente legata alle esigenze agonistiche (Hickey P.M. 1997, Aschieri P.L. 2000).

La tecnica tradizionale descritta per primo da Nakayama pone l'attenzione soprattutto su come esprimere potenza attraverso il calcio, egli a riguardo dice: "le tecniche di calcio possono avere molta più potenza ed efficacia di quelle di braccia, tuttavia esse sono più difficili e faticose da effettuare". L'analisi di tale calcio può essere sviluppata in 3 momenti fondamentali: caricamento, traiettoria di spostamento, impatto (Sacripanti A. 1996).

Secondo tale concezione dopo lo stacco da terra del piede calciante, il movimento prosegue con il sollevamento laterale del ginocchio che si stabilizza all'altezza dell'anca (figura 4), il tallone si porta il più vicino possibile al gluteo, e così facendo il segmento coscia, gamba, piede si trova parallelo al terreno, perfettamente sul piano orizzontale.

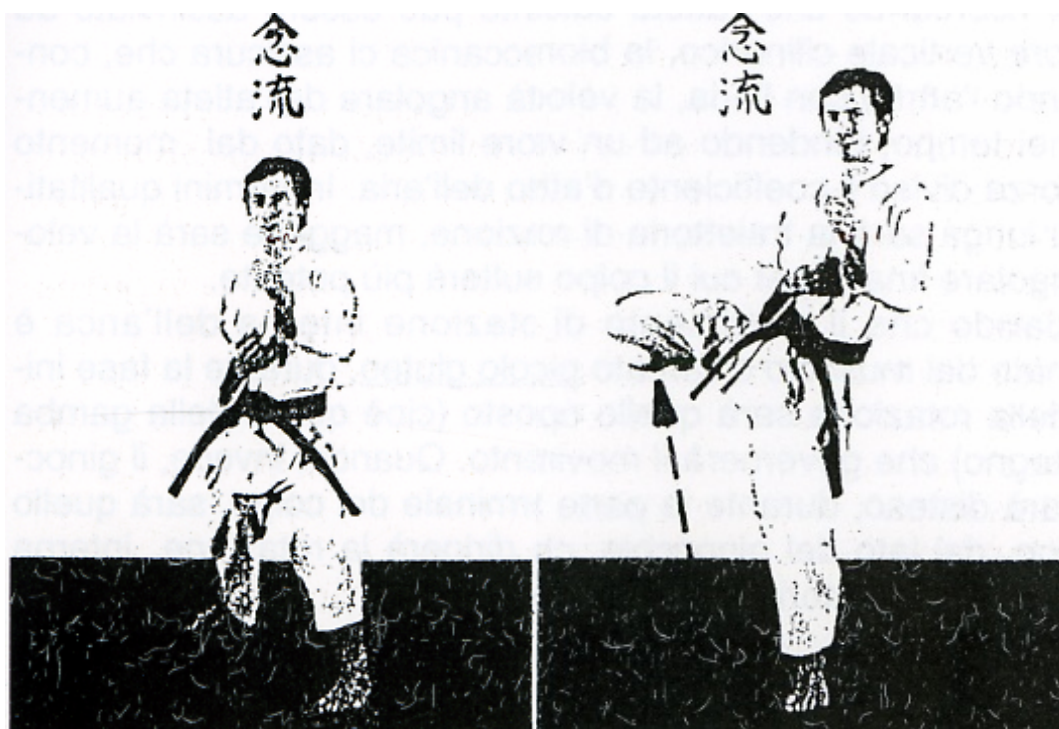


Figura 4 Mawashi geri tradizionale (prima fase)

Il corpo ruota sul suo asse longitudinale mosso dall'azione delle anche facendo percorrere nello stesso tempo al piede calciante un largo cerchio, e grazie a tale azione la gamba di supporto è costretta a ruotare trascinata dall'azione globale del corpo (Nakayama M 1983, Sacripanti A. 1996). Il calcio si finalizza con una vigorosa estensione del ginocchio che consente al piede di giungere al bersaglio. Dopo aver colpito il bersaglio si torna alla posizione di partenza con movimento inverso.

Fattore distintivo della concezione marziale è il fatto che il piede colpisce con la parte inferiore del I°/II° metatarso (attraverso una flessione dorsale delle dita), in questo modo il colpo diviene maggiormente letale per chi lo subisce.

Un passaggio fondamentale che apre la strada alle più elaborate concezioni del mawashi geri è la descrizione di Hickey P.M. (1997). Questo autore ha sicuramente il merito di puntare l'attenzione sul movimento del piede di supporto e del suo timing rispetto all'azione della gamba calciante. Secondo questo autore il piede di supporto al momento del colpo deve puntare verso la direzione di attacco (avanti) nel mae geri (calcio frontale), ma verso dietro negli altri calci: mawashi geri, uramawashi geri (reverse kick), yoko geri (side kick).

Questa volta la salita del ginocchio è frontale e non più laterale come descritto da Nakayama e Sacripanti, e la flessione dell'anca e del ginocchio avviene contemporaneamente e al massimo facendo assumere all'atleta una particolare posizione detta "chambering position" (figura 5). Da questa posizione Hickey asserisce che si possono eseguire indifferentemente tutti i calci del karate, attraverso dei movimenti idonei è infatti possibile sferrare un facile mae geri ma anche un più complesso mawashi geri o uramawashi geri. In questo modo l'avversario non è in grado di riconoscere fino all'ultimo momento il calcio che sta per subire, rendendo la difesa estremamente difficoltosa.

Un importante ruolo della possibilità di variare il tipo di calcio lo gioca il piede di supporto attraverso la sua rotazione a terra (sul piano trasverso). Il piede d'appoggio in questo modo si allinea alle spalle, alle anche e al ginocchio di supporto. Dopo la rotazione del piede di supporto e quindi dell'intero corpo, i segmenti della gamba calciante invece si dispongono su uno stesso piano inclinato il quale punta verso il bersaglio.

Riassumendo, secondo Hickey è l'azione della gamba di supporto che determina l'azione complessiva del resto del corpo e non viceversa come detto da Nakayama che invece vede la gamba di supporto trascinata dall'azione dinamica del corpo.

Rimangono tuttavia invariate tutte le connotazioni di una tecnica portata ancora per offendere l'avversario. Il colpo infatti viene portato all'avversario ancora con la parte inferiore del piede e con una azione vigorosa di tutto il corpo al fine di essere maggiormente violento e dannoso.

Con l'avvento dei più recenti regolamenti (Macan J. *et all* 2006) si ha invece una trasformazione della tecnica che non guarda solo all'aspetto tattico ma anche a quello preventivo degli infortuni e del rispetto dell'incolumità degli atleti, che merita grande considerazione (Critchley G.R. *et all* 2007). Il concetto di controllo dei colpi diviene ancora più forte, le protezioni diventano più idonee, con guanti maggiormente imbottiti e migliori qualità di corpetti e paratibie.

Sulla scia di tali cambiamenti regolamentari Aschieri P.L. (2000) perfeziona la tecnica del mawashi geri, mantenendo inalterato l'aspetto prestativo del colpo ma sviluppando contemporaneamente la possibilità di controllarlo maggiormente.

La sua descrizione, dettagliata e approfondita, punta l'attenzione sia sull'azione della gamba calciante sia su quella di appoggio, che Aschieri reputa avere un ruolo fondamentale nel mantenimento dell'equilibrio.

“L'azione inizia con il trasferimento del peso sull'arto avanzato, con la chiusura degli angoli tronco-coscia e coscia-gamba dell'arto arretrato, che in questo modo viene a trovarsi davanti al torace (il movimento si iscrive sul piano sagittale, il ginocchio è molto alto e la guardia chiusa). Questa è la descrizione di Aschieri di quella che chiama “prima fase” ossia la suddetta “chambering position” (figura 5).

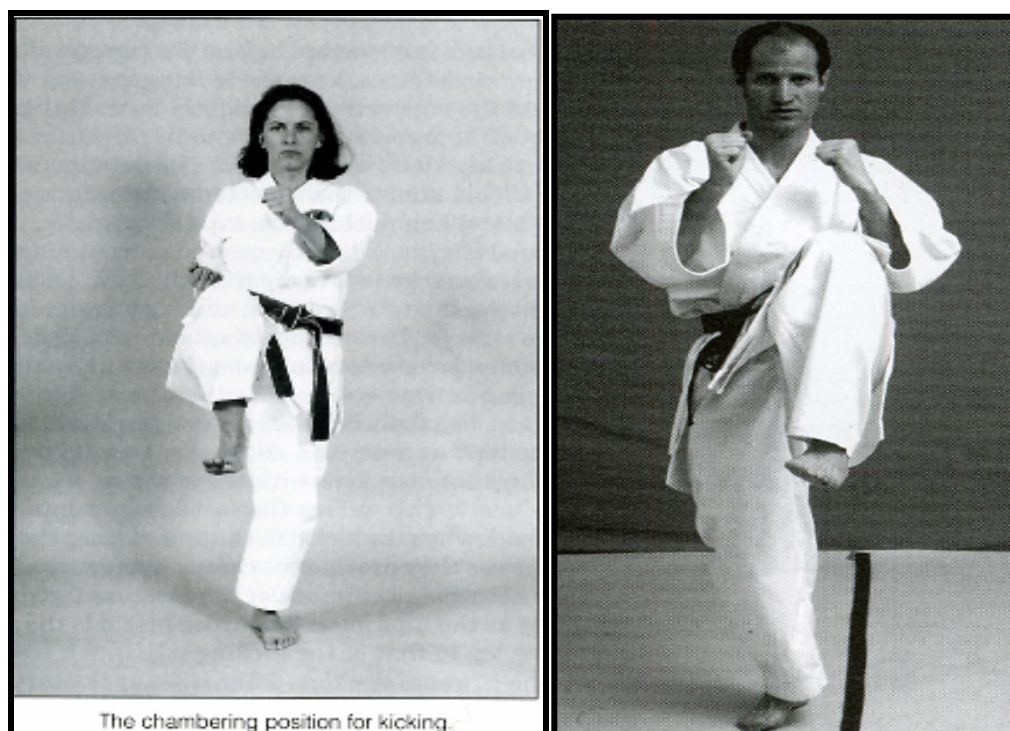


Figura 5 Mawashi geri moderno (chambering position o prima fase)

“Fino a questo momento chi sta subendo l'attacco non è in grado di comprendere lo scopo dell'azione in svolgimento, a questo punto inizia la rotazione esterna dell'arto di appoggio, che libera l'articolazione coxo-femorale”, questa azione viene detta “seconda fase” che avviene appunto ad opera della rotazione del corpo sul suo asse longitudinale e cambia l'assetto della gamba calciante. Il segmento coscia-gamba-piede calciante non è più sul piano sagittale ma giace su un piano trasverso inclinato che punta al bersaglio.

Questa posizione (seconda fase) lascia aperte principalmente due opzioni di attacco.

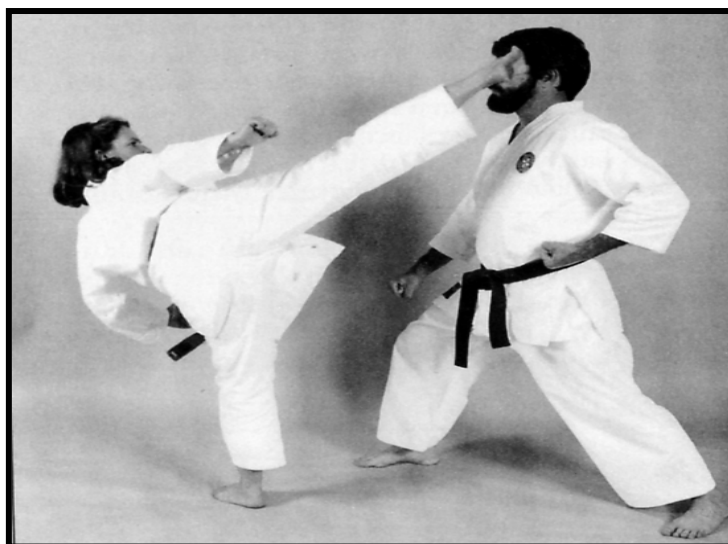


Figura 6 Mawashi geri jodan (fine terza fase/colpo)

Attraverso l'estensione del ginocchio (figura 6) "terza fase", è possibile colpire l'avversario sul lato speculare (stesso della gamba calciante) con un mawashi geri jodan, oppure su quello opposto con un uramawashi geri jodan (calcio circolare rovescio al capo).

In pratica chi subisce il calcio può essere colpito in entrambi i lati della testa e la possibilità di essere colpiti in breve tempo in due punti diversi rende la difesa estremamente difficile.

Riguardo alla gamba di supporto Aschieri è in accordo con Hickey ritenendo che essa debba ruotare sull'asse longitudinale in modo da far cambiare l'orientamento del piede di circa 180°. Quindi se all'inizio del movimento la punta del piede di supporto sarà orientato verso avanti, al colpo sarà il tallone a trovarsi in tale posizione. A differenza delle altre descrizioni che impongono il ginocchio di supporto teso, in questa, l'articolazione sarà invece flessa in modo da dare maggior controllo all'azione e possibilità di variare l'altezza del colpo.

Il ritorno alla posizione di guardia avverrà allo stesso modo ma inverso dell'andata del calcio. Un'ulteriore differenza si nota anche nella posizione di partenza. Infatti ogni tecnica del karate viene eseguita partendo da una posizione ben precisa detta "di guardia".

Nel karate esistono molte posizioni di guardia ma la più usata, soprattutto in combattimento, è la posizione zenkutsu-dachi.

Secondo Nakayama e Hickey nella posizione di guardia bisogna tenere una gamba avanti e una più arretrata. Il ginocchio della gamba avanzata deve essere piegato mentre la gamba più arretrata è tesa. Entrambi i piedi sono poggiati completamente a terra, quello più avanzato orientato verso avanti e un po' verso l'interno, quello arretrato il più possibile verso avanti.

In tale posizione il peso del corpo va distribuito 60% sulla gamba avanti e 40% su quella arretrata (Nakayama M. 1983).

Il modello che da Aschieri di questa posizione è diverso, maggiormente attento all'ergonomia del gesto e rispettoso dei vincoli biomeccanici. A riguardo dice "dovendo usare arti inferiori, arti superiori e proiezioni, il karateka (praticante karate) deve mantenere un assetto che consente tutte queste opzioni". E' perciò necessario mantenere una posizione neutra cioè distribuendo il peso naturalmente su entrambe le gambe. Descrivendo la posizione di partenza che chiama postura, Aschieri dice: "la postura ottimale è costituita da una gamba più avanzata e una più arretrata, i piedi collocati come su un binario alla larghezza delle anche". Per quanto riguarda il busto esso deve essere ruotato di 45° rispetto al piano sagittale per offrire minor bersaglio all'avversario. Il piede avanzato è orientato verso avanti ed è completamente a terra mentre quello arretrato ruotato ma mai oltre 30° verso l'esterno e poggiato sull'avampiede.

Riassumendo, il mawashi geri ha subito nel corso degli anni delle revisioni e rivisitazioni che sono riportate tuttavia solo sui vari manuali che spiegano la tecnica secondo l'autore.

Dalla letteratura dunque emergono principalmente due modelli tecnici che poi determinano altrettanti modelli didattici.

Il primo è quello che chiameremo "tradizionale" o "Old" (Nakayama, Sacripanti) l'altro è più recente (Hickey ,Aschieri) ed è una evoluzione del precedente e che chiameremo "evoluto" o "New".

Le differenze principali tra questi due modelli (tradizionale e evoluto) nella descrizione della fase esecutiva sono:

L'azione delle gamba calciante; prima della rotazione del corpo, nel tradizionale il segmento coscia-gamba-piede è laterale e orizzontale con anca molto abdotta a circa 90°, nell'evoluto invece è frontale e sul piano sagittale (anca molto flessa), con il ginocchio che va al petto.

Il timing dell'azione delle due gambe, secondo il tradizionale prima ruota il corpo poi la gamba di supporto mentre per l'evoluto avviene il contrario,

La rotazione del piede a terra, secondo l'evoluto il piede deve ruotare di 180° a terra mentre non si specifica per il tradizionale.

La flessione del ginocchio di supporto al colpo, secondo il tradizionale il ginocchio deve essere teso al colpo mentre deve essere flesso per l'evoluto.

Le differenze nella posizione di partenza o di guardia invece sono essenzialmente tra il modello fornito da Aschieri, secondo il quale il ginocchio della gamba più arretrata è flesso, e tutti gli altri in cui esso è completamente esteso. Ulteriori differenze si riscontrano nella rotazione del tronco sull'asse longitudinale, frontale per Nakayama e Hickey e ruotato di 45°

per Aschieri e per il piede arretrato che è poggiato sull'avanpiede per Aschieri mentre per tutti gli altri è completamente poggiato a terra.

INTRODUZIONE GENERALE (METODI DI STUDIO DEI CALCI)

Il calcio più studiato è chiaramente quello del gioco del calcio (soccer). Diversi autori a riguardo hanno studiato la dinamica della gamba calciante, analizzandone velocità lineari del piede e angolari dell'anca e ginocchio (Roberts E.M. *et all* 1974, Putnam C.A. 1983). Questi studi hanno analizzato attraverso lo studio dei momenti articolari il timing dei segmenti coinvolti nella calciata di un pallone del quale hanno visto anche la sua velocità di “uscita dal piede”.

Sempre applicato al calcio è stata studiata, attraverso una pedana di forza, la cinetica del piede di supporto (Roberts E.M. *et all* 1974, Kermond J., Konz S. 1978, Asami T., Nolte V. 1983). Tuttavia, gli studi di rilievo che hanno invece analizzato i calci delle arti marziali sono invece molto pochi.

Alcuni di questi affrontano la tecnica a partire dal suo effetto, ossia concentrandosi sul “danno del colpo” (Layton C. 1990). Attraverso vari test allestiti con fotocellule e colpitori, Layton C. ha comparato le capacità cognitive e di reazione motoria di cinture nere con quelle di neofiti nella performance di calci e pugni del karate (gyaku tzuki e mae geri), trovando che gli atleti cinture nera sono più rapidi dei meno esperti.

Sorensen H. *et all* 1996, si sono serviti di un calcio frontale del taekwondo (ap chagi) al fine di studiare il timing del segmento coscia-gamba dell'arto calciante. I 17 soggetti dovevano colpire rapidamente una pallina da tennis sospesa di fronte a loro posta all'altezza del proprio mento. Gli strumenti utilizzati sono stati una videocamera ad alta velocità (200 Hz) ed un elettromiografo. Con tale metodo Sorensen H., se pur in 2D (due dimensioni), ha osservato che l'azione dell'arto calciante è “prossimo-distale”, cioè la gamba interviene dopo l'azione della coscia e che è l'azione rapida dell'estensione del ginocchio a frenare la flessione dell'anca e non vice-versa.

Sulla scia di quest'ultimo lavoro Pearson J.N. (1997), ha studiato un calcio circolare del taekwondo (turning kick) in 15 atleti, questa volta però in 3D. Lo studio ha focalizzato l'attenzione sulle variabili che condizionano la forza del colpo di tale calcio. Il set sperimentale era composto da due videocamere con frequenza di campionamento di 50Hz per la ricostruzione cinematica, di una videocamera high speed (200 Hz) per lo studio del movimento del piede, di una pedana di forza e di uno speciale sacco in grado di misurare la forza del colpo. Questo studio ha confermato la sequenza prossimo-distale del calcio (flessione-abduzione dell'anca calciante seguita dall'estensione del ginocchio) e messo in

risalto l'impulso di forza, il body mass e la velocità lineare del piede calciante come variabili maggiormente determinanti la forza del colpo.

Sforza C. *et all* (2002) hanno invece analizzato con un sistema stereofotogrammetrico (100 Hz) le traiettorie di 13 markers in 13 atleti cintura nera, durante l'esecuzione di un maee geri (calcio frontale) al fine di osservare la variabilità della tecnica tra le diverse ripetizioni del gesto e tra i diversi soggetti. Questo studio ha messo in risalto che testa ed anche sono le parti del corpo che durante questo calcio si muovono di meno. Inoltre quei soggetti che sono più stabili durante il movimento sono anche quelli più rapidi e con livello di esperienza maggiore. Abraham C. *et all* (2001), con l'uso esclusivo di un elettromiografo hanno analizzato l'intervento di alcuni muscoli della gamba calciante durante l'esecuzione di tre diversi calci: il turning, il front ed il side kick, di una non meglio specificata arte marziale. La conclusione di tale studio è che ogni calcio mostra un timing dei muscoli particolare e molto differente tra i diversi tipi di calci.

Chwala W. *et all* (2004), attraverso l'uso di un sistema stereofotogrammetrico (120 Hz) con 5 camere ad infrarossi integrato ad una pedana dinamometrica, hanno investigato sulla forza esercitata a terra dal piede di supporto durante l'esecuzione di alcuni calci di una non meglio specificata arte marziale.

La forza esercitata dal piede d'appoggio nella sua componente verticale è risultata per un soggetto di 70 Kg di 4250 N, azione che gli autori reputano fortemente sollecitante per articolazione sotto-astragalica.

Roosen A., Pain M. (2006), hanno effettuato uno studio su 5 soggetti praticanti il taekwondo con l'obiettivo di valutare le differenze tra diversi calci effettuati con intensità esecutive diverse. L'analisi è stata effettuata con un sistema stereofotogrammetrico (250 Hz). Gli stessi calci venivano prima eseguiti ad intensità bassa poi alta cercando quindi di ricreare una intensità da gara. Il bersaglio era dato da un soggetto munito di colpitori posto di fronte agli atleti testati che con questi ultimi interagiva. Ne è risultato che tra le due modalità molti dei valori cinematici osservati nei soggetti testati cambiano notevolmente.

Aggeloussis N. *et all* (2007), hanno condotto uno studio sulla ripetibilità di un calcio frontale del taekwondo (naeryo chagi) attraverso l'osservazione della forma d'onda del segnale elettromiografico di alcuni muscoli dell'arto calciante. I 6 soggetti dovevano colpire una palla di 30 cm di diametro, posta all'altezza del proprio mento nel modo più rapido possibile. I risultati e.m.g. delle varie prove sono stati poi confrontati tra tutti i soggetti. Dai dati è risultato che c'è un'alta variabilità tra le forme d'onda dei segnali e.m.g. registrate, quindi il comportamento muscolare è soggettivo e non legato al gesto.

Witte K. *et all* (2007) per la prima volta hanno rivolto l'attenzione su specifici calci circolari del karate tra cui il mawashi geri, effettuato sia con la gamba avanzata che con quella arretrata e sia al bersaglio alto che a quello basso. Basandosi sull'andamento dalla velocità lineare del marker della caviglia "Ankle" della gamba di supporto e di quella calciante, hanno cercato di definire le caratteristiche cinematiche tra i diversi tipi di calci. Sono stati inoltre comparati i tempi esecutivi dei vari calci tra i soggetti. Dai risultati è emerso che tra le varie esecuzioni ci sono differenze sia nei tempi di esecuzione che nelle velocità lineari delle caviglie. Le migliori differenze sono state trovate nel movimento del piede di appoggio che si è visto muovere in abduzione già prima dello stacco da terra del piede calciante.

A seguito di ciò Witte K., ritiene che il movimento del piede di appoggio sia importante per l'intero movimento esecutivo del calcio.

Uno studio ancora più specifico del mawashi geri è stato effettuato da Emmermacher P. *et all* (2007) puntando l'attenzione invece sulla componente spaziale di tale calcio. Oltre alla lunghezza della traiettoria del piede calciante durante il gesto, è stata osservata la sua forma sul piano trasverso, questo per confermare o meno se il mawashi è veramente un calcio circolare. Le conclusioni sono che il mawashi geri ha un andamento circolare solo nella sua fase finale, cioè nell'estensione del ginocchio che porta al colpo del bersaglio. Per quanto riguarda le massime velocità lineari del piede calciante, il picco è stato registrato nei mawashi effettuati con la gamba arretrata, sia al bersaglio alto che basso con velocità di picco comprese tra 3,05 e 3,49 metri al secondo. I calci più rapidi sono i mawashi effettuati con la gamba più avanzata con tempi compresi tra 0,66 e 0,74 secondi.

Landeo R. (2007) ha puntato l'attenzione sulle velocità dell'arto calciante durante l'esecuzione del front kick del taekwondo. Servendosi di una videocamera high speed (500 Hz) ha studiato in 2D la velocità del piede calciante, trovando delle alte correlazioni tra il suo picco di velocità e due test di salto (counter movement jump e squat jump).

Pecoraioli F., Merni F. (2008), hanno invece studiato la fase preparatoria del mawashi geri, cioè quella fase che precede lo stacco da terra del piede calciante. Questo studio ha cercato le differenze nella fase preparatoria tra due modelli tecnici del mawashi. Dallo studio è emerso che alcune modifiche tecniche comportano ulteriori aggiustamenti e cambiamenti in altri valori cinematici.

Da ciò è risultato che tra i due modelli tecnici studiati vi sono differenze significative nei valori di flesso-estensione dell'anca allo stacco del piede calciante e del ginocchio della gamba calciante all'inizio del movimento. Differenze sono state trovate anche per l'orientamento dell'asse longitudinale del piede più arretrato sia all'inizio del movimento che allo stacco.

Molto spesso invece l'analisi della tecnica non viene nemmeno effettuata e la descrizione di essa avviene nel campo del soggettivo. Al momento infatti la descrizione delle tecniche della maggior parte delle arti marziali avviene solo in forma verbale (Witte K., *et all* 2007), ossia la tecnica viene tramandata oralmente dal maestro all'alunno e sperimentata solo all'interno del dojo (scuola).

Per quanto riguarda lo studio cinematico del mawashi geri, stando alle attuali conoscenze dell'autore della relativa letteratura, non risultano ad oggi specifici lavori che analizzino in maniera soddisfacente tale tecnica. Nessuno finora si è quindi occupato dell'analisi cinematica del gesto, delle fasi che lo compongono e del loro timing. Soltanto pochi lavori danno infatti informazioni sui valori cinematici, senza a volte fornire informazioni sulla variabilità delle prove effettuate dal soggetto testato (intra-individual differences) e tra i vari individui studiati (inter-individual differences).

Sorensen H. (1996) studiando l'elettromiografia di un calcio frontale del taekwondo, descrive in questo modo la cinematica del calcio. Quando l'articolazione dell'anca si trova a 110 gradi circa (90 gradi la coscia è orizzontale al terreno) il ginocchio comincia ad estendersi. Inoltre quando la velocità angolare di estensione del ginocchio è massima l'anca è a 130 gradi di flessione. Durante tutto il calcio il piede di supporto rimane fermo a terra. Nell'evento in cui i momenti dell'anca e del ginocchio sono maggiori l'anca è flessa di 100 gradi mentre il ginocchio è a 100 gradi, evento in cui tali articolazioni raggiungono anche il valore massimo di velocità angolare. In merito a tale aspetto l'autore suggerisce che se si vuole avere una velocità ottimale della flessione dell'anca, il ginocchio deve essere flesso più di 90 gradi, in altre parole di tenere la gamba il più vicino possibile alla coscia nel momento in cui il ginocchio si sta sollevando.

Roosen A., Pain M. (2006), hanno osservato solo il numero dei cambiamenti di alcune articolazioni di gambe e tronco durante l'esecuzione di alcuni tipi di calci del taekwondo. L'autore ha ritenuto sufficiente fornire solo il numero delle articolazioni che hanno cambiato valore angolare senza specificare quali esse siano state.

Sforza C. *et all* (2002). studiando la ripetitività di un calcio frontale del karate non hanno potuto dare informazioni cinematiche in quanto è stato usato un modello e un marker set insufficiente, quindi non in grado di quantificare i valori angolari delle articolazioni intervenute in tale gesto. L'analisi infatti ha interessato solo lo studio delle traiettorie di particolari marcatori

Pecoraioli F., Merni F.(2007), studiando la fase preparatoria del mawashi geri jodan, in due gruppi di soggetti, hanno invece puntato l'attenzione sugli angoli di anca e ginocchio e l'orientamento del piede calciante, in due particolari eventi, all'inizio del movimento e allo

stacco del piede da terra. Dai risultati appare che i valori angolari dell'anca e dell'orientamento del piede risultano caratteristiche tipiche dei due diversi modelli.

CINETICA E CINEMATICA DEI CALCI

Obiettivo comune di vari autori è sicuramente quello di individuare l'efficacia delle tecniche delle diverse arti marziali. La maggior parte di essi cerca di valutare l'effetto di esse. L'obiettivo più suggestivo è sicuramente quello di misurare la forza del colpo, anche se dai precedenti studi risulta veramente difficile trovare uno strumento che consenta di farlo.

Pearson J.N. (1997) ha utilizzato una sacca con all'interno dell'acqua in grado di valutare la variazione di pressione al suo interno, quindi di quantificare la forza di un colpo ricevuto dall'esterno. Questo strumento non è tuttavia in grado di valutare il tempo di contatto con la sacca, e quindi non in grado di dare informazioni sull'impatto di forza. Da un'analisi combinata con una telecamera ad alta velocità, Pearson ha tuttavia stimato che l'impatto di forza per il campione studiato è di 292 ± 54 N.

Pieter F., Pieter W. (1995), hanno misurato invece la forza in diversi calci delle arti marziali rilevando valori di forza di 620 N, trovando elevate correlazioni tra forza, peso corporeo e velocità di picco della caviglia calciante.

Conkel B.S. *et all* (1988) studiando un particolare calcio circolare il "roundhouse-kick" (il turning kick della kick boxing) con metodi analoghi al precedente, ha trovato valori di forza di 470 N.

In contrasto Sidthilaw S. (1997) attraverso un accelerometro posto dentro un colpitore ha rilevato, per un calcio circolare della Thai-boxe, un picco di forza di 14000 N.

Lee C.L. *et all* 2005a, al fine di valutare la forza del colpo si è servito di una cella di carico fissata tra il muro e un sacco usato come bersaglio. Questo autore ha inoltre applicato un accelerometro alla caviglia del soggetto testato al fine di valutare le accelerazioni di tale segmento reputato importante.

Alcuni autori (Pearson J.N. 1997, Chwala W. *et all* 2004, Eleftherios K. *et all* 2004) hanno inoltre valutato l'espressione di forza anche attraverso una pedana di forza posta sotto il soggetto che esegue la prova.

Chwala ad esempio nello studio di un calcio di un'arte marziale su un soggetto, ha rilevato un valore di forza sulla componente verticale di 4250 N.

Purtroppo in tutti questi casi i risultati sono difficilmente comparabili, o perché non specificato il metodo di rilevamento della forza o perché usati metodi differenti. Altri autori inoltre non specificano se il dato della forza rilevata è il medio o quello di picco.

Un approccio immediato che da una idea della performance del gesto, ma che non da informazioni sulla forza espressa, è dunque lo studio delle velocità sia lineari, di alcune parti del corpo, che angolari delle articolazioni repute come le più interessanti (Witte K. et al 2007, Landeo R. 2007).

La maggior parte degli studi sui calci (Hwang I.S. 1987; Park Y.J. 1989; Beraud P., Gahery Y. 1995; Sorensen H. *et al* 1996) hanno rilevato la velocità lineare del piede calciante con valori compresi tra 12 e 14 m/sec. Pearson J.N. 1997 ha osservato nel suo studio le velocità lineari della punta del piede (13,4 m/sec.), della caviglia (12,1 m/sec.) e del ginocchio (2,11 m/sec.).

Dai grafici che Witte K. *et al* 2007 riporta nei suoi lavori riguardo il mawashi è invece possibile approssimare le velocità massime della caviglia del piede calciante intorno ai 9 m/sec..

Conkel B.S. *et al* 1988; Pietre F., Pietre W. 1995, attraverso lo studio di alcune lampadine luminose poste sul piede del soggetto rilevano una velocità massima di 14-16 m/sec..

A tale proposito Landeo R. studiando la performance del calcio frontale usa proprio la velocità massima della caviglia del piede calciante come variabile da comparare a diversi test di forza delle gambe. Nella fattispecie la velocità media di picco della caviglia per questo studio risulta essere di 10,39 m/sec..

Per quanto riguarda le velocità angolari il campo di maggior interesse rimane quello del gioco del calcio. Sono diversi infatti i lavori in cui viene studiata la velocità lineare e angolare soprattutto dell'estensione del ginocchio nella fase in cui il pallone viene colpito. Roberts E.M. *et al* (1994) riportano velocità massime di 19 rad/sec. (radianti al secondo). Manolopoulos E. *et al* 2006, rileva invece una velocità massima di 32,7 rad/sec, quindi nettamente superiore. Applicato al calcio delle arti marziali Sorensen H. 1996 rileva invece un picco di 26 rad/sec, mentre Pearson J.N. 1997, per lo stesso tipo di calcio ne rileva una di 27,4 rad/sec..

Pochissime le informazioni sulla velocità angolare dell'anca che raggiunge il picco in flessione e prima dell'estensione del ginocchio (Sorensen H., Pearson J.N.). Pearson in merito a tale aspetto rileva la velocità angolare massima riferita alla coscia rispetto al piano orizzontale con valori medi di 408 gradi al secondo. Manolopoulos E. *et al* 2006, nel soccer trova invece una velocità di picco di circa 8 rad/sec. (456 gradi/sec circa).

INDIVIDUAZIONE DEGLI EVENTI E DELLE FASI DEL CALCIO

Per una migliore comprensione del gesto, il calcio è stato diviso in varie fasi. Per ottenere ciò è stato necessario individuare degli eventi che delimitano delle fasi. La descrizione di queste

fasi, varia da autore ad autore, i quali ritengono più importanti alcune fasi rispetto ad altre. Quasi tutti individuano l'inizio o la fine di una fase in modo differente e per farlo usano un metodo diverso.

Le fasi del calcio come detto sono: la fase preparatoria, quella esecutiva, quella di ritorno, e quella di recupero della posizione (Andrzejewski X. *et all* 2005, Witte K. *et all* 2007, Pecoraioli F., Merni F. 2007). Anche se queste fasi sono accettate da tutti, come detto risultano delle discrepanze sugli eventi che le identificano.

Molti dei lavori hanno analizzato solo la fase esecutiva del gesto, essendo tuttavia concordi solo sulla fine di questa, individuandola nel colpo del bersaglio. Come inizio del calcio, Lee C.L. (2005a,b) e Manolopoulos E. *et all* (2006) hanno scelto la minima flessione del ginocchio prima dello stacco da terra del piede calciante.

Sorensen H. *et all* (1996), hanno ritenuto invece come inizio della fase esecutiva l'evento in cui entrambe le curve dei momenti dell'anca e del ginocchio si differenziano dallo zero.

Aggeloussis N. *et all* (2007) per contrassegnare l'inizio del calcio hanno usato un micro foot switch analogico (contatto elettrico) posto sul piede calciante. In questo modo è stato possibile individuare l'esatto evento di stacco del piede da terra (fine del contatto elettrico dello switch) ed anche il colpo al bersaglio (nuovo contatto dello switch).

Witte K. *et all* (2007), Pecoraioli F., Merni F. (2007) e Landeo R. (2007) hanno invece osservato le traiettorie dei marcatori posti sul piede calciante e deciso di considerare come inizio della fase esecutiva lo stacco del piede calciante da terra, applicando al marker osservato una soglia in altezza. Nella fattispecie per Pecoraioli F. l'inizio della fase esecutiva avviene quando il marcatore posto sul primo metatarso (TOE) si discosta dalla sua posizione statica iniziale verso l'alto (sull'asse verticale "Z" del sistema di riferimento) di 5 mm, quindi è in questo evento che viene fissato lo stacco da terra del piede calciante.

Pearson J.N. (1997) applica lo stesso metodo ma osservando il marcatore posto sul tallone, senza peraltro fissarne una soglia.

Per quanto riguarda invece la fine della fase esecutiva, Sorensen H. *et all* (1996) ha scelto come evento, la massima velocità angolare dell'estensione del ginocchio calciante prima del colpo, Pearson J.N. (1997) invece l'evento immediatamente prima del colpo al sacco usato come bersaglio.

Landeo R. (2007) invece non ha analizzato l'evento del colpo ritenendo più interessanti gli eventi in cui anca e ginocchio calcianti raggiungevano la massima velocità angolare o l'evento in cui il piede calciante raggiungeva la massima velocità lineare.

Kellis E. *et all* (2004) e Manolopoulos E. *et all* (2006), per individuare l'evento del colpo hanno studiato la velocità della palla da calcio quando veniva colpita, in questo modo hanno fissato una soglia in velocità.

Anche Pecoraioli F., Merni F. (2007), hanno ritenuto di fissare come fine della fase esecutiva il colpo della pallina sospesa ma osservando lo spostamento spaziale dei 2 marcatori posti su di essa. Non è difficile infatti individuare lo spostamento di due marcatori prima immobili e poi colpiti violentemente.

Pochi autori hanno invece posto l'attenzione sulla fase preparatoria del calcio, ossia su quella fase antecedente l'inizio della fase esecutiva cioè prima dello stacco del piede calciante da terra.

Secondo Witte K. *et all* (2007) tale fase preparatoria inizia con l'adduzione interna del piede di supporto, Kellis E. *et all* (2004) e Manolopoulos E. *et all* (2006), nel soccer, fissano invece come inizio di tale fase l'inizio dell'appoggio a terra del piede di sostegno.

Pecoraioli F., Merni F. (2007) ritengono invece che l'inizio della fase preparatoria sia da individuare in un movimento complessivo del corpo. Attraverso l'osservazione del C.O.M. è infatti possibile individuare l'inizio del movimento nella fase antecedente lo stacco del piede calciante da terra, sempre se il soggetto che esegue la prova parta da fermo.

QUALITA' DELL'ESPERIMENTO

CONTROLLO DEGLI ERRORI SPERIMENTALI

Quando si conduce una ricerca e si cerca di rispondere a delle precise domande è bene che i dati con cui lo si fa siano di buona qualità. Nel procedere con la ricerca bisogna tenere infatti in considerazione vari aspetti come: l'etica, il disegno sperimentale, le fonti bibliografiche e il controllo degli errori. Questo ultimo aspetto spesso si pensa sia poco importante o forse non possibile da effettuare, ma non è così (Mullineaux D.R *et all* 2001). Gli errori nei risultati possono derivare da vari aspetti: dalle fonti inadeguate o dal disegno sperimentale errato, dagli apparecchi inadeguati, dagli operatori incapaci, dai partecipanti o da una interazione tra questi fattori.

Rilevare quale è l'errore dopo che questo è stato commesso è quanto mai impossibile. Quindi se si vogliono ottenere dei dati di buona qualità è indispensabile minimizzare gli errori. Per fare ciò bisogna attenersi a dei principi di base che sono il risultato di anni di ricerca scientifica. Molti accorgimenti si possono trovare in letteratura, di seguito vengono riportati quelli più generali ed importanti secondo Mullineaux D.R *et all* 2001.

- Mantenere lo svolgimento del test il più naturale possibile
- Minimizzare le informazioni a quelle necessarie
- Non condizionare le posizioni e i movimenti dei soggetti testati durante l'esecuzione del test
- Non dare informazioni diverse o aggiuntive ai vari soggetti
- Introdurre, se possibile un gruppo di controllo
- Assicurarci che i testati abbiano capito il compito e sappiano usare gli strumenti messi a loro disposizione
- Calibrare gli strumenti
- Usare gli strumenti statistici più adeguati per lo scopo che si vuole ottenere.

Gli errori possono tuttavia derivare da un errato disegno sperimentale o da una domanda "research question" errata, questo potrebbe dipendere da una cattiva analisi ed interpretazione della teoria.

Un cattivo disegno sperimentale o un errato uso dei metodi di ricerca porta ad un difetto che determina un rischio elevato di errori e quindi poi di conclusioni errate.

Una volta eseguito il test e raccolti i dati il ricercatore dovrà quindi assicurarsi della loro qualità, con un'analisi a posteriori, prima di pensare alle conclusioni.

La riduzione del rischio di errore passa in primo luogo dall'affidabilità del test che è in stretto legame con lo "effect size".

L'effect size è il valore di associazione tra i dati che influenza la loro qualità generale.

Esso dipende essenzialmente dalla numerosità del campione (sample size) e dal numero delle prove analizzate (trial size). Posto che il numero dei soggetti è dato dalle opportunità organizzative (meglio se numerosi) è necessario intervenire soprattutto sul numero delle prove da analizzare, cioè sul trial size. Da una analisi effettuata su 22 articoli pubblicati nel 1998 sulla rivista "Journal of Applied of Biomechanic" (Mullineaux D.R *et all* 2001), sul criterio di selezione delle prove acquisite, è risultato che il 50% di questi studi ha effettuato l'analisi solo su di una prova per soggetto. Di questi il 26,9 % ne aveva acquisita solo una, mentre il 23,1 % ha scelto la migliore di alcune. Il 38,5% ha analizzato invece tutte le prove acquisite, mentre l'11,5% non ha neanche specificato il loro numero.

Riguardo invece al trattamento statistico di queste prove risulta che il 50% ha scelto quella che era ritenuta la prova più idonea mentre il 30,8% ha è stata effettuata una media dei valori delle prove in possesso.

Il 19,2% degli studi non ha ancora una volta specificato il metodo di elaborazione delle prove usato.

Riguardo a criterio di selezione, va subito detto che registrare una solo prova porta al rischio di analizzare un gesto forse non rappresentativo o una diversa dalle ipotetiche altre (mai registrate), ossia si potrebbe analizzare una prova sbagliata che in altri casi sarebbe da scartare.

Sceglierne arbitrariamente una come la migliore invece va contro quell'assunto della scelta random dei casi. Scegliere invece di fare la media dei valori, invece potrebbe portare all'analisi di una prova artificiosa che nella realtà potrebbe non esistere o addirittura essere impossibile da effettuare.

Determinare la media dei valori di molte variabili, soprattutto di quelle angolari, infatti darebbe vita ad una prova artificiosa (Mullineaux D.R *et all* 2001).

In ogni caso è necessario indicare nei metodi sia il criterio di selezione delle prove che il trattamento statistico delle stesse. Tuttavia in osservanza dell'effect size esiste empiricamente un numero adeguato di prove da analizzare che è in relazione con il numero dei soggetti testati. Bates B.T. *et all* 1992, a riguardo raccomanda che per ottenere un 90% di "statistical power" per un sample size di 5, 10, 20 soggetti è necessario acquisire rispettivamente 10, 5, 3 prove per ognuno.

CRITERI DELLA SCELTA DELLE PROVE

L'obiettivo principale per quanto riguarda l'analisi di un gesto è quello di registrare quello più rappresentativo del soggetto in esame. In merito a tale aspetto gli autori degli studi che hanno analizzato i calci in genere, hanno registrato più di una prova selezionandone nel più dei casi una attraverso un criterio personale.

Lee C.L. 2005a,b (3 prove registrate) e Pearson J.N. 1997 (5 prove registrate) hanno scelto come criterio per definire la migliore prova, quella che ha raggiunto il più alto valore di forza/impatto di forza al colpo.

Sorensen H. *et all* 1996 e Landeo R. 2007 (3 prove registrate), hanno scelto come criterio di selezione, la prova più veloce (in termini di tempo di esecuzione) di quelle analizzate per ogni soggetto.

Manolopolous E. *et all* 2006 (3 prove registrate) ha scelto invece la prova in cui il soggetto ha ottenuto i maggiori valori di contrazione muscolare dinamica durante il gesto analizzato.

Witte K. *et all* 2007 (6 prove registrate) Aggeloussis N. *et all* 2007 (3 prove registrate), Eleftherios K. *et all* 2004 (5 prove registrate) hanno scelto di usare i valori medi delle variabili osservate.

Elemento controverso però è proprio il criterio per definire una prova che sia migliore delle altre.

USO DELLA CLUSTER ANALYSIS IN CAMPO SPORTIVO

Il Clustering o analisi dei cluster o analisi di raggruppamento è un insieme di tecniche di analisi multivariata dei dati volte alla selezione e raggruppamento di elementi omogenei in un insieme di dati. Tutte le tecniche di *clustering* si basano sul concetto di distanza tra due elementi. La distanza è un concetto fondamentale dato che gli algoritmi di *clustering* raggruppano gli elementi a seconda della distanza e quindi l'appartenenza o meno ad un insieme dipende da quanto l'elemento preso in esame è distante dall'insieme. Questa tecnica è ormai usata anche nelle scienze dello sport sia nella prevenzione degli infortuni (Emery C.A. 2007) sia in studi biomeccanici (Hayen A. 2006). La necessità dell'uso di questa tecnica statistica sta nel fatto che assegnare i vari soggetti a diversi raggruppamenti sulla base dell'appartenenza sociale sarebbe un errore in quanto non tiene conto delle reali caratteristiche tecniche di ogni atleta.

Se si vuole infatti studiare un movimento o un particolare evento è necessario infatti suddividere il campione sulla base delle loro caratteristiche e non da quale città o palestra l'atleta provenga (Emery C.A. 2007, Hayen A. 2006).

La divisione del campione in gruppi sbagliati porterebbe a gravi conclusioni errate a causa dell'errata stima del "p value", soprattutto nel caso di analisi di un numero di casi ridotto. Si è deciso dunque di individuare nei soggetti, che hanno preso parte allo studio, dei gruppi che siano diversi tra loro, ma con una buona omogeneità nella tecnica all'interno del gruppo stesso. In modo da individuare i gruppi non sulla base della scuola di provenienza ma in base alle reali caratteristiche tecniche espresse dagli atleti durante il test.

SCOPO DELLO STUDIO

Lo scopo dello studio è verificare se nell'esecuzione del mawashi geri jodan vengono riscontrate le fasi e le caratteristiche tipiche descritte nella letteratura specifica che riconducono a diversi modelli tecnici e ricercare in essi le variabili di prestazione.

Descrivere dunque l'azione dell'arto calciante e osservare se essa è prossimo-distale.

Inoltre verificare se per eseguire tale calcio circolare del karate il soggetto deve eseguire una rotazione di circa 90° attorno al suo asse longitudinale, se il piede di supporto compie una rotazione a terra di 180° circa e se prima di tale rotazione si raggiunge davvero la massima flessione dell'anca in un caso (modello evoluto) o una abduzione dell'anca calciante di 90° (modello tradizionale).

METODI

SISTEMA DI ACQUISIZIONE

Per la ricostruzione del movimento è stato utilizzato il “Vicon Motion System” uno strumento optoelettronico che sfrutta la tecnica della stereofotogrammetria. In sostanza Vicon attraverso delle telecamere a raggi infrarossi (Infra-Red, I.R.) identifica dei pallini riflettenti di 14 cm di diametro (markers passivi), che sono posti su dei punti di repere anatomici ben precisi (figura 7). Ciascuna telecamera è composta da un tripode sul quale è piazzato un fotoemittitore I.R.. La disposizione del sistema, deve prevedere che ogni marker sia ben visibile dalle telecamere, le quali a seconda di come vengono posizionate, definiscono una zona detta “volume di acquisizione”, in cui tutti i markers possono essere identificati dal sistema. Sinteticamente quando un marker viene colpito dal fascio di raggi emesso da un fotoemittitore, questo viene riflesso direttamente indietro alla telecamera che lo interpreta come un punto luminoso all’interno del volume di acquisizione. Per identificare la posizione esatta del marker nel volume di acquisizione è necessario però che a farlo siano almeno due telecamere contemporaneamente. I markers nella pratica vengono posizionati con adesivo direttamente sulla pelle del soggetto, in corrispondenza di punti anatomici ben precisi detti di repere. L’esatta disposizione dei markers (figura 7) viene detto “marker set”, ed è differente a seconda del modello scelto.

CALIBRAZIONE

La determinazione delle coordinate 3D dei marcatori può avvenire solo se è stato definito un sistema di riferimento di laboratorio, e se il sistema fotostereogrametrico possiede le informazioni necessarie per procedere a tale calcolo. Queste informazioni sono raccolte durante un processo detto di “calibrazione”. A tale scopo la fase preliminare dell’acquisizione prevede la preparazione del sistema tramite una procedura di “taratura” dello strumento che è appunto la calibrazione. Con tale azione si calibrano in definitiva le telecamere su un determinato volume di acquisizione necessario per una specifica sessione.

La calibrazione del sistema nella fattispecie si compone di una serie di calibrazioni:

Calibrazione statica:

Attraverso questa procedura si colloca l’origine del sistema di riferimento e l’orientamento dei suoi assi servendosi di un oggetto di calibrazione noto al sistema (L-frame). Tale oggetto fissa il sistema di riferimento di laboratorio nel quale devono essere calcolate le posizioni dei marcatori.

Calibrazione dinamica:

Permette al sistema di calcolare e conoscere la posizione e l'orientamento relativo delle telecamere, e si effettua tramite un secondo oggetto di calibrazione (Wand), che deve essere mosso all'interno del volume di lavoro per permettere alle telecamere di riconoscere l'oggetto in tutti i suoi punti.

ACQUISIZIONE

A questo punto il sistema è pronto per rilevare i markers che sono presenti all'interno del volume di acquisizione. A tal proposito è bene premettere che il sistema Vicon è nato per l'analisi del cammino (gait analysis), pertanto è necessario adattare le potenzialità del sistema ad un gesto più complesso e rapido come quello sportivo. Solo l'ottimizzazione di queste fasi preliminari permette di ottenere successivamente dei dati coerenti ed utili ai fini della ricerca. Trascurare o commettere errori in queste operazioni iniziali, potrebbe compromettere la validità dell'intera acquisizione.

L'utilizzo del Vicon prevede l'acquisizione dei cosiddetti dati grezzi, ossia dei valori delle coordinate di ogni marker che ogni telecamera acquisisce in prima istanza su 2 assi dello spazio e che successivamente, attraverso algoritmi matematici e procedure di stereofotogrammetria, il sistema è in grado di combinare le immagini bidimensionali provenienti da ciascuna telecamera e di elaborare un'immagine tridimensionale.

Per ottenere i dati dei markers identificativi, ognuno di questi deve essere visto come detto da almeno due telecamere (stereofotogrammetria con risoluzione fino a 300.000 pixel) in tutti i momenti del movimento, movimento che presenta una scansione temporale determinata dalla frequenza di campionamento scelta in fase di acquisizione. La frequenza di acquisizione in altre parole rappresenta il numero di fotogrammi registrati dal sistema in un secondo.

ELABORAZIONE

Il sistema Vicon, per sviluppare il percorso di acquisizione, si avvale di diverse applicazioni software che permettono la gestione dell'elaborazione e dell'analisi dei dati. I software principali sono tre:

Workstation, il quale controlla la procedura di calibrazione, quella di acquisizione, e la ricostruzione dei dati grezzi. Attraverso tale applicazione è possibile dare un nome ai markers che finora sono solo dei punti. Questa operazione è detta "labelizzazione", tradotto, i vari marcatori vengono etichettati con delle sigle.

Body Builder, con tale applicazione è possibile invece elaborare e modificare i dati dei markers intervenendo sulle loro traiettorie nelle tre dimensioni.

In questo modo è possibile tagliare ed incollare tratti di traiettoria o anche filtrarle.

Polygon, consente la ricostruzione tridimensionale del movimento. Sulla base del modello usato, Polygon costruisce una figura virtuale, in questo modo è possibile studiare il movimento attraverso i suoi aspetti cinematici. E' inoltre possibile stilare dei report e creare delle presentazioni multimediali.

MARKER SET

Ad ogni soggetto sono stati applicati sulla pelle 37 markers catarifrangenti del diametro di 14 mm, posti nei punti di repere anatomici seguendo la disposizione del "Plug In Gait" secondo Davis-Kabada (Kabada M.P. *et all* 1987, 1989, 1990a,b, Davis R.B. *et all* 1991)

Ulteriori due marker sono stati posti sulla pallina, uno sulla parte superiore ed uno su quella inferiore in modo da poter successivamente individuare il suo asse longitudinale.

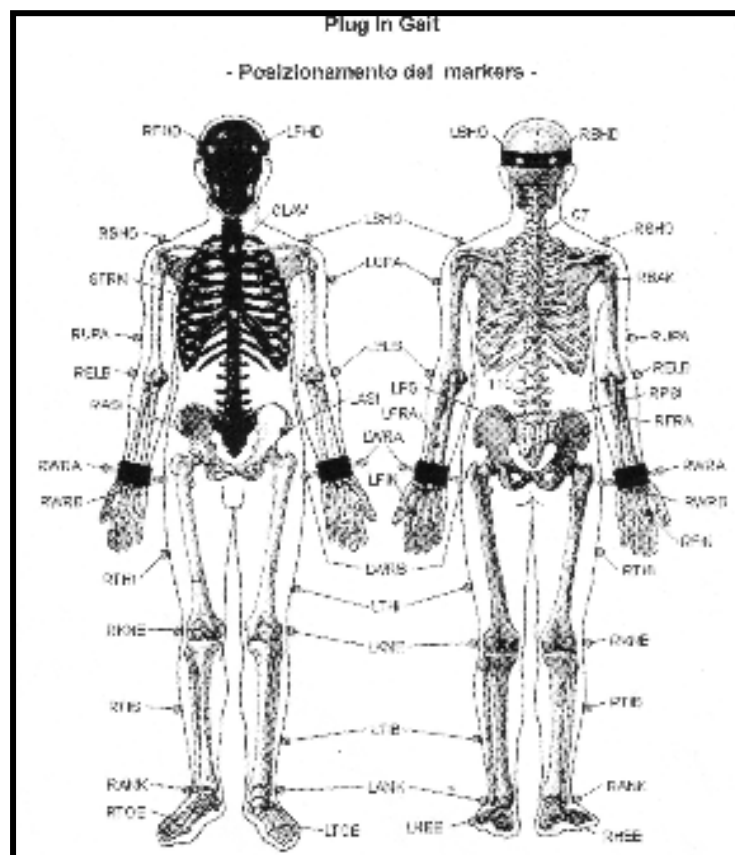


Figura 7 Disposizione dei marcatori nel "plug in gait".

MODELLO

Controllata la qualità delle prove e ricostruito il movimento del soggetto in modo coerente, il sistema applica un modello di ricostruzione dei punti articolari basato sulle misure antropometriche dei singoli individui acquisiti. In questa fase il soggetto acquista un'identità in termini numerici lineari ed angolari ed ogni punto e segmento acquista un significato relativamente allo spazio ed al volume di acquisizione. La ricostruzione dei centri articolari ci

permette di avere immediatamente una visione qualitativa del movimento dei punti di repere scelti per l'analisi e l'eventuale conferma della correzione di errori o di "buchi" (gap) nelle traiettorie precedentemente effettuata. A partire, quindi, dai marker a disposizione e, utilizzando il programma di modellizzazione (BodyBuilder) è possibile ricostruire tutti quei marker del protocollo standard non visualizzati durante l'acquisizione dinamica, in modo da ottenere un'immagine tridimensionale completa del movimento e ottenere anche per questi marcatori valori numerici identificativi. La "pulizia" delle traiettorie e la ricostruzione di questi punti tramite l'utilizzo di Body Builder, è un momento dell'elaborazione tanto importante quanto lungo e prevede uno studio preliminare del sistema molto approfondito.

IL CALCOLO DEL COM

Nell'ambito dell'elaborazione cinematica offerta da VICON, merita un approfondimento la valutazione del COM, ossia del Centro di Massa del corpo.

Dal punto di vista fisico in un corpo solido il baricentro è individuato da un punto fisso che non varia la sua posizione rispetto al corpo.

Il corpo umano, invece, essendo un solido composto da diversi corpi mobili, presenta un baricentro che varia la sua posizione tutte le volte che cambiano le distanze tra i punti che appartengono al sistema, modificandosi in funzione del gesto sportivo che si va ad eseguire.

La biomeccanica prende in considerazione il centro di massa sia dei singoli segmenti corporei (baricentro parziale), che dell'intero sistema corporeo (il baricentro totale). L'ubicazione dei baricentri parziali del corpo umano sono stati determinati anche attraverso ricerche eseguite su cadaveri.

Per identificare, invece, il baricentro totale sono stati messi a punto diverse metodologie di tipo sperimentale, analitico, grafico e anche elettronico.

Considerando come il baricentro cambi in funzione della posizione dei vari segmenti corporei e conseguenza all'applicazione di forze esterne, risulta chiara l'importanza che ha il COM durante lo studio di un gesto sportivo.

Per l'analisi cinematica è stato usato il sistema fotostereogrametrico "Vicon" 460 IR con 6 telecamere a raggi infrarossi, disposte attorno alla zona occupata dal soggetto in posizione di guardia. Trovare la giusta disposizione è stato difficile in quanto il movimento che si voleva acquisire avviene su tre piani. Infatti attraverso una rotazione sull'asse longitudinale del corpo questi ruota di circa 90°, assumendo in alcuni momenti delle posizioni raccolte che nascondevano più di un marker. Durante la flessione dell'anca della gamba calciante il marker posto sulla cresta iliaca spariva per molti frames, richiedendo così la sua ricostruzione.

E' infatti possibile ricostruire un marker sulla base di altri tre che fanno parte dello stesso segmento solidale. Per avvalersi di tale tecnica è però necessaria una acquisizione di una prova detta "statica" e soprattutto che gli altri 3 marker non scompaiano mai durante la prova. A causa della elevata rapidità di movimento il quale avviene in 0.3/0.5 secondi e con velocità di alcuni marker di 9 metri al secondo, è stata necessaria una frequenza di campionamento di 200 Hz, la quale per motivazioni tecniche dello strumento, ha ulteriormente ridotto il volume di acquisizione utile. Con il sistema in dotazione per questa analisi è infatti possibile acquisire a 200 Hz ma con una notevole riduzione della risoluzione.

Tutto questo sommato, ha richiesto molte prove e tentativi fino a giungere ad una disposizione che sembra oggi banale ma non lo è.

Alcune traiettorie sono state inevitabilmente aggiustate e migliorate grazie all'ausilio del software "Bodybilder" con il quale è possibile colmare i piccoli gap (traiettorie mancanti) dell'ordine di 1/10 frame.

Alla fine della elaborazione di tutti i marcatori, tutte le traiettorie sono state filtrate con un filtro Woltring.

SOGGETTI

A questo studio hanno partecipato 14 atleti di livello nazionale, praticanti karate tutti cinture nere, nove femmine e cinque maschi. Sono definiti di livello nazionale perché possono partecipare a gare riservate a cinture marroni e nere, organizzate sul territorio nazionale dalla federazione nazionale (F.i.j.l.k.a.m.). La loro pratica del karate varia da un minimo di 5 fino ad un massimo di 17 anni. Tutti hanno appreso il karate con lo stile "shotokan".

Di questi atleti soltanto uno (F4) pratica prevalentemente la specialità del katà.

Gli altri 13 praticano prevalentemente il kumitè ossia il combattimento contro un avversario.

Di seguito sono riportate le società di appartenenza dell'intero campione analizzato.

- 7 soggetti (2 maschi e 5 femmine) dello Sport Village – Bologna
- 3 ragazze del Cus Perugia
- 2 ragazzi del A.S.D. Yamaguchi Tavernelle (PG)
- 1 ragazzo dell'Accademia Gojo Ryu Marsciano (PG)
- 1 ragazza del C.S. Arezzo.

E' possibile individuare due gruppi di atleti, uno più omogeneo che si allena presso lo Sport Village di Bologna, sotto la guida del Maestro Carlo Maurizzi e un altro gruppo che si allena in varie palestre dell'Umbria e Toscana. Tuttavia alcuni appartenenti allo Sport Village sono atleti che sono cresciuti in altre società sportive e che per migliorare sono li migrati. Quindi è

possibile che alcuni di questi atleti possano aver modificato in tutto o in parte le proprie caratteristiche tecniche. Il gruppo dell'Umbria e Toscana invece è sicuramente più eterogeneo in quanto attualmente allenati da diversi maestri. Si evidenzia un piccolo gruppetto di tre ragazze che fa parte del C.U.S. Perugia (F1, F2, F3) allenate dal maestro Andrea Arena, le quali formano una squadra di discreto rilievo nazionale che spesso si piazza tra le prime cinque società in Italia. L'intero campione si è presentato al test dichiarando di avere imparato la tecnica del mawashi geri jodan, attraverso l'insegnamento del proprio maestro il quale si è ispirato ad un particolare modello tecnico. E' risultato che 7 soggetti (3 maschi e 4 femmine) hanno imparato la tecnica in oggetto ispirandosi al modello "tradizionale" e 7 soggetti (2 maschi e 5 femmine) sperimentando il modello "evoluto". I soggetti hanno inoltre dichiarato di essere in piena forma e di non aver subito infortuni nei precedenti 2 mesi e di non aver limitazioni funzionali al fine dell'espletamento del test. Nella tabella 1 sono riportate le caratteristiche dell'intero campione che è stato studiato.

CARATTERISTICHE DEI KARATEKI CINTURE NERE: MASCHI (M) E FEMMINE (F), MEDIA E DEVIATIONE STANDARD DEL CAMPIONE STUDIATO

Karateka	Età (anni)	Peso (kg)	Statura (cm)	BMI (kg/m ²)	Grado (Dan)	Pratica del Karate (anni)
F1	30	50	164	18,59	2	7
F2	27	51	162	19,43	2	6
F3	18	63	175	20,57	2	9
F4	17	55	166	19,96	1	10
F5	26	55	174	18,17	3	17
F6	17	55	168	19,49	2	12
F7	17	50	168	17,72	1	8
F8	22	57	162	21,72	3	16
F9	28	63	173	21,05	3	15
M1	18	68	172	22,99	1	12
M2	17	58	168	20,55	1	5
M3	19	73	182	22,04	1	11
M4	20	86	182	25,96	1	16
M5	17	68	184	20,09	1	10
Media	20,9	60,9	171,4	20,6	1,7	11,0
Dev.St	4,8	10,2	7,3	2,1	0,8	3,9

Tabella 1 Caratteristiche dei soggetti che hanno preso parte allo studio

PROCEDURE METODOLOGICHE UTILIZZATE IN QUESTO STUDIO

INDIVIDUAZIONE DEGLI EVENTI

Sulla base degli studi precedenti si è scelto di fissare i seguenti eventi:

Come inizio della fase preparatoria è stato rilevato il primo movimento del C.O.M, rappresentato dal pallino nero nella figura 8., verso qualsiasi direzione (start, abbreviato Str)

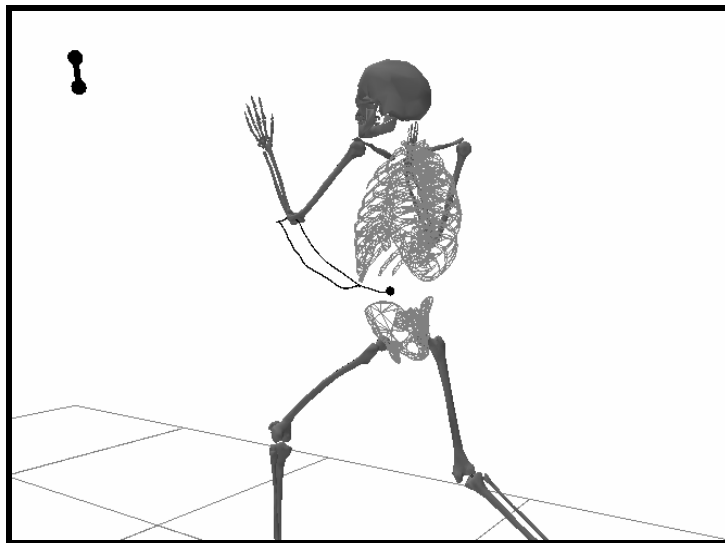


Figura 8 Spostamento del COM (evento Str).

L'individuazione di tale evento è stato eseguita attraverso il metodo visivo, osservando lo spostamento in qualsiasi direzione del C.O.M.. Nella figura 8, è possibile osservare la traiettoria del C.O.M. che in questo caso da una posizione fissa si sposta verso avanti-alto per poi tornare indietro.

Purtroppo questo spostamento si è rivelato un fenomeno estremamente variabile e tipico di ogni soggetto. Molti atleti infatti si muovono verso il basso, ricercando il cosiddetto “contro movimento”. Piegandosi sulle ginocchia è infatti possibile acquistare una spinta maggiore, sia intermini di forza rapida che di forza elastica. Questo movimento per di più avviene con velocità e accelerazioni differenti da soggetto a soggetto, rendendo difficile l'uso di una soglia per individuare l'evento Str. Ecco perché si è stati costretti a ricorrere al metodo visivo, che maggiormente analizza l'evento nel suo aspetto spaziale.

Come inizio della fase esecutiva è stato scelto lo stacco del piede da terra (take-off, abbreviato Tkf). L'individuazione di tale evento è stato possibile osservando lo spostamento del marker

posto sul primo metatarso “Toe” (figura 9). Lo stacco del piede calciante (Tkf) è rilevato nell’istante in cui esso si discosta dalla sua posizione statica iniziale verso l’alto (sull’asse verticale “Z” del sistema di riferimento) di 5 mm.

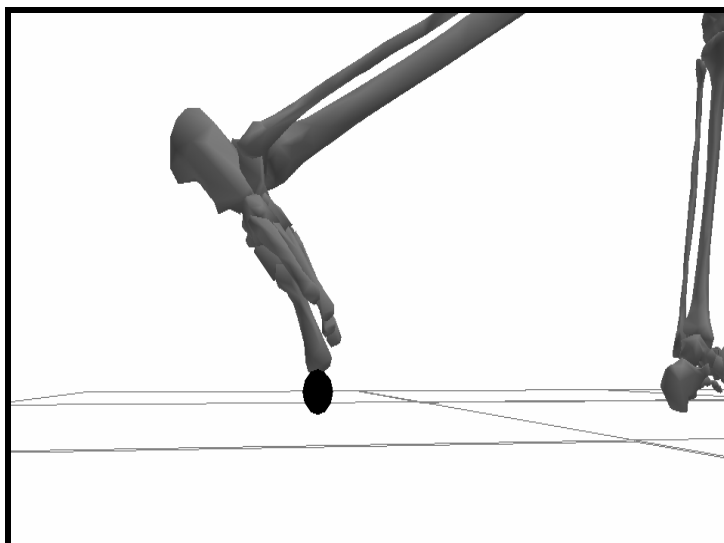


Figura 9 Stacco del piede calciante (evento Tkf).

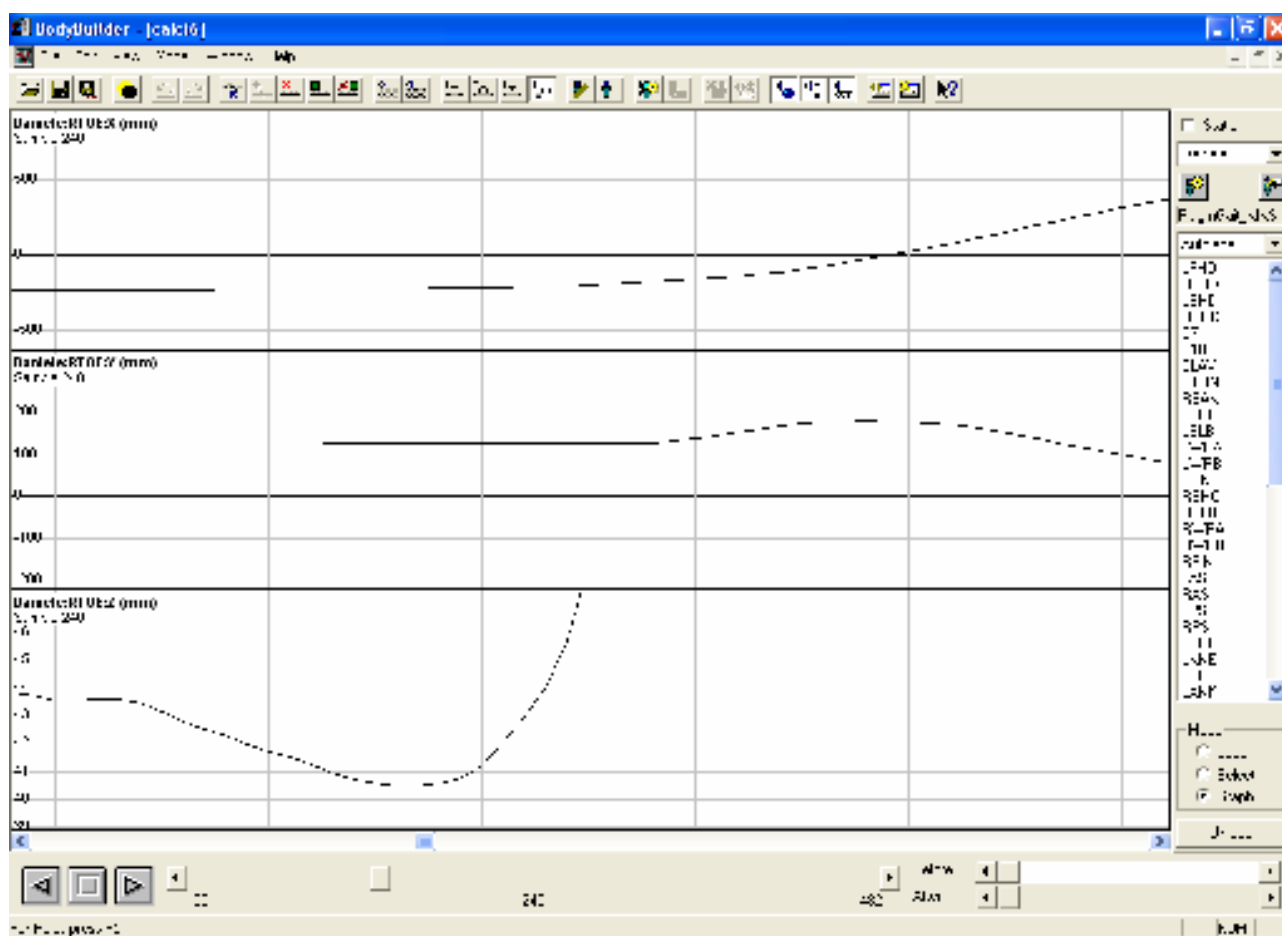


Figura 10 Traiettoria 3D del marker Rtoe.

Nella parte bassa della figura 10, è possibile osservare l'andamento del marker RToe (Toe del piede destro) sull'asse Z del sistema di riferimento. In questo particolare caso il marker parte da una posizione statica a 43 mm, perciò l'evento Tkf verrà fissato all'istante in cui la traiettoria raggiunge 49 mm. Come fine della fase esecutiva è stato considerato il colpo della pallina (hit, colpo in inglese) inteso come il primo evento in cui uno dei due marcatori posti su di essa si sposta dalla posizione iniziale.

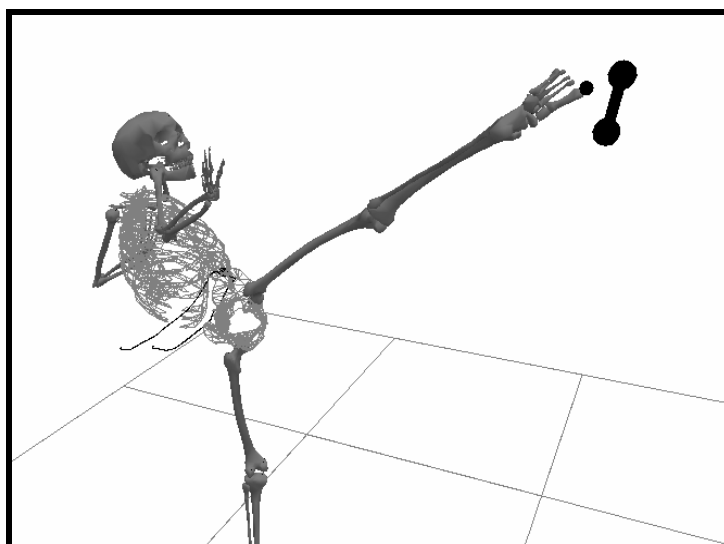


Figura 11 Colpo del bersaglio (evento Hit)

Come si può intuire dalla figura 11 non è difficile rilevare l'istante in cui fissare l'evento hit. Appare molto chiaro infatti l'istante in cui uno dei due marcatori immobili vengono colpiti violentemente dal calcio. Osservando anche in questo caso le traiettoria 3D, come in figura 10, è possibile fissare agevolmente l'evento del colpo.

FASI E CARATTERISTICHE DEL CALCIO

Come detto tali eventi sono gli istanti cruciali della prova studiata, essi delimitano le fasi del calcio.

La fase compresa tra l'inizio del movimento e lo stacco del piede calciante (Str-Tkf) è chiamata *fase preparatoria*.

La fase compresa tra lo stacco del piede calciante e il colpo (Tkf-Hit) è chiamata *fase esecutiva*. Nella figura 12 sono rappresentati gli eventi che delimitano le due fasi temporali del calcio (preparatoria ed esecutiva). E' inoltre riportato all'interno della figura il valore di alfa di Cronbach riferito a tutte le prove registrate per ogni soggetto esaminato.

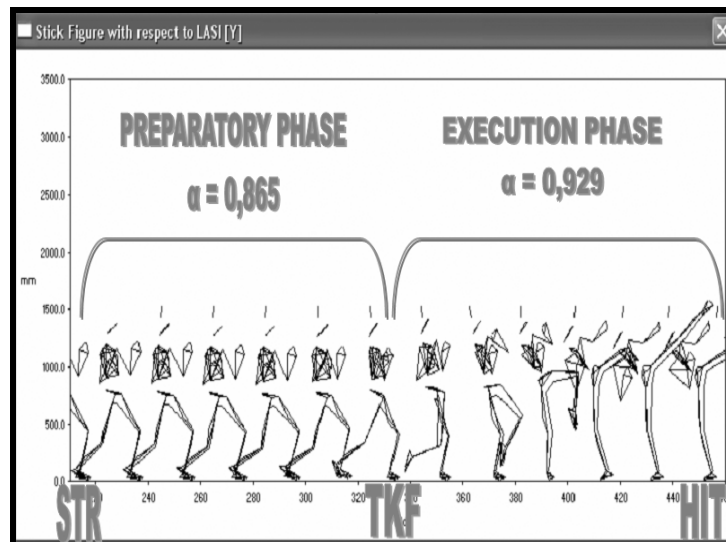


Figura 12 Fase preparatoria e fase esecutiva

Se si osserva il calcio all'evento Hit è inoltre possibile valutare l'altezza effettiva del calcio che nella fattispecie è stata rilevata osservando l'altezza da terra raggiunta dal piede calciante considerando il marker posto sul primo metatarso TOE. Osservando i valori di tale marker sulla componente verticale (Z) è possibile quindi rilevare *l'altezza del calcio*.

Un'altra caratteristica ritenuta importante è la lunghezza del calcio in termini spaziali, ossia la *lunghezza della traiettoria* percorsa dal piede calciante. Per fare ciò è stato osservato il tragitto tridimensionale del marker posto sul primo metatarso (TOE) dall'evento Tkf all'evento Hit.

Ancora più interessante è l'uso che si può fare di tali caratteristiche per valutare la qualità e la ripetitività del calcio in oggetto.

Attraverso i due marker posti sulla pallina UP1 e UP2 è possibile infatti stimare il centro della pallina stessa semplicemente trovando il punto di mezzo tra i due marker. Questo sarà il centro del bersaglio.

Comparando il centro del bersaglio con l'altezza del calcio è possibile valutare la precisione del colpo o se questo è stato portato sopra o sotto il centro dello stesso bersaglio.

Tale caratteristica è stata nominata *accuratezza del calcio*.

In questo studio saranno valutati una serie di valori detti di "rotazione". Come detto in introduzione il mawashi geri jodan è un calcio circolare che costringe l'esecutore ad una rotazione del corpo di circa 90 gradi sul suo asse longitudinale. Come riferimento di tale rotazione si è scelto di ricreare una linea verso quale l'atleta è diretto, tale linea è stata chiamata *linea di attacco*.

La linea di attacco, osservabile nella figura 13, è stata ricavata traguardando il COM con un marker posto sulla pallina bersaglio all'evento Str.

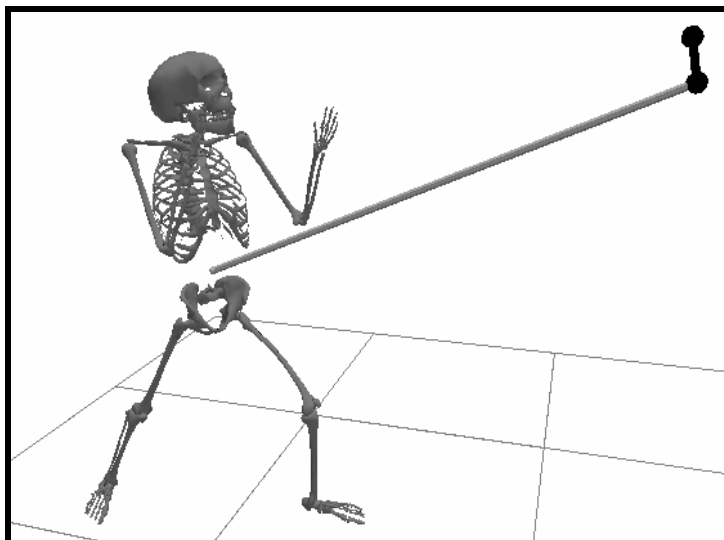


Figura 13 Linea di attacco

Questa linea attraverso una tecnica di elaborazione è stata mantenuta fissa per tutta la prova. In questo modo è stato possibile confrontare in ogni evento l'asse antero-posteriore di ogni segmento corporeo con tale linea di attacco, ottenendo così degli angoli sul piano orizzontale, ben visibili in figura 14.

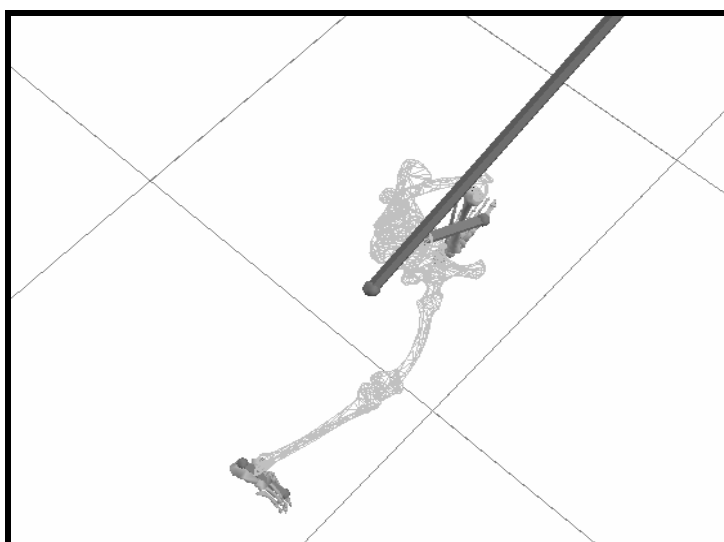


Figura 14 Linea di attacco e assi della pelvi sul piano trasverso

Saranno inoltre rilevati i valori di abduzione dinamica sia di ogni singola anca, sia di entrambe le anche nello stesso istante. Oltre alla massima doppia abduzione delle due anche

durante l'esecuzione del calcio si è osservato l'angolo tra l'asse longitudinale del femore della gamba calciante con l'asse Z del sistema. Questo valore angolare rilevato al colpo (Hit), fornisce un'ulteriore informazione sull'apertura necessaria ai due arti inferiori al fine di colpire il bersaglio (figura 15).

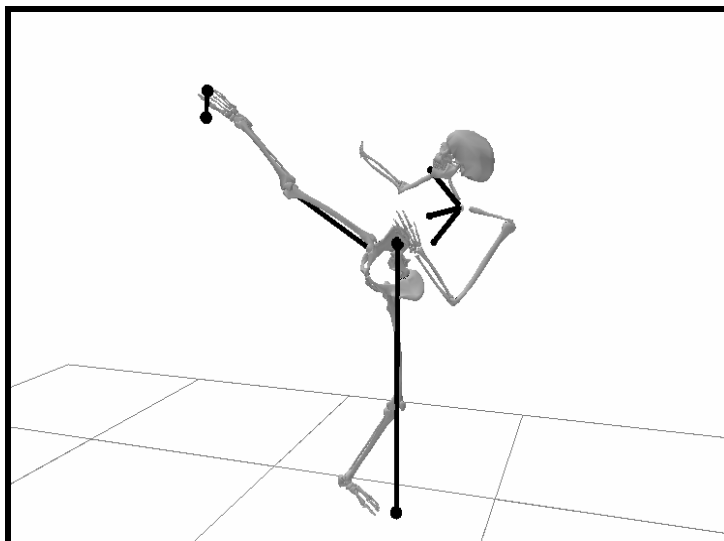


Figura 15 Angolo tra asse longitudinale del femore calciante e asse Z del sistema di riferimento

AZIONI OSSERVATE

Come risaputo non è possibile osservare tutte le variabile che caratterizzano qualsiasi fenomeno, quindi sono state prese in considerazione soltanto quelle descritte in letteratura e quelle comunemente osservate in modo qualitativo dai maestri nella pratica dell'insegnamento. Di seguito vengono riportate le descrizioni delle azioni osservate e quei comportamenti motori che gli autori dei testi citati, hanno esaltato come quelle caratteristiche del mawashi geri jodan. Alcune di queste sono riferite al movimento dell'arto *calciante*, altre a quello di *supporto*. L'arto calciante per intenderci sarà quello che nella posizione di partenza (Str) risulta più arretrato e sarà anche quello che colpirà il bersaglio. L'arto di supporto invece è quello che nella posizione di partenza è più avanzato. Esso è deputato al sostentamento del corpo durante l'azione aerea dell'arto calciante. In questo tipo di calcio a differenza dei calci frontali, l'arto di supporto compie una rotazione attraverso l'azione del piede a terra.

Nella figura 16 è possibile notare l'arto più arretrato che sarà quello calciante e l'arto più avanzato che sarà poi quello di supporto.

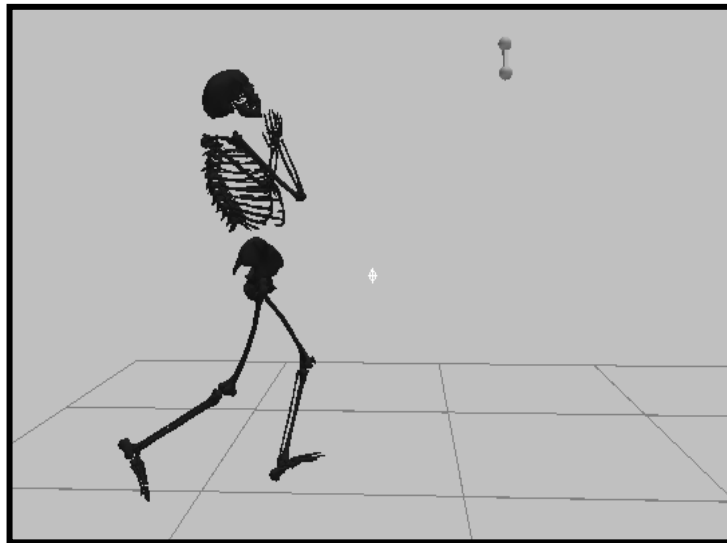


Figura 16 Vista sagittale della scena del test durante l'evento Str.

Le variabili sono state raccolte in sei gruppi omogenei:

- le durate, ossia gli intertempi determinati dagli eventi,
- i valori angolari istantanei presi appunto agli eventi Str, Tkf e Hit,
- i valori angolari massimi, ossia i valori cinematici massimi rilevati durante la fase esecutiva,
- le velocità sia quelle lineari che quelle angolari,
- il timing delle azioni riferite al tempo di esecuzione in percentuale
- le rotazioni e atteggiamenti del corpo riferite alle varie linee o assi usati.

DURATE

Sono gli intertempi tra i vari eventi espressi in secondi e determinano le fasi del gesto analizzato. Le durate analizzate sono: durata della fase esecutiva, durata della fase preparatoria, durata della rotazione del piede di supporto

TIMING DELLE AZIONI

Lo studio del calcio in termini di timing delle azioni più importanti è stato fatto normalizzando percentualmente l'intera prova dallo stacco del piede (Tkf) fino al colpo del bersaglio (Tkf). In questo modo è possibile valutare la sequenza delle azioni più importanti indipendentemente dalla durata del calcio. Il timing è stato calcolato per i seguenti valori

massimi: massima flessione del ginocchio calciante normalizzata, massima flessione dell'anca calciante normalizzata, massima doppia abduzione normalizzata, inizio della seconda rotazione normalizzata, massima rotazione della pelvi normalizzata.

VALORI ANGOLARI AGLI EVENTI

Sono i valori angolari presi nei tre eventi, sono anche detti valori angolari istantanei.

I movimenti osservati sono: flessione del ginocchio Str, estensione dell'anca Str, estensione dell'anca Tkf, abduzione dell'anca calciante Tkf, Flessione del ginocchio calciante Tkf, Flessione ginocchio sostegno Tkf, estensione dell'anca calciante Hit, abduzione dell'anca calciante Hit, flessione del ginocchio sostegno Hit.

VALORI ANGOLARI MASSIMI

Sono i valori massimi rilevati durante la fase esecutiva. Nel caso di numerosi valori di picco si è scelto quello coerente con quello degli altri soggetti.

I valori angolari massimi rilevati sono: massima flessione del ginocchio calciante, massima flessione dell'anca calciante, abduzione alla massima flessione dell'anca calciante, massima doppia abduzione, massima abduzione anca calciante, flessione dell'anca calciante all'inizio della seconda rotazione del piede di supporto, abduzione dell'anca calciante all'inizio della seconda rotazione del piede di supporto.

VELOCITÀ

Per quanto riguarda le velocità sono state studiate le diverse forme di velocità che si possono riferire ad un gesto balistico in cui ad essere lanciato contro il bersaglio è essenzialmente il piede calciante dell'atleta.

In molti studi infatti è stata rilevata la velocità massima del piede calciante o la sua velocità al colpo.

Sono state inoltre misurate le velocità angolari massime, di due movimenti caratteristici e comuni ai due gruppi, cioè della flessione dell'anca e della successiva estensione del ginocchio calciante. Le velocità osservate sono: massima velocità angolare di flessione dell'anca calciante, massima velocità angolare di estensione del ginocchio calciante, massima velocità lineare della caviglia calciante, massima velocità lineare del ginocchio calciante.

E' stato inoltre rilevato l'angolo del ginocchio calciante in particolari eventi: alla massima velocità angolare di flessione dell'anca, e alla massima velocità angolare di estensione del ginocchio stesso.

ROTAZIONI E ATTEGGIAMENTI DEL CORPO

Sono le rotazioni effettuate dai vari segmenti corporei attorno al proprio asse longitudinale rispetto la linea di attacco. Sono state inoltre osservate le inclinazioni (tilt) di tronco e pelvi rispetto al terreno. I movimenti studiati sono: rotazione del piede di sostegno, orientamento del piede calciante, orientamento della pelvi a Tkf e Hit, rotazione tronco pelvi a Tkf e Hit, tilt del tronco a Tkf e Hit, Tilt pelvi a Hit, flessione tronco su pelvi a Hit, angolo assoluto dell'asse del femore della gamba calciante a Hit, massima rotazione della pelvi sull'asse longitudinale.

PROCEDURA DEL TEST

Lo studio si è svolto presso i laboratori della facoltà di Scienze Motorie.

All'interno di tale ambiente è stato montato un piccolo tatami con alcune materassine regolamentari (approvate dalla federazione mondiale W.K.F), al fine di formare un area di 5 metri per 5 metri (figura 17).

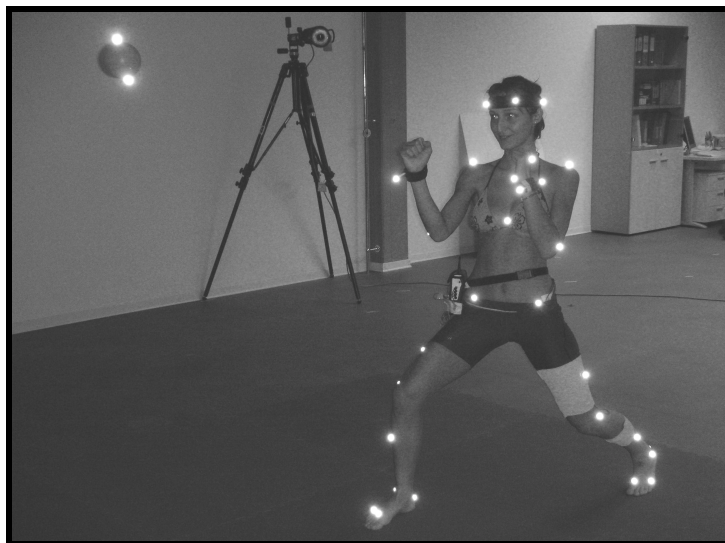


Figura 17 Posizione di partenza dell'atleta durante il test

Dopo aver sottoscritto il consenso informativo, al soggetto sono stati richiesti alcuni dati informativi utili allo studio, dopo di che all'atleta venivano rilevati i più importanti valori antropometrici: statura, peso, e lunghezza degli arti inferiori.

Per ottenere dei dati che siano coerenti per tutti i partecipanti è inoltre fondamentale allestire un test che sia il medesimo per ognuno dei soggetti che prendono parte allo studio, cioè è importante metterli tutti nelle stesse condizioni sperimentali. Il primo accorgimento è stato quello di posizionare la pallina da colpire ad una altezza proporzionale all'atleta che eseguiva

il compito. In corrispondenza dell'area delimitata dei materassini è stata sospesa quindi una pallina di gomma piuma di colore giallo del diametro di 10 cm, legata ad un filo di nylon con la possibilità di poter variare la sua l'altezza da terra. Questo è stato necessario per rendere il compito uguale per tutti gli atleti indifferentemente dalla propria altezza. Tale aspetto trova anche un certo riscontro nella pratica del combattimento. Infatti nelle competizioni agonistiche gli atleti combattono a seconda del proprio peso, all'interno di quelle che vengono chiamate categorie di peso.

In questo modo ogni atleta si trova a combattere contro avversari dello stesso peso e siccome le categorie sono di cinque chili in cinque chili è lecito pensare che ogni atleta si trova a combattere anche contro atleti della stessa statura. Ad essere precisi soltanto le categorie dei pesi massimi (senza un limite superiore di peso) non seguono purtroppo questa regola. A conferma della necessità di posizionare la pallina proporzionalmente alla statura, sono anche i risultati negativi ottenuti nei precedenti studi preliminari che avevano usato come bersaglio un sacco poggiato a terra. In questo modo il soggetto aveva la possibilità di colpire tale sacco all'altezza a lui più congeniale che è stata molto spesso inferiore a quelle registrate successivamente con l'uso della pallina. Questa variabilità di altezza non solo ha determinato un'elevata variabilità dei tempi esecutivi e delle altezze del colpo ma anche quella delle variabili cinematiche osservate.

Il soggetto autonomamente posizionava la pallina in corrispondenza del proprio orecchio e da quel momento tale altezza non veniva più cambiata.

I soggetti inoltre sono stati messi nelle medesime condizioni anche per quanto riguarda l'abbigliamento. I maschi hanno indossato solo dei pantaloncini corti mentre le ragazze anche un top. Tutti i partecipanti inoltre erano scalzi, questo perché il tipo di calzature si è visto influire notevolmente sulla rotazione del piede di supporto sui materassini.

Durante le gare ufficiali comunque gli atleti del karate combattono scalzi ed è perciò che è bene ricreare per tutti la stessa condizione che è poi quella specifica agonistica.

Al termine della stesura della scheda informativa il soggetto iniziava un riscaldamento di 15 minuti, con esercizi liberi ma idonei per ottenere una buona prestazione nel gesto richiesto.

Gli atleti così hanno scelto autonomamente il riscaldamento che essi reputavano il migliore per la prova.

Immediatamente dopo la fine del riscaldamento i soggetti venivano sottoposti a 2 test di mobilità articolare.

Per ottemperare ai principi base per il controllo degli errori (Mullineaux D.R *et all* 2001) è stato scritto un testo che dava le informazioni esecutive per l'effettuazione del test. Ad ogni

soggetto, prima dell'inizio del test, veniva letto il protocollo al quale attenersi il quale era uguale per tutti.

Il protocollo riportava le seguenti istruzioni:

Assumere la posizione di guardia “Zenkutsudachi” con la gamba calciante (scelta dal soggetto come quella dominante) arretrata,

Assumere tale posizione in maniera comoda e senza saltellare sul posto (quindi la partenza avveniva da fermi),

Tenere le braccia alte e in posizione di difesa,

Partire autonomamente ed eseguire un mawashi geri jodan con la massima rapidità colpendo la pallina e controllando al massimo il colpo,

Ritornare velocemente alla posizione di guardia di partenza,

Fare attenzione alla rotazione del piede di supporto che deve essere tecnicamente la migliore possibile.

Dopo aver letto le modalità di esecuzione del test si è chiesto al soggetto di effettuare con la massima rapidità 5 mawashi geri jodan con la gamba più arretrata colpendo la pallina, partendo autonomamente, senza aspettare un start.

Sulla base delle indicazioni di Bates *et all* (1992), avendo un campione studiato di 14 soggetti si è resa necessaria la registrazione di almeno 5 prove per soggetto.

Tra una esecuzione e l'altra al soggetto sono stati dati circa 2 minuti di tempo di recupero, ritenuti sufficienti al fine di ripristinare i substrati energetici necessari per un gesto della durata complessiva di circa 1 secondo.

Il test è avvenuto con illuminazione artificiale e con il massimo silenzio possibile.

TEST DI MOBILITÀ ARTICOLARE

Il primo test ha come obiettivo quello di misurare la mobilità del tronco. Il soggetto seduto con i piedi completamente aderenti ad un banchetto (con taratura in centimetri negativa e positiva) con le gambe estese, al via flette molto lentamente il busto con le braccia tese in avanti passando sopra la lamina graduata, raggiunge la massima misura possibile rimanendo per un po' con la testa tra le braccia (figura 18).

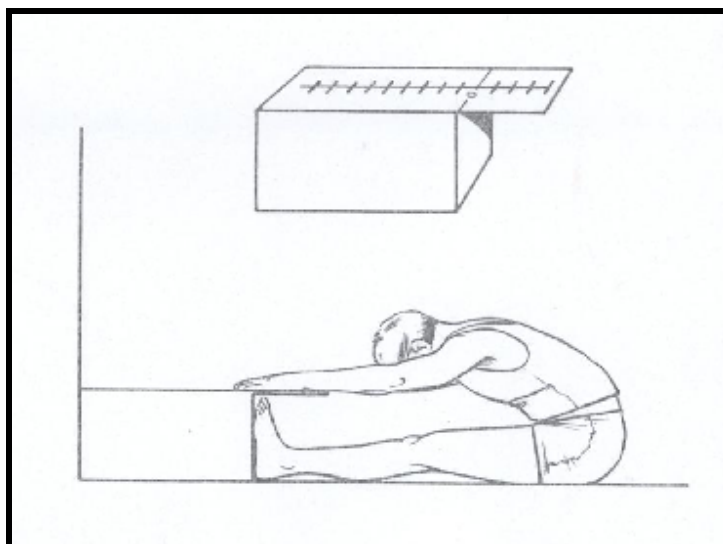


Figura 18 Test di flessione del tronco

La misura rilevata sarà quella raggiunta con le punte delle dita. Il test è stato ripetuto due volte ed è stata scelta la prova maggiore.

Il secondo test ha come obiettivo la misura della mobilità articolare delle anche (figura 19).

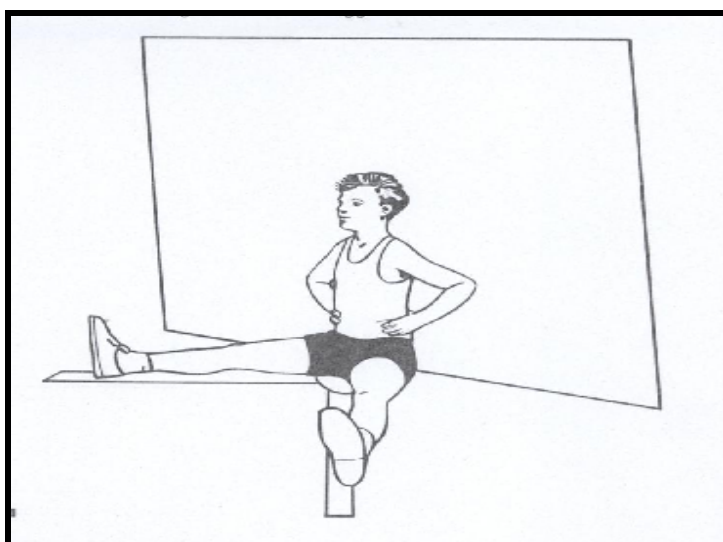


Figura 19 Test di abduzione delle anche

Il soggetto si siede appoggiando completamente la schiena al muro, le gambe sono tese e divaricate lentamente senza interventi esterni. Raggiunto il valore angolare massimo tra le gambe si effettua la misurazione. Anche di questo test sono state fatte due prove e scelta la maggiore.

TRATTAMENTO DEI DATI

ATTENDIBILITÀ DEL TEST (RELIABILITY TEST)

Una volta raccolti i dati, è stata effettuata un'analisi per valutare l'attendibilità del protocollo del test somministrato. Attraverso una "inter-class correlation" è infatti possibile appurare se il campione testato attraverso tutte le prove effettuate da ogni soggetto è al suo interno coerente (Cronbach L.J. *et all* 1951, 1972, Gleser C.G. *et all* 1965)

Ossia se ogni atleta durante il test ha effettuato ripetizioni del gesto simili, e se questo comportamento è stato rispettato da tutti gli altri soggetti.

Anche se l'uso di tale tecnica è più idonea per valutare le misure effettuate sullo stesso fenomeno (Myers J.B. *et all* 2007), è possibile usare l'inter-class correlation (I.C.C.) anche per determinare la ripetibilità di un gesto da parte di un soggetto (variabilità interna). Questa tecnica è conosciuta anche come "reliability del test".

In questo studio sono stati scelti i seguenti parametri in quanto ritenuti maggiormente caratteristici e determinanti della prestazione nel gesto osservato:

- durata della fase preparatoria
- durata del calcio
- altezza del colpo
- lunghezza della traiettoria del piede calciante

La durata della fase preparatoria è stata scelta in quanto caratteristica dell'inizio della prova e perché definita da due eventi individuati dall'operatore con il metodo visivo, perciò suscettibile ad interpretazioni soggettive dell'operatore stesso.

La durata del calcio è stata scelta perché determinata da due eventi anche questi rilevati dall'operatore, che sono lo stacco del piede da terra T_{kf} e il colpo della pallina Hit. Questa variabile inoltre esprime una caratteristica molto importante del calcio cioè la rapidità esecutiva.

L'altezza del colpo è stata scelta perché esprime la precisione del colpo e la sua efficacia. Un calcio portato troppo basso potrebbe infatti colpire la spalla dell'avversario, quindi non valido ai fini del punteggio.

La lunghezza della traiettoria del piede calciante da invece l'idea del percorso effettuato dal piede, cioè anche della tecnica usata dal soggetto. Il piede infatti prima di giungere a bersaglio

può percorrere una traiettoria più o meno lunga, determinata e non solo, dal tipo di tecnica usata dall'atleta.

La prima operazione è stata quella di verificare la bontà dei dati registrati. Questo è stato possibile grazie ad un'analisi di affidabilità (reliability test) effettuata sulle cinque prove acquisite per ognuno dei 14 soggetti studiati, il numero complessivo delle prove osservate è risultato dunque di 70.

I valori di alfa di Cronbach ottenuti per le variabili usate sono riportati in tabella 2.

Variabile	Alfa di Cronbach
durata della fase preparatoria	0,865
durata della fase esecutiva	0,929
altezza del colpo	0,971
lunghezza della traiettoria del piede calciante	0,982

Tabella 2 Valori di alfa (Cronbach) ottenuti per le variabili usate per il controllo di qualità del test

SELEZIONE DELLE PROVE ATTRAVERSO LA CLUSTER ANALISI

Attraverso una prima analisi multivariata le prove per ogni soggetto sono state ridotte da cinque a tre. Questo è stato possibile osservando i rami del dendrogramma ma soprattutto comparando le distanze euclidee delle cinque prove tra loro. In questo modo il numero delle prove registrate è stato ridotto, pur conservando la consistenza di un numero maggiore di prove iniziali. Nel ramo del dendrogramma (tabella 3) ad esempio, è possibile osservare le tre prove più vicine di un soggetto. In questo caso l'atleta F1 mostra le prove a,b,c, estremamente vicine e quindi omogenee tra loro, queste saranno quindi le tre prove selezionate.

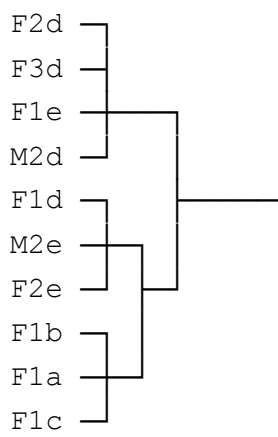


Tabella 3 Ramo del dendrogramma

Attraverso una seconda cluster analisi gerarchica eseguita sulle tre prove si sono evidenziati due gruppi ben distinti ed osservabili nel dendrogramma in tabella 4.

Questa analisi di raggruppamento è stata effettuata sulla base di tre variabili spazio-temporali, reputate come le più importanti dal punto vista della qualità tecnica del gesto, esse sono:

- il tempo di esecuzione del calcio,
- il tempo della fase preparatoria del calcio,
- e la lunghezza della traiettoria di TOE.

Una volta selezionate le tre prove nei modi su descritti si passa ad una analisi delle prove più approfondita, rilevando per ognuna tutte le variabili di interesse. In base ad alcune di esse è poi stato diviso l'intero campione al fine di evidenziare i gruppi che si ricollegano ad un particolare modello tecnico del mawashi geri jodan.

FORMAZIONE DEI GRUPPI

Mentre le precedenti analisi sono state effettuate usando variabili essenzialmente di natura spazio temporali, per la suddivisione del campione in gruppi sono state scelte alcune variabili tecniche del gesto oggetto di questo studio. A tale riguardo la scelta delle variabili usate per la cluster analisi, è dovuta da un lato dalle indicazioni date dai testi didattici dei vari maestri esposti nell'introduzione, dall'altro dai risultati ottenuti dai pochi studi effettuati sulla biomeccanica del mawashi geri. Secondo i vari autori infatti la massima flessione dell'anca calciante nella fase di salita del ginocchio (prima fase) sembra quella più differente e caratteristica. Aschieri e Hickey descrivono una prima fase in cui vi è una predominante flessione dell'anca calciante, mentre Nakayama e Sacripanti riportano una abduzione. L'angolo di flessione del ginocchio della gamba calciante nell'evento Str e l'angolo di flessione dell'anca calciante nell'evento Tkf sono invece i valori angolari che nello studio di Pecoraioli F. Merni F. (2007) sono risultati statisticamente differenti, addirittura di segno opposto nelle due tipologie di esecuzione del mawashi geri jodan nei due gruppi.

Sulla base di quanto esposto nei testi dai vari maestri e da quanto riportato in letteratura si è cercato di estrapolare quegli aspetti tecnici e biomeccanici che tracciano una differenza tra i due modelli prevalenti che nel tempo si sono consolidati: il "tradizionale" e "l'evoluto". L'aspetto discriminante comune a molti autori è il grado di flessione dell'anca nella prima fase del calcio, appena dopo lo stacco da terra del piede calciante e comunque prima della rotazione del piede di supporto.

Sulla base delle variabili sotto riportate è stata dunque effettuata una seconda cluster analisi in modo da verificare se il campione così come era stato suddiviso, fosse veramente riconducibile ad un sottogruppo che rappresenta un diverso modello tecnico del mawashi geri jodan.

- Massima flessione dell'anca calciante
- Angolo di flessione del ginocchio della gamba calciante nell'evento Str
- Angolo di flessione dell'anca calciante nell'evento Tkf

Dall'analisi dei cluster eseguita sull'intero campione, emergono essenzialmente due grandi gruppi ognuno composto da sette soggetti. Un gruppo osservabile nella parte alta del dendrogramma riportato nella tabella 4, è composto da quattro soggetti di sesso femminile (F) e da tre maschile (M). Un altro gruppo si evidenzia invece nella parte bassa, ed è composto da cinque soggetti di sesso femminile (F) e da due maschile (M). Per alcuni atleti la tripletta di prove è molto omogenea, e i soggetti migliori in questo senso, partendo dall'alto risultano: F1, M4, F5, F6, F8, F9.

Emergono poi alcuni casi in cui due soggetti sembrano eseguire la medesima tipologia di prova come ad esempio M5 e F7 (nella parte bassa del dendrogramma) che sono appaiati in un unico ramo.

Più approfonditamente è possibile osservare come in questo ultimo gruppo si separino due soggetti M4 e F5, i quali mostrano le tre prove (molto omogenee tra loro) diverse dal restante gruppo di cui fanno parte. A seguito di queste evidenze si è effettuata un'analisi sulle medie delle variabili ritenute maggiormente importanti al fine di verificare se M4 e F5 siano dei casi "anomali". Dall'analisi è emerso che per quanto riguarda il tempo di esecuzione del calcio, e la massima flessione dell'anca calciante (riportati in appendice B) solo il soggetto F5 risulta fuori dal range di accettabilità interquartile. Si è deciso quindi di eliminare dall'analisi il soggetto F5 in quanto da ritenersi anomalo.

Il campione osservato, in conclusione, è risultato composto da 13 soggetti a causa dell'esclusione dall'analisi del soggetto F5. Questo gruppo a seguito della cluster analisi è stato poi diviso in due sottogruppi: il gruppo con tecnica di ispirazione tradizionale "OLD" e il gruppo con tecnica evoluta "NEW".

Il gruppo OLD è composto da quattro femmine e tre maschi, mentre il gruppo NEW è composto da quattro femmine e due maschi. Seguendo il metodo usato da Sorensen H. *et all* 1996 e Landeo R. 2007 è stata scelta per ogni soggetto una sola prova, ossia quella che delle tre è risultata con un tempo di esecuzione (Tkf-Hit) minore, in altri termini la più veloce.

*** * H I E R A R C H I C A L C L U S T E R A N A L Y S I S ***

Dendrogram using Average Linkage (Between Groups)

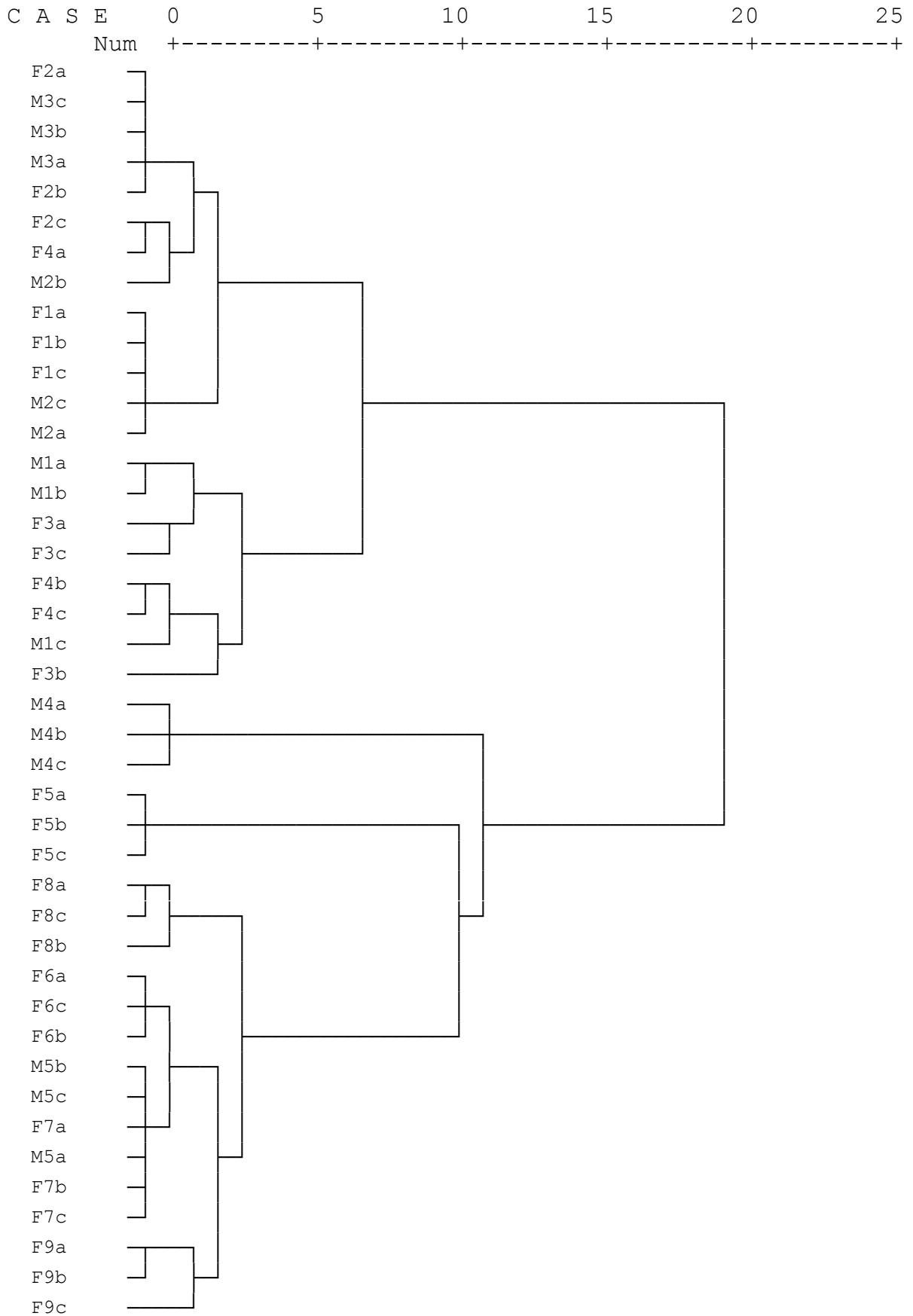


Tabella 4 Dendrogramma del campione studiato

Nella tabella 5, sono riportati i valori delle variabili di prestazione della singola prova scelta per ogni soggetto, che si ricorda essere quella delle tre (a,b,c, riportate in appendice) con il tempo di esecuzione inferiore.

VALORI DELLE PROVE PIU' VELOCI E DEI TEST DI MOBILITA' ARTICOLARE DI OGNI SOGGETTO, DEI MASCHI (M) E DELLE FEMMINE (F) IN BASE AL GRUPPO								
GRUPPI	SOGGETTI	Tempo di esecuzione (secondi)	Tempo preparatorio (secondi)	Traiettoria TOE (mt)	Velocità media (m/sec)	Accur (cm)	Test di mobilità delle anche (gradi)	Test di mobilità del tronco (cm)
GRUPPO TRADIZIONALE (OLD)	F1c	0,340	0,202	2,336	6,87	-3,9	140	14
	F2a	0,330	0,249	2,458	7,45	-0,2	120	11
	F3a	0,355	0,228	2,455	6,92	-7,0	140	12
	F4b	0,395	0,174	2,789	7,06	-5,5	165	32
	M1b	0,380	0,206	2,722	7,16	-8,0	125	0
	M2c	0,330	0,225	2,468	7,48	-0,4	135	20
	M3c	0,330	0,278	2,675	8,10	-5,8	115	8
	media	0,351	0,223	2,558	7,29	-4,4	134,3	13,9
GRUPPO EVOLUTO (NEW)	F6c	0,365	0,190	2,609	7,15	1,3	160	2
	F7c	0,400	0,118	2,493	6,23	1,6	160	11
	F8b	0,445	0,220	2,763	6,21	3,4	128	10
	F9b	0,380	0,240	2,491	6,56	-7,7	145	15
	M4c	0,370	0,205	2,841	7,68	-8,7	115	3
	M5b	0,395	0,200	3,248	8,22	5,6	135	18
	media	0,393	0,196	2,741	7,01	-0,7	140,5	9,8

Tabella 5 Prove scelte per l'analisi non parametrica.

I soggetti sono stati inoltre studiati classificandoli secondo il genere. Sono risultati così otto soggetti di sesso femminile e cinque di sesso maschile, dei quali sono state studiate solo gli aspetti più interessanti e rilevanti.

RISULTATI

CARATTERISTICHE DEI SOGGETTI

Nella tabella 6 sono riportate le medie e le deviazioni standard dei gruppi studiati per quanto riguarda i dati antropometrici e i test di mobilità articolare. Per tutte le caratteristiche analizzate i due gruppi non mostrano differenze significative, anche se i valori antropometrici sono lievemente più alti nel gruppo New.

I test di mobilità sono lievemente migliori per l'abduzione delle anche nel gruppo New, mentre nel test di flessibilità del tronco risulta migliore il gruppo Old. Per quanto riguarda le caratteristiche curriculari il gruppo New mostra un maggior numero di anni di pratica del karate ed un livello, in gradi dan, leggermente superiore all'altro gruppo.

Anche l'accuratezza del colpo e la lunghezza della traiettoria percorsa dal piede non mostrano differenze significative tra i due gruppi. Il gruppo Old risulta leggermente più impreciso mancando il bersaglio per difetto di 4,4 cm contro 0,8 cm del gruppo New, e la traiettoria del piede risulta 18,3 cm più corta nel gruppo Old.

CARATTERISTICHE DEI GRUPPI					
	gruppo NEW n (6)		gruppo OLD n (7)		
	Media	Dev.Stand	Media	Dev.Stand	valore di P
Statura (m)	1,72	0,08	1,69	0,06	0,534
Peso (Kg)	63,1	12,8	59,7	8,6	0,836
Grado (dan)	1,8	0,9	1,4	0,5	0,534
Anni di pratica di Karate (anni)	12,8	3,3	8,5	2,6	0,051
Accuratezza (cm)	-0,8	5,9	-4,4	3	0,295
Test mobilità anche (gradi)	140,5	17,9	134,3	16,7	0,628
Test flessibilità tronco (cm)	9,8	6,3	13,8	10	0,534
Traiettoria percorsa da TOE (cm)	274	28,5	255,7	16,9	0,138

Tabella 6 Caratteristiche dei gruppi

DURATE (DATI TEMPORALI)

Nella tabella 7 è possibile leggere la differenza tra i due gruppi nella fase esecutiva, con tempi di esecuzione del calcio che sono rispettivamente 0,392 secondi per il gruppo New e 0,351 secondi per il gruppo Old, con un $p = 0,035$. Non c'è differenza invece per la fase preparatoria. Riguardo alla rotazione del piede di supporto risulta che esso compie due rotazioni separate da una fase in cui il piede è fermo (fase statica). Una prima rotazione è stata osservata prima dello stacco del piede calciante, l'altra dopo. Siccome la fine della seconda rotazione risulta difficile da individuare l'analisi del gesto termina al colpo della pallina.

DURATE					
	gruppo NEW n (6)		gruppo OLD n (7)		
	Media	Dev.Stand	Media	Dev.Stand	valore di P
Durata della fase esecutiva (sec)	0,392	0,029	0,351	0,026	0,035
Durata della fase preparatoria (sec)	0,195	0,041	0,223	0,033	0,234
Durata prima rotazione piede (sec)	0,182	0,021	0,159	0,046	1
Durata fase statica del piede (sec)	0,189	0,023	0,138	0,026	0,014

Tabella 7 Durata delle fasi principali del calcio

Quindi si è deciso di rilevare solo la durata della prima rotazione del piede di supporto e la sua fase statica. Nel grafico 1 riportato sotto, si possono notare meglio le durate studiate.

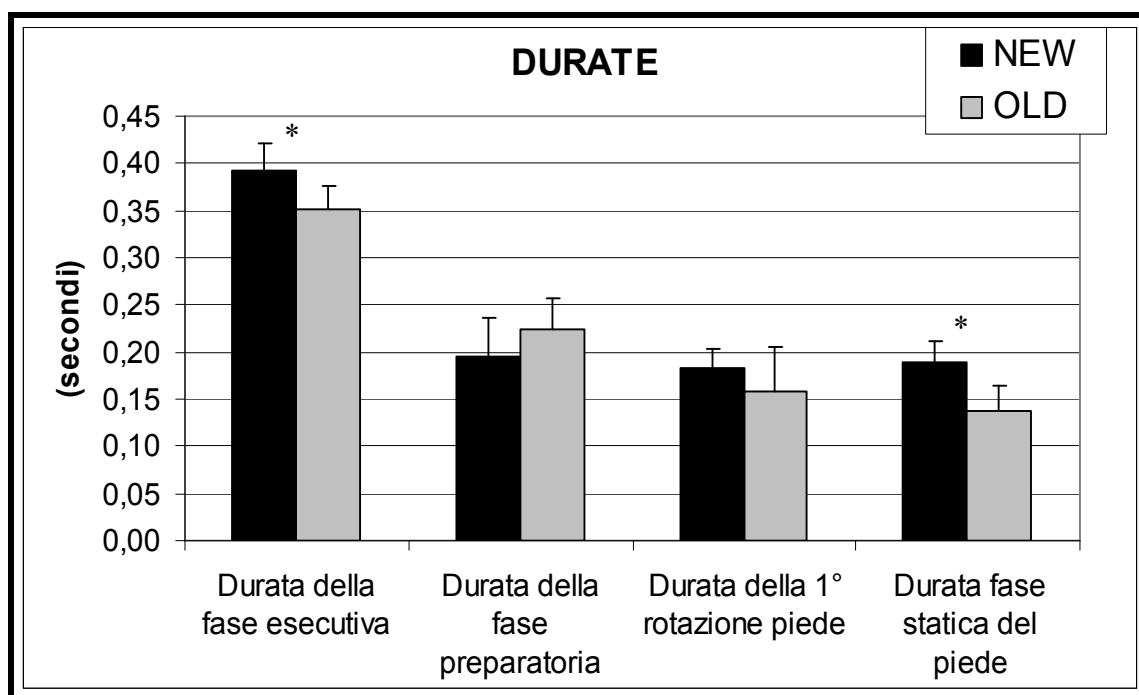


Grafico 1 Istogramma delle durate (* = $p < 0,05$)

Nella tabella 7 si possono osservare anche le durate riferite alla prima rotazione del piede di supporto e della fase in cui esso è fermo, quest'ultima mostra una differenza significativa ($p = 0,014$) tra i gruppi di 0,05 secondi (0,189 – 0,138 secondi).

La durata della prima rotazione tuttavia non mostra differenze significative, probabilmente a causa dell'alta variabilità del gruppo Old (deviazione standard Old 0,046 contro New 0,021).

La tabella 8 mostra nella prima colonna i dati dell'intertempo tra l'inizio della prima rotazione e lo stacco del piede calciante (Tkf), nella seconda colonna i dati sono riferiti all'intertempo tra lo stacco e l'inizio della seconda rotazione.

	Soggetto	1° rotazione /TKF (sec)	TKF / 2° rotazione (sec)
GRUPPO OLD	F1	0,221	0,105
	F2	0,246	0,100
	F3	0,154	0,105
	F4	0,202	0,121
	M1	0,247	0,110
	M2	0,171	0,100
	M3	0,147	0,098
	media	0,198	0,106
	dev.stand	0,042	0,008
GRUPPO NEW	F6	0,199	0,181
	F7	0,124	0,226
	F8	0,260	0,155
	F9	0,242	0,140
	M4	0,183	0,166
	M5	0,181	0,161
	media	0,198	0,172
	dev.stand	0,049	0,030

Tabella 8 Intertempi delle rotazioni del piede di supporto rispetto allo stacco del piede calciante

TIMING DELLE AZIONI

Nel grafico 2 è possibile osservare le azioni rilevate in ogni soggetto, della gamba calciante (goniogrammi) e dell'intervento del piede di supporto, che comincia a ruotare in questo soggetto in corrispondenza della linea nera tratteggiata.

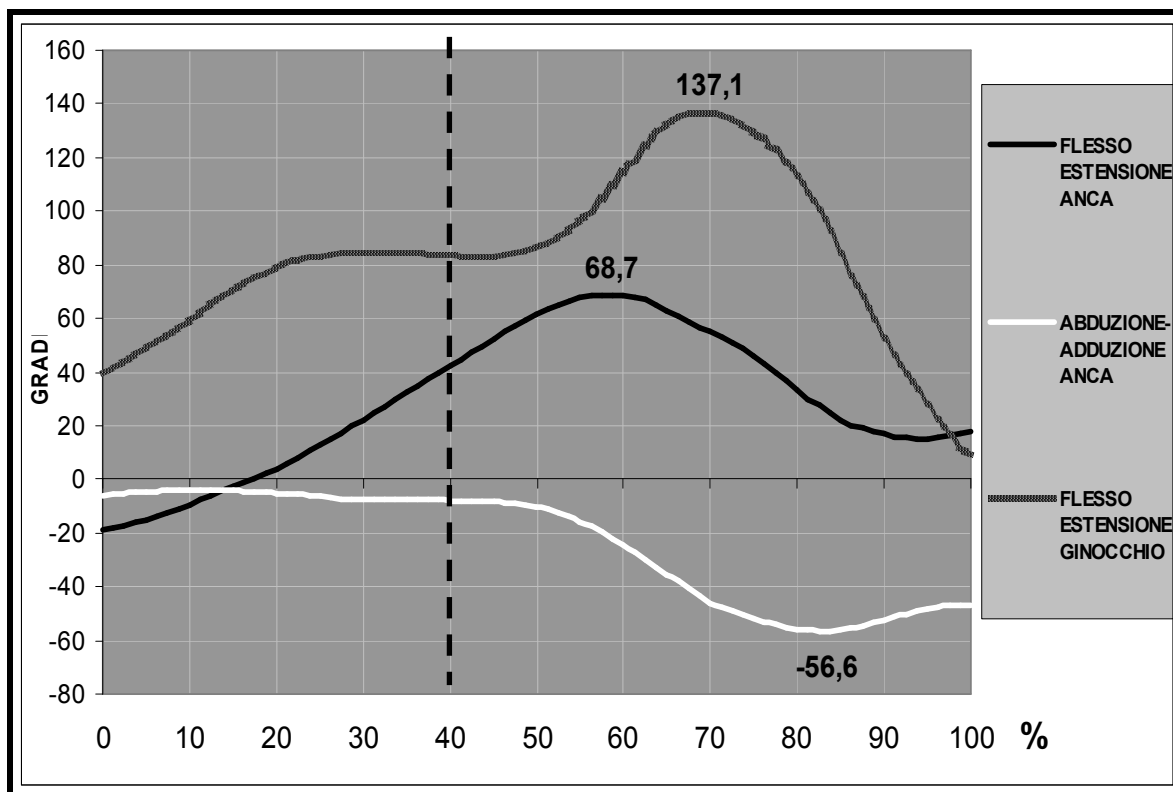


Grafico 2 Azione di anca e ginocchio calcianti di un soggetto del gruppo New, normalizzata dallo stacco (Tkf) al colpo del bersaglio (Hit)

Nella tabella 9 sono riportati i dati normalizzati per l'intera durata del calcio, i quali permettono dei confronti più corretti tra i due gruppi studiati.

CICLO DEL CALCIO NORMALIZZATO					
	gruppo NEW n (6)		gruppo OLD n (7)		valore di P
	Media	Dev.Stand	Media	Dev.Stand	
Massima flessione ginocchio (%)	66,6	2,3	58	9,4	0,138
Massima flessione anca (%)	61,1	9,6	55	8,2	0,035
Massima doppia abduzione (%)	91,5	10,2	87,7	9,5	0,534
Inizio seconda rotazione piede (%)	44,2	7,7	30	0,6	0,001
Massima rotazione della pelvi (%)	62,9	5,4	61,3	2,6	0,724

Tabella 9 Timing delle principali azioni

Come risulta dalla tabella 9, la massima flessione dell'anca e la seconda rotazione avvengono in momenti significativamente differenti del ciclo del calcio con p value rispettivamente di 0,035 e 0,001. A tale proposito nei grafici a barre 3 e 4 si può osservare meglio come la massima flessione dell'anca avviene al 55% della prova per il gruppo Old, mentre nel gruppo New avviene significativamente dopo e cioè al 61,1% del ciclo del calcio.

Allo stesso modo anche la seconda rotazione del piede di supporto avviene dopo nel gruppo New 44,2 % della prova, contro il 30% del gruppo Old, il quale mostra anche una deviazione standard molto bassa (0,6 %). Comparabile è invece il timing della doppia abduzione delle anche, che avviene al 91% per il gruppo New e all' 87,7% per il gruppo Old.

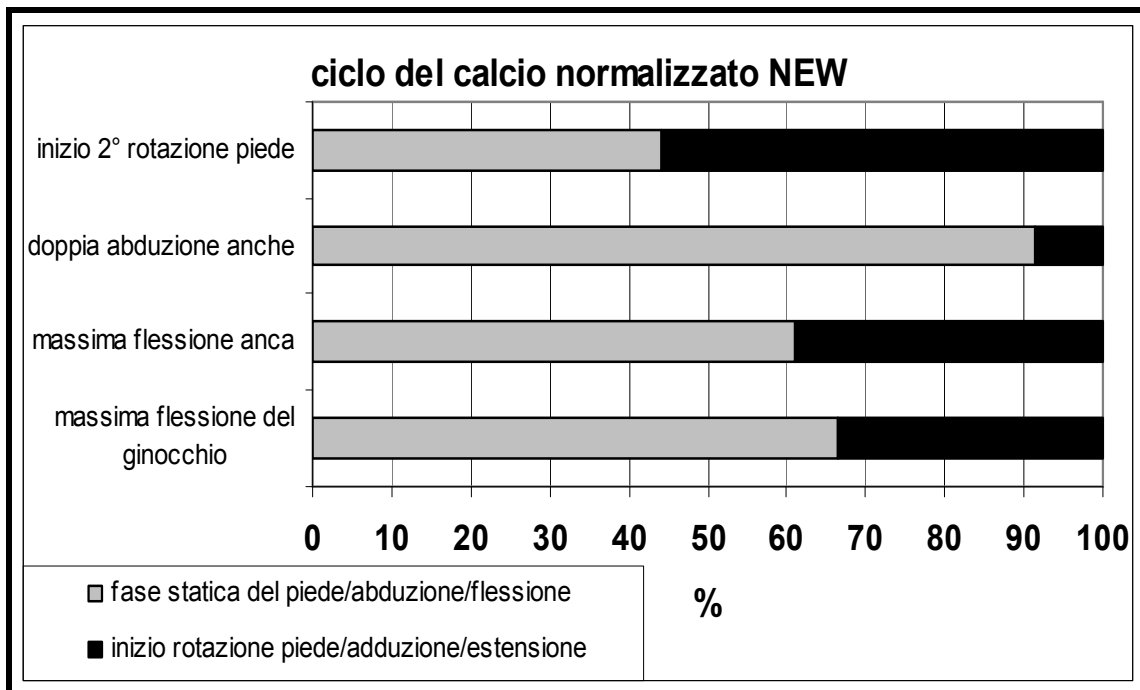


Grafico 3 Timing delle principali azioni nel gruppo New

I valori della massima flessione dell'anca, della massima flessione del ginocchio e della massima rotazione della pelvi risultano simili tra i due gruppi. Queste azioni avvengono cioè contemporaneamente in corrispondenza circa del 60 % del ciclo del calcio, in un periodo compreso tra il 55 % e il 66,6 % della prova.

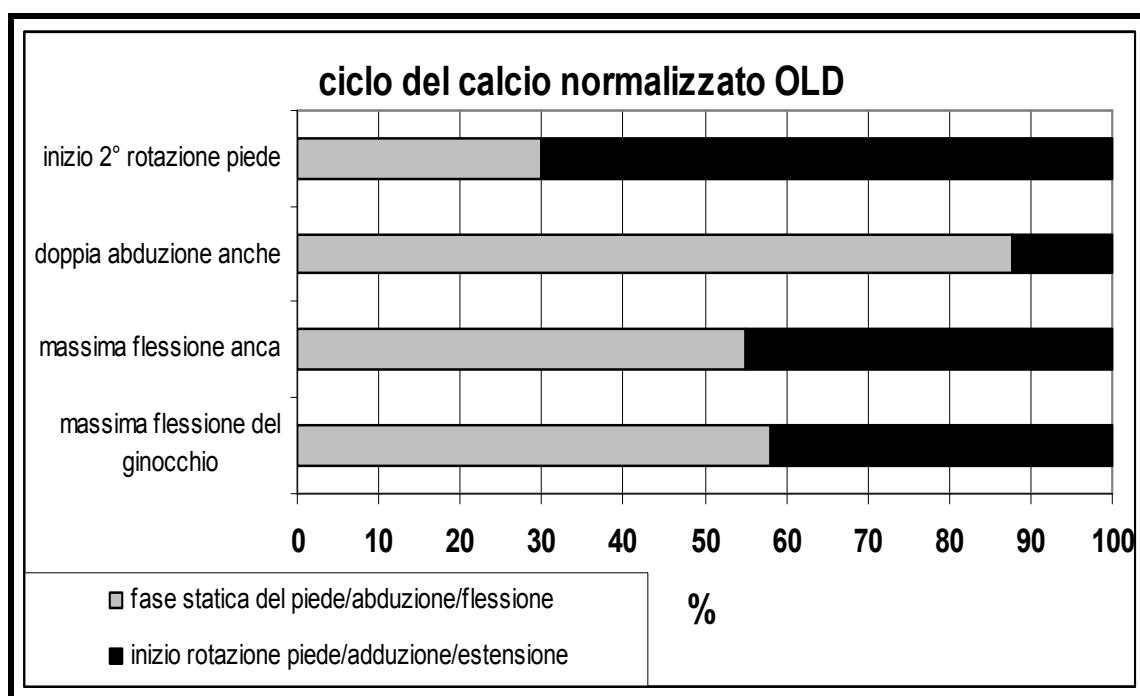


Grafico 4 Timing delle principali azioni nel gruppo Old

DATI ANGOLARI AGLI EVENTI (ISTANTANEI)

Nella tabella 10 sono riportati i più importanti valori angolari agli eventi Str (inizio del movimento), Tkf (stacco del piede) e al Hit (colpo del bersaglio).

ANGOLI AGLI EVENTI STR, TKF E HIT					
	gruppo NEW n (6)		gruppo OLD n (7)		valore di P
	Media	Dev.Stand	Media	Dev.Stand	
Flessione ginocchio STR (gradi)	55,2	16,0	11,3	10,8	0,001
Estensione anca STR (gradi)	11,6	13,1	-2,8	7,8	0,051
Estensione anca TKF (gradi)	-13,8	6,9	-2,0	6,0	0,022
Abduzione anca calciante TKF (gradi)	6,3	5,1	10,2	6,0	0,295
Flessione ginocchio calciante TKF (gradi)	37,5	4,9	38,9	10,5	0,836
Flessione del ginocchio di sostegno TKF (gradi)	62,1	8,7	50,4	6,6	0,035
Estensione dell'anca calciante HIT (gradi)	13,1	22,9	11,6	20,0	1
Abduzione anca calciante HIT (gradi)	50,0	4,7	51,7	10,0	0,945
Flessione del ginocchio di sostegno HIT (gradi)	26,2	12,9	30,5	12,1	0,628

Tabella 10 Angoli agli eventi Str, Tkf, Hit

Come è possibile osservare nella tabella solo tre variabili mostrano differenze significative tra i gruppi. Il valore di flessione del ginocchio all'evento Str è decisamente più marcato nel gruppo New (55,2° di flessione contro 11,3°, con un $p < 0,001$).

L'estensione dell'anca allo stacco risulta maggiore nel gruppo New di 12° ($p = 0,022$).

La flessione del ginocchio di sostegno allo stacco risulta più marcata nel gruppo New sempre di 12° ($p = 0,035$).

L'estensione dell'anca all'evento Str risulta al limite della significatività ($p = 0,051$), con valori medi che mostrano un'anca flessa nel gruppo New (11,6°) e leggermente estesa nel gruppo Old (-2,8°).

La variabilità di questo movimento risulta decisamente più ampia nel gruppo New con una deviazione standard di 13,1° contro i 7,8° del gruppo Old.

E' interessante notare che le due variabili, flessione del ginocchio calciante allo stacco e abduzione dell'anca al colpo mostrano valori pressoché uguali ma con una variabilità più ampia del doppio per il gruppo Old. Le altre variabili mostrano valori medi e deviazioni standard simili.

Il grafico 5, mostra più chiaramente le medie e le deviazioni standard, di alcune articolazioni all'inizio del movimento (Str) e allo stacco (Tkf) i quali sono riportati nella tabella precedente.

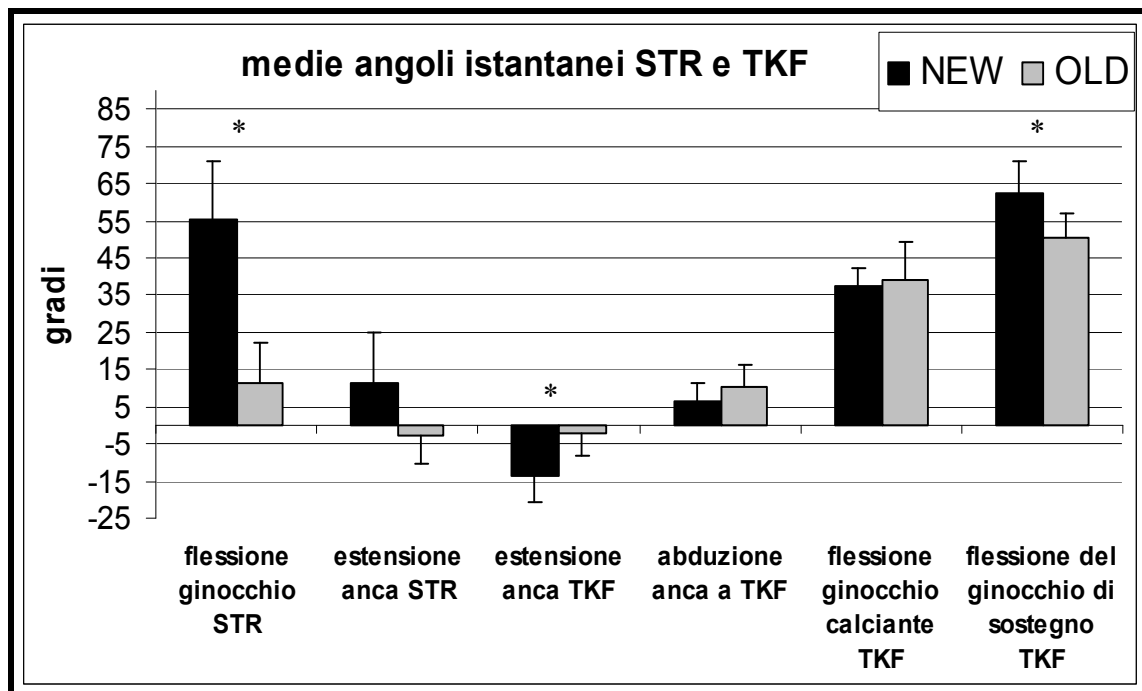


Grafico 5 Istogramma degli angoli agli eventi Str e Tkf (* = $p < 0,05$)

Nel grafico 6, è possibile osservare alcune variabili all'evento Hit, le quali risultano nei valori medi molto simili tra loro.

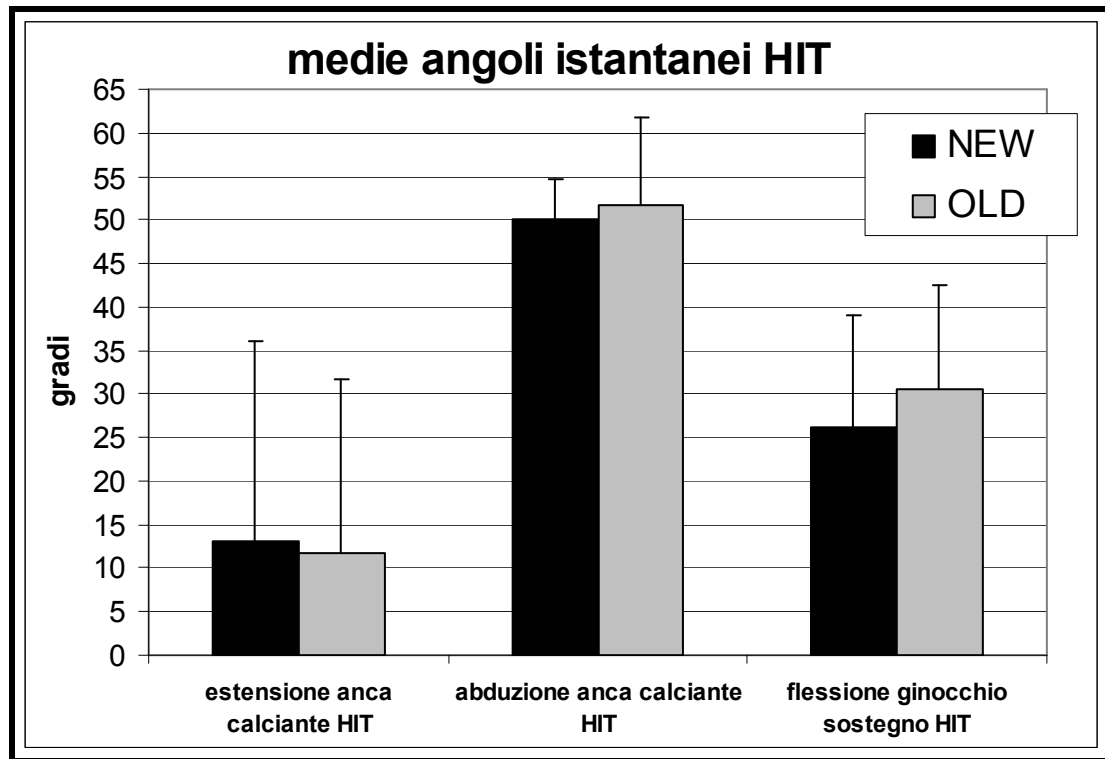


Grafico 6 Istogramma degli angoli all'evento Hit

Osservando la variabilità dei dati nel grafico 6, emerge che alcune delle variabili analizzate riportano delle deviazioni standard molto alte. Quella con i valori maggiori è l'estensione dell'anca calciante Hit con 22,9 e 20 gradi di deviazione standard.

VALORI ANGOLARI MASSIMI

Per quanto riguarda i valori angolari massimi, riportati in tabella 11, non sono emerse differenze significative se non per la flessione dell'anca calciante all'inizio della seconda rotazione del piede ($p = 0,005$). Nel momento dell'inizio della seconda rotazione del piede infatti il gruppo Old mostra una flessione dell'anca di $30,4^\circ$ mentre il gruppo New di $52,8^\circ$ cioè una differenza di $22,4^\circ$. Al contrario di come ci si poteva aspettare non vi sono invece differenze per l'abduzione dell'anca in corrispondenza del medesimo evento del piede di supporto, con un valore che per Old è di $9,6^\circ$ contro i $12,5^\circ$ di New.

VALORI ANGOLARI MASSIMI					
	gruppo NEW n (6)		gruppo OLD n (7)		
	Media	Dev.Stand	Media	Dev.Stand	valore di P
Massima flessione del ginocchio (gradi)	131,5	6,6	121,4	11,1	0,234
Massima flessione dell'anca (gradi)	68,9	13,4	56,4	14,7	0,1
Abduzione alla massima flessione (gradi)	31,7	13,1	34,8	8,8	0,366
Angolo tra asse del femore calc. e asse Z del sistema di riferimento	123,4	3,7	122,4	5,6	0,836
Massima doppia abduzione (gradi)	114,4	7,2	113,5	7,1	0,945
Massima abduzione anca calciante (gradi)	55,8	1,5	58,1	5,6	0,445
Flessione anca calciante all'inizio della seconda rotazione (gradi)	52,8	10,3	30,4	9,5	0,005
Abduzione anca calciante inizio della 2° rotazione (gradi)	12,5	4,7	9,6	4,3	0,366

Tabella 11 Valori angolari massimi

Apprezzabile è il valore della massima abduzione dell'anca calciante, valore che sembra identico per i due gruppi, 55,8° per il gruppo New e 58,1° per il gruppo Old, con deviazioni standard che risultano particolarmente contenute, 1,5° per il gruppo New e 5,6° per il gruppo Old. Pressoché uguali risultano anche i valori medi e della deviazione standard dei due gruppi per quanto riguarda la massima doppia abduzione.

Nel grafico 7, si possono osservare meglio le differenze significative tra i due gruppi per quanto riguarda la flessione dell'anca all'inizio della seconda rotazione del piede.

Sono riportati inoltre i valori della massima flessione di anca e ginocchio calcianti che non risultano però significativamente differenti. Il gruppo New in tutte queste variabili risulta con valori medi leggermente superiori a quelli dell'altro gruppo.

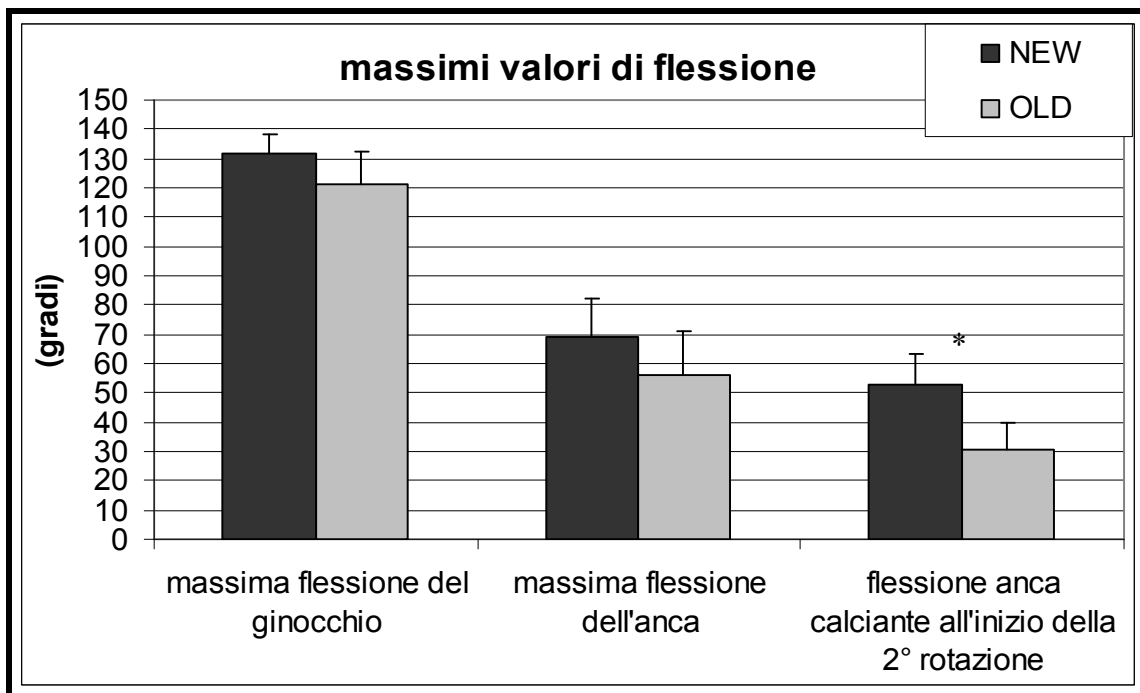


Grafico 7 Istogramma dei valori massimi di flessione dell'anca e del ginocchio calcianti (* = $p < 0,05$)

Per studiare il movimento della gamba calciante di ogni soggetto si è pensato di raccogliere i diversi goniogrammi in un unico grafico che sulle ascisse riportasse il tempo del calcio normalizzato. In questo modo è possibile osservare il comportamento di tutti i soggetti assieme

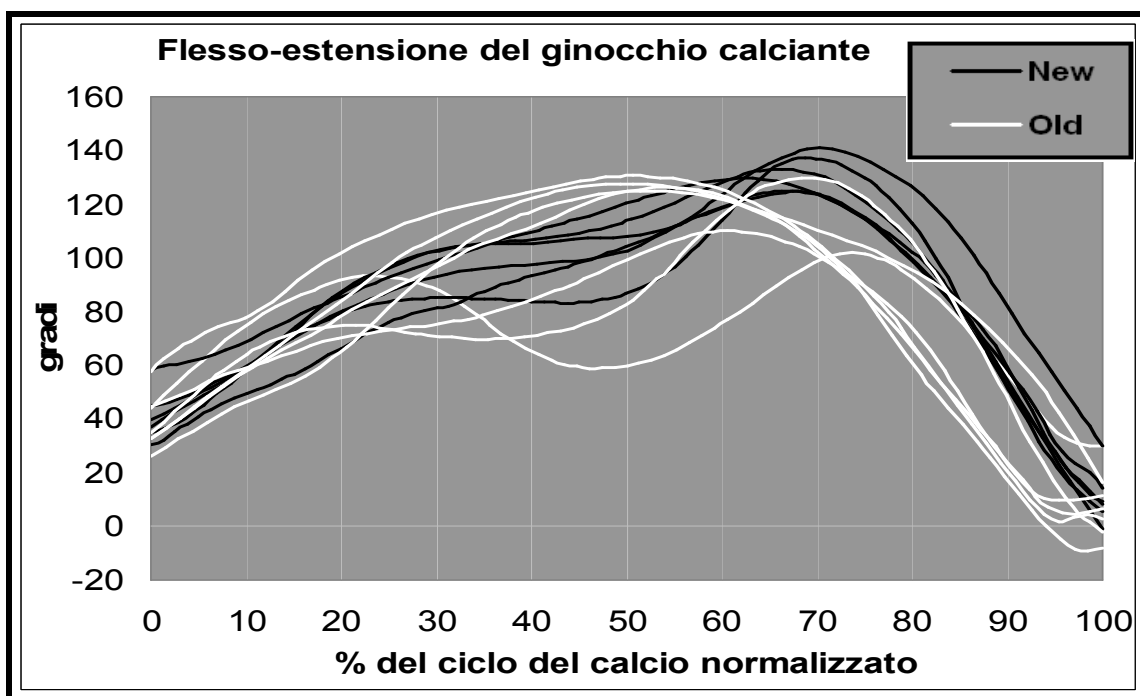


Grafico 8 Flesso-estensione del ginocchio calciante (Old linee bianche e New linee nere)

Come mostrato nel grafico 8 gli atleti con la tecnica Old evidenziano un picco di massima flessione del ginocchio al 50% circa del movimento.

Il gruppo New mostra invece una prima fase di flessione fino al 30% del ciclo seguita da una fase di tenuta e per ultimo raggiungono un maggiore grado di flessione in corrispondenza del 60% e il 70% del ciclo.

Due soggetti del gruppo Old evidenziano un andamento simile a quello del gruppo New, mentre solo un soggetto evidenzia un doppio movimento di flessione estensione, il quale può essere interpretato o come un errore tecnico di interpretazione del gesto o come una finta.

Questi tre soggetti nella fase finale del calcio risultano più simili come ampiezza del movimento al gruppo New. Gli altri quattro soggetti Old presentano una fase di estensione del ginocchio molto simile tra loro ma diversa dagli altri soggetti ed arrivano ad estendere il ginocchio sufficientemente prima dell'impatto con il bersaglio.

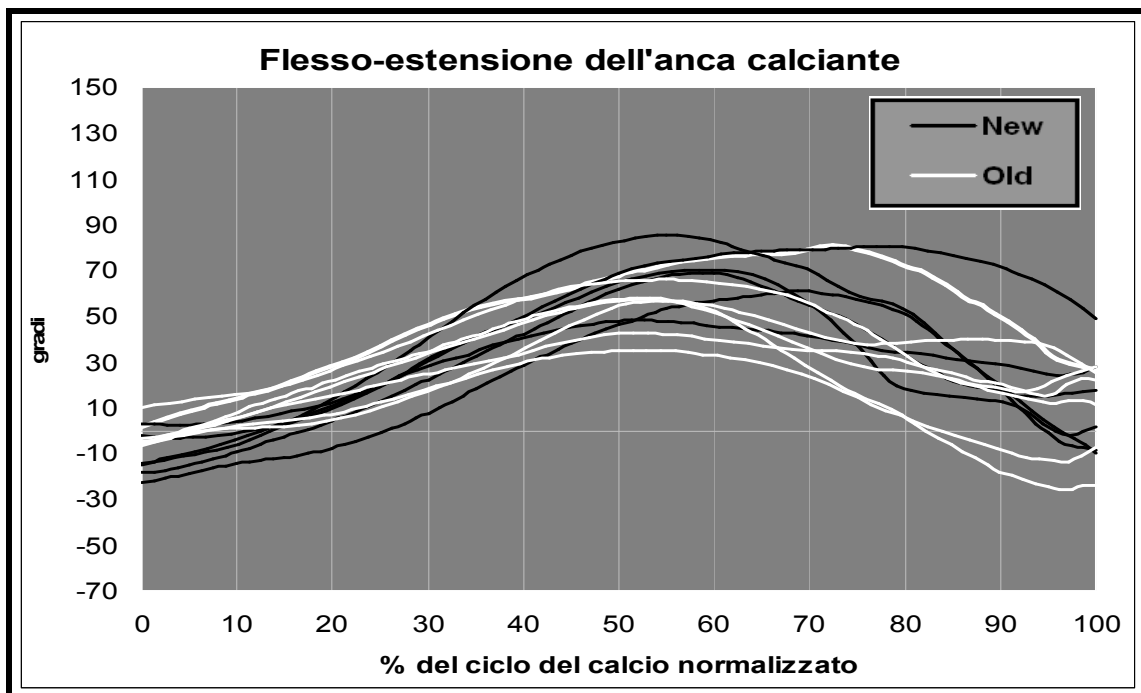


Grafico 9 Flesso-estensione dell'anca calciante (Old linee bianche e New linee nere)

Nel grafico 9 è invece possibile notare l'andamento angolare dell'anca, la quale evidenzia un movimento di flessione estensione presente in tutti i soggetti esaminati. Il gruppo New evidenzia una estensione più accentuata in fase di stacco.

Il massimo di flessione dell'anca non mostra delle tendenze particolari o caratteristiche dei due gruppi. Si può notare invece una tendenza ad anticipare questo massimo nel gruppo Old (50%) anche se si possono individuare dei soggetti che si comportano in maniera opposta a quella del gruppo appartenenza. Diversi soggetti del gruppo Old nella fase finale del calcio evidenziano un ulteriore momento di flessione.

Per quanto riguarda i valori di abduzione le differenze risultano minime e non c'è un gruppo che evidenzi costantemente valori più elevati dell'altro gruppo (grafico 10).

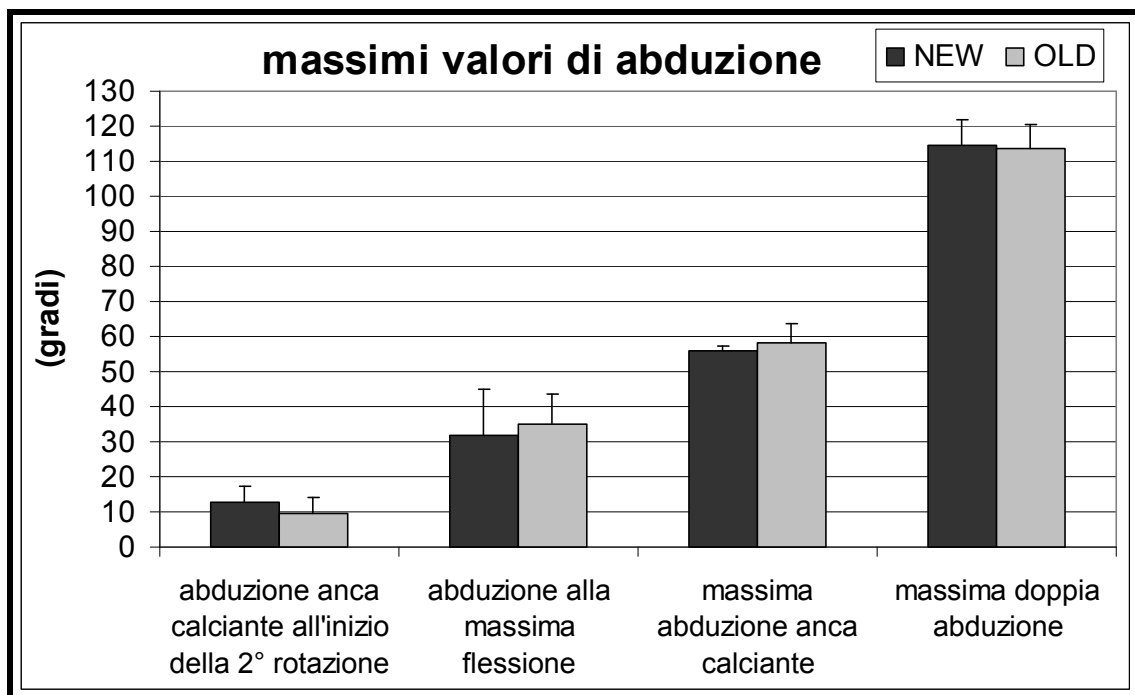


Grafico 10 Istogramma dei valori di abduzione (* = $p < 0,05$)

I goniogrammi di abduzione e di adduzione dell'anca calciante mostrano (grafico 11) tre fasi ben distinte.

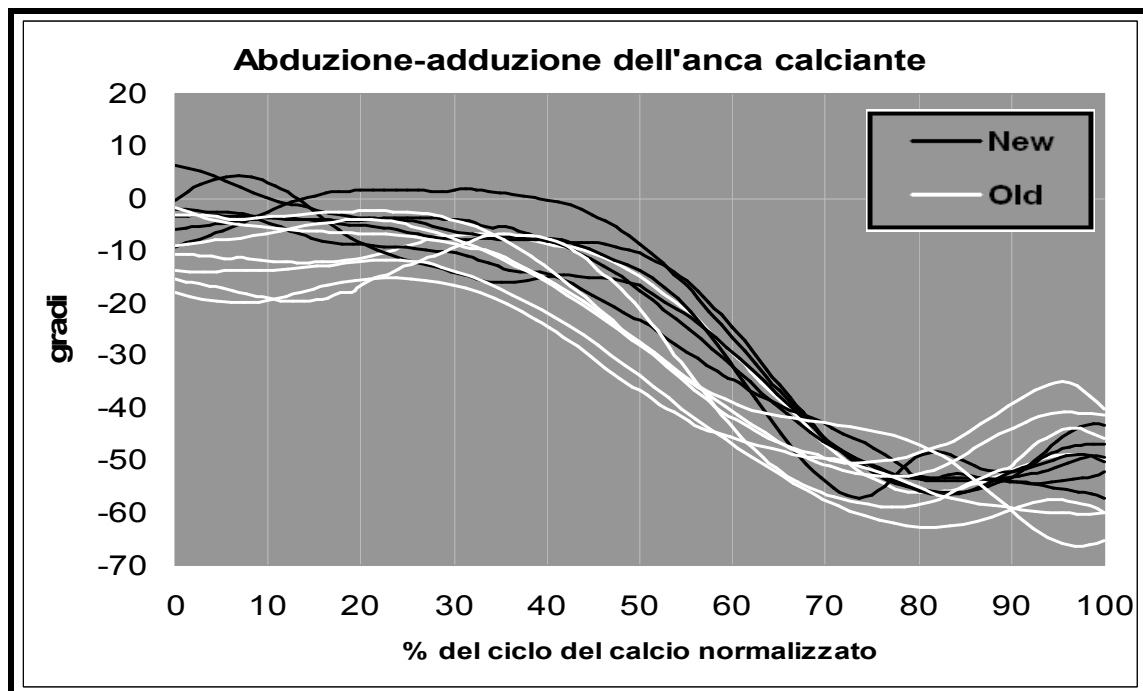


Grafico 11 Abduzione-adduzione dell'anca calciante (Old linee bianche e New linee nere)

La prima è una fase di stabilizzazione dell'anca soprattutto del gruppo Old in leggera abduzione mentre alcuni del gruppo New risultano in leggera adduzione. La seconda fase di decisa abduzione per tutti i soggetti permette di distinguere molto chiaramente gli Old dai New, perché i primi evidenziano una più rapida abduzione e che si conclude per tre soggetti con dei valori più elevati. La terza fase evidenzia invece per molti soggetti un'ultima adduzione. Soltanto due soggetti Old e uno New continuano l'abduzione fino al raggiungimento del bersaglio senza addurre. In questa ultima fase non è possibile distinguere nettamente un comportamento di "gruppo" anzi il gruppo Old sembra evidenziare due strategie di comportamento diverso, sia come movimenti che per quanto riguarda la loro ampiezza.

VELOCITA' (DATI CINEMATICI)

Nella tabella 12 sono raccolte le variabili che descrivono le velocità lineari ed angolari dei diversi segmenti dell'arto calcante.

VELOCITA' LINEARI ED ANGOLARI					
	gruppo NEW n (6)		gruppo OLD n (7)		
	Media	Dev.Stand	Media	Dev.Stand	valore di P
Massima velocità angolare flessione anca (gradi/sec)	525,6	96,6	393,7	56,8	0,022
Massima velocità angolare estensione ginocchio (gradi/sec)	1345,1	119,1	1264,8	195,0	0,628
Angolo ginocchio alla massima velocità flessione anca (gradi)	95,6	6,5	91,1	16,4	0,628
Angolo ginocchio alla massima velocità estensione (gradi)	65,2	3,1	60,1	5,0	0,138
Massima velocità lineare caviglia (m/sec)	8,57	1,51	8,69	0,95	0,534
Max velocità lineare caviglia normalizzata alla statura	4,93	0,69	5,11	0,5	1
Massima velocità lineare ginocchio (m/sec)	5,95	0,47	6,2	0,5	0,295
Velocità media caviglia (m/sec)	7	0,8	7,3	0,4	1

Tabella 12 Velocità lineari ed angolari

L'unica differenza significativa si riscontra per la massima velocità angolare di flessione dell'anca che risulta decisamente più elevata nel gruppo New 525,6 gradi al secondo contro 393,7 del gruppo Old ($p = 0,022$). Le altre variabili mostrano valori con medie simili.

Da notare la differenza nella deviazione standard nell'angolo del ginocchio calciante alla massima velocità angolare di flessione dell'anca che è maggiore nel gruppo Old ($16,4^\circ$) il che significa che in questo gruppo per questa variabile è più eterogeneo.

Nel grafico 12 si può vedere come non ci siano differenze per le velocità lineari di picco del ginocchio e della caviglia nonché per la velocità media della caviglia nel percorrere la traiettoria dallo stacco al colpo.

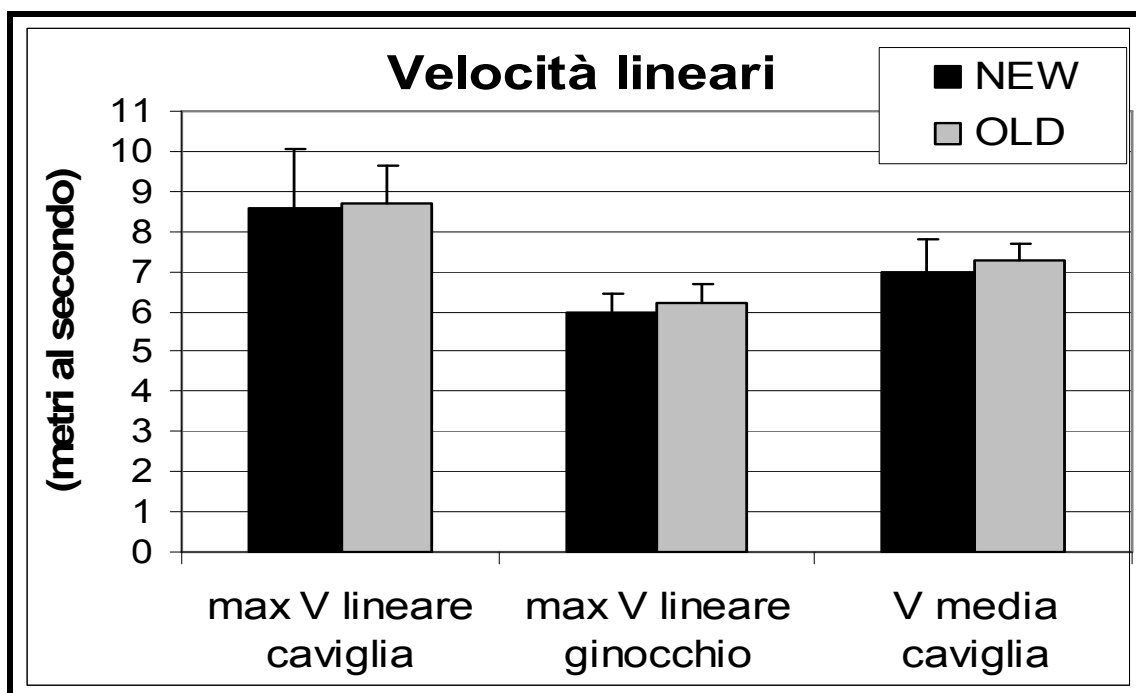


Grafico 12 Istogramma delle velocità lineari della caviglia e del ginocchio calcianti (* = $p < 0,05$)

Nel grafico 13 sono invece riportati i valori di massima velocità angolare di flessione dell'anca e di estensione del ginocchio per i due gruppi con il corrispettivo angolo del ginocchio a cui tale valore massimo avviene. In questo modo è possibile capire a quale angolo del ginocchio calciante si possono riscontrare i massimi valori di velocità angolare.

Come si può osservare nel grafico 13 appare evidente come se pur con valori di velocità angolare (colonne grigie e nere) diversi gli angoli del ginocchio siano invece molto simili (colonne a puntini). Alla massima velocità angolare di flessione dell'anca l'angolo di flessione del ginocchio risulta di $95,6^\circ$ per il gruppo New e di $91,1^\circ$ per il gruppo Old.

Lo stesso discorso vale per la massima velocità angolare di estensione del ginocchio che avviene con un angolo di flessione dello stesso ginocchio di 65,2° per il gruppo New e di 60,1° per il gruppo Old.

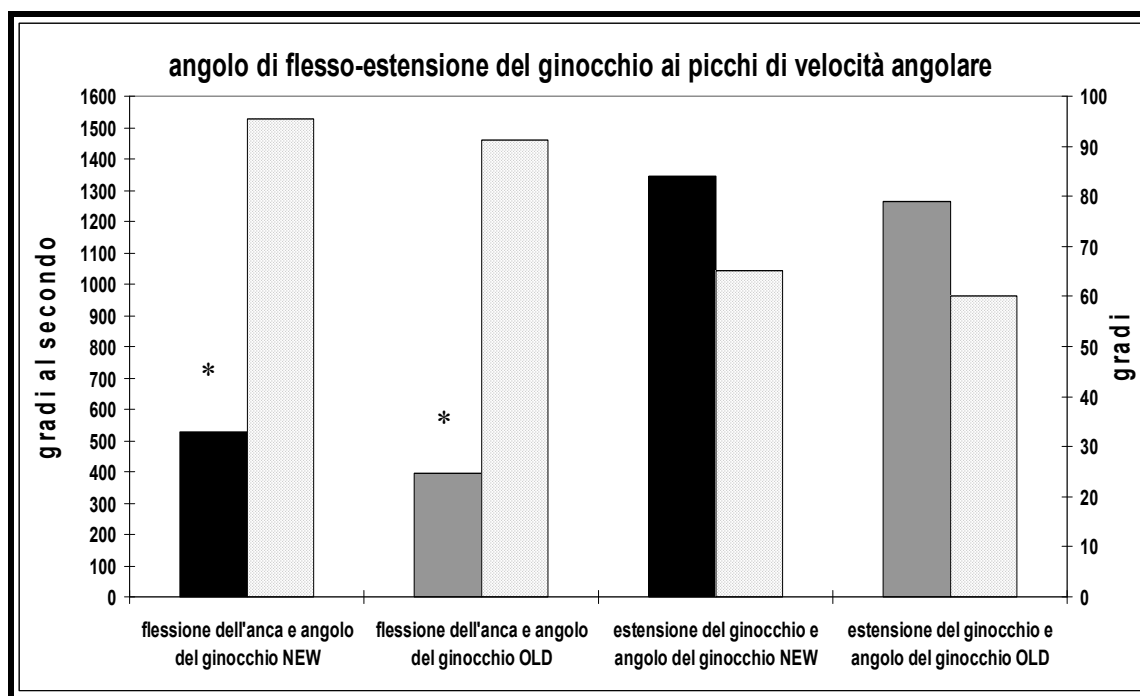


Grafico 13 Angolo del ginocchio calciante (colonne a puntini) alle massime velocità angolari (colonne grigie e nere)(* = $p < 0,05$)

ROTAZIONI E ORIENTAMENTO DEI PIEDI

Inoltre sono state studiate le ampiezze delle due rotazioni del piede di supporto delle quali solamente la seconda rotazione ha evidenziato una differenza significativa tra i gruppi (82,6° New contro 110,9° Old, $p = 0,035$).

L'orientamento del piede di supporto all'inizio del movimento (Str) è risultato pressoché uguale, come anche variabilità, nei due gruppi ($17^\circ \pm 4,4^\circ$ del gruppo New e $16,7^\circ \pm 3,7^\circ$ del gruppo Old).

Nella tabella 13 sono riportati gli orientamenti e le rotazioni dei piedi, le quali evidenziano differenze che non sono significative anche perché le variabilità dei dati risultano più elevate. Soprattutto la variabilità nella rotazione totale del piede risulta molto elevata nel gruppo Old.

ROTAZIONE E ORIENTAMENTO DEI PIEDI					
	gruppo NEW n (6)		gruppo OLD n (7)		
	Media	Dev.Stand	Media	Dev.Stand	valore di P
Orientamento del piede supporto STR (gradi)	17	4,4	16,7	3,7	0,945
Prima rotazione del piede (gradi)	35,6	9,5	23,3	8,8	0,51
Seconda rotazione del piede (gradi)	82,6	13,7	110,9	17	0,035
Rotazione totale (gradi)	135,2	14	150,8	20,9	1,81
Orientamento piede calciante STR (gradi)	11,7	10,8	26,4	13,9	0,138
Orientamento piede calciante TKF (gradi)	-6	4,1	6,4	7,8	0,014

Tabella 13 Rotazione e orientamento dei piedi

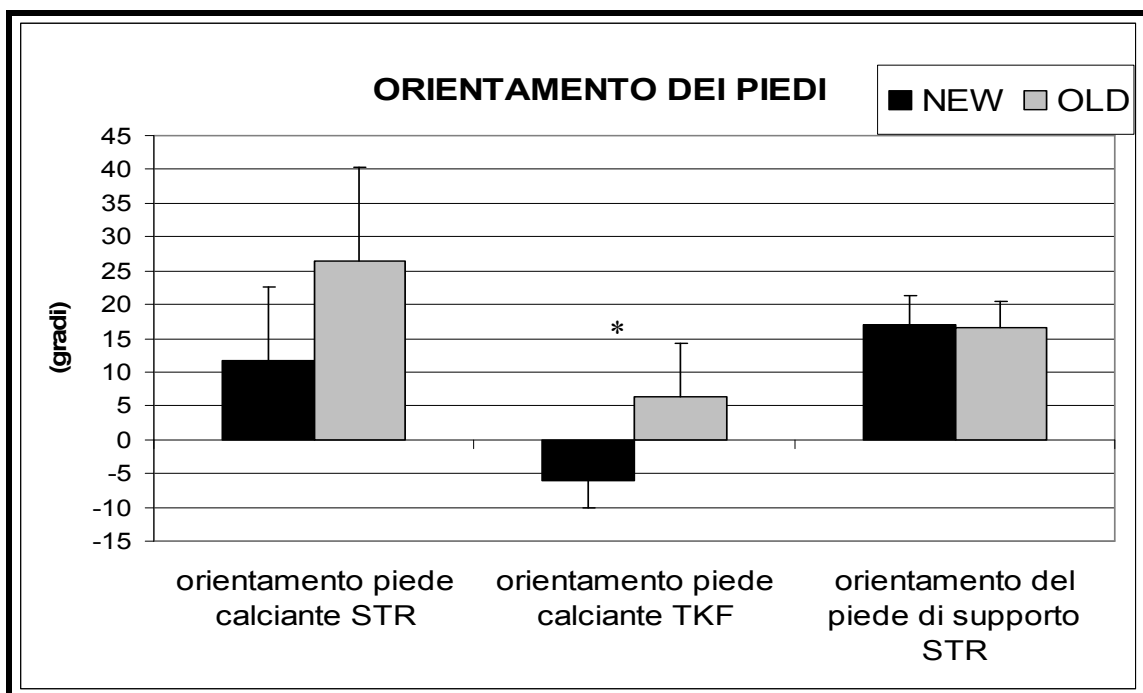


Grafico 14 Istogramma dell'orientamento dei piedi (* = $p < 0,05$)

Nel grafico 14 si vede come l'orientamento del piede calciante al momento dello stacco (Tkf), è significativamente diverso tra i due gruppi (-6° per il gruppo New e $6,4^\circ$ per Old con $p = 0,014$). Nel grafico 15 è invece possibile osservare come la seconda rotazione del piede di supporto abbia un ampiezza di movimento a terra significativamente diversa tra i due gruppi.

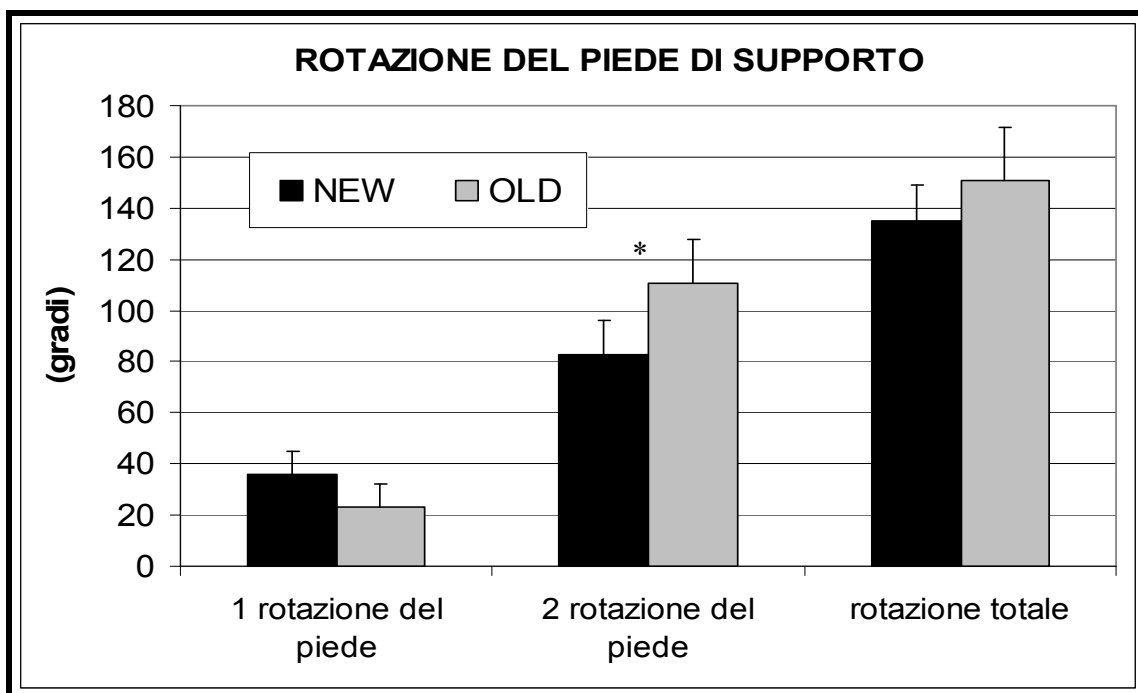


Grafico 15 Istogramma delle rotazioni del piede di supporto (* = $p < 0,05$)

ROTAZIONI E ATTEGGIAMENTI DEL TRONCO E DELLA PELVI

I valori osservati che si riferiscono all'atteggiamento del tronco e della pelvi, riportati in tabella 14, risultano simili nei due gruppi e non si apprezzano differenze significative ad eccezione dell'orientamento della pelvi allo stacco del piede (Tkf). Come si osserva nel grafico 16, in questo caso i valori ricalcano fortemente quelli osservati già nell'orientamento del piede allo stacco con valori di segno opposto, $-7,5^\circ$ per il gruppo New e $7,7^\circ$ per il gruppo Old con un $p = 0,005$ (grafico 16). Anche in questo raggruppamento di variabili ne emergono alcune che presentano deviazioni standard piuttosto contenute.

Come si nota nel grafico 17, soltanto la flessione del tronco sulla pelvi al colpo (Hit) mostra valori elevati di deviazione standard, $30,1^\circ$ per il gruppo New e 28° per il gruppo Old. Tutte le altre variabili mostrano valori medi simili nei due gruppi e deviazioni standard contenute. Ad esempio identico è il tilt (inclinazione) della pelvi al colpo $75,8^\circ$ per il gruppo New e $75,7^\circ$ per il gruppo Old, con deviazioni standard comprese tra 4 e 5,8 gradi.

MOVIMENTI TRONCO E PELVI					
	gruppo NEW n (6)		gruppo OLD n (7)		
	Media	Dev.Stand	Media	Dev.Stand	valore di P
Rotazione tronco pelvi TKF (gradi)	32,2	5,8	29,9	6,6	0,628
Rotazione tronco pelvi HIT (gradi)	15,6	5,6	23,9	9,2	0,138
Tilt tronco TKF (gradi)	16,9	5,3	10,3	4	0,051
Tilt tronco HIT (gradi)	47,5	4,6	50,7	6,8	0,534
Tilt pelvi al HIT (gradi)	75,8	5,8	75,7	4	1
Flessione tronco su pelvi HIT (gradi)	19	30,1	21,3	28	0,731
Orientamento pelvi STR (gradi)	23,6	7,5	28,8	7,5	0,295
Orientamento pelvi TKF (gradi)	-7,5	6,8	8,1	7,7	0,005
Massima rotazione della pelvi (gradi)	66,4	4,3	65,9	4,8	0,284

Tabella 14 Movimenti del tronco e della pelvi

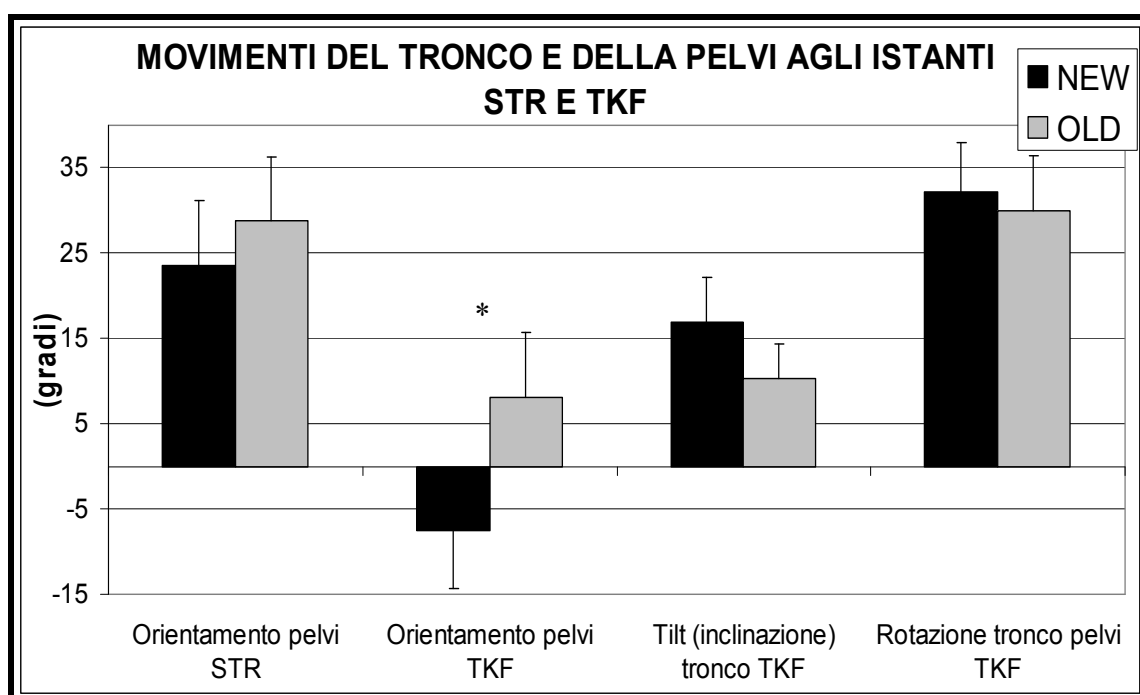


Grafico 16 Istogramma dei movimenti del tronco e della pelvi agli eventi Str e Tkf (* = p < 0,05)

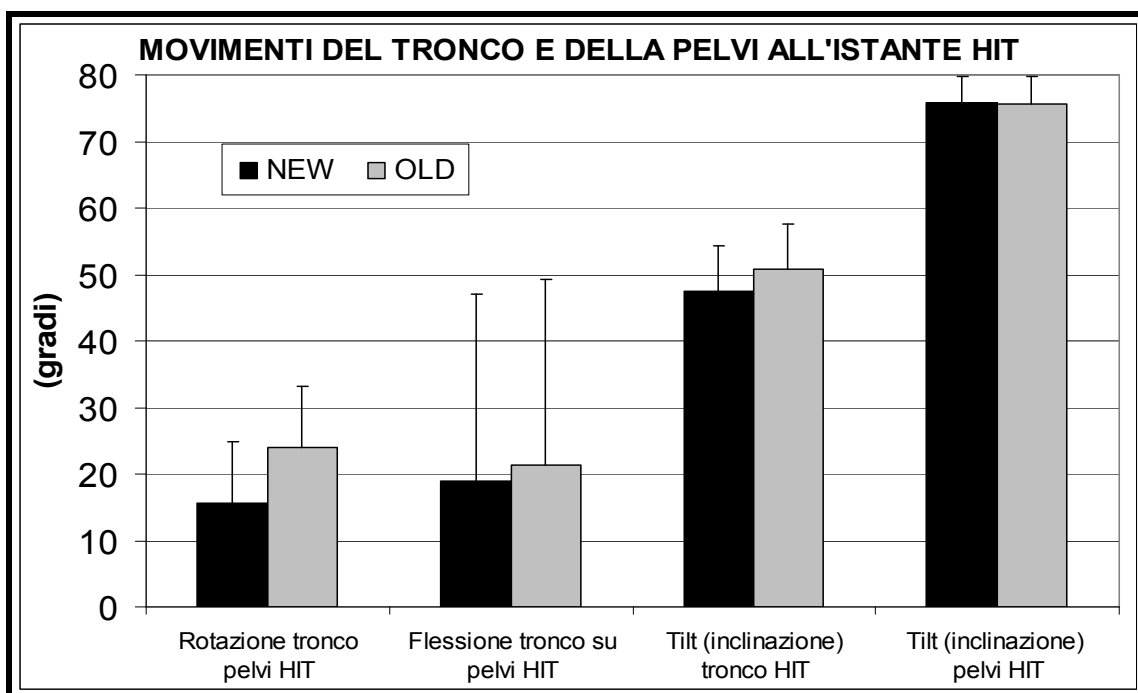


Grafico 17 Istogramma del movimento del tronco e della pelvi all'evento Hit (* = $p < 0,05$)

ANALISI NON PARAMETRICA DEI SOGGETTI DIVISI PER GENERE

Uno degli scopi di questa tesi è anche studiare le differenze di genere indipendentemente dal modello tecnico utilizzato dall'atleta testato. Per quanto riguarda le femmine, quattro soggetti hanno utilizzato la tecnica Old e quattro la tecnica New. Tre soggetti maschi invece hanno utilizzato la tecnica Old e due quella New.

Nella tabella 15, sono raccolte le caratteristiche antropometriche dei soggetti e quelle dei due test di mobilità articolare. Ovviamente i maschi risultano significativamente più alti e pesanti delle femmine, mentre queste ultime sono più mobili soltanto nel test relativo alle anche.

CARATTERISTICHE DEI SOGGETTI DIVISI PER GENERE					
	Femmine n (8)		Maschi n (5)		valore di P
	Media	Dev.Stand	Media	Dev.Stand	
statura (m)	1,67	0,048	1,77	0,071	0,03
peso (Kg)	55,5	5,2	70,6	10,1	0,006
test mobilità anche (gradi)	144,7	16	125	10	0,03
test flessibilità tronco (cm)	13,4	8,4	9,8	8,9	0,622

Tabella 15 Caratteristiche dei soggetti divisi per genere

Nella flessibilità del tronco non si notano differenze significative tra i generi anche se le femmine risultano leggermente più flessibili dei maschi.

Nella tabella 16 sono state raccolte tutte le variabili di performance nei due generi, stimate attraverso le velocità lineari e angolari dei diversi segmenti dell'arto calciante. Inoltre vengono riportate le variabili che evidenziano valori angolari e di timing significativamente diversi tra i due generi e quindi maggiormente interessanti. L'estensione dell'anca calciante e la flessione del tronco sulla pelvi al momento del colpo, risultano diverse nei due generi con p value < di 0,05. A tale riguardo le femmine presentano un'anca in leggera estensione (- 3,5°) mentre il tronco è in leggera flessione (9,1°). I maschi contrariamente mostrano invece un'anca in leggera flessione (7,2°) e un tronco decisamente più flesso delle femmine (38°).

Come si può notare anche nel grafico 18 riportato in basso, le variabili di prestazione dei maschi mostrano valori più alti per quanto riguarda le velocità della caviglia (con valori di velocità di picco di 9,4 contro 8,1 m/sec, e valori di velocità media di 7,3 contro 6,8 m/sec) e del ginocchio (con valori di velocità di picco di 6,3 contro 5,9 m/sec).

Le velocità lineari possono essere in relazione con la lunghezza degli arti e con la statura del soggetto. Per questo motivo si è pensato di normalizzare la velocità per la statura e trovare un indice in modo da poter comparare i due generi indipendentemente dalla loro altezza.

In questo caso le differenze tra gli indici (max velocità lineare caviglia/statura) non sono risultate significative (p = 0,1) tra i generi.

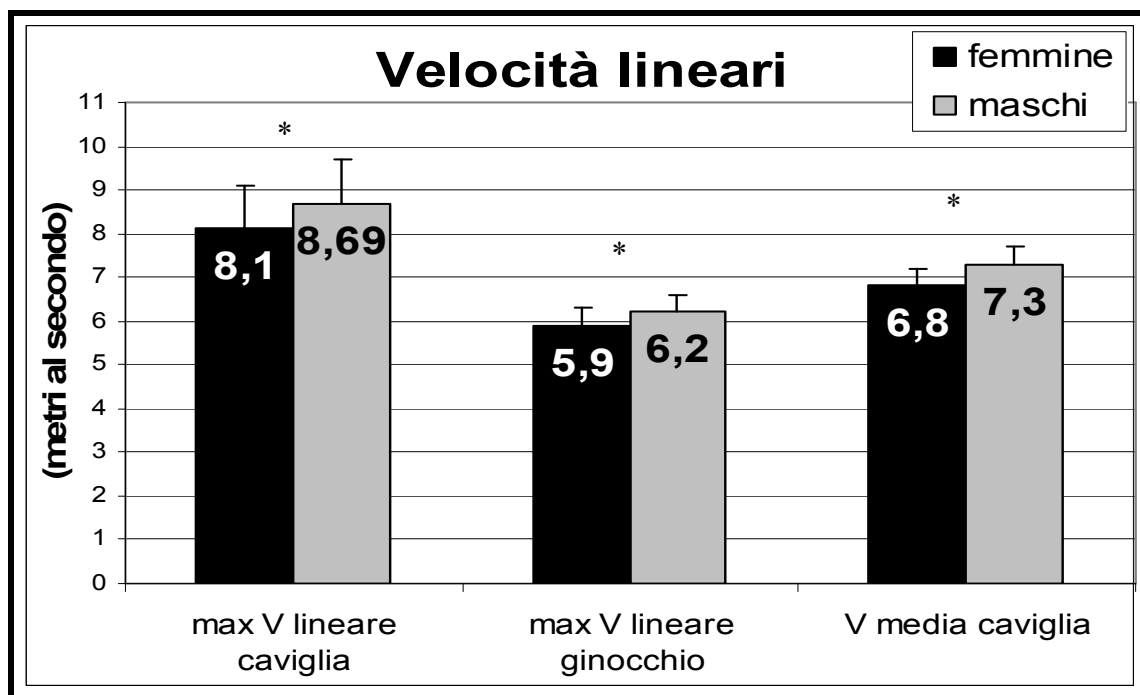


Grafico 18 Istogramma delle velocità lineari per genere (* = p < 0,05)

VARIABILI DI PERFORMANCE DIVISE PER GENERE					
	Femmine n (8)		Maschi n (5)		valore di P
	Media	Dev.Stand	Media	Dev.Stand	
Estensione anca calciante HIT (gradi)	-3,5	14,8	7,2	6,2	0,045
Flessione tronco su pelvi HIT (gradi)	9,1	29,7	38	11	0,019
Massima doppia abduzione (%)	84,5	8,2	97,3	5,9	0,019
Max velocità lineare caviglia (m/sec)	8,1	1	9,4	1	0,045
Max velocità lineare caviglia normalizzata alla statura	4,86	0,55	5,3	0,57	0,1
Max velocità lineare ginocchio (m/sec)	5,9	0,4	6,3	0,4	0,03
Velocità media caviglia (m/sec)	6,8	0,4	7,7	0,4	0,003
Max velocità angolare flessione anca (gradi/sec)	447,0	107,6	466,8	100,0	0,943
Max velocità angolare estensione ginocchio (gradi/sec)	1306,6	112,0	1294,4	240,4	0,943

Tabella 16 Variabili di performance divise per genere

Nella tabella 16 è' interessante notare che per quanto riguarda le massime velocità angolari di flessione dell'anca e di estensione del ginocchio non si evidenziano differenze significative di genere.

Tutte le altre variabili angolari analizzate nel capitolo precedente non evidenziano invece differenze significative. Ciò dimostra che l'esecuzione tecnica studiata con i valori angolari agli eventi Str e Tkf, e in base alle altre variabili cinematiche, non risulta diversa nei due generi.

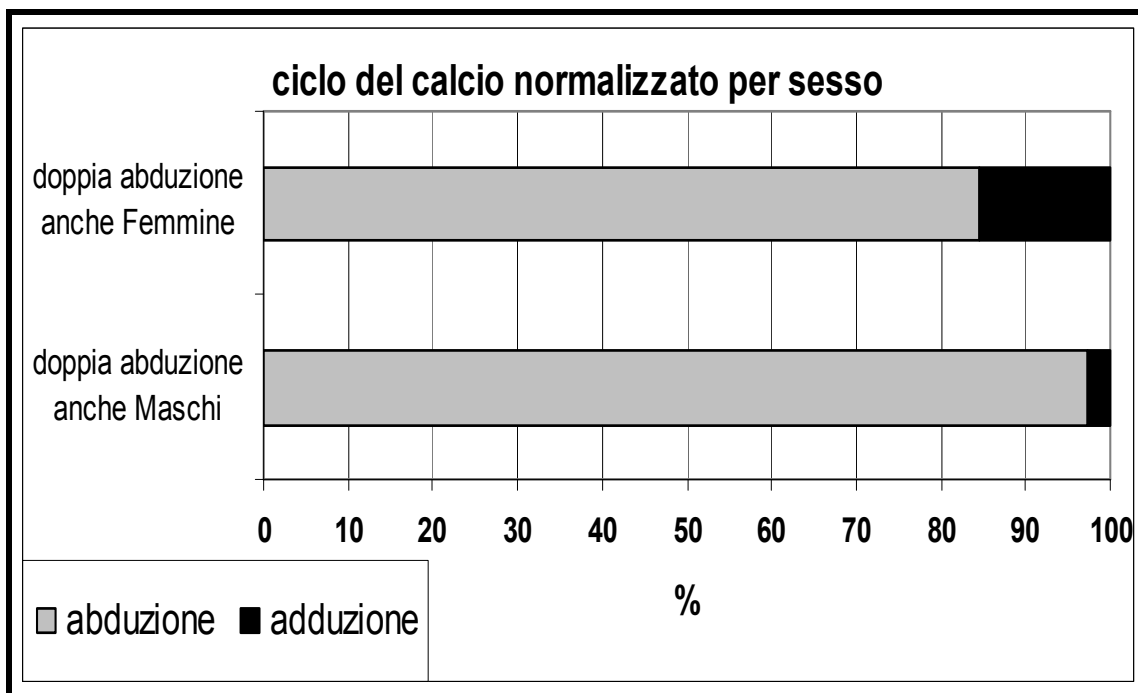


Grafico 19 Timing di abduzione/adduzione per genere

E' interessante notare nel grafico 19 che per quanto riguarda il timing relativo al momento in cui gli atleti presentano la massima doppia abduzione delle anche si può notare che le femmine raggiungono tale valore prima (84,5%) rispetto ai maschi i quali lo raggiungono quasi in corrispondenza del colpo (97,3%).

Nel grafico 20 sotto riportato si può osservare l'andamento del goniogramma relativo all'anca calciante di ogni soggetto, i valori negativi sono quelli di abduzione mentre quelli positivi di adduzione. In termini di timing non si notano valori diversi tra i due generi nelle varie fasi del movimento.

A conferma di quanto evidenziato nel precedente grafico a barre (19), per quanto riguarda la doppia abduzione, si nota che il momento in cui le femmine raggiungono la massima abduzione, vedi valori minimi dei diversi soggetti (di maggiore abduzione) è anticipato rispetto a quello dei maschi.

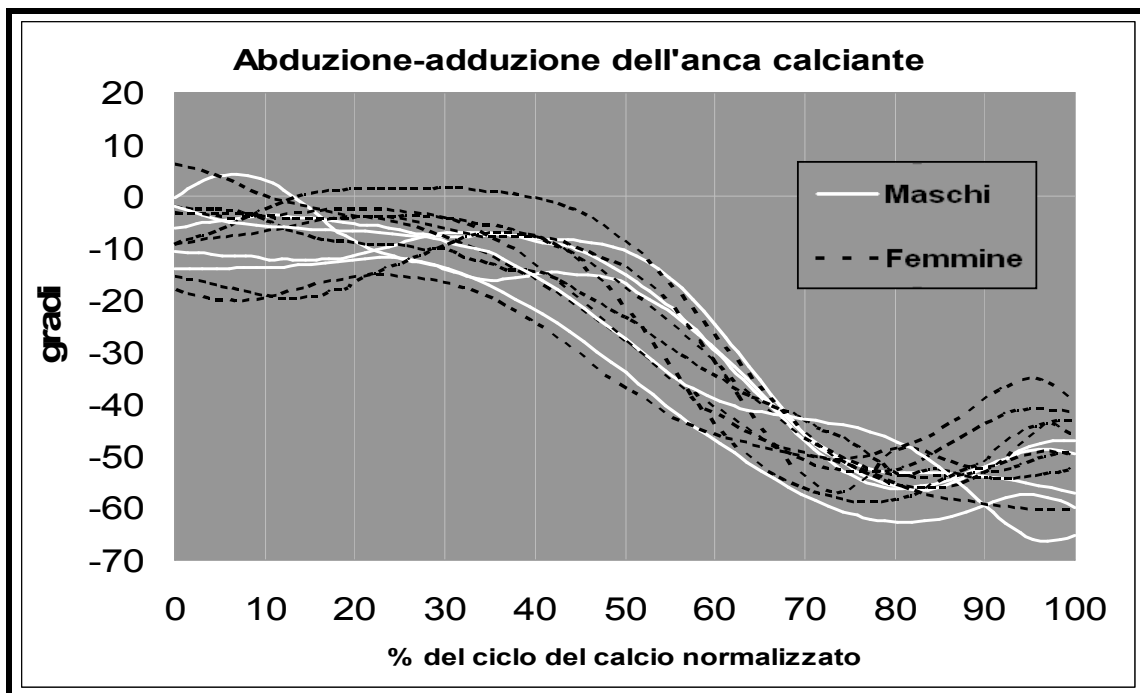


Grafico 20 Abduzione-adduzione dell'anca calciante per genere (Maschi linee bianche. Femmine linee nere tratteggiate)

DISCUSSIONE

La validità e l'affidabilità delle procedure utilizzate nel test del mawashi geri jodan sono risultate molto buone, questo è confermato dai valori alfa di Cronbach (compresi tra 0,865 e 0,982) delle variabili usate per l'analisi di inter-class correlation (I.C.C.). La bontà dei risultati deriva dall'elevata standardizzazione del test, soprattutto grazie al posizionamento della pallina (bersaglio) ad un'altezza proporzionale a quella di ogni soggetto.

In questo studio è stato possibile individuare due gruppi di atleti che mostrano differenti modelli tecnici di esecuzione del mawashi geri jodan. La divisione del campione in due gruppi (Old e New) è stata effettuata attraverso la cluster analisi di tipo gerarchico, usando le stesse variabili di uno studio pilota (Pecoraioli F., Merni F. 2007) effettuato però con un numero minore di soggetti. La cluster analisi ha confermato quindi la suddivisione dei soggetti in due gruppi ben distinti, ognuno composto da sette soggetti. I gruppi formati sono poi risultati gli stessi di quelli corrispondenti al modello tecnico che ogni atleta aveva dichiarato prima di eseguire il test. La cluster analisi ha inoltre dimostrato l'omogeneità interna dei gruppi e ha permesso di individuare un soggetto con caratteristiche diverse e non classificabile nei due gruppi. I dati di questo atleta non sono poi stati utilizzati per le elaborazioni successive.

Per mezzo della statistica inferenziale non parametrica è stato dimostrato che due delle variabili di prestazione utilizzate per la classificazione dei soggetti nella cluster analisi presentano delle differenze significative tra i gruppi. Queste sono, la flessione del ginocchio calciante all'inizio del movimento Str ($p = 0,001$) e l'estensione dell'anca calciante allo stacco del piede Tkf ($p = 0,022$). La terza variabile usata, la massima flessione dell'anca calciante è risultata invece ai limiti della significatività nei due gruppi ($p = 0,051$).

La tecnica analizzata è stata osservata sia nella fase preparatoria che in quella esecutiva, fase quest'ultima che è stata studiata anche normalizzando la sua durata.

Le azioni osservate sono soprattutto quelle riferite alla gamba di supporto e di quella calciante durante la fase esecutiva. Se si osservano i grafici 2,3,4 si nota come l'azione della gamba calciante sia caratterizzata da una prima flessione dell'anca alla quale successivamente si accompagna una sua abduzione, non osservata nei precedenti studi in 2D. Solo dopo questa flesso-abduzione inizia l'estensione del ginocchio che porterà poi al colpo del bersaglio. In tutti i soggetti analizzati infatti l'inizio dell'estensione del ginocchio calciante (inizio terza fase) avviene solo dopo la fine della flessione dell'anca calciante (fine prima fase). Vengono quindi confermati i risultati di Sorensen H. 1996, Pearson J.N.1997 e Landeo R. 2007 con i

quali si è in accordo nel descrivere l'azione del segmento coscia gamba calciante, come "prossimo-distale". Nel grafico 2, è possibile osservare meglio l'azione prossimo distale dell'arto calciante che in questo particolare soggetto del gruppo New, mostra la fine della flessione dell'anca (linea nera) a circa il 60% del calcio mentre l'inizio dell'estensione del ginocchio (linea grigia) avviene dopo, ossia attorno al 70% della prova.

La rotazione del corpo durante l'esecuzione del calcio, che caratterizza la seconda fase, è risultata invece un movimento molto più complesso da studiare, in quanto l'atleta oltre che a ruotare sul suo asse longitudinale si inclina all'indietro in modo diverso con il tronco e con la pelvi. A riguardo è possibile osservare nella tabella 14, i dati che mostrano una rotazione sull'asse longitudinale della pelvi di circa 66° , con valori molto simili tra i due gruppi ($66,4^\circ$ New e $65,9^\circ$ Old). Questi valori sono dunque minori di quelli descritti in letteratura che vogliono una rotazione del corpo di circa 90° . Durante il colpo (Hit) la pelvi si trova molto inclinata (rispetto all'asse longitudinale) con valori molto simili tra i due gruppi ($75,8^\circ$ New e $75,7^\circ$ Old). La rotazione del soggetto sul suo asse longitudinale si ipotizza essere causata dalla rotazione a terra del piede di supporto, che contrariamente a quanto descritto finora da altri autori avviene attraverso due rotazioni ben distinte, e non tramite una sola.

Nel grafico 15, si possono osservare meglio le due rotazioni, la prima più piccola (circa 30° per entrambi i gruppi) avviene durante la fase preparatoria (prima dello stacco), l'altra più ampia, avviene invece durante la fase esecutiva (dopo lo stacco). Questa seconda rotazione mostra inoltre un'ampiezza di movimento significativamente differente tra i due gruppi ($p = 0,035$), con un valore di $80,6^\circ$ per il gruppo New e di $110,9^\circ$ per il gruppo Old. Ne deriva una rotazione totale (somma delle due rotazioni) che è di $135,2^\circ$ per il gruppo New e di $150,8^\circ$ per il gruppo Old, con valori di variabilità elevati. Il valore totale delle due rotazioni risulta comunque ben lontano da quello di 180° che i vari autori o maestri di karate avevano descritto in precedenza, ipotizzando un movimento che doveva avvenire per di più attraverso una unica rotazione.

Dall'osservazione globale del gesto è stato notato inoltre che il movimento dell'arto calciante durante la prima fase del mawashi geri jodan, è simile a quello dell'arto di stacco nel salto in alto, e presenta analogie soprattutto per la flessione dell'anca (Dapena J. 2000, Blazevic I. 2006, Frosio I. 2006).

Una rotazione del piede di supporto molto simile alla prima rilevata in questo studio, è stata osservata appunto in uno studio di Dapena J. 2000, nel salto in alto, con valori di circa 25° - 30° (rilevati rispetto alla linea dell'asticella), i quali sono molto simili quindi a quelli registrati in questa analisi ($23,3^\circ$ Old e $35,6^\circ$ New). Dapena interpreta questa piccola rotazione del piede di supporto come un'azione utile a prevenire gli infortuni alla caviglia, la quale durante

la rapida flessione dell'anca dell'arto di slancio allo stacco, sembra subire notevoli sollecitazioni (Chwala *et all* 2004).

Dal punto di vista dell'analisi della performance del calcio, sono state studiate invece le differenze delle durate delle fasi preparatoria e esecutiva, delle velocità lineari del piede e del ginocchio calcianti e dei valori massimi di velocità angolare di flessione dell'anca e di estensione del ginocchio calciante. E' stata osservata inoltre la precisione del colpo.

Nel grafico 1, è possibile notare come tra i due gruppi vi sia una differenza significativa nel tempo di esecuzione del calcio, che mostra il gruppo Old (0,351 sec.) più rapido del gruppo New (0,392 sec.). Questi rilevamenti risultano leggermente più bassi di quelli registrati da Witte K. *et all* 2007 (0,50/0,55 sec) e molto più di quelli registrati da Sforza *et all* 2002 (1,00 secondo circa, considerando sia l'andata che il ritorno del calcio). Il gruppo Old, più rapido è risultato tuttavia più impreciso nel colpire la pallina, colpendola molto più in basso (- 4,4 cm) rispetto a quanto fatto dal gruppo New (- 0,7 cm). Nessuna differenza appare invece per il tempo della fase preparatoria, che probabilmente risente dell'elevata variabilità dei dati.

Nel grafico 12, si può osservare meglio come la velocità massima del ginocchio e del piede calciante non mostrano differenze tra i gruppi, con valori che sono rispettivamente compresi tra 5,95 e 6,2 metri al secondo del ginocchio e 8,57 e 8,69 metri al secondo della caviglia.

I valori che si riferiscono alla velocità della caviglia sembrano in linea con quelli di Witte K. *et all* 2006, che ha rilevato per lo stesso calcio del karate circa 9 metri al secondo. Sensibilmente maggiori appaiono invece i valori osservati da altri autori in diversi calci del taekwondo, con velocità che vanno dai 10,39 m/sec. di Landeo R. 2007 ai 16 m/sec. di Pieter F., Pieter W. 1995. Nei precedenti studi non risultano invece ne dati inerenti la velocità lineare del ginocchio ne quelli di velocità media della caviglia, che in questo studio è risultata di 7,3 m/sec. per il gruppo Old e di 7 m/sec. per il gruppo New. Riassumendo appare chiaro (grafico 12) che nessuna delle velocità lineari è statisticamente differente nei due gruppi. Nel grafico 18, è interessante osservare come le variabili di velocità lineare diventano invece tutte significativamente differenti se si studia il campione diviso per genere. Nello specifico i maschi raggiungono valori significativamente maggiori rispetto alle femmine. Seguendo i risultati di Landeo R. 2007 e Pearson J.N. 1997, secondo cui la velocità massima del piede calciate è correlata con la forza del calcio e con la forza muscolare, si potrebbe giungere alla conclusione che in questo studio i maschi sono dunque più performanti delle femmine. A tal riguardo si vuole però richiamare l'attenzione su un concetto, ossia che la velocità di un oggetto a parità di velocità di rotazione, è tanto maggiore quanto è maggiore la sua distanza dal suo centro di rotazione. Analogamente è ovvio che se uno stesso movimento è effettuato da due soggetti con misure antropometriche diverse, la velocità di un segmento periferico,

come ad esempio il piede, sarà tanto maggiore quanto maggiore è la sua distanza dal centro del corpo.

A supporto di tale ragionamento vi sono anche alcuni dati antropometrici che risultano significativamente differenti tra i due sessi, ossia la statura ($p = 0,03$) e il peso ($p = 0,006$), quest'ultima caratteristica inoltre, ritenuta da Pearson J.N. 1997, un'ulteriore variabile in relazione con la forza del colpo. Si ipotizza quindi che la statura influenzi in qualche modo la velocità del piede calciante.

Lo studio della lunghezza delle traiettoria del piede calciante, mostra risultati in linea con quelli rilevati da Emmermacher P. *et all* 2007 (lunghezze comprese tra i 2,27 e i 2,66 mt).

I soggetti del gruppo New compiono una traiettoria però più lunga (2,74 mt) rispetto al gruppo Old (2,55 mt) se pur in modo non statisticamente significativo. Questa differenza però potrebbe spiegare se pur in parte, la differenza tra i due gruppi nel tempo di esecuzione del calcio, tenendo conto infatti che tra i due gruppi le velocità lineari registrate, come detto, sono pressoché le stesse.

Molto interessanti risultano anche i picchi di velocità angolare sia durante la flessione dell'anca che durante l'estensione del ginocchio calciante. A tale riguardo la massima velocità angolare di flessione dell'anca calciante sembra un altro aspetto altamente discriminante e caratterizzante i due modelli tecnici, in quanto le differenze risultano statisticamente significative ($p = 0,022$), e questa variabile è indipendente dalle caratteristiche antropometriche dei soggetti. I valori medi rilevati per quest'ultima variabile sono di 393,7 per il gruppo Old e di 525,6 gradi al secondo per il New, che corrispondono a 6,87 rad/sec e 9,17 rad/sec. Questi valori sono in linea con quelli registrati da Pearson J.N. 1997 (408 gradi/sec.) e Manolopoulos E. *et all* 2006 (456 gradi/sec.). Per quanto riguarda la massima velocità angolare di estensione del ginocchio calciante non si apprezzano differenze ne tra i gruppi ne tra i sessi, con una velocità di picco di 1345 gradi/sec. (23,47 rad/sec.) per il gruppo New e di 1264 gradi/sec. (22 rad/sec.) per il gruppo Old. Questi valori sono leggermente inferiori a quelli osservati da Sorensen H. 1996 (26 rad/sec.) e Pearson J.N. 1997 (27,4 rad/sec.), se pur in calci diversi, privi cioè dell'inibizione del colpo, che invece contraddistingue il calcio oggetto di questo studio.

Un dato molto interessante è l'angolo del ginocchio calciante rilevato ai valori massimi delle velocità angolari appena descritte. Il valore dell'angolo del ginocchio calciante rilevato durante i due picchi di velocità angolare è risultato infatti molto simile tra i due gruppi, sia nell'istante di massima velocità angolare nella flessione dell'anca (New 95,6°, Old 91,1°) sia nell'istante di massima velocità angolare nell'estensione dello stesso ginocchio (New 65,2°, Old 60,1°). In merito all'angolo osservato durante la flessione dell'anca, esso è risultato,

perfettamente in linea con quello rilevato da Sorensen H. 1996, il quale a riguardo suggerisce che per avere una efficace flessione dell'anca, il ginocchio deve essere flesso poco più di 90°. Si è voluto inoltre studiare le azioni del gesto analizzato da un punto di vista cronologico (timing) cercando di ricostruire quelle che in letteratura vengono chiamate "fasi" del calcio (Aschieri P.L. 2000, Sacripanti A. 1996).

Dalla letteratura emerge che il calcio circolare del karate (mawashi geri) è caratterizzato da una prima fase di sollevamento, più o meno frontale, del ginocchio calciante. Successivamente avviene la rotazione sull'asse longitudinale del corpo del soggetto (seconda fase) la quale consente all'atleta di porsi nella migliore posizione per estendere il ginocchio (terza fase) e colpire l'avversario. L'inizio della seconda fase del calcio viene identificata dagli esperti con l'inizio della rotazione del soggetto sul suo asse longitudinale attraverso la rotazione del piede di supporto. Questo evento (rotazione) però è dagli autori identificato dopo aver raggiunto la massima flessione (modello evoluto) o abduzione (modello tradizionale) dell'anca calciante. Contrariamente a queste ipotesi, tutti gli atleti analizzati in questo studio hanno mostrato l'inizio della rotazione del piede prima della massima flessione e abduzione dell'anca calciante. Infatti mentre nel gruppo Old la rotazione del piede avviene al 30% della prova, la massima flessione dell'anca avviene al 55%. Analogamente nel gruppo New la rotazione avviene al 44% della prova, mentre la massima flessione dell'anca al 61%. Sulla base di ciò sembra più corretto individuare nell'inizio della seconda rotazione del piede di supporto la fine della prima fase e l'inizio della seconda, che Aschieri invece fa coincidere con la massima flessione dell'anca, evento che in questo studio avviene temporalmente più tardi e mentre il soggetto sta già ruotando attorno al suo asse longitudinale.

All'inizio della rotazione del piede di supporto si è invece registrato un valore di flessione dell'anca molto diverso nei due gruppi, infatti mentre il gruppo Old ha l'anca flessa a 30,4° il gruppo New mostra un valore di 52,8° ($p = 0,005$).

Per tale motivo si pensa che questa variabile possa discriminare i due modelli, meglio della massima flessione dell'anca calciante ($p = 0,51$). La seconda fase nel modello tradizionale non è ben descritta in letteratura e risulta essere un tutt'uno con la prima fase. A tale riguardo si è visto che prima della seconda rotazione del piede si registrano valori di abduzione (calciante dell'anca) molto contenuti, solo di 12,5° e 9,6° rispettivamente per il gruppo New ed Old. In tale istante Nakayama e Sacripanti, descrivono invece un'anca abdotta a circa 90°, valore che non è stato mai raggiunto in questa analisi. Se si analizza la cronologia del piede di supporto e l'azione dell'anca calciante si nota nel grafico 2 come l'abduzione inizia in corrispondenza del 50% della prova ossia dopo l'inizio della rotazione del piede di supporto che avviene tra il 30% e il 40% della prova (grafici 3,4). Sapendo che tali movimenti sono in stretto legame di

causa-effetto, si può ipotizzare quindi che sia proprio la rotazione del piede di supporto ad innescare l'incremento di abduzione dell'anca calciante.

La massima abduzione dell'anca calciante si raggiungerà solo in corrispondenza del colpo con valori molto simili tra i due gruppi ma solo di $55,8^\circ$ per il gruppo New e $58,1^\circ$ per il gruppo Old.

La similitudine dei valori di abduzione è confermata anche da altri parametri che sono stati usati per descrivere l'apertura dinamica delle anche durante il calcio. La massima doppia abduzione delle anche ($114^\circ \pm 7,2^\circ$ New, e $113,5^\circ \pm 7,1^\circ$) e l'angolo tra femore e asse longitudinale del soggetto al colpo ($123,4^\circ \pm 3,7^\circ$ New, e $122,4^\circ \pm 5,6^\circ$ Old) confermano la corrispondenza dei valori di abduzione tra i due gruppi e la necessità di raggiungere tali valori al fine di colpire adeguatamente il bersaglio. In merito a tale aspetto, tra i gruppi dunque non si apprezzano differenze, né dei i valori angolari né dei momenti in cui avviene la massima doppia abduzione, che nel gruppo Old viene raggiunta al 87,7% e nel New al 91,1% della prova. Se invece si analizza il campione diviso secondo il genere, emerge che tra i maschi e le femmine vi è una differenza significativa ($p = 0,019$). Nella fattispecie mentre i maschi raggiungono il valore massimo di doppia abduzione praticamente in corrispondenza del colpo (97,3%) le femmine lo fanno molto prima cioè attorno all' 84,5%. Questo conferisce alle karateke la possibilità di puntare il bersaglio molto prima e con maggiore padronanza dell'estensione del ginocchio. Questo aspetto, è da ritenersi un notevole vantaggio, e può essere spiegato dalla mobilità articolare delle anche, che nelle femmine è risultata significativamente migliore rispetto ai maschi ($p = 0,03$) nel test di mobilità di abduzione. Nello specifico il test di mobilità ha mostrato un valore medio per le femmine di $144,7^\circ$ contro i 125° dei maschi, valore quest'ultimo prossimo a quello necessario per colpire la pallina ($123,4^\circ \pm 3,7^\circ$ del gruppo New e $122,4^\circ \pm 5,6^\circ$ del gruppo Old).

Oltre alle suddette variabili caratterizzanti le due tecniche, sono emerse delle altre con valori simili sia tra i gruppi, che nei due generi. Si può ipotizzare che questi movimenti siano necessari e imprescindibili indipendentemente dalle due tecniche utilizzate in questo studio.

Le variabili più interessanti da questo punto di vista sono i menzionati valori di abduzione, i valori di rotazione del tronco rispetto alla pelvi ($32,2^\circ \pm 5,8^\circ$ New e $29,9^\circ \pm 6,6^\circ$ Old) e l'inclinazione del tronco ($16,8^\circ \pm 5,3^\circ$ New e $10,3^\circ \pm 4^\circ$ Old) rilevati allo stacco (Tkf).

Da notare i valori al colpo (Hit) molto simili tra i gruppi, relativamente all'inclinazione del tronco ($47,5^\circ \pm 4,6^\circ$ New e $50,7^\circ \pm 6,8^\circ$ Old) e all'inclinazione della pelvi ($75,8^\circ \pm 5,8^\circ$ New e $75,7^\circ \pm 3,9^\circ$ Old).

CONCLUSIONI

I dati di questa tesi confermano l'esistenza di due modelli tecnici ben distinti. L'analisi dei cluster, prendendo in considerazione le variabili: flessione del ginocchio calciante all'evento Str, estensione dell'anca calciante all'evento Tkf, e massima flessione dell'anca calciante, ha confermato una corretta divisione del campione nei due gruppi Old e New.

I due modelli si differenziano soprattutto per:

- l'angolo del ginocchio calciante all'evento Str, l'angolo dell'anca calciante e del ginocchio di supporto all'evento Tkf,
- la flessione dell'anca calciante all'inizio della seconda rotazione del piede di supporto,
- la massima velocità angolare di flessione dell'anca calciante.

L'azione dell'arto calciante di entrambe le tecniche è una flesso-abduzione dell'anca seguita da una estensione del ginocchio, azione da definire quindi come prossimo-distale (grafico 2).

Il piede di supporto di tutti i soggetti analizzati ha mostrato due rotazioni a terra ben distinte. La prima avviene precedentemente allo stacco e l'altra dopo. Questi dati sono in contrasto con le ipotesi che descrivono un'unica rotazione del piede di supporto di 180°.

Si può ipotizzare in accordo con Dapena J. (2000), che la prima rotazione di circa 30° permetta di posizionare la caviglia di supporto in modo più funzionale al fine di prevenire gli infortuni.

La seconda rotazione del piede di supporto, che mostra valori compresi tra 82° (New) e 110° (Old), avviene prima della massima flessione dell'anca e dà il via alla rotazione del corpo sul suo asse longitudinale che risulta di circa 66° nei due gruppi e non di 90°, come ipotizzato da Nakayama N. 1983 e Aschieri P.L. 2000. La seconda rotazione del piede di supporto nei due gruppi inizia in momenti diversi del calcio. Mentre i soggetti del gruppo Old cominciano a ruotare sul piede di supporto al 30% della prova, il gruppo New lo fa al 44% circa, quindi più tardi.

Le velocità lineari del piede e del ginocchio calciante potrebbero essere influenzate dalla statura e non sembrano adatte come indicatori di performance.

Questo studio ha messo in risalto che, per eseguire il gesto in modo corretto sono necessarie particolari capacità, soprattutto della mobilità delle anche. L'angolo minimo tra le due cosce ai momenti della massima doppia abduzione (113,5°) e dell'angolo femore/asse Z del sistema di riferimento (122,4°) indicano che la mobilità articolare è importante nella corretta

esecuzione del gesto. Perciò è auspicabile un risultato minimo di 120° nel test di abduzione delle anche. Le femmine con maggiori capacità di mobilità articolare rispetto ai maschi potrebbero risultare avvantaggiate nell'esecuzione tecnica del mawashi geri jodan.

Dai dati rilevati in questo studio è possibile definire meglio le “fasi” del mawashi geri riportate nei precedenti testi (Nakayama N. 1983, Sacripanti A 1996, Hockey P.M. 1997 e Aschieri P.L. 2000).

La prima fase (chambering position) inizia allo stacco del piede calciante ma finisce all'inizio della 2° rotazione del piede di supporto, e non alla massima flessione dell'anca calciante.

La terza fase inizia con l'estensione del ginocchio calciante e finisce con il colpo del bersaglio. La seconda fase è quindi quella compresa tra le altre due e rappresenta il movimento di collegamento tra di esse. Questa fase, caratterizzata dall'incremento dell'abduzione, si pensa possa servire all'atleta a cambiare assetto al fine di puntare meglio il bersaglio (avversario).

Questa suddivisione del movimento in fasi risulta leggermente diversa da quelle fornite precedentemente dagli altri autori e maestri, le quali vanno tenute comunque in considerazione perché utili in ambito didattico. Durante l'apprendimento analitico, solitamente il movimento viene spezzato in fasi le quali potrebbero corrispondere infatti a quelle indicate in letteratura. Nel gesto analizzato, le fasi descritte risultano diverse, con ampiezze di movimento minori di quelle ipotizzate negli altri studi. Le fasi osservate nella realtà esecutiva risultano infatti come fuse in un unico movimento diverso da quello teorizzato. Le principali diversità sono risultate da questa analisi legate alle ampiezze dei movimenti dell'arto calciante e alle rotazioni sia del piede a terra che dell'intero corpo.

Nelle sessioni di apprendimento e perfezionamento del gesto può essere utile seguire le indicazioni fornite dalla letteratura didattica, mentre per l'allenamento degli atleti evoluti, che hanno già appreso la tecnica, può essere utile tenere conto dei dati rilevati in questo studio biomeccanico del mawashi geri jodan.

Dal punto di vista dell'apprendimento tecnico i modelli definiti in questo studio potranno essere utilizzati per perfezionare e correggere la tecnica del mawashi geri nelle due modalità. Tenendo conto delle principali differenze, l'allenatore che intende cambiare il modello tecnico, dovrà porre l'attenzione non solo alla fase esecutiva ma anche a quella preparatoria.

In sintesi i soggetti del gruppo New hanno mostrato una tecnica che coincide per molti aspetti con quella identificata come “modello evoluto”, che nel karate sportivo di alto livello è maggiormente utilizzata. I soggetti del gruppo Old invece, presentano una tecnica diversa dal “modello tradizionale”. Ciò può essere spiegato tenendo presente che il gruppo Old esaminato

possiede già una tecnica progredita, con caratteristiche intermedie tra le due ipotizzate in partenza.

Da questi risultati è possibile cogliere delle indicazioni utili per l'allenamento, al fine di approntare esercizi speciali più corrispondenti alla realtà dell'esecuzione del mawashi geri jodan sportivo.

Per la prima fase, si può pensare di allenare non solo i muscoli flessori dell'anca calciante ma anche i muscoli abduttori dato che l'azione della gamba calciante è risultata una flesso-abduzione. Potrebbe essere utile coinvolgere nell'allenamento anche il tensore della fascia lata, con esercizi di flessione dell'anca tenuta abdotta.

Si potrebbero eseguire esercizi di flessione dell'anca, partendo da un angolo di flessione del ginocchio calciante di circa 40° (angolo del ginocchio calciante all'evento Tkf, utilizzato da entrambi i gruppi). Durante gli esercizi di flessione dell'anca è consigliabile ruotare all'esterno il piede di supporto di circa 30°, al fine di accoppiare i due movimenti e non incorrere in marcate sollecitazioni dell'articolazione della caviglia.

Al fine di allenare la seconda fase si potrebbe lavorare su contrazioni isometriche dell'anca in abduzione, cercando di coinvolgere i muscoli abduttori dell'anca soprattutto del medio gluteo, il quale lavora maggiormente come fissatore dell'anca.

Riguardo alla terza fase è possibile allenare l'estensione del ginocchio calciante, partendo da un angolo della stessa articolazione di circa 120°-130° (angolo di inizio estensione rilevato durante il calcio), lavorando in modo concentrico fino a 60° (angolo fino a cui la velocità angolare aumenta), e poi in eccentrico (decremento della velocità angolare, frenata del calcio) fino alla sua completa estensione.

L'analisi tecnica eseguita solo su un tipo di calcio potrebbe non essere sufficiente a spiegare i vantaggi di una tecnica piuttosto che di un'altra. Si può pensare che la tecnica New abbia notevoli vantaggi di natura tattica, in quanto diviene più difficile prevedere l'esecuzione finale del calcio grazie a una maggiore flessione dell'anca prima della rotazione del piede di supporto. Cioè l'esecutore del calcio può nascondere meglio le proprie intenzioni e rendere di fatto il colpo più imprevedibile per l'avversario.

Per dimostrare questa ipotesi sarebbe opportuno analizzare, con lo stesso metodo usato in questa analisi, altri tipi di calci jodan (alti) del karate, come lo "yoko geri" e lo "uramawashi geri" in modo da studiare le loro analogie tecnico-tattiche.

Per approfondire meglio dal punto di vista scientifico le azioni muscolari potrà essere interessante utilizzare l'elettromiografia sincronizzata con sistemi optoelettronici, in modo da quantificare meglio il timing e le successioni dei movimenti in relazione alle attivazioni muscolari.

APPENDICE "A"

VALORI DELLE TRE PROVE SELEZIONATE (a,b,c), E LORO MEDIA, DEVIAZIONE STANDARD E COEFFICIENTE DI VARIABILITA' DELLE FEMMINE (F1-F5)				
	Traiettoria TOE (metri)	tempo esecuzione (secondi)	tempo preparatorio (secondi)	Accuratezza (cm)
F1a	2,3519	0,385	0,248	-5,20
F1b	2,3477	0,365	0,235	-1,20
F1c	2,3361	0,34	0,202	-3,90
media	2,3452	0,363	0,228	-3,43
dev.st	0,0082	0,023	0,024	2,04
C.V	0,3490	6,205	10,386	-59,43
F2a	2,4581	0,33	0,249	-0,20
F2b	2,465	0,37	0,216	0,70
F2c	2,4321	0,335	0,215	-2,70
media	2,4517	0,3450	0,2267	-0,73
dev.st	0,0173	0,0218	0,0193	1,76
C.V	0,7076	6,3172	8,5357	-240,22
F3a	2,4551	0,355	0,228	-7,00
F3b	2,5179	0,375	0,298	-5,40
F3c	2,4754	0,38	0,294	-8,50
media	2,4828	0,3700	0,2733	-6,97
dev.st	0,0320	0,0132	0,0393	1,55
C.V	1,2908	3,5753	14,3820	-22,25
F4a	2,7841	0,410	0,153	-2,80
F4b	2,7889	0,395	0,174	-5,50
F4c	2,8034	0,410	0,128	-1,30
media	2,7921	0,4050	0,1517	-3,20
dev.st	0,0100	0,0087	0,0230	2,13
C.V	0,3599	2,1383	15,1839	-66,51
F5a	3,0642	0,56	0,198	0,25
F5b	2,947	0,59	0,232	3,95
F5c	3,043	0,47	0,247	-2,05
media	3,0181	0,5400	0,2257	0,7167
dev.st	0,0625	0,0624	0,0251	3,0271
C.V	2,0693	11,5648	11,1255	422,3860

VALORI DELLE TRE PROVE SELEZIONATE (a,b,c), E LORO MEDIA, DEVIAZIONE STANDARD E COEFFICIENTE DI VARIABILITA' DELLE FEMMINE (F6-F9)

	Traiettoria TOE (metri)	tempo esecuzione (secondi)	tempo preparatorio (secondi)	Accuratezza (cm)
F6a	2,559	0,375	0,150	1,20
F6b	2,584	0,380	0,167	1,90
F6c	2,609	0,365	0,190	1,30
media	2,584	0,373	0,169	1,47
dev.st	0,025	0,008	0,020	0,38
C.V	0,975	2,046	11,879	25,81
F7a	2,473	0,425	0,114	2,10
F7b	2,497	0,410	0,158	-0,90
F7c	2,493	0,400	0,118	1,60
media	2,487	0,412	0,130	0,93
dev.st	0,013	0,013	0,024	1,61
C.V	0,524	3,057	18,716	172,21
F8a	2,781	0,480	0,280	4,50
F8b	2,763	0,445	0,220	3,40
F8c	2,750	0,470	0,209	-1,10
media	2,765	0,465	0,236	2,27
dev.st	0,016	0,018	0,038	2,97
C.V	0,568	3,877	16,170	130,90
F9a	2,670	0,405	0,260	-0,80
F9b	2,491	0,380	0,240	-7,70
F9c	2,629	0,400	0,275	-1,20
media	2,596	0,395	0,258	-3,23
dev.st	0,094	0,013	0,018	3,87
C.V	3,607	3,349	6,797	-119,80

VALORI DELLE TRE PROVE SELEZIONATE (a,b,c.), E LORO MEDIA, DEVIAZIONE STANDARD E COEFFICIENTE DI VARIABILITA' DEI MASCHI (M1-M5)				
	Traiettoria TOE (metri)	tempo esecuzione (secondi)	tempo preparatorio (secondi)	Accuratezza (cm)
M1a	2,756	0,395	0,189	-2,80
M1b	2,722	0,380	0,206	-8,00
M1c	2,806	0,395	0,195	-6,40
media	2,761	0,390	0,197	-5,73
dev.st	0,043	0,009	0,009	2,66
C.V	1,540	2,221	4,384	-46,45
M2a	2,418	0,335	0,229	-1,80
M2b	2,456	0,350	0,195	-0,90
M2c	2,468	0,330	0,225	-0,40
media	2,448	0,338	0,216	-1,03
dev.st	0,026	0,010	0,019	0,71
C.V	1,068	3,076	8,590	-68,66
M3a	2,603	0,355	0,247	-1,10
M3b	2,693	0,345	0,231	-0,40
M3c	2,675	0,330	0,278	-5,80
media	2,657	0,343	0,252	-2,43
dev.st	0,047	0,013	0,024	2,94
C.V	1,780	3,665	9,482	-120,68
M4a	2,930	0,400	0,210	-7,30
M4b	2,731	0,380	0,205	-10,70
M4c	2,841	0,365	0,205	-8,70
media	2,834	0,382	0,207	-8,90
dev.st	0,100	0,018	0,003	1,71
C.V	3,521	4,601	1,397	-19,20
M5a	3,258	0,425	0,201	4,60
M5b	3,248	0,395	0,200	5,60
M5c	3,217	0,420	0,178	2,80
media	3,241	0,413	0,193	4,33
dev.st	0,022	0,016	0,013	1,42
C.V	0,664	3,889	6,736	32,74

APPENDICE "B"

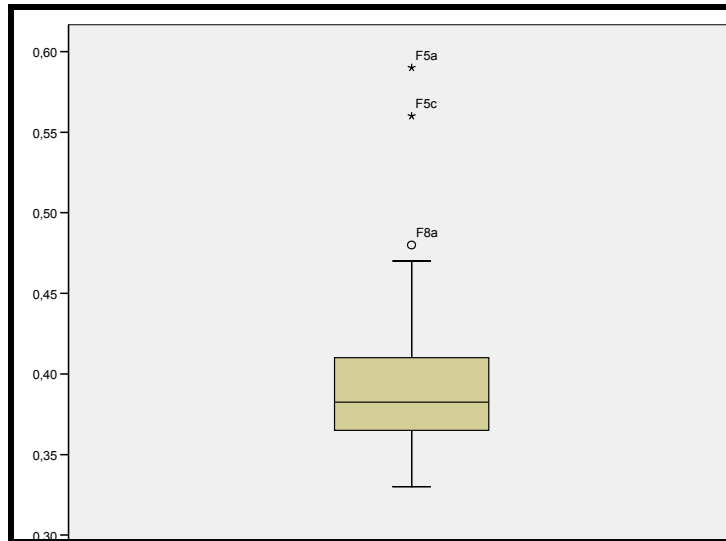


Tabella 17 Valore interquartile del tempo di esecuzione del calcio

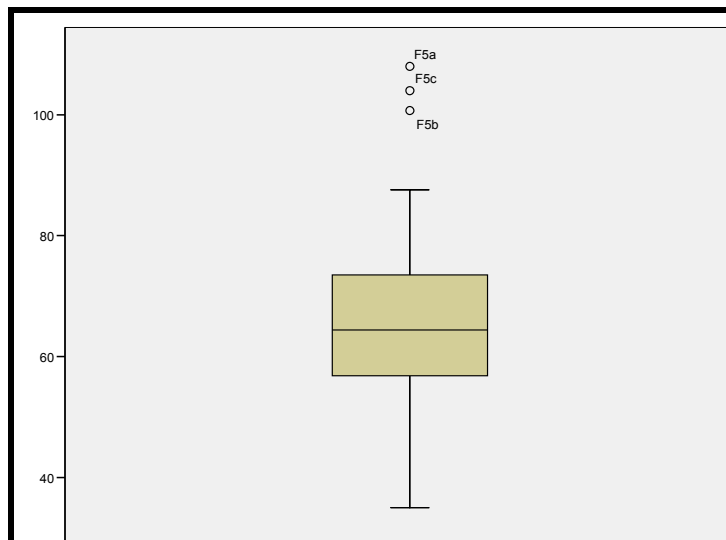


Tabella 18 Valore interquartile della massima flessione dell'anca calciante.

BIBLIOGRAFIA

Abraham C., Dyson R., Kingman J. (2001). Muscular activity of the striking leg during the martial arts front, side and turning kicks. *Journal of sports Sciences 19*, 3-84 *Communication to the annual conference of "BASES"*.

Aggeloussis N., Gourgoulis V., Sertsou M., Giannakou E., Mavromatis G. (2007). Repeatability of electromyographic waveforms during the naeryo Chagi in taekwondo. *Journal of Sports Science and Medicine; 6*, 6-9.

Andrzejewski X., Elbaum L. (2005) Biomechanical analysis of the front kick with the dominant and non-dominant limb in the shito ryu style of karate. *XX ISBS Symposium. Beijing- China, 843*.

Ariazza R., Leyes M. (2005). Injury profile in competitive karate: prospective analysis of three consecutive World Karate Championships. *Knee Surg. Sports Traumatol Arthrosc; 13*.

Asami T., Nolte V. (1983). Analysis of powerful ball kicking. *Paper presented at Biomechanics VIII, Nagoya, Japan*.

Aschieri P. (2000). Karate – Il combattimento. *Sperling & Kupfer Editori s.p.a. Milano*.

Bartlett R. (2002). Throwing: fundamentals and practical applications. *International Research in sports biomechanics, Youling Hong, Routledge, London; 3-8*.

Bates B.T., Dufek J.S., Davis H.P. (1992). The effect of trial size on statistical power. *Medicine and science in sport exercise; 24*, 1059-1068.

Beneke R., Beyer T., Janker C. (2004). Energetics of karate kumite. *Journal of applied physiology; vol. 92, Aug. 518-523*.

Beraud P., Gahery Y. (1995). Relationships between the force of voluntary leg movements and the associated postural muscles. *Neuroscience letters; 194(3)*, 177-180.

Blazevic I., Antekolovic L., Mejevsek M. (2006). Variability of high jump kinematic parameters in longitudinal follow up. *Kinesiology*; 38, 1: 63-71.

Cervini L., Folgari F. (1993). Wado ryu: l'evoluzione del karate. *M.C.A.- Roma*.

Chwala W., Lyakh V., Forczek W. (2004) Aspects of human movement coordinations and their three-dimensional identification in martial arts techniques. *Coordination motor abilities in scientific research. Biala Podlaska- Poland*.

Conkel B.S., Braucht J., Wilson W., Pieter W., Taaffe D., Fleck S.J. (1988). Isokinetic torque, kick velocity and force in taekwondo. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 20(2), S5.

Critchley G.R., Mannion S., Meredith C. (2007). Injury rates in shotokan karate. *Br. J sports med.* 33; 174-177.

Cronbach L.J. (1951). Coefficient alpha and the internal structure of tests. *Psychometrika*, 16; 297-334.

Cronbach L.J., Gleser C.G., Rajaratnam N., Nanda H. (1972). The dependability of behavioural measurement. *New York: Wiley*; 410.

Dapena J. (2000). The High Jump. Biomechanics in sport, part 3, chapter 14; 284-311. *Published by Blackwell science Ltd, London*.

Davis R.B., Ounpuu S., Tyburski D., Gage J.R. (1991). A gait data collection and reduction technique. *Human Movement Sciences*; 10, 575-587.

Eleftherios K., Athanasios K., Ioannis G. (2004). Knee biomechanics of the support leg in soccer kicks from three angles of approach. *Medicine & Science in sport & exercise*; January 1017-1028.

Emery C.A. (2007). Considering cluster analysis in sport medicine and injury prevention research. *Clin. J. sport med.* vol 17, n° 3, May 2007.

- Emmermacher P., Witte K., Soren B., Potemberg J. (2007). Different variations of the karate technique mawashi geri . *XXII ISBS Symposium. Ouro Preto- Brazil*, 289.
- Forczek W., Merni F., Lyakh V., Pecoraioli F., Perretta N. (2007). Emg profiles during able bodied walking, *Oral presentation at 10th Sport Kinetic conference, Belgrade- Serbia*.
- Francescato M.P., Talon T., Di Prampero P.E. (1995). Energy cost and energy sources in karate. *European journal of applied and occupational physiology*; 71 (4).
- Fredrick, M.J. (1999). Peak Moments in Sport Karate Tournament Competition: Black Belt Fighters in the Zone. *A dissertation submitted to the faculty of the University of Utah*.
- Frosio I., Girlanda M., Botton C., Sibella F., Borghese A. (2006). Quantitative analysis of high jump styles. *XXIV ISBS symposium*; 859- 862. *Salzburg, Austria*.
- Gleser C.G., Cronbach L.J., Rajaratnam N. (1965). Generalizability of scores influenced by multiple sources of variance. *Psychometrika*; 30, 395-418.
- Hayen A. (2006). Clustered data in sport research. *Journal of Science and Medicine in Sport*; 9, 165-168.
- Hickey P.M. (1997). Karate – Techniques & Tactic. *Human Kinetics Publishers, Inc*.
- Hodge, T., Deakin, J.M. (1998). Deliberate practice and expertise in the martial arts: The role of context in motor recall. *Journal of Sport & Exercise Psychology*; 20, 260-279.
- Hwang I.S. (1987). Analysis of the Kicking Leg in Taekwondo. *Paper presented at Biomechanics in Sports III & IV. Proceedings of ISBS., Del Mar, CA*.
- Imamura H., Yoshimura Y., Nishimura S. (1999). Oxygen uptake, heart rate, and blood lactate responses during and following karate training. *Medicine and science in sport and exercise*; 31 (2) Feb. 1999, 342-347.

Kadaba M.P., Ramakrishnan H.K., Wooten M.E. (1987). Lower extremity joint moments and ground reaction torque in adult gait. *Biomechanics of Normal and Prosthetic Gait. BED Vol. (4)/DSC Vol 7. American Society of Mechanical Engineers; 87-92.*

Kadaba M.P., Ramakrishnan H.K., Wooten M.E, Gainey J., Gorton, G., Cochran, G.V.B (1989). Repeatability of kinematic, kinetics and electromyographic data in normal adult gait. *Journal of Orthopaedic Research; 7, 849-860.*

Kadaba MP, Ramakristan HK, Wooten ME (1990a) Measurements of lower extremity kinematics during level walking. *Journal of Orthopaedic research; 8, 383-392.*

Kadaba, M.P., Ramakrishnan, H.K., Wooten, M.E. (1990b). Lower extremity kinematics during level walking. *Journal of Orthopaedic Research; 8, 849-860.*

Kellis E., Athanasios K., Gissis I. (2004). Knee biomechanics of three support leg in soccer kicks from three angles of approach. *Medicine and science in sport & exercise; vol. 36 (6), Jun 2004, 1017-1028.*

Kermond J., Konz S. (1978). Support leg loading in punt kicking. *Research Quarterly; 49 (1), 71-79.*

Koropanovski N., Dopsaj J.M., Jovanovic S. (2008). Characteristics of pointing actions of top male competitors in karate at world and european level. *Brazilian Journal of Biomotricity, November 2008; 242-252.*

Landeo R. (2007). Fast front kick: gaining insights beyond the data. *XXII ISBS Symposium. Ouro Preto- Brazil, 298-301.*

Layton C. (1990). Speed of technique and age in shotokan karateka. *Perceptual and Motor Skill; 76, 1001-1002.*

Lee C.L. (2005a). Comparing the difference between front-leg and back leg round-house kicks attacking movement abilities in taekwondo. *XX ISBS Symposium. Beijing- China, 877.*

Lee C.L. (2005b). Biomechanical analysis of back kicks attack movement in taekwondo. *XX ISBS Symposium. Beijing- China*, 803.

Lehmann G., Enzendorf M. (1997). La resistenza negli sport di combattimento. *Scuola dello Sport*; 38, 19-25.

Lehmann G. (2000). Capacità di reazione e carico fisico. *Scuola dello Sport*; 48, 47-52.

Lehmann G., Heinisch H.D. (2001). Allenamento in altitudine e sport di combattimento. *Scuola dello Sport*; 50, 42-48.

Macan J., Bundalo-Vrbanac D., Romić G. (2006). Effects of new karate rules on the incidence and distribution of injuries. *Br. J. Sports Med.* 40. 326-330.

Manolopoulos E., Papadopoulos C., Kellis E. (2006). Effects of combined strength and kick coordination training on soccer kick biomechanics in amateur player. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*; 16, 102-110.

Merni F., Carbonaro G. (1999). Test motori. *Scuola dello sport, Tivoli (Roma)*.

Mori S., Ohtani Y., Imanaka K. (2002). Reaction times and anticipatory skills of karate athletes. *Human movement science*; 21, 213-230.

Mullineaux D.R., Bartlett R., Bennett S. (2001). Research design and statistics in biomechanics and motor control. *Journal of Sports Sciences*; 19, 739-760.

Myers J.B., Oyama S., Wassinger C.A. (2007). Reliability, precision, accuracy, and validity of posterior shoulder tightness assessment in overhead athletes. *The American journal of sports medicine*; vol 35, 11.

Nakayama M. (1983). Dynamic Karate. Kodansha, Tokyo.

Park Y.H., Seabourne T. (1997). Taekwondo-Techniques & Tactic. *Human Kinetics Publishers, Inc.*

- Park Y.J. (1989). A Biomechanical Analysis of Taekwondo Front-Kicks. *Unpublished Doctoral Thesis, University of Minnesota.*
- Pearson J.N. (1997). Kinematics and kinetics of the taekwondo turning kick. *Dissertation of degree bachelor of Physical Education with Honours at the University of Otago, Dunedin, New Zealand.*
- Pecoraioli F., Merni F. (2007). Different executions of turning kick in martial arts. *10th Sport Kinetics Conference, Belgrade - Serbia.*
- Pieter F., Pieter W. (1995). Speed and force in selected taekwondo technique. *Biology of sport; 12 (4), 257-266.*
- Putnam C.A. (1983). Interaction between segments during a kicking motion. Matsui H, & Kobayashi, K. (Eds.), *Biomechanics VIII-B;688-694. Champaign, IL: Human Kinetics.*
- Roberts E.M., Zernicke R.F., Youm Y., Huang T.C. (1994). Kinetic parameters of kicking. *Paper presented at Biomechanics IV, University Park, P.A.*
- Roosen A., Pain M. (2007). Kinematic changes in the reproduction of taekwondo kicking combination. *Paper presented at XXI Congress of International Society of Biomechanics 2007 Taipei.*
- Sacripanti A. (1996). Biomeccanica degli sport di combattimento. *Filpjk; vol. n° 6.*
- Sforza C., Turci M., Grassi G.P., Shirai Y.F., Pizzini G. (2002). Repetability of mae-geri keage in traditional karate: a three-dimensional analysis with black-belt karateka. *Perceptual and motor skills; 95, 433-444.*
- Sidthilaw S. (1997). Kinetic and Kinematic Analysis of Thai Boxing roundhouse kicks. *Unpublished doctoral thesis, University of Oregon.*
- Sorensen H., Zacho M., Simonsen E.B., Dyhre-Poulsen P., Klausen K. (1996). Dynamics of the martial arts high front kick. *Journal of Sports Sciences; 14, 483-495.*

Williams, A.M., Elliott, D. (1999). Anxiety, expertise, and visual search strategy in karate. *Journal of Sport & Exercise Psychology*; 21, 362-375.

Witte K., Emmermacher P., Soren B., Potemberg J. (2007). Movement structures of round kicks in karate. *XXII ISBS Symposium. Ouro Preto- Brazil*.

Zehr E.P., Sale D.G., Dowling J. (1997). Ballistic movement performance in karate athletes. *Medicine and science in sports and exercise; volume 29 (10); 1366-1373*.

Zemkova E., Dzurenkova D. (2004). Functional diagnostics of karate athletes. *Kinesiologia Slovenica; 10 (1), 57-70*.