



# **Università degli Studi di Padova**

CORSO DI LAUREA IN FISIOTERAPIA

PRESIDENTE: *Ch.mo Prof. Raffaele De Caro*

## **TESI DI LAUREA**

### **LA PROPRIOCEZIONE NEL GESTO SPORTIVO DEL KARATE: STUDIO OSSERVAZIONALE SU UN GRUPPO DI GIOVANI ATLETI**

*PROPRIOCEPTION IN KARATE'S SPORT GESTURE:  
OBSERVATIONAL STUDY ON A YOUNG ATHLETES GROUP*

RELATORE: Dott. Mag. Volpe Giovanni

LAUREANDO: Mazzo Rachele

Anno Accademico 2015-2016



«Questa "propriocezione" è come se fosse gli occhi del corpo, il modo in cui il corpo vede sé stesso. E se scompare, come è successo a me, è come se il corpo fosse cieco. Il mio corpo non può 'vedere' sé stesso se ha perso i suoi occhi, giusto? Così tocca a me guardarlo, essere i suoi occhi. Giusto?»

Oliver Sacks



# INDICE:

- **RIASSUNTO**
- **ABSTRACT**
- **INTRODUZIONE**
- **PARTE PRIMA:**

1- LA PROPRIOCEZIONE	
1.1) Definizione.....	1
1.2) I propriocettori.....	1
1.3) L'elaborazione delle informazioni propriocettive.....	3
2- LA PROPRIOCEZIONE NELL'EQUILIBRIO POSTURALE ED I SISTEMI DI CONTROLLO A FEED-BACK E FEED-FORWARD	
2.1) Definizione di equilibrio posturale, feedback e feedforward.....	3
2.2) Le informazioni dei sistemi sensoriali e la loro elaborazione.....	4
3- EQUILIBRIO POSTURALE E STABILITA' FUNZIONALE: LA PROPRIOCEZIONE NELLA PRATICA SPORTIVA E NELLA PREVENZIONE DEGLI INFORTUNI	
3.1) La stabilità articolare dinamica.....	5
3.2) L'importanza della propiocezione nella stabilità e nella prevenzione.....	6
3.3) La propiocezione nella performance sportiva.....	8
4- VALUTARE L'EQUILIBRIO PER OSSERVARE LA PROPRIOCEZIONE: SINGLE LEG BALANCE TEST E STAR EXCURSION BALANCE TEST	
4.1) Single Leg Balance Test.....	10
4.2) Star Excursion Balance Test.....	11
5- IL GESTO SPORTIVO DEL KARATE.....	15

- **PARTE SECONDA: OSSERVAZIONE**

- 1- MATERIALI E METODI

- 1.1) Contesto.....21
    - 1.2) Partecipanti.....21
    - 1.3) Strumenti di valutazione: .....22
      - 1- Single Leg Balance Test (SLT).....22
      - 2- Star Excursion Balance Test (SEBT).....23
      - 3- Analisi del calcio mawashi-geri.....23
    - 1.4) Programma di esercizi.....27

- 2- ANALISI DEI DATI.....33

- 3- RISULTATI.....35

- 4- DISCUSSIONE.....37

- 5- CONCLUSIONI.....39

- **BIBLIOGRAFIA**

- **APPENDICE (allegati)**

## RIASSUNTO

**Disegno dello studio:** Studio osservazionale

**Obiettivo:** L'obiettivo dello studio è osservare se, allenando il sistema propriocettivo di un gruppo di giovani atleti praticanti karate, con un programma di esercizi affiancati al consueto allenamento, si possano apportare dei miglioramenti alle capacità di equilibrio e di conseguenza, al gesto sportivo, in particolare nell'esecuzione del calcio mawashi-geri, con l'obiettivo finale di prevenire gli infortuni nella pratica dell'attività.

**Background:** Alte capacità di equilibrio sono indispensabili per una buona prestazione sportiva, in particolare nel karate. Il sistema propriocettivo è considerato di estrema importanza nel mantenimento dell'equilibrio in situazioni di instabilità e in ambito sportivo viene ampiamente sfruttato per poter permettere al sistema visivo di concentrarsi su altri aspetti come la posizione dell'avversario. Inoltre, esso gioca un ruolo fondamentale nella prevenzione degli infortuni coadiuvando il controllo neuromuscolare a feedback e feedforward.

**Materiali e metodi:** Per lo studio, è stato selezionato un campione di 10 atleti della società sportiva A.S.D. Shotokan Karate Ryu Venezia, praticanti karate da almeno 1 anno, che non abbiano subito infortuni negli ultimi 6 mesi e siano in buona salute. Sono stati sottoposti a tre valutazioni differenti in tre momenti distinti: Prima del programma di esercizi (T0), al termine del programma (T1) e dopo 8 settimane dalla conclusione dello stesso (T2).

I soggetti sono stati valutati utilizzando il Single Leg Balance Test (SLT), che osserva il tempo di mantenimento della stazione monopodolica ad occhi chiusi, lo Star Excursion Balance Test (SEBT) nelle direzioni anteriore, postero-mediale e postero-laterale, che misura la distanza raggiunta, in stazione monopodolica, con l'arto inferiore libero nelle tre direzioni, ed analizzando il video dell'esecuzione del calcio mawashi-geri su un bersaglio composto da un pallone su un'asta verticale, tramite il programma "Kinovea". In particolare, nel video si valutavano: tempo di esecuzione, angolo di rotazione dell'arto in appoggio e precisione del calcio. Nel SEBT le misurazioni sono state standardizzate per evitare che l'altezza dei soggetti influenzasse i risultati ed è stato considerato anche il valore complessivo, sommando le misurazioni normalizzate nelle tre direzioni. I dati ricavati dalle valutazioni sono stati analizzati utilizzando il t-test per dati appaiati tra T0-T1 e T1-T2, per ciascun tipo di valutazione.

**Risultati:** Tra T0-T1, il t-test ha dato buoni risultati, con una significatività molto elevata sia nella valutazione del gesto, sia nei test di equilibrio, in particolare al SEBT (in tutte le direzioni e nel punteggio complessivo), a significare che sia avvenuto un miglioramento in seguito al programma di allenamento. Tra T1-T2 i risultati raggiunti sembrano essersi mantenuti solo parzialmente, in particolare al SLT e nei parametri valutati nel video del gesto sportivo.

**Conclusioni:** L'ipotesi iniziale sembra essere confermata. Tuttavia, la mancanza di un gruppo di controllo, l'alta variabilità dei dati dovuta al campione ridotto e i metodi di valutazione aspecifici, e riguardo il gesto sportivo, riduttivi, non permettono di dare evidenza con certezza ai miglioramenti osservati.

## ABSTRACT

**Study Design:** Observational Study

**Objective:** The objective of this study is to observe if training the proprioceptive system of a young athletes group practicing karate, with an exercise program side by side the usual training, their balance and, therefore, their sport gesture, will be improved, especially in the mawashi-geri kick's performance. With the ultimate objective to prevent injuries in the practice of the activity.

**Background:** An excellent balance is essential for a good sports performance, particularly in karate. Proprioceptive system is considered to be of great relevance in maintaining balance in unstable situations and in sports it's widely used to allow the visual system to focus on others aspects as the opponent's position. Furthermore, it plays a key role in injury prevention acting on the feedback and feedforward neuromuscular control.

**Methods and Measures:** A sample of ten athletes of the A.S.D. Shotokan Karate Ryu Venezia sport society has been selected, whom doing karate at least one year, haven't injured in the last six months and are healthy. They were subjected to three different assessments in three distinct times: Before the exercise program (T0), at its conclusion (T1) and after eight weeks from the end of the program (T2).

Subjects were assessed using the Single Leg Balance Test (SLT), that notes the time maintaining single leg stance with eyes closed, the Star Excursion Balance Test (SEBT) in the anterior, postero-medial and postero-lateral directions, that measures the distance reached in monopodalic station, with the free leg in the three directions, and by analyzing video of the roundhouse kick (mawashi-geri) execution on a target consisting in a ball on a vertical rod, through to "Kinovea" program. Particularly, in the video were evaluated: execution's time, angle of rotation of the supporting foot, and the kick's accuracy. In SEBT, measurements were normalized to avoid that the subject's height affects the results and it was also considered the composite score, adding the normalized measurements in the three directions. The data obtained from the assessments were analyzed using the paired t-test between T0-T1 and T1-T2, for each type of assessment.

**Results:** Between T0-T1, the t-test gave positive results, with a very high significance both in the sport gesture's evaluation and in the balance tests, in particular in SEBT (in all directions and in the composite score), meaning that an improvement occurred after the training program. Between T1-T2, the results achieved appear to be partially maintained, in particular in SLT and in the parameters evaluated in the sport gesture's video.

**Conclusions:** The original hypothesis seems to be confirmed. However, the absence of a control group, the high variability in the data due to the small sample size and unspecific assessment methods, and regarding the sport gesture, simplistic, don't allow to give evidence with certainty to the improvements observed.



## **INTRODUZIONE**

L'ipotesi per la realizzazione di questo studio, è stata concepita dall'osservazione personale di alcuni ragazzi durante gli allenamenti di karate. Ho notato che, nonostante questo sport richieda grandi competenze di equilibrio per permettere che le tecniche siano allo stesso tempo rapide e precise, più di qualche soggetto non era in grado di mantenere una postura stabile e corretta durante il gesto sportivo. Infatti spesso l'equilibrio andava perduto prima del termine della tecnica, a discapito della precisione, oppure la posizione dei diversi segmenti corporei durante i movimenti che precedono l'esecuzione della tecnica, era scorretta e questo portava non solo ad un'incapacità di sfruttare al meglio le potenzialità delle proprie leve, incidendo sulla velocità del gesto, ma anche ad un probabile sovraccarico delle strutture, poiché le articolazioni si trovavano frequentemente sollecitate in posizioni sfavorevoli.

Partendo dai presupposti che la propriocezione fornisce importanti informazioni su posizione e movimento corporeo, oltre a contribuire alla stabilità dinamica delle articolazioni coadiuvando il controllo neuromuscolare a feedback e feedforward, e che le capacità di equilibrio dipendono dall'elaborazione delle informazioni ricavate dai sistemi sensoriali (di cui fa parte la propriocezione), mi sono chiesta: è possibile migliorare indirettamente l'esecuzione del gesto sportivo, allenando il sistema propriocettivo?

Lo studio ha quindi lo scopo di osservare se associando all'allenamento di karate, un programma di esercizi, volti ad allenare il sistema propriocettivo, in un gruppo di giovani atleti, vi può essere un miglioramento non solo nelle capacità di equilibrio, ma anche nel gesto sportivo, in particolare nell'esecuzione della tecnica di calcio mawashi-geri, oltre a prevenire il rischio di infortunio nell'atleta. Verranno testate le capacità di equilibrio degli atleti utilizzando il Single Leg Balance Test e lo Star Excursion Balance Test, e verrà filmata l'esecuzione della tecnica, esaminata tramite il programma "Kinovea", in tre tempi differenti: all'inizio (T0), al termine del programma (T1= 4 settimane), e dopo 8 settimane dall'ultima valutazione (T2= 8 settimane). I dati raccolti in forma anonima, verranno analizzati e verrà verificata l'ipotesi osservando se sono intercorse modificazioni significative tra i tempi T0 – T1 e se queste si sono mantenute tra T1 – T2.



# PARTE PRIMA

## 1- LA PROPRIOCEZIONE

### 1.1) Definizione

Il termine propiocezione deriva dalle parole proprius (se stesso) e (re)ceptus (ricevere), ossia “la capacità del nostro corpo di ricevere se stesso”. Venne introdotto per la prima volta nel 1906 da **Sherrington**, che la identifica come la “percezione” del movimento e della posizione corporea in ogni istante, ricavata dalle informazioni sensoriali fornite da recettori presenti nei muscoli, articolazioni e tendini. (10, 13, 32).

Ad oggi, la propiocezione viene definita da alcuni come una variante specializzata della modalità sensoriale tattile che include la **consapevolezza** (conscia ed inconscia) del **movimento** (cinestesia), della **posizione** articolare (senso di posizione articolare) e di **forza, peso e sforzo** (senso di forza). (10, 27). Altri invece la considerano da un punto di vista più ampio che include il concetto di **controllo neuromuscolare**, definito come il meccanismo che provvede alla trasformazione, a livello muscolare, delle informazioni nervose in energia fisica. (9)

### 1.2) I propriocettori

La propiocezione è il prodotto delle informazioni fornite da terminazioni nervose specializzate denominate meccanocettori, cioè trasduttori che convertono stimoli meccanici (p.es. rotazione dell’articolazione da un cambio di posizione) in potenziali d’azione per la trasmissione al **SNC**.(5) Più specificatamente, i meccanocettori che contribuiscono alla propiocezione vengono definiti **propriocettori**, essi si trovano in muscoli, tendini, articolazioni e fascia. Le diverse tipologie di meccanorecettori rispondono a stimoli differenti e trasmettono specifiche informazioni afferenti che modificano la funzione neuromuscolare. (10)

Nei muscoli e nei tendini, i propriocettori fondamentali sono i fusi neuromuscolari e gli organi muscolotendinei del Golgi (OTG).

I **fusi neuromuscolari**, che si trovano in tutti i muscoli scheletrici in parallelo con le fibre muscolari extrafusali, sono considerati la fonte più importante della propiocezione. Essi sono altamente sensibili e la loro densità varia ampiamente in tutto il corpo, riflettendo le diverse esigenze funzionali. Essi sono innervati, a livello delle estremità polari delle fibre muscolari intrafusali, da piccole fibre motorie denominate fibre efferenti gamma, che ne regolano la

sensibilità e gli permettono di ricevere le informazioni sulla lunghezza muscolare trasmettendo simultaneamente segnali afferenti (39). I fusi rilevano quindi la lunghezza e la velocità di allungamento e di stiramento muscolare. Quando un muscolo si allunga, i fusi rilevano la variazione di lunghezza e trasmettono un impulso afferente al midollo spinale scaricando direttamente sui motoneuroni che innervano la muscolatura che darà a sua volta come risposta la sua contrazione mediante riflesso monosinaptico (**riflesso miotatico**). (27)

Gli **OTG** sono ubicati in serie con le fibre muscolari a livello della giunzione miotendinea. Sono sensibili alla variazione di tensione muscolare e hanno funzione protettiva, evitando tensioni dannose e regolando il tono muscolare. Quando un muscolo si contrae provocando eccessiva tensione, essi attivano gli interneuroni inibitori e inducono la diminuzione della tensione muscolare, l'inibizione dei muscoli sinergici e l'attivazione degli antagonisti (**riflesso miotatico inverso**). Come i fusi, hanno densità variabile e sono estremamente sensibili. Solo l'integrazione tra fusi e OTG può generare afferenze capaci di fornire una stima della lunghezza e della tensione del complesso muscolo-tendine utile a gestire efficacemente le attività di movimento e di controllo posturale.

I propriocettori articolari sono le **terminazioni di Ruffini**, i **corpuscoli di Pacini** e le **terminazioni nervose libere** demielinizzate. (9) Essi sono stati considerati storicamente "rilevatori limite" situati agli estremi del range articolare e stimolati solo in condizioni di notevole carico articolare (32, 27, 9), tuttavia è ormai noto che questi propriocettori forniscono un input durante tutta l'escursione articolare, sia in condizioni di alti che di bassi carichi, stimolando forti scariche dai fusi neuromuscolari. Sono quindi di vitale importanza per la stabilizzazione articolare. (39)

I meccanorecettori dimostrano differenti caratteristiche di adattamento correlate alla loro risposta ad uno stimolo. **Meccanorecettori a rapido** adattamento (corpuscoli di Pacini), riducono la loro frequenza di scarica fino ad esaurirla entro pochi millisecondi dall'insorgenza di uno stimolo continuo. **Meccanorecettori a lento adattamento** (terminazioni di Ruffini e OTG), continuano a trasmettere in risposta a stimoli continui. I primi sono ritenuti responsabili delle informazioni cinestetiche consce ed inconsce e sono considerati molto importanti in diversi sport caratterizzati da rapidi cambi di direzione. I secondi sono responsabili del feedback continuo, ossia delle informazioni propriocettive relative alla posizione dell'articolazione nello spazio (27, 39)

### 1.3) L'elaborazione delle informazioni propriocettive

Le informazioni propriocettive vengono processate a più livelli del SNC: spinale, del tronco cerebrale, dei centri corticali superiori così come al nucleo cerebrale sottocorticale e al cervelletto. L'informazione è principalmente trasferita, attraverso diverse vie ascendenti, al midollo spinale e al talamo, poi alla **corteccia somatosensoriale** (propriocezione cosciente) o tramite il nucleo spinale al **cervelletto** (propriocezione inconscia). Queste informazioni prima di culminare nel comando motorio finale che coordina i pattern di attivazione dei muscoli scheletrici vengono integrate con altre informazioni somatosensoriali, visive e vestibolari (39).

Considerando i livelli di elaborazione della propriocezione, **Riva** (34, 35, 36) l'ha suddivisa in propriopercezione e archeopropriocezione. Mentre la prima si riferisce alla rappresentazione cosciente di posizione e movimento, la seconda, che ritiene comprendere la maggior parte del flusso di segnali afferenti, si riferisce ai segnali che raggiungono le strutture sottocorticali, le più primitive, del sistema nervoso (midollo spinale, tronco encefalico e parte rostrale del cervelletto) e che non sono dominio della coscienza.

## 2- LA PROPRIOCEZIONE NELL'EQUILIBRIO POSTURALE ED I SISTEMI DI CONTROLLO A FEEDBACK E FEEDFORWARD

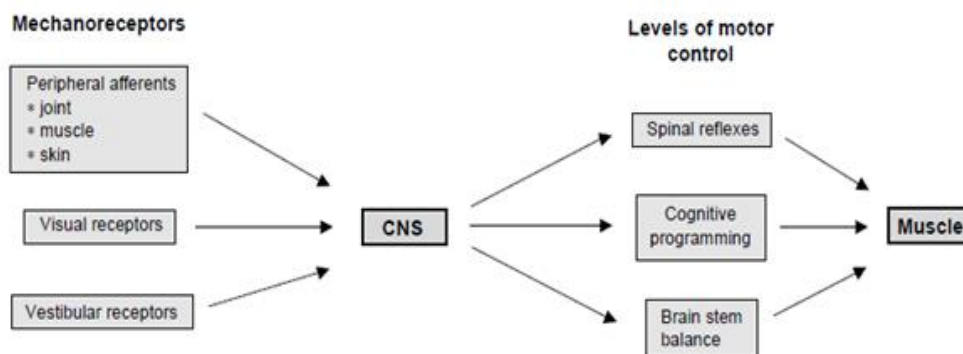
### 2.1) Definizione di equilibrio posturale, feedback e feedforward

L'**equilibrio posturale** si riferisce alla condizione in cui i segmenti articolari sono allineati per far cadere il baricentro in un'area ottimale dei massimi limiti di stabilità, ossia per fare in modo che il soggetto non cada, sia in condizioni statiche che dinamiche (27). Durante qualsiasi movimento volontario o nelle perturbazioni che si riscontrano durante il cammino, la corsa o il salto, la muscolatura gioca un importante ruolo nel mantenimento della postura desiderata. Essa infatti permette il controllo posturale tramite meccanismi riflessi (**aggiustamenti posturali**) che mantengono il centro di massa corporea all'interno della base di appoggio. Tuttavia perché avvenga una risposta muscolo-scheletrica appropriata, è richiesta la corretta percezione delle informazioni corporee e ambientali e l'elaborazione di tali input da parte del SNC, che si avvale di due sistemi di controllo differenti, definiti a feedback e a feedforward.

Lo stimolo di una **risposta correttiva** all'interno di del sistema corrispondente dopo la rilevazione sensoriale, è spesso considerato un controllo a **feedback**, mentre il controllo a **feedforward** è stato descritto come l'**azione anticipatoria** che avviene prima della rilevazione sensoriale che può portare alla perdita dell'equilibrio. (32)

## 2.2) Le informazioni dei sistemi sensoriali e la loro elaborazione

Qualsiasi cambiamento improvviso della posizione della base di appoggio, stimola una sequenza di attivazione muscolare che dipende da programmi motori che si dipartono dal SNC ed interagiscono con i riflessi periferici. L'**informazione** afferente per una fine messa a punto dei movimenti, è fornita principalmente dai recettori dei **sistemi visivo, vestibolare e somatosensoriale** (in particolare propriocettivo) (9), che durante le attività motorie, forniscono i dati necessari per entrambe le forme di controllo.



Alcune delle informazioni afferenti possono essere ridondanti attraverso le tre fonti sensoriali, in modo tale da consentire il mantenimento dell'equilibrio anche in caso di situazioni conflittuarie o deficitarie (10, 27, 9). Nonostante ciò, un ruolo unico e specifico è associato con ciascuna fonte.

Ad esempio, durante le fasi di programmazione del movimento, le immagini visive vengono utilizzate per creare un modello dell'ambiente dove il movimento verrà compiuto. La **propriocezione** invece consente di aggiornare i comandi anticipatori (feedforward) derivanti dall'immagine visiva, oltre a fornire le informazioni necessarie alla programmazione del gesto motorio, come ad esempio le posizioni attuali e previste dei segmenti corporei coinvolti e la tensione richiesta per ciascun muscolo. In molte circostanze l'input propriocettivo è il più rapido ed accurato dei tre sistemi, nonostante l'origine delle informazioni che rilevano perturbazioni o modificazioni dell'ambiente esterno sia spesso largamente associata con l'input visivo (33)

L'**apparato vestibolare** a sua volta, informa sull'accelerazione gravitazionale, lineare e angolare della testa in rapporto allo spazio, tuttavia non fornisce dati sull'orientamento in relazione agli oggetti esterni, inoltre è il **meccanismo più tardivo** a entrare in gioco perché presenta la soglia di attivazione più elevata. La maggior latenza di questo sistema, impreciso e violento, rappresenta un fattore positivo, perché consente agli altri due sistemi di gestire gran parte delle situazioni posturali in modo più raffinato. Rappresenta pertanto un mezzo di emergenza che sovrasta gli altri due sistemi quando i movimenti del capo superano una certa ampiezza e velocità (10, 34, 35, 36).

Le informazioni ricavate dai sistemi sopra descritti, vengono elaborate dalle due forme di controllo in modo differente. Secondo alcune teorie, nel controllo a **feedforward** i precedenti feedback sensoriali riguardo un determinato compito vengono utilizzati per la programmazione degli schemi motori di attivazione muscolare, questo processo utilizza le informazioni delle esperienze passate per programmare anticipatamente l'attività muscolare. Questi comandi da parte del SNC sono responsabili dell'**attività muscolare preparatoria** e dei **movimenti ad alta velocità**.

Il meccanismo a **feedback** invece si basa su numerose vie riflesse che modulano continuamente l'attività riflessa elaborando le informazioni afferenti istante per istante. Questo comporta lunghi ritardi di conduzione per cui esso si adatta meglio al **mantenimento della postura** e alla **regolazione dei movimenti lenti**. (32, 9)

Entrambi i controlli possono migliorare l'equilibrio e la stabilità, a patto che le vie sensoriali e motorie vengano stimolate frequentemente per migliorarne la trasmissione e di rendere l'individuo maggiormente capace di elaborare le informazioni, in particolare quelle propriocettive, in modo tale da integrarle ed utilizzarle nel miglior modo possibile (13, 31). Dopo un certo lasso di tempo infatti, il segnale rimane in memoria per essere poi richiamato nella programmazione dei movimenti successivi. **Una facilitazione frequente può migliorare sia la memoria per il controllo motorio preparatorio, sia le vie riflesse per il controllo reattivo** (27).

### **3- EQUILIBRIO POSTURALE E STABILITA' DINAMICA: LA PROPRIOCEZIONE NELLA PRATICA SPORTIVA E NELLA PREVENZIONE DEGLI INFORTUNI**

#### **3.1) La stabilità articolare dinamica**

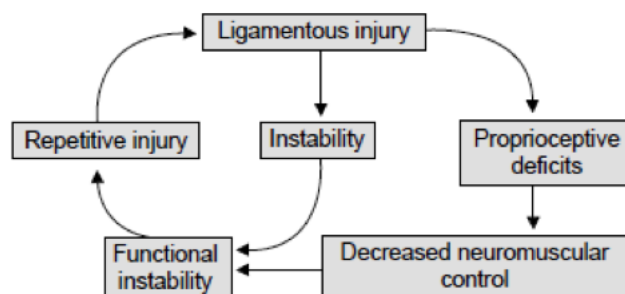
In qualsiasi situazione motoria, sono presenti la gravità, l'inerzia e forze di reazione che creano un carico esterno specifico sulle strutture muscoloscheletriche. Questo carico è contrastato da forze di interne che bilanciano quelle esterne. Un infortunio avviene quando il carico applicato ad una struttura eccede la sua capacità di sostenerlo. Per ridurre l'incidenza degli infortuni, è richiesto o di ridurre il carico sulla struttura o di aumentare la capacità di quest'ultima di sostenere il carico applicato. Possedere una buona propiocezione significa che tutte le componenti muscoloscheletriche sono in equilibrio per vincere gran parte del sovraccarico sulle strutture e questo è fondamentale nel mantenere la stabilità articolare dinamica.

La **stabilità articolare dinamica (o funzionale)** può essere definita come la capacità di attivare appropriatamente i muscoli per stabilizzare un'articolazione insieme al supporto degli stabilizzatori meccanici. Poiché l'equilibrio posturale è regolato dallo stesso sistema periferico afferente che media la propriocezione e dipende in parte dalla capacità di integrazione del senso di posizione e movimento con il controllo neuromuscolare, viene indicato come indice della stabilità funzionale. (27). In pratica, essa è il “prodotto” del sistema propriocettivo (9, 10).

Il mantenimento della stabilità funzionale è garantito dalla relazione complementare tra **componenti statiche** (legamenti, capsula articolare, cartilagine, etc.) e **dinamiche**. I contributi dinamici derivano dal controllo neuromuscolare a feedback e feedforward dei muscoli che attraversano l'articolazione. Alla base dell'efficacia dei vincoli dinamici, vi sono invece le caratteristiche fisiche e biomeccaniche dell'articolazione (tra cui escursione, forza e resistenza).

### 3.2) L'importanza della propriocezione nella stabilità e nella prevenzione

Un trauma muscoloscheletrico può risultare non solo in un'instabilità meccanica dovuta al danneggiamento delle componenti statiche, ma anche in una parziale deafferentazione provocata da un danno ai propriocettori.



La perdita del feedback propriocettivo contribuisce all'instaurarsi dell'**instabilità funzionale**, portando ad un circolo vizioso di perdita di tenuta muscolare riflessa, micro e macro infortuni ripetuti e lassità progressiva. (9)

L'equilibrio è una grande componente delle abilità coordinative che permettono il controllo del movimento, esso emerge come chiave trainante delle abilità motorie dall'età di 10 anni, facendo sorgere l'importanza di allenare questa capacità, cui poi si aggiungeranno le capacità condizionali (forza, velocità e resistenza). In molti sport infatti, un miglior equilibrio è fondamentale per compiere movimenti precisi e complessi, inoltre le evidenze suggeriscono che esso sia correlato con una buona capacità di elaborazione centrale della propriocezione. Quindi questa potrebbe giocare un ruolo chiave ai fini della prestazione atletica e per evitare infortuni agli arti inferiori che possano inficiare la stabilità funzionale. (13, 16, 31)



Interventi popolari per la prevenzione di infortuni e recidive agli arti inferiori, includono tutori, tape e bendaggio funzionale (che tuttavia possono limitare la performance o allentarsi durante l'utilizzo), rinforzo muscolare del distretto specifico e programmi di allenamento (1, 2).

Molti studi hanno analizzato l'efficacia di programmi di allenamento preventivi per gli infortuni, tuttavia spesso le componenti includono oltre all'allenamento propriocettivo, rinforzo muscolare, agilità, pliometrica ed esercizi sport-specifici. L'allenamento propriocettivo coinvolge esercizi che mettono alla prova la capacità di una determinata articolazione di recepire e rispondere ad input afferenti riguardo la posizione articolare.

E' stato ipotizzato che gli **esercizi propriocettivi** siano la componente più importante per i programmi di riabilitazione e prevenzione. Infatti è stato trovato che programmi di propriocezione sono efficaci come forma preventiva 2° per ridurre l'incidenza di infortuni, mentre come prevenzione primaria sono stati trovati pochi studi, poco rilevanti o che non distinguevano tra soggetti sani e patologici, tuttavia si stima il suo ruolo sia significativo (1).

Un'interessante **review** del 2015 (16) sostiene l'importanza di allenare equilibrio e propriocezione, affermando che gli infortuni del distretto della caviglia sono 4 volte più frequenti nei giocatori di calcio con scarse capacità di equilibrio rispetto a soggetti con abilità nella norma e che anche nei giocatori di basket, uno scarso equilibrio è significativamente associato al rischio di infortunio alla caviglia, sia nel sesso maschile che femminile. Giocatori con scarsa propriocezione di caviglia infatti, utilizzano un pattern alterato di cocontrazione dei flessori plantari e dorsali, risultando in una maggiore forza di impatto al momento del salto, associato quindi ad un maggior rischio di infortunio.

Lo studio di **Hrysomallis** (18) concorda affermando che una riduzione delle capacità di equilibrio è significativamente correlata con l'aumento del rischio di infortuni alla caviglia in diverse attività sportive e ritiene che allenare la propriocezione promuova il meccanismo neuromuscolare di co-contrazione degli agonisti e antagonisti, intesa come l'intervento concomitante di una coppia di muscoli antagonisti che agiscono attorno ad una data articolazione per correggere e migliorare la performance, che rappresenta un potente meccanismo contro possibili infortuni, permettendo la stabilizzazione dinamica dell'articolazione. (41, 42)

L'aumento della stiffness muscolare attorno all'articolazione infatti, è regolata dai propriocettori e risulta in una riduzione della dislocazione dell'articolazione e in una ridotta sollecitazione delle strutture articolari. Inoltre, sembra che l'attività muscolare preparatoria contribuisca significativamente al controllo dinamico con l'aumento della sensibilità allo stiramento dei fusi

neuromuscolari e la riduzione del ritardo elettromeccanico necessario allo sviluppo della tensione muscolare. I muscoli preattivati possono adattarsi rapidamente per sostenere carichi esterni, agendo quindi sulla stabilità articolare dinamica. (32, 33)

**Quinzi** (28) riferisce che durante movimenti complessi (come calciare), si osserva un aumento del livello di coattivazione, con lo scopo non solo protettivo ma anche per permettere il controllo fine dei movimenti. Tuttavia, si ipotizza che gli adattamenti sport-specifici possano produrre degli squilibri muscolari che predispongono agli infortuni. Ad esempio, in gran parte della popolazione sono stati riscontrati squilibri attorno al ginocchio ed è stato proposto che una riduzione della forza degli hamstring rispetto al quadricipite, sia implicata come potenziale meccanismo per gli infortuni agli arti inferiori. Poiché la loro attivazione può ridurre il carico sulle strutture passive che limitano il ginocchio e stabilizzare il ginocchio da carichi esterni in varo / valgo, un deficit di forza di questi muscoli può contribuire ad aumentare il rischio di rottura del LCA. (42)

### **3.3) La propriocezione nella performance sportiva**

Sebbene gran parte dei movimenti corporei delle attività quotidiane siano automatici, l'**attenzione** cosciente è richiesta per imparare compiti complessi, come avviene nella pratica sportiva. Ad esempio, quando si usa il piede per controllare il pallone o compiendo una varietà di movimenti con l'arto superiore mentre si pattina sul ghiaccio, eseguendo le tecniche di arti marziali in un pattern coordinato, etc.

Imparare nuove abilità motorie significa sviluppare nuovi pattern di movimento elaborando le informazioni propriocettive appropriatamente. Nuovi programmi neuronali vengono sviluppati, rifiniti dalla ripetizione e trasferiti alle regioni fondamentali del cervello, dove vengono eseguiti con meno sforzo e inoltrati più velocemente per l'output motorio (13). Il **feedback propriocettivo** è cruciale nella sensazione conscia ed inconscia del movimento di un'articolazione o di un arto e una maggior consapevolezza della posizione e del movimento corporeo consente di eseguire diverse azioni senza il continuo riferimento della coscienza.

Anche le informazioni ricavate dal sistema visivo contribuiscono al controllo dell'equilibrio, tuttavia nello sport, questo canale è spesso occupato a tracciare un'attività nell'ambiente esterno e ad elaborare informazioni sugli avversari o sulla traiettoria del pallone, sugli ostacoli presenti nell'ambiente etc. Poiché il **SNC** utilizza la strategia di riponderazione contando su fonti più affidabili di informazioni per ottimizzare il controllo dell'equilibrio, la propriocezione, se adeguatamente allenata, può essere una di queste fonti da utilizzare per una buona prestazione.

In particolare la propiocezione di caviglia sembra essere la più determinante nelle capacità di equilibrio che influiscono sulla performance sportiva, in quanto spesso il complesso caviglia – piede è l'unica parte del corpo a contatto con il terreno. (15, 16)

**Han** (14) ha trovato che la propiocezione di caviglia è significativamente e positivamente correlata con il livello di prestazione sportiva nel calcio. Ritiene che i calciatori esperti, ripartiscano meno capacità centrale per elaborare le informazioni propriocettive per il controllo del movimento. In tal modo, dedicano maggior attenzione a compiti come localizzare i compagni di squadra e gli avversari, determinando la miglior opportunità per passare il pallone o calciare.

Un sistema propriocettivo allenato quindi sembra essere fondamentale sia per la prevenzione di infortuni e recidive, sia per ottenere una buona performance sportiva che a sua volta non infici sulla stabilità dinamica.

#### **4- VALUTARE L'EQUILIBRIO PER OSSERVARE LA PROPRIOCEZIONE: SINGLE LEG BALANCE TEST E STAR EXURSION BALANCE TEST**

Un'adeguata valutazione della propiocezione in ambito clinico, in assenza di strumenti sofisticati e costosi, può rivelarsi complessa. Inoltre non esiste ancora un metodo universalmente accettato che consenta una valutazione oggettiva e precisa della funzione propriocettiva, cioè della sensibilità (l'intensità del più piccolo stimolo rilevabile) e la dell'acutezza (la più piccola differenza percepita tra due stimoli rilevabili) propriocettiva (7, 13). Tuttavia, una valutazione è necessaria per ottenere dei dati obiettivi sia sulla presenza di deficit, sia sull'indice di miglioramento in seguito ad un intervento riabilitativo o ad un programma di allenamento, in soggetti sani o infortunati.

Prendendo come esempio i disordini muscoloscheletrici, che spesso sono spesso causa o conseguenza di deficit propriocettivi in atleti o persone attive, sono state create numerose tipologie di test che indagano più o meno specificatamente questi deficit.

I test che valutano la propiocezione nello specifico, esaminano il senso di posizione articolare, la cinestesia e/o il senso di forza. I test per il senso di posizione osservano la precisione o l'accuratezza nel riportare una data articolazione ad un'angolazione prestabilita, i test per la cinestesia valutano la capacità di rilevare il movimento dell'articolazione utilizzando il test di soglia di rilevamento del movimento passivo o la capacità di discriminazione del movimento.

I test per il senso di forza valutano la capacità di percepire e riprodurre una quantità di forza sub-massimale predeterminata precedentemente (4, 9, 39).

Purtroppo, c'è poco consenso circa il metodo migliore da usare, questa mancanza di chiarezza è in parte dovuta al fatto che le misure di sensibilità propriocettiva vengono confrontate con le misure di acuità derivanti da un altro metodo, o il senso di movimento viene confrontato con il senso della posizione (13). Inoltre, numerosi fattori possono influire sui risultati come ad esempio la velocità o l'ampiezza del movimento, che dovrebbero quindi essere standardizzati, o specifici per un'attività. (39)

Molte volte quindi, per valutare atleti o persone attive, vengono ritenuti più funzionali test meno specifici che coinvolgono la propiocezione inconscia (4), come avviene ad esempio nei test per l'equilibrio. Infatti, le capacità di equilibrio dipendono ampiamente dal sistema propriocettivo e sono indispensabili nello sport, perciò valutarle potrebbe rivelarsi più utile, rispetto ai test sopracitati.

Questi test, interessando tutte le aree corporee ed altre funzioni sensoriali e motorie, vengono spesso eseguiti provocando perturbazioni di determinate informazioni sensoriali per sollecitare maggiormente il sistema propriocettivo. Ad esempio escludendo il contributo visivo, modificando la posizione della testa per disturbare le informazioni vestibolari oppure utilizzando superfici instabili per valutare la sensibilità dei riflessi propriocettivi e la stabilità della caviglia, osservando quanto il riflesso monosinaptico è integro e quanto la cocontrazione neuromuscolare viene aumentata. (39)

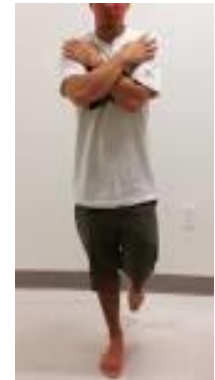
Poiché in questo studio l'interesse era osservare il contributo della propiocezione più che valutarne le singole componenti, la scelta è ricaduta su due test sull'equilibrio, ritenuti più funzionali per lo scopo. Sono stati scelti il Single Leg Balance Test, che può essere maggiormente sensibilizzato escludendo il canale visivo, e lo Star Excursion Balance Test, che con il suo grande utilizzo in ambito sportivo e la sua dinamicità, è sembrato potesse rendere più completa la valutazione.

#### **4.1) Single Leg Balance Test**

Il **Single Leg Balance Test (SLT)** o unipedal stance test, viene utilizzato di frequente per valutare l'equilibrio statico e la propiocezione agli arti inferiori (4, 22). Esso può essere definito come una variante più complessa del classico test di Romberg, in cui il soggetto mantiene la stazione eretta bipodalica prima ad occhi aperti e poi chiusi mentre il valutatore esamina se sono presenti

eccessive oscillazioni, probabile segno di un deficit ad uno dei sistemi deputati al controllo dell'equilibrio.

Il SLT consiste nel mantenere la stazione eretta monopodalica con il ginocchio controlaterale flesso, restando ad occhi chiusi il maggior tempo possibile senza produrre oscillazioni evidenti o perdite di equilibrio. Gli arti inferiori non devono toccarsi, il piede a contatto con il pavimento non deve spostarsi e le braccia devono restare nella posizione iniziale. In caso di valutazione dell'equilibrio di soggetti anziani, si può svolgere anche ad occhi aperti, tuttavia far chiudere gli occhi permette di sensibilizzarlo maggiormente per valutare il sistema propriocettivo.



Viene spesso utilizzato nei soggetti anziani, associato con l'utilizzo di una pedana stabilometrica che analizza le oscillazioni posturali tramite la registrazione dello spostamento del centro di pressione (COP) (37). Tuttavia sembra che anche da solo, questo test possa essere un utile strumento di valutazione, anche per evidenziare il rischio di infortunio.

Infatti, **Trojian e McKeag** (44) hanno utilizzato il SLT su un gruppo di atleti che praticavano pallavolo, football americano o calcio e che avessero subito pregressi infortuni alla caviglia. Durante il test veniva registrato se i soggetti in esame riferivano un senso di disequilibrio o non riuscivano a mantenere la posizione per 10 secondi (test positivo). E' stata evidenziata un'associazione significativa tra rischio di infortunio alla caviglia e positività del test, con un rischio relativo pari a 2.54 (intervallo di confidenza del 95%, 1.02 - 6.03). Lo studio inoltre sostiene la buona riproducibilità del test inter-operatore, aumentandone quindi l'affidabilità.

#### 4.2) Star Excursion Balance Test

Lo **Star Excursion Balance Test (SEBT)**, oltre a possedere un'ottima affidabilità intraoperatore (0.85 - 0.96 intraclass correlation coefficient ) e interoperatore (0.81 – 0.93 ICC) è uno strumento che può essere adoperato in numerosi contesti e scopi: per testare l'equilibrio dinamico in persone attive, differenziare tra soggetti sani e soggetti con disturbi agli arti inferiori, identificare deficit di equilibrio e verificare l'outcome di un intervento, in soggetti sani o infortunati. (12)

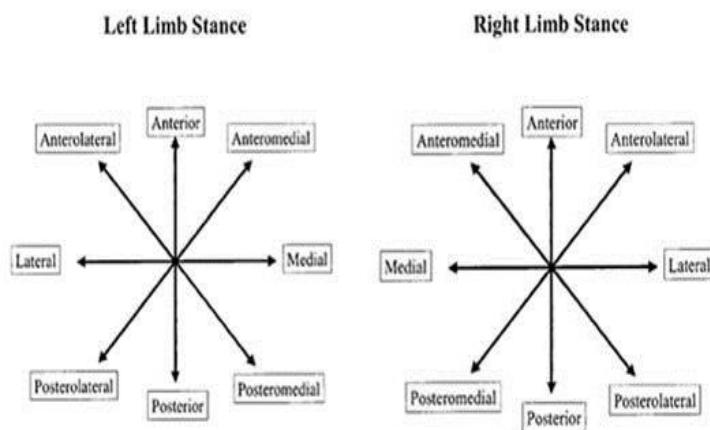
Nella sua versione originale questo test consiste in 8 direzioni da raggiungere, create segnando con del tape 4 linee sul pavimento che si incrociano a metà in un unico punto, distanziandosi tra loro di 45°, a formare una stella.

La consegna del test prevede di stare in equilibrio su un solo arto inferiore nel punto di incrocio, mentre con l'arto controlaterale si cerca di raggiungere la massima distanza possibile in ogni direzione, misurandola con un metro. L'outcome misurato è quanto distante riesce ad andare il

soggetto senza violare le seguenti regole per una corretta esecuzione: mantenere una base di appoggio stabile senza muovere il piede, apportare solo un leggero tocco con la parte più distale del piede, tornare alla posizione iniziale senza sbilanciarsi o appoggiare l'arto inferiore, mantenere gli arti superiori sul bacino. Siccome per l'esecuzione della prova vengono poste poche ma definite restrizioni di movimento al soggetto in esame, esso può trovare il pattern di movimento a lui più funzionale per la performance.

La distanza raggiunta è utilizzata come indice del controllo posturale dinamico (una maggiore distanza implica un miglior equilibrio), il test può essere utilizzato per comparare gli arti inferiori dello stesso soggetto o tra soggetti diversi e per quantificare deficit o miglioramenti in seguito ad un intervento.

Le direzioni da raggiungere sono: Anteriore, posteriore, antero-laterale, antero-mediale, mediale, laterale, postero- mediale, postero-laterale (A,P,AL,AM,M,L,PM,PL). La denominazione delle direzioni fa riferimento all'arto in appoggio (vedi figura). Ogni direzione richiede una combinazione di movimenti saggitali, frontali e trasversali per essere raggiunta.



La dinamicità di questo test mette alla prova non solo le capacità di equilibrio e di controllo posturale ai limiti di stabilità, ma anche propriocezione, forza muscolare e flessibilità. Un deficit in una sola di queste componenti può portare al mancato completamento della prova. (12)

Poiché la distanza raggiunta è inizialmente influenzata dall'apprendimento, per ciascuna delle 8 direzioni è richiesto un numero minimo di prove in modo tale da raggiungere un plateau nella performance, prima di registrare la misurazione definitiva. Inizialmente si sosteneva che questo avvenisse tra la 7° e la 9° prova, dunque venivano raccomandati 6 tentativi per ogni direzione prima di segnare la distanza definitiva. Portarlo a termine significava utilizzare una grande quantità di tempo e aumentare il rischio di errore che avrebbe potuto inficiarne l'affidabilità.

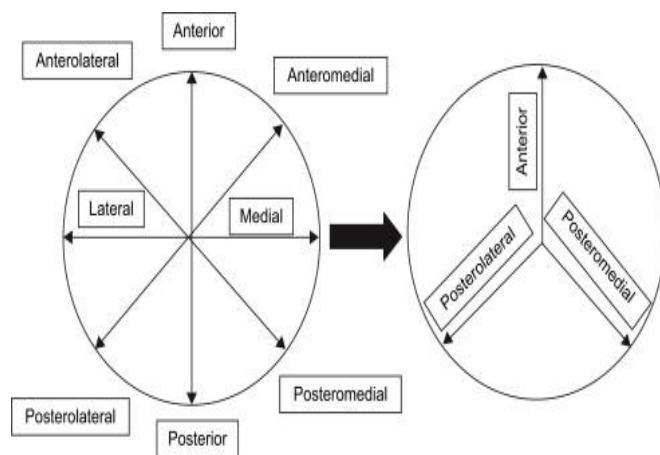
Per rendere più veloce l'esecuzione del test, **Robinson e Gribble** (38) hanno dimostrato che sono sufficienti 4 tentativi per ottenere un plateau prestazionale tale da poter misurare la distanza con sicurezza. Questa affermazione è stata poi confermata da altri studi che hanno trovato sufficiente

eseguire solamente 4 prove (o 3 escludendo la registrazione definitiva), con un'affidabilità pari a 0.84 – 0.92 ICC (6).

Un'altra novità introdotta, per permettere il confronto tra più soggetti, è stata la normalizzazione delle misurazioni. Infatti, correlando la lunghezza degli arti inferiori con la distanza raggiunta, l'altezza dei soggetti non influenza il risultato finale. Per misurare la lunghezza dell'arto si prendono come riferimento la spina iliaca antero-superiore (SIAS) e la parte più distale del malleolo interno. Successivamente si divide la misurazione della distanza raggiunta dal soggetto in una delle direzioni per la lunghezza dell'arto inferiore, moltiplicando il risultato per 100.

Per avere un indice globale della prestazione in tutte le direzioni, è sufficiente sommare la misurazione di ciascuna direzione, moltiplicare la lunghezza dell'arto per 8 (il numero di direzioni), dividere tra loro i due valori ottenuti e moltiplicare per 100 la cifra ottenuta (26).

Per snellire ulteriormente il test, **Hertel** (17) ha suggerito l'esistenza di una ridondanza nelle misurazioni delle 8 direzioni, arrivando alla conclusione che il test possa essere fatto in una sola o in meno direzioni senza togliere qualità e affidabilità alle informazioni ottenute. Ne utilizza infatti con successo una versione con tre sole direzioni (A, M, PM), evidenziando che soggetti con instabilità cronica di caviglia hanno performance significativamente peggiori nella direzione rispetto a soggetti sani e che la direzione PM può essere utilizzata per identificare questo deficit.



Le ricerche hanno suggerito che con istruzioni e pratica appropriate del soggetto e la normalizzazione delle distanze tramite la misurazione della lunghezza dell'arto inferiore, il SEBT possa essere usato per dare misure obiettive per differenziare deficit e miglioramenti nel controllo posturale dinamico correlato con gli infortuni agli arti inferiori.

Inoltre, poiché testa le capacità di equilibrio dinamico e una precarietà di questa capacità è considerata un fattore di rischio per infortuni agli arti inferiori nello sport, questo strumento può essere considerato un potenziale predittore del rischio di infortuni.

Ad esempio **Plinsky** (26) nel suo studio, ha valutato 235 giocatrici di basket utilizzando il SEBT a 3 direzioni (A, PM, PL) ad inizio stagione e le ha poi rivalutate tenendo conto degli infortuni incorsi durante la stagione. E' emerso che giocatrici con una differenza di punteggio maggiore di

4 cm nella direzione anteriore del SEBT hanno un rischio di infortunio agli arti inferiori 2.5 volte maggiore, e ragazze con punteggio complessivo minore del 94% della lunghezza del loro arto inferiore hanno un rischio 6.5 volte maggiore di infortunio. I suoi ritrovamenti sono stati confermati anche da altri studi (11, 20)

Prendendo in considerazione possibili fattori influenzanti la performance al SEBT, la conformazione del piede e il peso non sembrano avere influenze significative. Mentre invece sembra che essa sia influenzata dal ritmo circadiano, infatti è migliore al mattino piuttosto che al pomeriggio e alla sera, viene quindi suggerito di standardizzare l'orario in compiere la valutazione (12).

Alcune evidenze riportano differenze nella performance correlate all'età tra atleti dello stesso sport, potrebbe quindi rivelarsi utile definire valori normativi separati al SEBT. Età e misure antropometriche (altezza e peso), possono essere fattori determinanti importanti nel rischio di infortunio, andrebbero quindi considerati nell'utilizzo di uno strumento come il SEBT tra soggetti con età diverse. Nonostante siano state rilevate performance differenti tra atleti giovani ed adulti, le differenze di peso ed altezza, a valori normalizzati, non spiegano questa differenza. Un'ipotesi sono il diverso controllo neuromuscolare, l'escursione articolare e l'attivazione muscolare. Soggetti giovani e con meno esperienza avranno valori minori rispetto agli adulti, bisogna quindi fare attenzione con i valori limite ritrovati da alcuni autori prima di considerare a rischio di infortunio questi soggetti. (23)

Non si sono riscontrate differenze significative tra uomini e donne normalizzando i valori, tuttavia è stata notata una performance peggiore, maggiore negli uomini, eseguendo il test dopo affaticamento. Infatti l'affaticamento modifica l'efficacia della contrazione muscolare delle fibre extrafusali e delle informazioni afferenti dai fusi neuromuscolari, quindi altera il controllo neuromuscolare. E' dunque logica l'associazione tra modificazione della performance del SEBT e affaticamento, si raccomanda quindi di eseguire la valutazione a riposo. (12)

Nel verificare gli esiti di un programma di allenamento, il SEBT è stato utilizzato sia in soggetti con disturbi agli arti inferiori (17) sia in soggetti sani, dopo un programma di esercizi di equilibrio e controllo neuromuscolare volti a migliorare il controllo posturale dinamico. Sono stati riscontrati miglioramenti significativi nella performance al SEBT dalla valutazione iniziale al follow – up. (12) Ad esempio, **Fitzgerald** (8) ha riportato miglioramenti significativi al SEBT nelle direzioni A, PM e PL da 2.95 a 9.4% dopo 12 sessioni di esercizi con la wobble board e ed esercizi di stabilizzazione posturale.



Interessanti le raccomandazioni per un corretto svolgimento del test, definite da una **review** del **2012** (12)

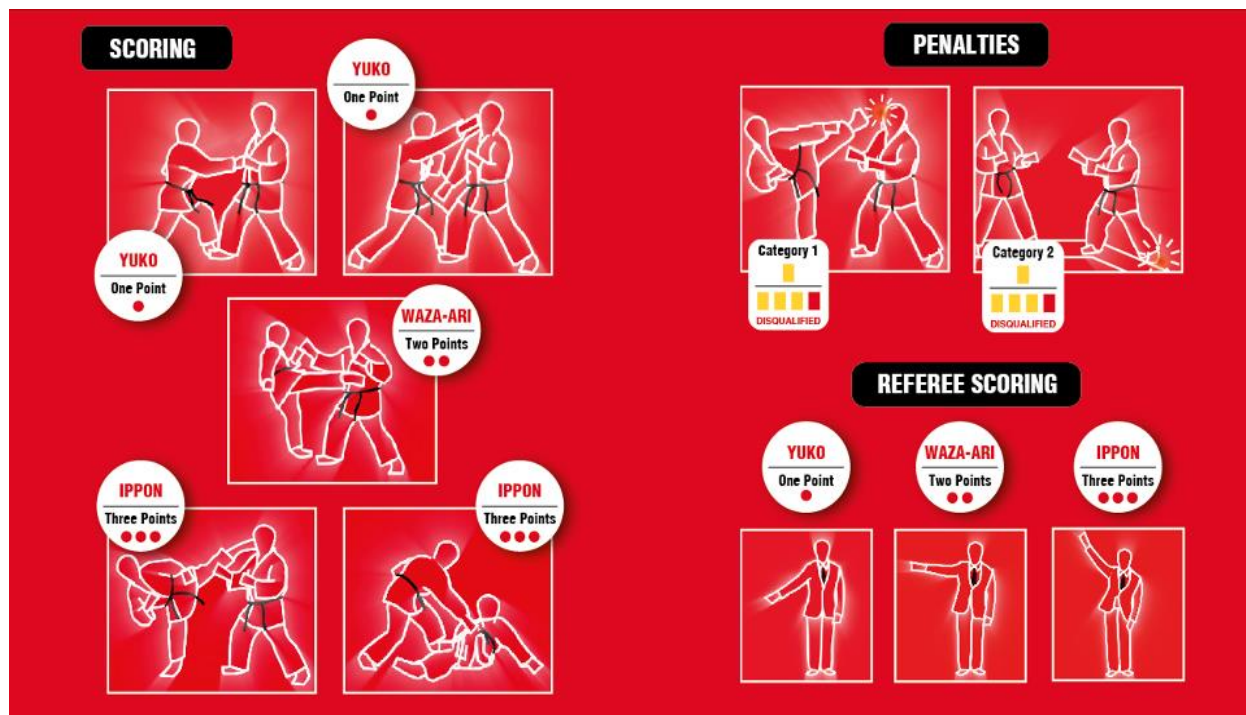
- Il soggetto deve stare a piedi scalzi, per aumentare la standardizzazione ed evitare modificazioni della performance dovute a calzature diverse
- Eseguire 4 prove, in modo da raggiungere un plateau da effetto apprendimento
- Dare una posizione iniziale del piede di appoggio uniforme e riproducibile, sono possibili più metodi, l'importante è usare la stessa posizione alla rivalutazione
- Permettere minimi movimenti del piede di appoggio e movimenti del tronco sotto controllo in modo da ridurre l'errore
- Normalizzare la distanza raggiunta con la lunghezza dell'arto inferiore in appoggio
- Tenere le mani sul bacino durante l'esecuzione del test per migliorare la standardizzazione del movimento

## 5- IL GESTO SPORTIVO DEL KARATE

Il karate negli ultimi anni si è imposto come una delle Arti Marziali e sport da combattimento più diffuse, in cui i giovani comprendono circa il 65% dei praticanti. (42, 46)

Il karate consiste principalmente in due discipline: kata e kumite. Il kata si riferisce ad una serie di movimenti e tecniche contro un avversario immaginario, il kumite è sinonimo di combattimento, attuato tra due atleti. Il kumite moderno, definito “non-contact”, si discosta dal tradizionale non solo ponendo maggior interesse alla preparazione atletica e allo studio della tecnica, volta ad una migliore performance sportiva in vista alla partecipazione alle competizioni, ma prevede anche il controllo totale delle tecniche senza danneggiare l'avversario o fermandole prima del contatto corporeo con quest'ultimo.

E' permesso solo un tocco leggero (nessun contatto per le categorie più giovani) per le tecniche di calcio dirette alla testa, faccia e collo, mentre per le tecniche dirette al tronco è permesso un contatto controllato (21, 28). La **World Karate Confederation (WKF)** infatti, per ridurre l'incidenza degli infortuni e preservare l'incolumità dei praticanti, ha imposto nuove regole quali l'utilizzo di protezioni adeguate e approvate dalla stessa, penalità in caso di contatto nelle zone vietate (p.e. gola ed articolazioni) o di tocco eccessivo e la modificazione del punteggio assegnato alle tecniche di attacco (pugni, calci e proiezioni). (21, 46)



La modificazione delle regole del combattimento impone un maggior controllo dei segmenti corporei durante lo svolgimento delle tecniche mantenendole al tempo stesso veloci ed incisive. Questo richiede non solo eccellenti abilità di equilibrio e coordinazione, ma anche la costante consapevolezza della localizzazione di questi segmenti, in modo tale da individuare la situazione migliore per andare a punto, prevenendo contatti eccessivi o illeciti che potrebbero danneggiare l'avversario.

Il **kumite** oltre a queste capacità, richiede in un lasso di tempo relativamente breve (la durata di un combattimento è di circa 2-3 minuti a seconda della categoria), un'altissima intensità, in cui la muscolatura coinvolta dev'essere reclutata velocemente e con uno sforzo massimale, ed alti livelli di abilità motorie e funzionali, quali agilità, forza muscolare e flessibilità. (41, 48). Questi compiti motori anche molto complessi, producono carichi significativi e gran parte dell'allenamento viene svolto in posizioni che possono porre uno stress significativo sulle articolazioni dell'arto inferiore, particolarmente a caviglia (20, 44) e ginocchio (42).

Appare evidente come sia fondamentale lo sviluppo di queste abilità per ottenere una buona performance che però eviti di sollecitare ulteriormente le articolazioni.



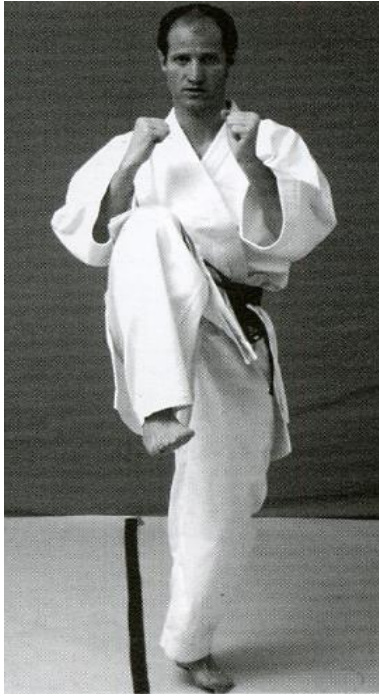
*Esempio di mawashi-geri jodan*

Tra le numerose tecniche del karate, una delle più complesse e utilizzate (nelle competizioni se eseguita correttamente viene dato il massimo punteggio), è il **calcio mawashi-geri** (calcio circolare, in inglese turning o roundhouse kick) (30).

La tecnica di calcio può essere eseguita diretta alla testa (jodan) o al tronco dell'avversario (chudan). Se l'attacco viene portato verso la testa dell'avversario, il piede dell'arto che sta calciando deve essere controllato e fermato prima di entrare in contatto con il bersaglio, se invece l'attacco è portato al tronco, il contatto è permesso ma non deve essere eccessivo (29).

Anche se calciatori e atleti di karate condividono un obiettivo in comune nella tecnica di calcio, ossia di ottenere la massima velocità del segmento più distale del corpo, questa azione differisce per alcuni aspetti. Una differenza è l'altezza del target: a livello del suolo nel calcio e il più delle volte oltre l'altezza della vita nel karate. Inoltre, nel karate alcune tecniche di calcio sono eseguite su diversi piani anatomici, mentre nel calcio il più delle volte l'azione inizia e termina sullo stesso piano. Non si possono quindi comparare gli studi su una tecnica di calcio al mawashi-geri del karate (30).

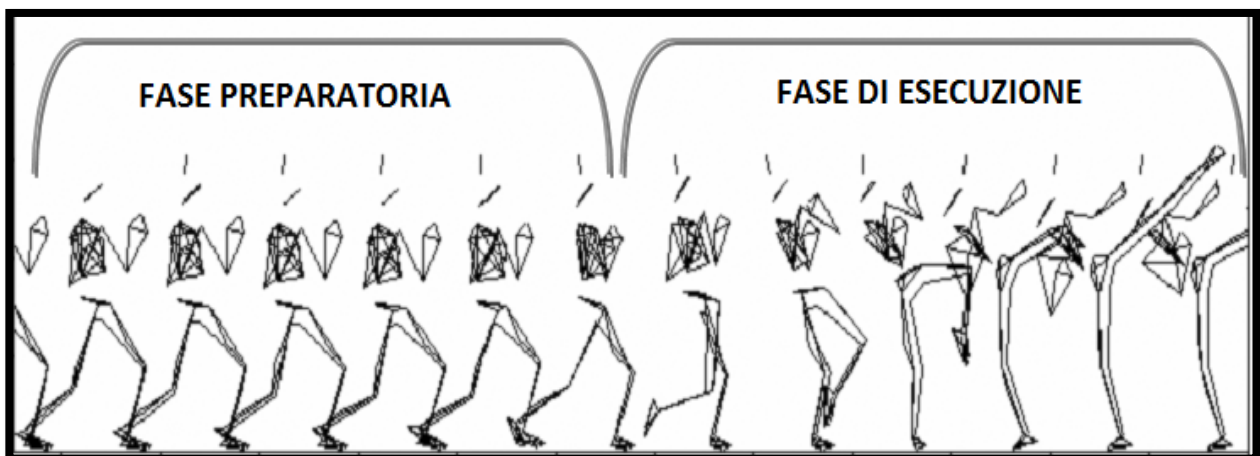
Questa tecnica circolare si esegue in appoggio monopodalico sui 3 piani dello spazio, colpisce lateralmente l'avversario specularmente all'arto che effettua il calcio e richiede che il corpo ruoti sul suo asse longitudinale di circa 90°. Il movimento avviene sull'appoggio di un piede mentre si ruota cercando di colpire in modo preciso e controllato sollecitando al massimo l'articolazione coxo-femorale (3). Il corpo dell'atleta quindi, muovendosi in rotazione secondo il piano orizzontale attorno all'asse verticale passante per il piede stazionato a terra, è teso a colpire l'avversario. (40). Immaginando la difficoltà di esecuzione di questa tecnica, risulta facile comprendere l'importanza della precisione tecnica associata alla capacità di equilibrio dell'atleta.



Nel mawashi-geri, l'inizio della tecnica viene identificata dallo stacco a terra del piede, passando da un equilibrio bipodalico a monopodalico. La fase del calcio (fase di esecuzione) viene divisa da **Quinzi** (28) in caricamento e fase del calcio. Nel caricamento (vedi immagine a lato), il ginocchio della gamba che calcia è sollevato alla posizione in cui l'anca è flessa oltre i 90° ed il ginocchio è completamente flesso.

Successivamente l'anca dell'arto che calcia viene portata in extrarotazione e abduzione, mentre l'arto inferiore in appoggio è posto in extrarotazione di anca ed il ginocchio lievemente flesso. (3, 28). Nell'ultima fase l'anca dell'arto che calcia viene mantenuta in abduzione e portata in rotazione interna ed estensione, con concomitante estensione del ginocchio.

In questa fase è stata dimostrata negli studi di **Quinzi** (28, 29) una sostanziale differenza tra calcio con contatto (al tronco) e senza contatto (al viso). Nel primo, al momento dell'impatto, piede, ginocchio e pelvi sono allineati orizzontalmente, mentre nel secondo è stata evidenziata un'ampia attivazione del bicipite femorale durante la fase di estensione del ginocchio, con lo scopo di decelerare la tibia prima dell'impatto e di estendere l'anca in modo da non colpire il target pur raddrizzando l'arto il più possibile.



Si ipotizza che la possibilità di colpire o meno un bersaglio influenzi l'attivazione muscolare durante l'esecuzione del calcio, tuttavia il calcio senza contatto deve comunque essere veloce e preciso come se dovesse colpire il target.

Per assolvere alle richieste del calcio senza contatto, è richiesto un controllo attivo del piede che “colpisce”, intrapreso affidandosi al controllo dell'intero arto, invece di controllare il penultimo segmento della catena cinetica (cioè la parte inferiore della gamba).

Non sono state riportate differenze di picco di velocità angolare nell'estensione di ginocchio tra i due calci, probabilmente perché essendo stati testati atleti d'élite, essi sono in grado di eseguire il calcio alla massima velocità pur controllando il piede per prevenire l'impatto. Mentre invece, picchi significativamente più alti di spostamento e velocità angolare sono stati riportati durante l'estensione di anca nel calcio senza contatto. Una maggior estensione di anca e ginocchio può migliorare il controllo dell'arto, caratterizzato da un minor momento angolare del centro di massa della tibia intorno all'asse verticale del corpo, inoltre l'elevata estensione d'anca produce un momento angolare totale della coscia nella direzione opposta al bersaglio. Quindi la somma di questi due fattori produce un minor momento angolare totale dell'arto inferiore, che contribuisce ad un miglior controllo del calcio senza impatto.



## PARTE SECONDA: OSSERVAZIONE

### 1- MATERIALI E METODI

#### 1.1) Contesto:

L'osservazione dei partecipanti allo studio è stata svolta presso la palestra in cui si svolgono abitualmente gli allenamenti della società sportiva di appartenenza (A.S.D. Shotokan Karate Ryu Venezia), in due momenti differenti. Il primo momento, compreso tra Giugno e Luglio 2016, include la prima valutazione a T0, il programma di esercizi associati all'allenamento (4 settimane) e la rivalutazione alla fine del programma a T1. Il secondo momento (Settembre 2016), comprende la rivalutazione a T2, in concomitanza con l'inizio della nuova stagione di allenamento. Il periodo di osservazione complessivo è quindi compreso tra Giugno e Settembre 2016.

Il filmato per esaminare la tecnica di calcio, è stato effettuato nell'area predisposta all'allenamento, che prevede una serie di materassine quadrate semi-rigide in due colori (solitamente blu e rosse) utilizzate nel karate come pavimentazione, per evitare traumi in caso di caduta. In sede di gara vengono disposte a delimitare la zona deputata al combattimento (8x8 metri, con 2 metri di sicurezza per lato) (46). La valutazione dell'equilibrio invece, è stata effettuata in una stanza a parte, dividendo il campione in piccoli gruppi di 2-3 atleti per volta, in modo tale da permettere la totale concentrazione di ciascun soggetto e per avere una superficie rigida per effettuare i test. Sia in fase di valutazione, sia durante il programma di esercizi, i soggetti erano scalzi. Questo non solo perché il karate viene praticato senza calzature, ma anche per evitare che quest'ultime inficino i risultati.

#### 1.2) Partecipanti:

Prima di iniziare lo studio, è stato consegnato a ciascun atleta un foglio in cui veniva spiegato a grandi linee lo scopo dello studio e contenente un **questionario** per ottenere informazioni sugli'anni di esperienza nel karate ed eventuali altri sport, presenza di infortuni precedenti o episodi ricorrenti di capogiri. E' stato inoltre richiesto il consenso firmato dai genitori per i soggetti minorenni. Allo studio hanno aderito inizialmente 13 atleti, tuttavia è avvenuto un drop-out di 3 di essi, due di essi non hanno terminato le valutazioni, uno si è ritirato. Il campione finale è quindi di 10 atleti, 7 femmine e 3 maschi.

I criteri di inclusione allo studio sono:

- Età compresa tra i 10 e i 18 anni
- Assenza di traumi / infortuni agli arti inferiori negli ultimi 6 mesi
- Non soffrire di capogiri ricorrenti
- Praticare karate da almeno 1 anno

Non è stata fatta limitazione per peso ed altezza dei soggetti, che tuttavia sono state misurate in sede di valutazione. La scelta di partire dai 10 anni è stata fatta in quanto più studi concordano nell'affermare che a quest'età i bambini hanno sviluppato un pattern di equilibrio simile ai soggetti adulti (5, 24, 31), particolarmente in relazione all'utilizzo delle informazioni visive (19). Inoltre, dalla letteratura è emerso che se l'obiettivo è sviluppare pattern di movimento più resistenti agli infortuni, può essere più semplice lavorare con atleti giovani che non hanno ancora stabilito il proprio pattern di movimento (25). Sono stati scelti soggetti sani poiché spesso gli studi riguardanti il sistema propriocettivo includono soggetti infortunati o gruppi misti, è sembrato quindi più opportuno osservare gli effetti sulla persona sana, per evitare la distorsione fornita da eventuali deficit a carico dei sistemi sensoriali.

### **1.3) Strumenti di valutazione:**

I test di valutazione e la videoregistrazione, sono stati eseguiti in due momenti diversi, tuttavia entrambi dopo 10-15 minuti di riscaldamento a cui è seguito qualche minuto di riposo, per evitare limitazioni e traumi muscolo-tendinei ed escludere l'influenza dell'affaticamento.

#### **1- Single Leg Balance Test**

Il primo test per l'equilibrio effettuato è il Single Leg Balance Test (o Single Leg Stance Test), descritto precedentemente. Come è stato già spiegato, il test valuta la quantità di tempo in cui si riesce a mantenere la stazione monopodalica, senza perdere l'equilibrio o produrre ampie oscillazioni. Sebbene possa essere effettuato anche ad occhi aperti, si è deciso di farli chiudere in modo tale da eliminare il contributo visivo alla stabilità e di sollecitare maggiormente il sistema propriocettivo.

Siccome le indicazioni sulla posizione delle braccia variano a seconda degli autori e non esiste una posizione standard, ne è stata scelta una da far assumere ad ogni soggetto, che deve rimanere invariata durante l'esecuzione del test. Agli atleti è richiesto di tenere le braccia incrociate e le mani sulle spalle. Il test viene eseguito senza scarpe su una superficie rigida, il piede dell'arto in appoggio non deve spostarsi dal punto di partenza, segnato con del nastro adesivo, l'arto controlaterale è flesso al ginocchio di circa 90°.



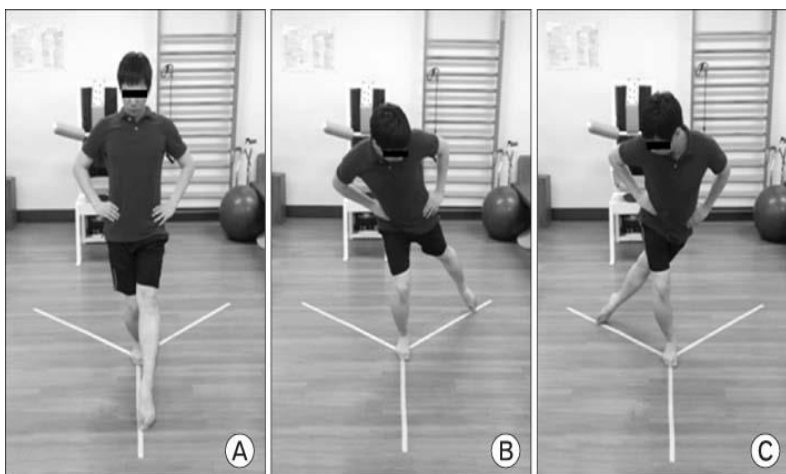
Il cronometro viene fatto partire quando il soggetto è in posizione e chiude gli occhi. Il tempo viene interrotto quando il soggetto tocca terra con il piede in sospensione, sposta il piede di appoggio per perdita di equilibrio, produce ampie oscillazioni con il tronco, muove le braccia o apre gli occhi. Vengono eseguiti 3 tentativi per arto inferiore, alternando gli arti ad ogni prova, tenendo conto per l'analisi della media dei risultati.

E' un test eseguito in statica e per questo sembrerebbe distante dalla dinamicità gesto sportivo, tuttavia la stazione monopodalica, oltre ad essere indispensabile in molte attività della vita quotidiana (come salire e scendere le scale) è una fase fondamentale nella tecnica del calcio esaminata in questo studio, inoltre è interessante osservare l'entità e il tipo di oscillazioni prodotte durante l'esecuzione del test.

## 2- Star Excursion Balance Test

Il secondo test per l'equilibrio utilizzato è lo Star Excursion Balance Test (SEBT). Questo test è più dinamico del precedente, inoltre, come è stato spiegato precedentemente, è un utile strumento per indagare la presenza di eventuali deficit o il rischio di infortunio agli arti inferiori. Dalla stazione monopodalica, viene misurata la distanza raggiunta con l'arto inferiore libero, in 8 diverse direzioni segnate con del nastro sul pavimento.

In questo studio è stata utilizzata la versione semplificata del test, con 3 direzioni: anteriore, postero-mediale e postero-laterale. Le direzioni sono state segnate sul pavimento con del nastro adesivo centimetrato, in modo da agevolare la misurazione. I due segmenti posteriori hanno un angolo di  $90^\circ$  tra loro, mentre la direzione anteriore presenta un angolo di  $135^\circ$  rispetto alle altre due direzioni. Nel punto di intersezione dei tre segmenti, è posta una linea perpendicolare rispetto alla direzione anteriore, a segnare il punto in cui porre il piede di appoggio. In particolare, le dita del piede di appoggio non devono mai superare la linea durante l'esecuzione del test.



Sebbene alcuni autori abbiano utilizzato altri punti di riferimento, ad esempio tenendo il tallone lungo la direzione anteriore (nel suo punto inizio), nei raggiungimenti posteriori, è stato scelto di non variare la posizione del piede a seconda delle direzioni (vedi immagine).

L'importante è mantenere la posizione prescelta anche nella rivalutazione.

Prendendo in considerazione le raccomandazioni della **review** (12) precedentemente esposte, le condizioni fornite agli atleti per l'esecuzione corretta del test sono:

- Esecuzione a piedi scalzi
- Mantenere le mani sul bacino durante tutta l'esecuzione
- Non spostare il piede di appoggio dalla posizione iniziale (sono permessi piccoli movimenti, ad esempio sollevare leggermente il tallone)
- Movimenti del tronco sono permessi se non inficiano il controllo dell'equilibrio

Prima di eseguire il test, viene misurata la lunghezza degli arti inferiori di ciascun atleta, prendendo come riferimenti la spina iliaca antero-superiore (SIAS) e la porzione più distale del malleolo interno. Questi dati serviranno per standardizzare i risultati ottenuti e ottenere il valore composito (la somma normalizzata delle tre direzioni).

Ad esempio, se volessimo standardizzare il valore ottenuto nella direzione anteriore con l'arto destro, il calcolo da svolgere sarà:

$$\% \text{ ANT dx} = (\text{distanza raggiunta} / \text{lunghezza arto}) \times 100$$

Se invece volessimo osservare il valore globale raggiunto nelle tre direzioni con l'arto destro:

$$\% \text{ TOT dx} = [(\text{distanza A} + \text{distanza PM} + \text{distanza PL}) / \text{lunghezza arto} \times 3] \times 100$$

Viene eseguita una prova per ciascun arto inferiore, dopo una dimostrazione effettuata dall'operatore. Successivamente, vengono eseguiti 3 tentativi per arto, alternando gli arti inferiori in ciascuna direzione. Ad esempio, partendo con l'arto inferiore destro, la successione sarà: Arto destro direzione anteriore, arto sinistro direzione anteriore, arto destro postero – mediale, arto sinistro postero mediale, arto destro postero – laterale, arto sinistro postero – laterale. In questo modo si evita di affaticare maggiormente un arto rispetto all'altro.

Vengono segnate tutte le distanze raggiunte, per ciascuna direzione e per ogni arto inferiore. Per l'analisi si utilizzeranno le medie dei valori ottenuti nelle tre prove eseguite in ciascuna direzione.

### **3- Analisi del gesto sportivo (mawashi – geri)**

L'ultima fase della valutazione prevede la ripresa del gesto sportivo. Partendo dalla posizione di combattimento (zenkutsu – dachi), a ciascun atleta è richiesto di eseguire 6 calci mawashi – geri (3 per lato) su un pallone di spugna fissato ad un'asta perpendicolare al pavimento.

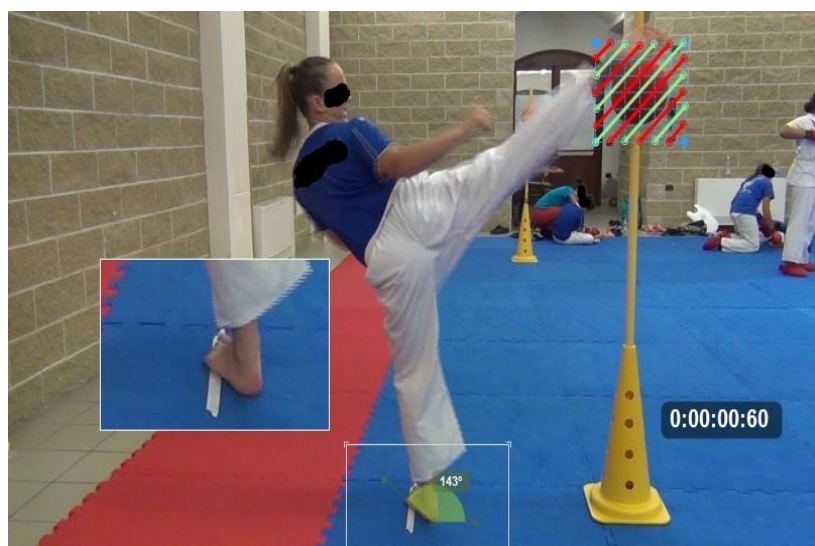
Sul tatami è segnata con del nastro adesivo una linea di riferimento per segnare il ritorno alla posizione iniziale, il piede dell'arto inferiore posto anteriormente, non deve oltrepassare la linea. Poiché la distanza e l'altezza ottimali sono diverse per ciascun atleta, prima di iniziare, ad ognuno è richiesto di eseguire un calcio di prova e successivamente regolare l'altezza del bersaglio e la sua distanza di conseguenza.

L'esecuzione della tecnica inizia quando il piede dell'arto inferiore arretrato si stacca dal suolo e termina quando l'arto inferiore controlaterale ritorna a terra. E' richiesta la massima precisione e velocità. In particolare, il piede dell'arto calciante non deve spostare il pallone e deve arrivare nella sua porzione centrale. Per agevolare la valutazione, i filmati verranno analizzati con l'ausilio del programma per l'analisi video "Kinovea".

Verranno analizzati:

- La velocità di esecuzione del calcio
- La posizione del piede calciante rispetto al bersaglio (precisione del calcio)
- L'angolo di rotazione del piede di appoggio

Nelle foto successive si può vedere un esempio di analisi del calcio. Il piede di appoggio dovrebbe ruotare di 180°, dalla fase di caricamento all'esecuzione infatti, l'avampiede guarda in due direzioni opposte. In questo caso immaginando una linea perpendicolare all'asse della gamba in appoggio, che delinea i 180°, il piede ha eseguito 143° di rotazione.

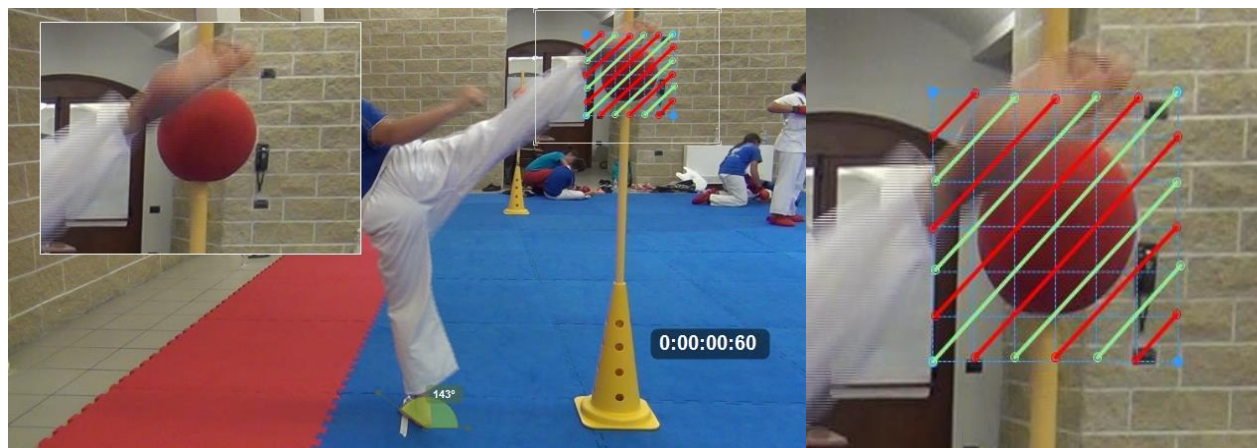


Il cronometro in basso a destra, mostra il tempo di esecuzione, in questo caso si vede la durata tra lo stacco del piede e l'arrivo sul bersaglio. L'esecuzione completa prevede anche il ritorno alla posizione iniziale. La griglia che si vede sul bersaglio serve a misurare la precisione del calcio.

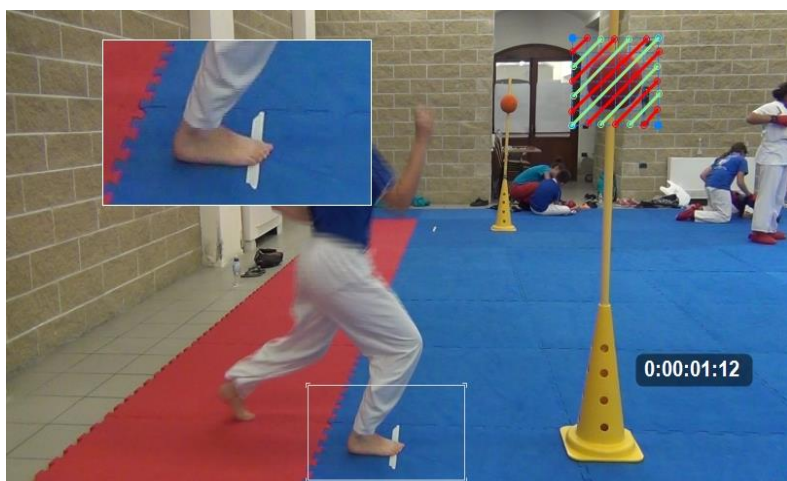
In particolare, per agevolare l'analisi, è stato deciso di assegnare un punteggio massimo di 3 punti se il mesopiede si trova tra le due linee rosse centrali, 2 punti se si trova tra la linea verde al centro e la linea verde successiva (sia quella sopra che quella sotto), 1 punto se si trova tra la linea rossa

più centrale e quella successiva (sia sopra che sotto), 0 punti dalla linea verde dopo la linea rossa centrale in poi (sia sopra che sotto). In quest'ultimo caso, il piede si trova fuori dal bersaglio.

Osservando l'immagine, il punteggio assegnato è pari a 0, in quanto il mesopiede si trova tra le ultime due linee verdi, ed è a malapena tangente al bersaglio.



Nella foto successiva si osserva la postura di ritorno dal calcio. Nel calcio mawashi – geri effettuato con l'arto più posteriore, la guardia di ritorno sarà opposta a quella iniziale, mentre se il calcio è effettuato con l'arto avanzato, la guardia rimane invariata. In questo studio ci soffermeremo ad analizzare solamente i calci con l'arto arretrato.



In questo caso, il piede dell'arto più avanzato è tornato sulla linea, è da considerarsi positivo. Se invece l'avampiede si trova completamente oltre la linea, il ritorno non è buono.

E' importante infatti, che l'atleta torni alla posizione di partenza, poiché in caso si trovasse troppo

vicino o lontano, le distanze corrette andrebbero perdute, arrivando eccessivamente a contatto con l'avversario o non toccando affatto il bersaglio, a discapito del punteggio. Nell'immagine si vede anche il tempo totale di esecuzione della tecnica (1,12 s).

Per l'analisi dei dati, verranno tenuti in considerazione: i valori medi dell'angolo di rotazione e del tempo di esecuzione migliori, ed il punteggio totale ottenuto dalla posizione del mesopiede nei tre calci (quindi un massimo di 9 punti per lato).

#### **1.4) Programma di esercizi propriocettivi**

Gli esercizi proposti agli atleti, sono stati scelti in base ai programmi di allenamento trovati in letteratura e adattati secondo il livello degli atleti e le esigenze del gesto sportivo.

Poiché tra gli autori non vi è consenso riguardo la durata del programma, della sessione degli esercizi e della frequenza, non è possibile definire dei tempi specifici per ottenere dei risultati ottimali. La variabilità infatti è molto alta, i programmi possono protrarsi da qualche settimana a diversi mesi, ogni sessione in media dura circa 10 – 15 minuti e la frequenza può essere giornaliera o settimanale (43).

In questo studio è stato stabilito un programma di 4 settimane, con cadenza bisettimanale secondo gli allenamenti della società sportiva. Il programma di esercizi si inserisce nell'allenamento abituale, dopo il consueto riscaldamento, ed è suddiviso in 5 tipologie di esercizi a cui possono essere apportate delle varianti, a seconda del livello raggiunto da ciascun atleta. La durata è mediamente di 20 minuti. Una volta che l'atleta ottiene una buona prestazione in un determinato esercizio, può passare alla sua variante. Visto che il programma non si protrae per lunghi periodi e poichè i soggetti osservati sono atleti allenati e senza danni muscolo-scheletrici o deficit propriocettivi, si è deciso di iniziare subito con situazioni di livello più avanzato rispetto alla consuetudine.

Normalmente infatti, soprattutto se si tratta di soggetti che hanno subito un infortunio, le posizioni di partenza si effettuano in bipodalica, in statica e ad occhi aperti, per poi progredire in situazioni più dinamiche e complesse, ad occhi chiusi.

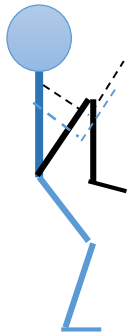
Oltre a basarsi su programmi ritenuti efficaci in letteratura, per la scelta degli esercizi si è tenuto conto anche della necessità di utilizzare sussidi di facile reperibilità. Il materiale scelto in questo studio per l'esecuzione degli esercizi è il seguente:

- Pallone di spugna
- Materassino semi-rigido
- Tavoletta propriocettiva di propria produzione (sussidio destabilizzante)

## ESERCIZI:

### 1- Caricamento frontale (equilibrio in stazione monopodalica)

Il soggetto effettua la prima fase di caricamento del calcio, un arto inferiore in appoggio, a ginocchio lievemente flesso, l'altro arto con anca e ginocchio flessi il più possibile. Arti superiori in posizione di "guardia". La consegna prevede di restare in equilibrio il più possibile (massimo 30 secondi), ad occhi aperti, senza muovere gli arti superiori o produrre ampie oscillazioni. Vengono fatte eseguire 4 ripetizioni per lato.



Varianti:

- Eseguire l'esercizio ad occhi chiusi
- Eseguire su superficie instabile (es. pallone di spugna / tappetone)
- Eseguire a coppie mentre ci si lancia un pallone o sbilanciandosi a vicenda
- Eseguire come il precedente, su superficie instabile

In questo esercizio all'atleta viene richiesto di porre attenzione all'appoggio, cercando di sollecitare maggiormente l'arto inferiore, in particolare la tibio-tarsica, rispetto ai distretti più craniali, in quanto potrebbero produrre oscillazioni di ampiezza tale da sollecitare il sistema vestibolare.

**Riva** (34, 35, 36) infatti, ritiene che un soggetto in appoggio monopodalico gestisca le situazioni di instabilità utilizzando tre possibili strategie: propriocettivo-visiva, di compenso con gli arti superiori e vestibolare. La prima consente il controllo posturale più raffinato. Il soggetto mantiene la testa ed il tronco quasi immobili mentre l'arto inferiore in appoggio trasla ad alta frequenza per gestire la situazione di instabilità. L'apparato vestibolare viene così messo in stato di quiete e non interferisce con la gestione del comportamento motorio derivante dagli altri due sistemi.

Nella seconda strategia, i rapidi cambiamenti di posizione e le accelerazioni a cui è sottoposta la testa fanno prendere il sopravvento a questo sistema che diventa pertanto il gestore primario dell'instabilità. Si tratta di un controllo impreciso, con latenze superiori, basato su continui

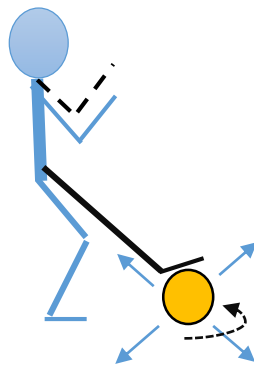


movimenti e contro-movimenti del tronco, delle anche e degli arti superiori, sempre eccessivi rispetto alla situazione biomeccanica da gestire.

Nella strategia di compenso con gli arti superiori il soggetto mantiene in quiete relativa il tronco usando le braccia come timone. Questa strategia viene utilizzata in presenza di una strategia propriocettiva-visiva inadeguata, per stabilizzare il sistema e limitare l'intervento vestibolare.

## 2- Disegni in monopodolica

Il soggetto in stazione monopodolica ad OCCHI CHIUSI, fa rotolare un pallone con l'arto inferiore libero, in diverse direzioni: inizialmente solo sul piano saggitale e frontale (cercando di rimanere su una linea immaginaria), successivamente disegnando numeri e lettere, cercando di ampliare progressivamente il movimento effettuato. Gli arti superiori sono in posizione di "guardia". Eseguire 12 ripetizioni per lato.



Varianti:

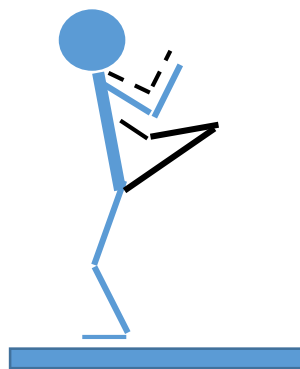
- Eseguire senza pallone, disegnando con la parte più distale dell'arto inferiore libero, apportando solo un tocco leggero (il carico è distribuito maggiormente nell'arto in appoggio).
- Restare in equilibrio mentre un compagno muove il pallone, cercando di non farsi sbilanciare e di tenerlo fermo (occhi chiusi).
- Restare in equilibrio ad occhi chiusi, mentre il compagno muove il pallone, cercando di identificare la figura che il compagno esegue (numeri, lettere).

In questo esercizio, l'atleta dovrà controllare l'arto inferiore in appoggio, sempre senza produrre ampie oscillazioni, e allo stesso tempo eseguire un compito con l'arto libero. E' il soggetto stesso a creare una situazione di instabilità crescente (aumentando l'ampiezza del movimento con il pallone) e allo stesso tempo è impegnato ad elaborare mentalmente la figura da "disegnare" con l'arto inferiore.

Nella variante in cui è il compagno a sbilanciare, il soggetto dovrà prevedere il movimento, cercando di evitarlo, o cercando di immaginare la figura, identificandola dal movimento del proprio arto, nel caso dell'ultima variante.

### 3- Caricamento del calcio

Il soggetto esegue il caricamento completo del calcio mawashi-geri su un tappetone semi-rigido, mantenendo la posizione senza perdere l'equilibrio. Mantenere per 10 secondi, 5 ripetizioni per lato. Inizialmente un compagno può sostenere il soggetto agli arti superiori finché non si stabilizza, riducendo via via il supporto.



Varianti:

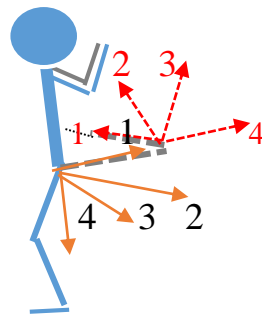
- Eseguire l'esercizio restando in posizione ad occhi chiusi.
- Eseguire l'esercizio ed effettuare dei piccoli spostamenti nei piani sagittale e frontale.
- Eseguire la variante precedente, eseguendo il calcio dopo lo spostamento (estensione del ginocchio).
- Eseguire il caricamento e gli spostamenti verso un compagno, successivamente effettuare il calcio a bersaglio (testa del compagno che si trova in posizione di guardia)

In questo esercizio si pone attenzione sulla posizione dei segmenti corporei, che devono essere allineati secondo quanto richiesto dalla fase di caricamento del calcio, il piede in appoggio dovrà quindi essere ben ruotato, il ginocchio lievemente flesso e tutto l'arto inferiore dovrà ricercare la stabilità cercando di ridurre al minimo le oscillazioni. Anche nell'esecuzione delle varianti, è importante mantenere l'assetto posturale, poiché se ad esempio eseguendo il calcio l'anca dell'arto libero si trovasse in flessione, il gesto perderebbe di efficacia poiché verrebbe a mancare il corretto allineamento.



#### 4- Riconoscimento di posizioni

Il soggetto esegue il caricamento completo del calcio mawashi-geri e chiude gli occhi. Un compagno sposta il ginocchio o l'anca dell'arto sospeso, in 4 posizioni diverse per ciascuna articolazione. Dopo aver fatto sentire tutte le posizioni, il compagno pone l'anca o il ginocchio in una delle posizioni senza dire quale, il soggetto deve riconoscere in quale posizione è stata messa l'articolazione (ad esempio: ginocchio in posizione 1). Eseguire 6 posizioni per arto. Se necessario, il soggetto può sostenersi con gli arti superiori ad un compagno, cercando di ridurre il sostegno progressivamente.



Varianti:

- Il compagno muove entrambe le articolazioni prima di chiedere la posizione
- Aumentare il numero di posizioni (da accordare con l'operatore prima di cominciare)
- Il compagno non muove le articolazioni, ma dice al soggetto quale posizione riprodurre
- Eseguire la variante precedente facendo muovere entrambe le articolazioni
- Variare la velocità del movimento o dare delle sequenze da riconoscere

#### *Posizioni del ginocchio:*

- 1- Posizione di partenza (ginocchio completamente flesso)
- 2- 90° di flessione
- 3- - 45° di estensione (3/4 di ritorno dalla flessione)
- 4- Estensione completa

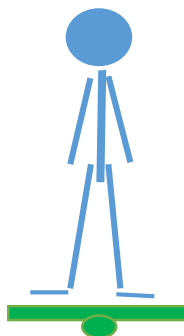
#### *Posizioni dell'anca:*

- 1- Posizione di partenza (anca completamente estesa)
- 2- Lieve flessione (15°-20°)
- 3- Flessione di 45°
- 4- Flessione di 90° (se il ginocchio è flesso, è il caricamento calcio circolare inverso – ura-mawashi)

Questo esercizio, eseguibile anche in decubito laterale, è stato scelto in quanto il sistema propriocettivo non è solamente coinvolto nel controllo neuromuscolare tramite l'evocazione dei riflessi, ma ci informa anche della posizione dei distretti corporei tra loro e rispetto allo spazio circostante. Nel gesto sportivo del karate inoltre, è fondamentale avere una corretta percezione delle posizioni, poiché come è già stato spiegato, la corretta esecuzione del calcio prevede che anca, ginocchio e caviglia siano allineati in una determinata posizione affinché la tecnica sia allo stesso tempo veloce e precisa.

#### 5- Equilibrio su tavoletta propriocettiva

Il soggetto cerca di restare in equilibrio in stazione bipodolica su una tavoletta propriocettiva (di propria produzione) ad occhi aperti, cercando di ridurre al minimo le oscillazioni al tronco e agli arti superiori. Per prendere confidenza con la tavoletta, appoggiarsi con gli arti superiori alle mani di un compagno, cercando di ridurre progressivamente il sostegno. Mantenere per 30 secondi. Eseguire prima con oscillazione sul piano frontale, poi sul piano saggitale con un arto più avanzato. In questo caso, mantenere 15 secondi e poi invertire l'arto avanzato. Gli arti superiori sono liberi, paralleli al tronco.



Varianti:

- Mantenere le mani sul bacino
- Eseguire a coppie, entrambi su tavoletta, restare in equilibrio appoggiando le mani su quelle del compagno, destabilizzandosi a vicenda muovendo gli arti superiori avanti e indietro senza perdere il contatto (eseguire sia sul piano frontale che saggitale)
- Mantenere l'equilibrio mentre si riceve un pallone
- Chiudere gli occhi
- Equilibrio in monopodolica (occhi aperti / chiusi)

Come è stato spiegato nel primo esercizio, per far nascere il massimo flusso di segnali propriocettivi dagli arti inferiori, e ottenere quindi la massima efficacia nella stimolazione dei riflessi

propriocettivi, è necessario ridurre al minimo i movimenti delle masse superiori del corpo (tronco, arti superiori). In questo modo, i centri nervosi che controllano i segnali afferenti in arrivo dagli arti inferiori e le risposte muscolari efferenti, devono rispondere alla massima frequenza, con un raffinato gioco di microcontrazioni di agonisti e antagonisti per assicurare la gestione della verticale. In pratica la massima attivazione del sistema propriocettivo e delle risposte muscolari riflesse si ottiene quando riusciamo a gestire il sistema multisegmentale (il corpo), come un sistema rigido con un unico punto di snodo a livello della caviglia. Anche se l'articolazione della caviglia è quella meccanicamente più sollecitata, tutte le articolazioni dell'arto inferiore emettono un altissimo flusso di segnali afferenti e la frequenza delle risposte riflesse è massima anche a livello del ginocchio e dell'anca. Questo perché le articolazioni dell'arto inferiore rappresentano un'unità funzionale in cui lo stato di deficienza di un distretto riduce la funzionalità degli altri anche quando questi sono esenti da lesioni strutturali (34).

## **2- ANALISI DEI DATI**

Hanno partecipato allo studio 10 soggetti, di età media complessiva di 13,3 anni, il peso medio di 44,5 Kg, l'altezza media di 1,40 m, ed il BMI (Body Mass Index) di 20,34 Kg / m<sup>2</sup>. Gli anni di esperienza nel karate in media sono 5,3 anni.

L'analisi è stata eseguita per entrambi gli arti inferiori, sui valori ottenuti nel Single Leg Balance Test (SLT), nei valori standardizzati del Star Excursion Balance Test (SEBT), secondo le tre direzioni (anteriore, postero-mediale e postero-laterale) e nel valore composito, e sui dati ricavati dall'analisi del gesto sportivo (tempo di esecuzione, angolo di rotazione e punteggio totale).

Per osservare le differenze tra le medie del gruppo nelle valutazioni a T0 e T1 (prima e dopo il programma di allenamento) e poter affermare di ritenerle statisticamente significative, cioè tali da rendere diversi i due campioni di dati, è stato utilizzato il t-test per dati appaiati. Ci si è avvalsi dello stesso test per determinare se i risultati ottenuti a T1 si fossero mantenuti anche a T2 (ultima valutazione), cioè se le medie a T1 e T2 sono effettivamente simili e quindi i due campioni di dati possono essere ritenuti praticamente uguali.

Il t-test per dati appaiati è un test statistico di tipo parametrico che viene utilizzato per determinare se due campioni possono essere derivati dalle stesse due popolazioni aventi la stessa media. Se l'indice t che si ottiene è molto alto, allora le due medie molto probabilmente saranno da considerarsi discordanti, se invece è basso, si accetta l'ipotesi che le due medie siano uguali.

Questo perché tramite il valore di  $t$  si può accedere al  $p$ -value, che indica il minimo livello di significatività per il quale l'ipotesi nulla (le due medie sono uguali), viene rifiutata. E' quindi una probabilità che esprime se sia più plausibile che i dati osservati provengano dall'ipotesi nulla o da quella alternativa (le medie sono diverse). Esso varia tra 0 e 1, più è piccolo, più i dati sono vicini all'ipotesi alternativa.

Se  $p > 0,1$  le medie si considerano uguali, se  $0,05 < p < 0,1$  c'è una debole propensione verso una differenza tra le medie, se  $0,01 < p < 0,05$  la differenza tra medie è consistente, infine, se  $p < 0,01$  c'è una forte evidenza che le due medie siano differenti ed essa aumenta man mano che  $p$  si riduce. Tra T0 e T1 è stato ritenuto molto significativo un valore del  $p$ -value  $< 0,01$ , mentre tra T1 e T2, sono stati considerati significativi valori del  $p$ -value  $> 0,1$ .

Ad esempio, analizzando i valori tra T1 e T2 nel SLT con l'arto destro, abbiamo:

$t(T1-T2) = 1,011905654$  con  $p$ -value =  $0,33801$  ( $p > 0,1$ )

Quindi i due gruppi di dati (le due medie a T1 e T2) possono essere ritenuti praticamente uguali.

### 3- RISULTATI

Di seguito verranno riportati i risultati ottenuti al t-test per ogni tipologia di valutazione eseguita. Nella tabella si osservano le medie nei tre tempi di osservazione (T0, T1,T2), l'indice t risultante, il valore del p-value ottenuto ed il livello di significatività che ne consegue. Per ottenere una buona significatività, nel confronto tra T0 e T1 ciò che ci si aspettava di ottenere erano alti valori di t e bassi valori del p-value, mentre tra T1 e T2, ci si proponeva di osservare una t molto bassa e un p-value basso, a significare che le medie possono essere ritenute praticamente uguali.

L'analisi dei dati per quanto riguarda le osservazioni tra T0 e T1 ha riportato risultati decisamente significativi sia nei valori al Star Excursion Balance Test, sia nei valori ottenuti dall'analisi dei video per quanto riguarda il tempo di esecuzione. Al Single Leg Balance Test e nella valutazione dell'angolo di rotazione e del punteggio, si sono ottenuti risultati interessanti ma non altrettanto significativi. Tra T1 e T2 i risultati non sono stati allo stesso modo soddisfacenti, infatti solamente al Single Leg Balance Test, nell'analisi del gesto sportivo e in parte nella direzione postero-mediale del SEBT, le medie si sono mantenute abbastanza costanti da essere ritenute simili.

#### VALORI MEDI

<b>ARTO DX</b>	T0	T1	T2	Indice t (T0-T1)	p(T0-T1)	Significatività	Indice t (T1-T2)	p(T1-T2)	Significatività
<i>Single Leg</i>	16,799	37,057	32,789	3,98204	0,002	ALTA	1,01191	0,3380	ALTA
<i>ANT</i>	73,901	82,154	79,345	7,05122	0,0000003	ALTA	5,82247	0,0003	/
<i>PMED</i>	90,089	97,980	96,881	9,57153	0,000003	ALTA	2,20001	0,055	BASSA
<i>PLAT</i>	93,325	99,680	97,939	10,81868	0,000001	ALTA	2,91234	0,0172	/
<i>SEBT TOTALE</i>	85,772	93,271	91,388	14,09112	0,0000001	ALTA	7,84214	0,00003	/
<i>Tempo</i>	1,273	1,074	1,080	5,87415	0,0001	ALTA	0,41692	0,6865	ALTA
<i>Angolo</i>	141,9	150,0	150,2	4,52098	0,001	ALTA	0,06587	0,9489	ALTA
<i>Punteggio</i>	3,5	5,4	4,5	4,14614	0,001	ALTA	1,53598	0,1589	ALTA

#### VALORI MEDI

<b>ARTO SX</b>	T0	T1	T2	Indice t (T0-T1)	p (T0-T1)	Significatività	Indice t (T1-T2)	p(T1-T2)	Significatività
<i>Single Leg</i>	20,101	28,340	28,014	6,33199	0,0001	ALTA	0,11582	0,9103	ALTA
<i>ANT</i>	76,043	85,537	81,835	5,79093	0,0001	ALTA	3,31705	0,0090	/
<i>PMED</i>	91,726	104,455	101,919	9,00839	0,000004	ALTA	1,79110	0,1069	ALTA
<i>PLAT</i>	92,513	106,768	104,398	10,6942	0,000001	ALTA	2,40019	0,0399	/
<i>SEBT TOTALE</i>	86,761	98,920	96,051	13,9497	0,0000001	ALTA	3,44851	0,0073	/
<i>Tempo</i>	1,232	1,092	1,077	6,48074	0,0001	ALTA	0,66749	0,5212	ALTA
<i>Angolo</i>	140,0	150,8	148,3	3,04309	0,007	ALTA	0,94604	0,3688	ALTA
<i>Punteggio</i>	3,1	5,3	3,5	4,12500	0,001	ALTA	2,29011	0,0478	/



## 4- DISCUSSIONE

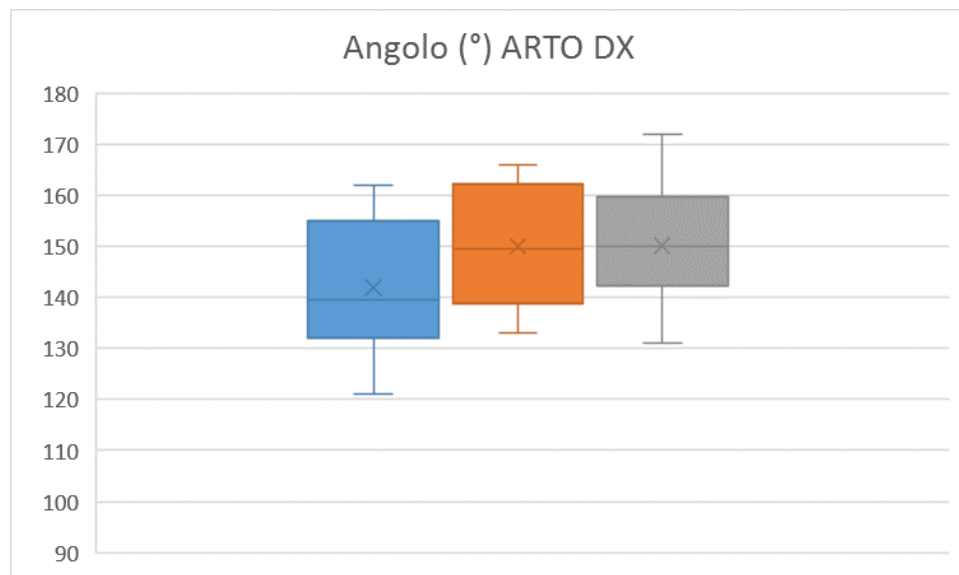
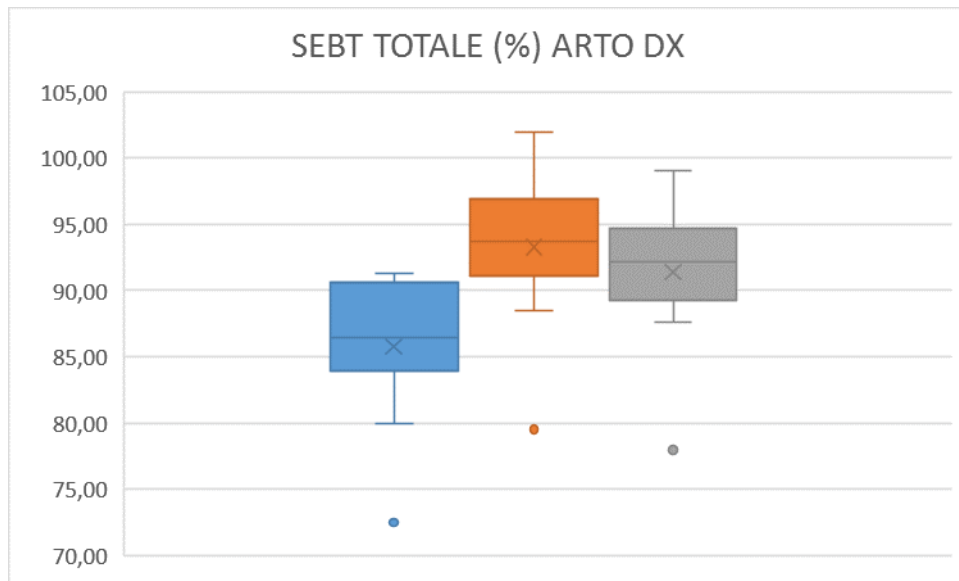
I dati riportati nelle tabelle sovrastanti, evidenziano che tra **T0 e T1** vi è stato un buon incremento nelle prestazioni sia nei test di equilibrio (SLT, SEBT) sia nel gesto sportivo. Nel complesso infatti, le medie risultano molto differenti e questo può far dedurre che nel gruppo osservato sia avvenuta una modificazione sostanziale dalla prima valutazione alla successiva.

Questo miglioramento della performance, in seguito al programma di esercizi propriocettivi, è un risultato certamente significativo e promettente, poiché i valori hanno una bassissima probabilità di essere dovuti al caso, sebbene la mancanza di un gruppo di controllo non permetta di dichiarare che questa modificazione sia avvenuta preferenzialmente in seguito all'allenamento propriocettivo.

Sebbene riguardo nell'analisi del gesto sportivo, la significatività sia meno preponderante rispetto ai test di equilibrio, si può affermare che un miglioramento nei parametri oggetto di studio, ovvero velocità di esecuzione, angolo di rotazione del piede di appoggio e precisione del calcio, vi sia stato. Va tuttavia dichiarato che l'analisi così condotta può risultare semplicistica rispetto alla complessità della tecnica, che richiederebbe un'osservazione più dettagliata ed elaborata, per poterne cogliere tutte le sfumature e le modificazioni. Ciò nonostante, in assenza di strumenti più sofisticati, è sembrato più opportuno oggettivare l'osservazione per semplificarne l'analisi, in modo tale da ricavarne dei dati che potessero risultare significativi.

Nelle tabelle riportate poc'anzi, è possibile osservare che le medie tra **T1 e T2** sono simili solo nel Single Leg Balance Test e nei parametri valutati nel video della tecnica, mentre la media complessiva al SEBT non si è mantenuta. Ad esempio, confrontando i diagrammi **box plot** (“a scatola e baffi”) sottostanti per l'arto inferiore destro di SEBT e angolo di rotazione del piede nel video della tecnica, si può notare che i valori si sono mantenuti maggiormente nel secondo caso.

Il grafico risulta utile per verificare se la distribuzione ha una proporzione di numeri piccoli e grandi equilibrata o se sono più numerosi i valori piccoli o quelli grandi. Nel box plot infatti, si visualizzano: il valore minimo e massimo (estremi delle linee esterne al rettangolo, dette “baffi”), il primo e terzo quartile (estremi della scatola, rispettivamente in basso e in alto), la mediana (la linea all'interno, che corrisponde al 50% dei valori) e la **media** (la X all'interno del rettangolo). Una linea esterna più lunga dell'altra indica che uno dei valori è troppo grande (o piccolo) rispetto agli altri. In uno studio con così pochi soggetti è probabile che questo accada, poiché la variabilità è piuttosto alta. I diagrammi completi di entrambi gli arti inferiori sono reperibili negli allegati.



Non è possibile quindi affermare che nel complesso i risultati si siano mantenuti. Una possibile interpretazione è che il programma di esercizi sia durato troppo poco (4 settimane per 8 allenamenti totali), per poter mantenere dei risultati duraturi. Alcuni autori (10), sostengono che la durata minima di un programma di rieducazione propriocettiva debba essere di 12 sedute per 6 settimane, e che in atleti di alto livello queste esercitazioni debbano protrarsi più a lungo per poter conseguire un controllo propriocettivo adeguato alle richieste prestazionali. Tuttavia, non esiste in letteratura un periodo predefinito di durata del programma, poiché le variabili in gioco sono molteplici e dipendono dalle necessità del soggetto e dal contesto.

Un'altra riflessione che ci si pone, è che la somiglianza delle performance nel gesto sportivo a T1 e a T2, potrebbero essere attribuibili al consueto allenamento, sebbene le medie si siano mantenute simili anche nel Single Leg Balance Test.



La minore significatività dei risultati tra T0-T1 al SLT e all'analisi del gesto, e la maggiore somiglianza delle performance tra T1-T2 in questi stessi metodi di valutazione, pongono un ulteriore dubbio, dovuto anche al numero limitato di soggetti reclutati nello studio risultante in un'alta variabilità dei valori, in particolare al SLT, il quale non permette di confermare appieno l'ipotesi iniziale.

In sintesi, le criticità dello studio sono:

- Assenza di un gruppo di controllo
- Numero ridotto di soggetti coinvolti
- Durata ridotta del programma di esercizi
- Semplificazione nell'analisi del gesto sportivo
- La valutazione e l'analisi sono state condotte dallo stesso operatore
- Follow-up ridotto

## 5- CONCLUSIONI

Lo studio si proponeva di osservare se allenando il sistema propriocettivo di un gruppo di atleti praticanti karate, tramite un programma di esercizi associati al consueto allenamento, si potessero apportare dei miglioramenti nelle capacità di equilibrio e quindi nell'esecuzione del gesto sportivo, in particolare nel calcio circolare mawashi-geri. Lo scopo era quindi vedere se la propiocezione è in grado di influenzare positivamente sia gli aspetti qualitativi che quantitativi della tecnica, come la velocità di esecuzione e la precisione, oltre ad essere un prezioso mezzo nella prevenzione degli infortuni.

I risultati ottenuti nella valutazione degli atleti, tramite due test di equilibrio (SLT e SEBT) e un video della tecnica, avvenuta prima (T0) e dopo (T1) il programma di esercizi e in successivo follow-up ad 8 settimane dal termine (T2), si sono rivelati molto interessanti.

Sembra infatti che tra T0 e T1 sia effettivamente avvenuto un miglioramento nelle performance degli atleti, sia ai test sia nel gesto sportivo, e nonostante non sia possibile affermare con certezza che esso sia stato provocato dal programma di esercizi, i risultati sono molto promettenti.

Tra T1 e T2 invece, non è possibile dichiarare che nel complesso questi miglioramenti si siano mantenuti, in quanto solo in alcuni casi le medie dei valori risultavano simili.

Valutando i risultati, l'ipotesi iniziale sembrerebbe confermata, anche se non si può essere certi della natura del miglioramento osservato. In futuro sarà necessario ampliare il campione di soggetti, porre un gruppo di controllo per effettuare un trial clinico e poter ottenere maggiori informazioni, e pianificare un sistema di analisi del gesto più elaborato che possa fornire dati più dettagliati. Inoltre sarebbe auspicabile un follow-up longitudinale a lunga distanza (1-2 anni), per monitorare i risultati e le modificazioni avvenute nello stesso campione.

Nonostante le criticità e le limitazioni, dovute anche alla scarsa, se non assente, presenza in letteratura di studi affidabili sulla biomeccanica e sul rischio di infortuni di natura non traumatica (da sovraccarico) nel karate sportivo, lo studio può essere un buon punto di partenza per poter sviluppare nuove ipotesi di lavoro. Inoltre, se si riuscisse ad agire sulla qualità del gesto dei giovani atleti prima che questo si consolidi, non solo migliorerebbe la performance, ma il rischio di infortuni si ridurrebbe, apportando benefici non trascurabili alla salute dell'atleta e alla società.

## BIBLIOGRAFIA

1. Aman J. E. The effectiveness of proprioceptive training for improving motor function: a systematic review (2015), *Frontiers in Human Neuroscience*,8:1-18
2. Andrew N., Could Targeted Exercise Programmes Prevent Lower Limb Injury in Community Australian Football? (2013), *Sports Med*, 43:751–763
3. Aschieri P. (2000), “Karate. Il Combattimento”, Sperling&Kupfer Editori, Milano
4. Clark C. N., Proprioception in musculoskeletal rehabilitation. Part 2: Clinical assessment and intervention (2015), *Manual Therapy*; 20:378-387
5. Condon C., Cremin K., Static balance norms in children (2014), *Physiother. Res. Int.*;19:1–7
6. Coughlan G. F., A Comparison Between Performance on Selected Directions of the Star Excursion Balance Test and the Y Balance Test (2012), *Journal of Athletic Training*; 47(4):366–371
7. Elangovan N., Assessing Proprioceptive Function: Evaluating Joint Position Matching Methods Against Psychophysical Thresholds (2014), *Physical Therapy*, Vol.94, 4:553-561
8. Fitzgerald D., Effects of a Wobble Board-Based Therapeutic Exergaming System for Balance Training on Dynamic Postural Stability and Intrinsic Motivation Levels (2010), *Journal of orthopaedic & sports physical therapy*; 40(1):11-21
9. Frontera W. R. (2007), “Clinical Sports Medicine. Medical Management and Rehabilitation”, Saunders/Elsevier
10. Gandini G., Francesconi K. (2015), “L'intelligenza nel movimento. Percezione, propiocezione, controllo posturale”, Edi.Ermes
11. Gonell A. C., Relationship Between the Y Balance Test Scores and Soft Tissue Injury Incidence in a Soccer Team (2015), *The International Journal of Sports Physical Therapy*; 10(7):955-966
12. Gribble P. A., Using the Star Excursion Balance Test to Assess Dynamic Postural-Control Deficits and Outcomes in Lower Extremity Injury: A Literature and Systematic Review (2012), *Journal of Athletic Training*;47(3):339–357
13. Han J., Assessing proprioception: A critical review of methods (2016), *Journal of Sport and Health Science*; 5:80–90
14. Han J., Level of competitive success achieved by elite athletes and multi-joint proprioceptive ability (2015), *Journal of Science and Medicine in Sport*, 18:77–81
15. Han J., Sport Attainment and Proprioception (2014), *International Journal of Sports Science & Coaching* Vol. 9, n° 1:159-170

16. Han J., The Role of Ankle Proprioception for Balance Control in relation to Sports Performance and Injury (2015), *BioMed Research International*, 1-8
17. Hertel J., Simplifying the Star Excursion Balance Test: Analyses of Subjects With and Without Chronic Ankle Instability (2006), *J Orthop Sports Phys Ther*; 36 (3):131-138
18. Hrysomallis C., Balance Ability and Athletic Performance (2011), *Sports Med*; 41 (3): 221-232
19. Humphriss R., Balance ability of 7 and 10 year old children in the population: Results from a large UK birth cohort study (2011), *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*; 75:106–113
20. Lieshout R., Reproducibility Of The Modified Star Excursion Balance Test Composite And Specific Reach Direction Scores (2016), *The International Journal of Sports Physical Therapy*; 11(3):356-365
21. Macan J., Effects of the new karate rules on the incidence and distribution of injuries (2006), *Br J Sports Med* ; 40:326–330
22. Mancini M., The relevance of clinical balance assessment tools to differentiate balance deficits (2010), *Eur J Phys Rehabil Med*, June;46(2): 239–248
23. McCann R. S., Variations in Star Excursion Balance Test Performance Between High School And Collegiate Football Players (2015), *Journal of Strength and Conditioning Research*; 29(10):2765–2770
24. Mickle K. J., Gender and age affect balance performance in primary school-aged children (2011), *Journal of Science and Medicine in Sport*; 14:243–248
25. Olsen O., Exercises to prevent lower limb injuries in youth sports: cluster randomised controlled trial (2005), *BMJ*; 330:449
26. Plisky P. J., Star Excursion Balance Test as a Predictor of Lower Extremity Injury in High School Basketball Players (2006), *J Orthop Sports Phys Ther*; 36(12):911-919
27. Prentice W. E. (2002), “Tecniche di riabilitazione in medicina dello sport. Protocolli di trattamento”, UTET
28. Quinzi F., Differences in neuromuscular control between impact and no impact roundhouse kick in athletes of different skill levels (2013), *Journal of Electromyography and Kinesiology* 23:140–150
29. Quinzi F., Intra-limb coordination in karate kicking: Effect of impacting or not impacting a target (2014), *Human Movement Science*; 33:108–119
30. Quinzi F., Repeated Kicking Actions in Karate: Effect on Technical Execution in Elite Practitioners (2016), *International Journal of Sports Physiology and Performance*; 11:363 - 369

31. Ricotti L., Static and dynamic balance in young athletes (2011), *Journal of Human Sport&Exercise*; 6:617-628
32. Riemann B. L., Lephart S. M., The Sensorimotor System, Part I: The Physiologic Basis of Functional Joint Stability (2002), *Journal of Athletic Training*; 37(1):71–79
33. Riemann B. L.; Lephart S. M., The Sensorimotor System, Part II: The Role of Proprioception in Motor Control and Functional Joint Stability (2002), *Journal of Athletic Training*; 37(1):80–84
34. Riva D., Archeopropriocezione (2000), *Sport&Medicina*, Vol. Marzo – Aprile
35. Riva D., Il controllo posturale (2000), *Sport&Medicina*, Vol. Luglio – Agosto
36. Riva D., Il controllo posturale statico e dinamico in appoggio monopodalico (2001), *Il fisioterapista n.2*, Marzo-Aprile
37. Riva D., Single Stance Stability and Proprioceptive Control in Older Adults Living at Home: Gender and Age Differences (2013), *Journal of Aging Research*, July, 1-14
38. Robinson H. R., Gribble P. A., Support for a Reduction in the Number of Trials Needed for the Star Excursion Balance Test (2008), *Arch Phys Med Rehabil* Vol 89, 364-370
39. Røijezon U., Proprioception in musculoskeletal rehabilitation. Part 1: Basic science and principles of assessment and clinical interventions (2015), *Manual Therapy*, 20:368-377
40. Sacripanti A. (1996), “Biomeccanica degli sport di combattimento. Analisi scientifica delle tecniche di base e della dinamica competitiva”, FILPJK (attuale FIJLKAM), Roma
41. Sbriccoli P., Neuromuscular control adaptations in elite athletes: the case of top level karateka (2010), *Eur J Appl Physiol*, 108:1269–1280
42. Scattone-Silva R., Acceleration time, peak torque and time to peak torque in elite karate athletes (2012), *Science & Sports*, 27:31 – 37
43. Schiftan G. S., The effectiveness of proprioceptive training in preventing ankle sprains in sporting populations: A systematic review and meta-analysis (2015), *Journal of Science and Medicine in Sport*; 18:238-244
44. Trojian T. H., McKeag D. B., Single leg balance test to identify risk of ankle sprains (2006), *Br J Sports Med*;40:610–613
45. Witchalls J, Intrinsic functional deficits associated with increased risk of ankle injuries: a systematic review with meta-analysis (2012), *Br J Sports Med*;46:515–523
46. WKF, Kata And Kumite Competition Rules. Revision 9.0. (2015). Disponibile online all'indirizzo: [http://www.wkf.net/pdf/competition\\_rules\\_version9\\_2015\\_en1.pdf](http://www.wkf.net/pdf/competition_rules_version9_2015_en1.pdf)
47. Zago M., Dynamic balance in elite karateka (2015), *Journal of Electromyography and Kinesiology*; 25:894–900



## APPENDICE (allegati):

### Dati test di equilibrio

ARTO DX	SINGLE LEG (sec)			SEBT ANT (cm)			SEBT PMED (cm)			SEBT PLAT (cm)		
	T0	T1	T2	T0	T1	T2	T0	T1	T2	T0	T1	T2
1	6,45	13,55	13,06	59	71	67	80	96	89	83	94	95
2	16,05	28,65	19,56	51	65	61	65	77	77	72	85	78
3	12,17	31,18	31,54	54	65	60	65	76	75	68	81	78
4	11,34	24,99	25,07	64	75	71	76	88	82	75	87	83
5	27,87	45,14	26,7	63	78	73	84	94	93	86	98	95
6	33,5	54,13	78,3	53	62	65	65	79	79	68	80	76
7	13,27	24,76	23,56	65	77	71	80	90	86	81	92	87
8	20,44	37,07	37,18	68	74	69	78	87	88	81	91	93
9	18,55	83	59,13	61	66	65	82	89	89	82	91	89
10	8,35	28,1	13,79	67	78	76	78	88	84	83	93	92

ARTO SX	SINGLE LEG (sec)			SEBT ANT (cm)			SEBT PMED (cm)			SEBT PLAT (cm)		
	T0	T1	T2	T0	T1	T1	T0	T1	T2	T0	T1	T2
1	10,36	16,96	14,03	62	71	70	84	96	92	83	94	95
2	16,70	25,12	22,24	56	69	63	64	79	73	73	85	79
3	19,62	24,66	18,81	58	64	61	72	79	76	75	84	84
4	9,17	26,87	20,12	64	73	67	73	85	83	76	84	83
5	31,99	39,66	38,81	70	82	73	86	94	99	83	96	93
6	20,40	33,19	48,22	53	63	64	68	76	77	67	79	74
7	13,39	19,91	11,37	69	80	77	83	92	86	82	89	90
8	28,01	33,37	23,99	67	75	71	81	91	89	77	93	90
9	39,86	43,90	58,42	69	67	62	71	87	89	72	91	90
10	11,51	19,76	24,13	67	78	77	85	93	88	83	95	93

### Dati SEBT standardizzati

ARTO DX	ANT			PMED			PLAT			COMPOSITE		
	T0	T1	T2	T0	T1	T2	T0	T1	T2	T0	T1	T2
1	68,21	82,08	77,46	92,49	110,98	102,89	95,95	108,67	109,83	85,55	92,49	91,33
2	73,91	94,20	88,41	94,20	111,59	111,59	104,35	123,19	113,04	91,30	101,93	99,03
3	69,23	83,33	76,92	83,33	97,44	96,15	87,18	103,85	100,00	79,91	88,46	87,61
4	76,19	89,29	84,52	90,48	104,76	97,62	89,29	103,57	98,81	85,32	93,65	92,46
5	72,00	89,14	83,43	96,00	107,43	106,29	98,29	112,00	108,57	90,67	96,38	94,10
6	61,99	72,51	76,02	76,02	92,40	92,40	79,53	93,57	88,89	72,51	79,53	77,97
7	76,47	90,59	83,53	94,12	105,88	101,18	95,29	108,24	102,35	89,02	98,43	95,29
8	77,27	84,09	78,41	88,64	98,86	100,00	92,05	103,41	105,68	85,98	92,05	89,77
9	71,76	77,65	76,47	96,47	104,71	104,71	96,47	107,06	104,71	90,59	96,08	94,51
10	76,57	89,14	86,86	89,14	100,57	96,00	94,86	106,29	105,14	86,86	93,71	91,81

ARTO SX	ANT			PMED			PLAT			COMPOSITE		
	T0	T1	T2	T0	T1	T2	T0	T1	T2	T0	T1	T2
1	71,68	82,08	80,92	97,11	110,98	106,36	95,95	108,67	109,83	88,25	99,81	99,04
2	81,16	100,00	91,30	92,75	114,49	105,80	105,80	123,19	114,49	93,24	112,56	103,86
3	74,36	82,05	78,21	92,31	101,28	97,44	96,15	107,69	107,69	87,61	97,01	94,44
4	76,19	86,90	79,76	86,90	101,19	98,81	90,48	100,00	98,81	84,52	96,03	92,46
5	80,00	93,71	83,43	98,29	107,43	113,14	94,86	109,71	106,29	91,05	102,48	100,95
6	61,99	73,68	74,85	79,53	88,89	90,06	78,36	92,40	86,55	73,29	84,99	83,04
7	81,18	94,12	90,59	97,65	108,24	101,18	96,47	104,71	105,88	91,76	101,57	99,22
8	76,14	85,23	80,68	92,05	103,41	101,14	87,50	105,68	102,27	85,23	98,11	94,70
9	81,18	78,82	72,94	83,53	102,35	104,71	84,71	107,06	105,88	83,14	96,08	94,51
10	76,57	89,14	88,00	97,14	106,29	100,57	94,86	108,57	106,29	89,52	100,57	98,29

## Dati analisi video

ARTO DX	TEMPO (s)			ANGOLI (X° su 180°)			PUNTEGGIO (MAX 9 PUNTI)		
	T0	T1	T2	T0	T1	T2	T0	T1	T2
1	1,36	1,08	1,16	153	162	159	5	7	7
2	1,48	1,12	1,10	139	153	151	1	5	2
3	1,08	1,02	1,02	121	133	131	5	7	7
4	1,41	1,14	1,12	161	166	162	4	5	4
5	1,19	1,02	1,08	140	138	149	2	4	4
6	1,26	1,09	1,04	148	157	172	7	6	3
7	1,21	1,02	1,06	137	143	134	4	5	5
8	1,24	1,11	1,08	162	163	148	3	7	3
9	1,16	1,12	1,08	135	146	145	2	4	4
10	1,34	1,02	1,06	123	139	151	2	4	6
ARTO SX	T0	T1	T2	T0	T1	T2	T0	T1	T2
1	1,29	1,05	1,14	134	153	157	2	4	1
2	1,28	1,20	1,12	135	148	150	2	6	6
3	1,09	1,03	1,08	142	139	141	6	5	3
4	1,34	1,16	1,05	149	154	157	3	6	3
5	1,14	1,00	1,01	142	151	147	1	4	8
6	1,27	1,13	1,09	156	166	143	2	5	2
7	1,36	1,15	1,09	142	146	140	4	7	3
8	1,19	1,14	1,08	151	152	148	3	3	3
9	1,13	1,04	1,00	140	153	148	5	6	2
10	1,23	1,02	1,11	109	146	152	3	7	4



## Analisi dati:

### VALORI MEDI

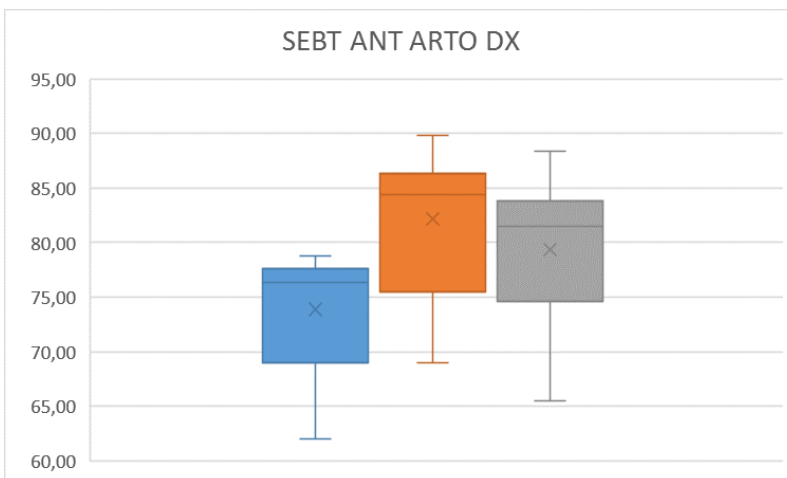
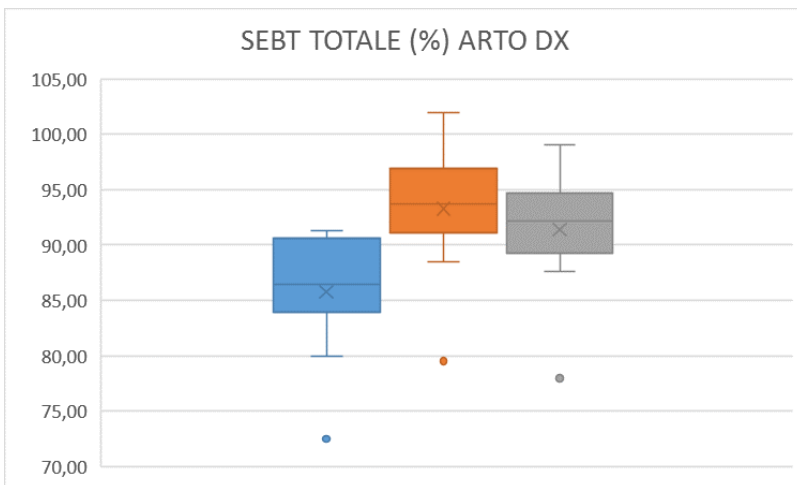
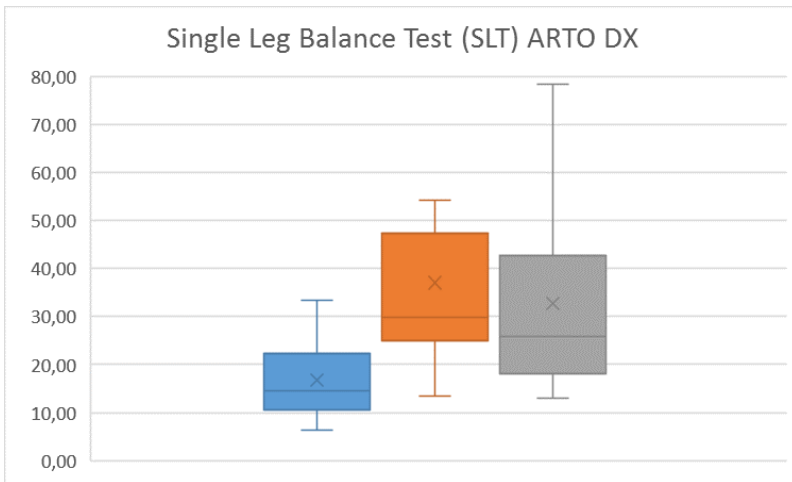
<b>ARTO DX</b>	T0	T1	T2	Indice t (T0-T1)	p(T0-T1)	Significatività	Indice t (T1-T2)	p(T1-T2)	Significatività
<i>Single Leg</i>	16,799	37,057	32,789	3,98204	0,002	ALTA	1,01191	0,3380	ALTA
<i>ANT</i>	73,901	82,154	79,345	7,05122	0,0000003	ALTA	5,82247	0,0003	/
<i>PMED</i>	90,089	97,980	96,881	9,57153	0,000003	ALTA	2,20001	0,055	BASSA
<i>PLAT</i>	93,325	99,680	97,939	10,81868	0,000001	ALTA	2,91234	0,0172	/
<i>SEBT TOTALE</i>	85,772	93,271	91,388	14,09112	0,0000001	ALTA	7,84214	0,00003	/
<i>Tempo</i>	1,273	1,074	1,080	5,87415	0,0001	ALTA	0,41692	0,6865	ALTA
<i>Angolo</i>	141,9	150,0	150,2	4,52098	0,001	ALTA	0,06587	0,9489	ALTA
<i>Punteggio</i>	3,5	5,4	4,5	4,14614	0,001	ALTA	1,53598	0,1589	ALTA

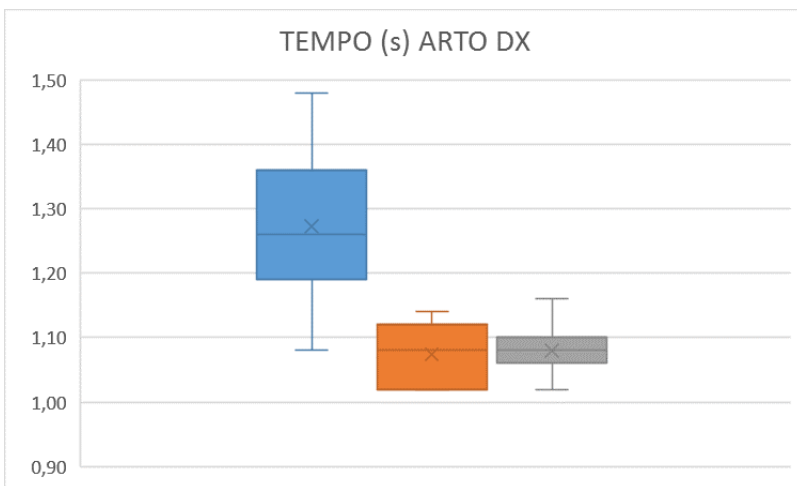
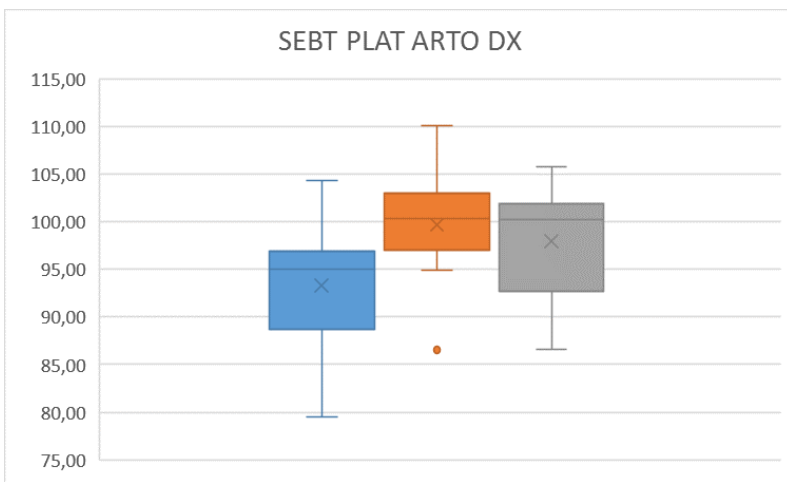
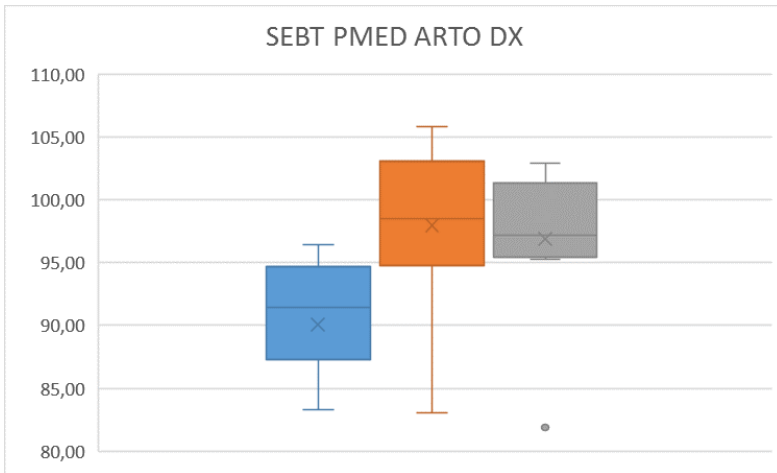
### VALORI MEDI

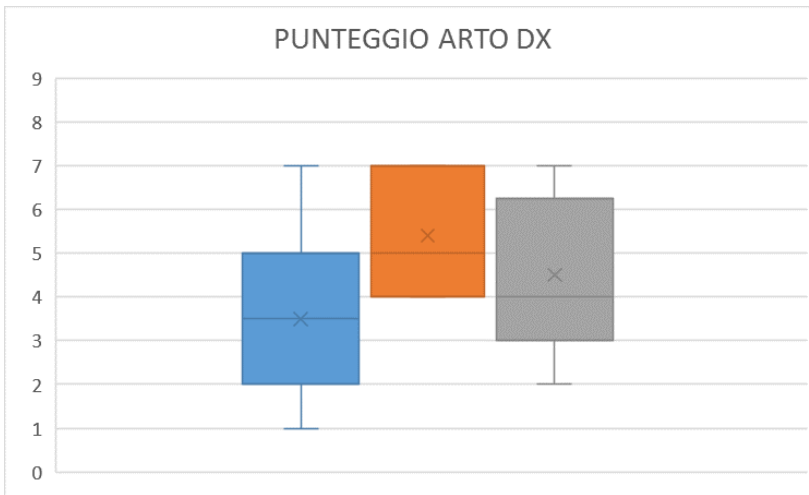
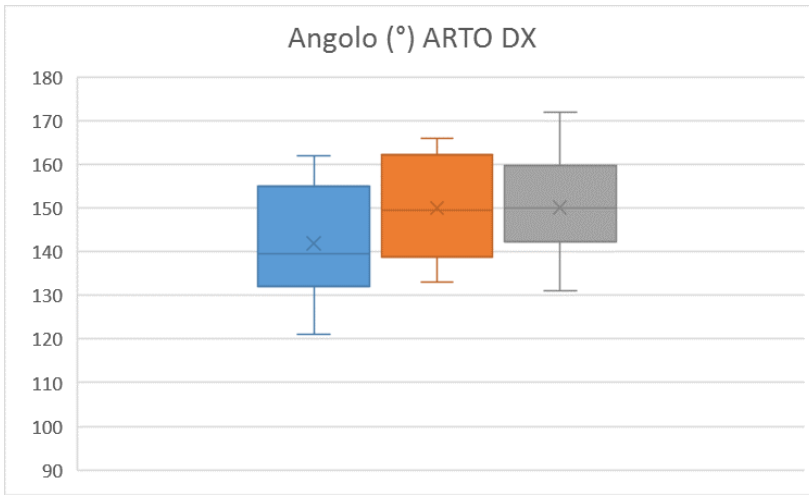
<b>ARTO SX</b>	T0	T1	T2	Indice t (T0-T1)	p (T0-T1)	Significatività	Indice t (T1-T2)	p(T1-T2)	Significatività
<i>Single Leg</i>	20,101	28,340	28,014	6,33199	0,0001	ALTA	0,11582	0,9103	ALTA
<i>ANT</i>	76,043	85,537	81,835	5,79093	0,0001	ALTA	3,31705	0,0090	/
<i>PMED</i>	91,726	104,455	101,919	9,00839	0,000004	ALTA	1,79110	0,1069	ALTA
<i>PLAT</i>	92,513	106,768	104,398	10,6942	0,000001	ALTA	2,40019	0,0399	/
<i>SEBT TOTALE</i>	86,761	98,920	96,051	13,9497	0,0000001	ALTA	3,44851	0,0073	/
<i>Tempo</i>	1,232	1,092	1,077	6,48074	0,0001	ALTA	0,66749	0,5212	ALTA
<i>Angolo</i>	140,0	150,8	148,3	3,04309	0,007	ALTA	0,94604	0,3688	ALTA
<i>Punteggio</i>	3,1	5,3	3,5	4,12500	0,001	ALTA	2,29011	0,0478	/

# Grafici Box Plot

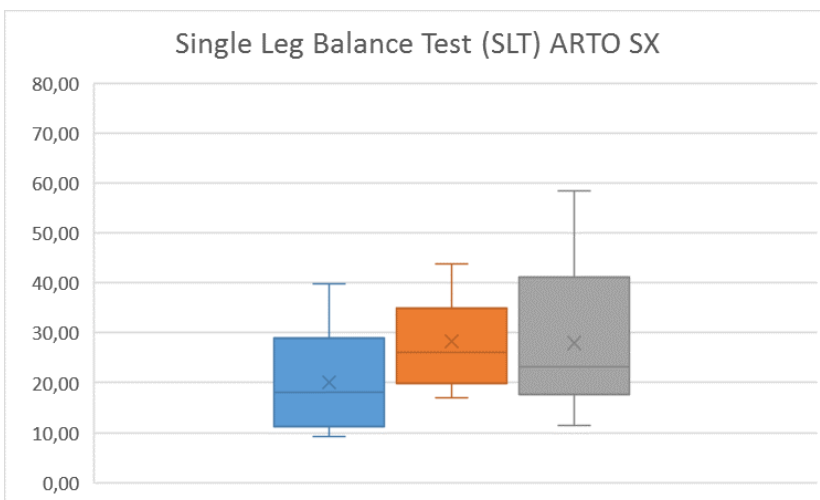
## ARTO DX



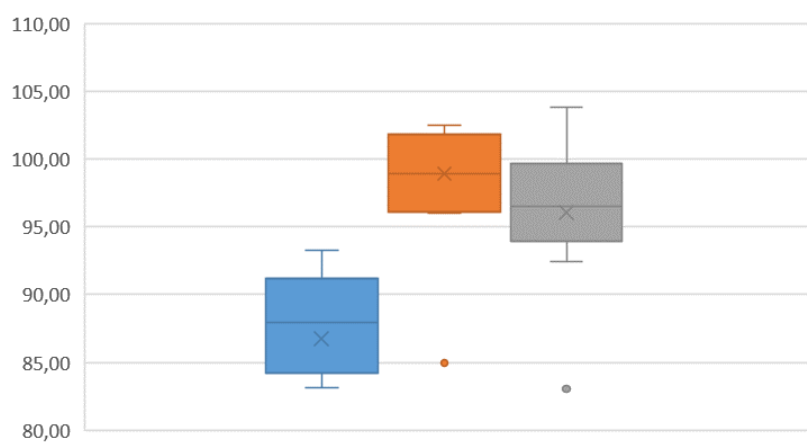




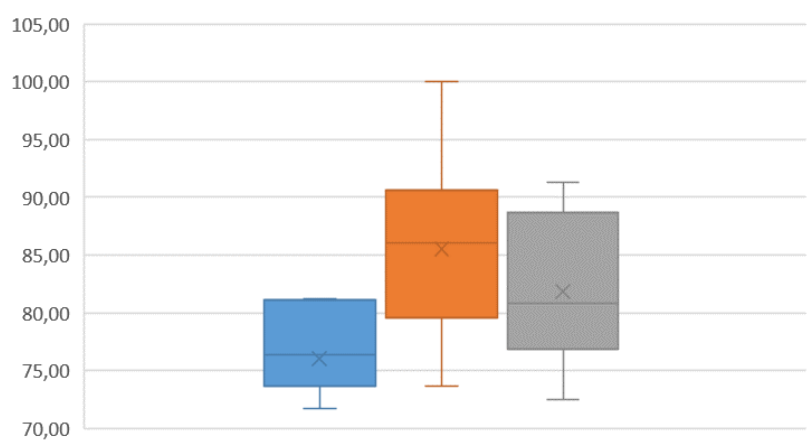
## ARTO SX



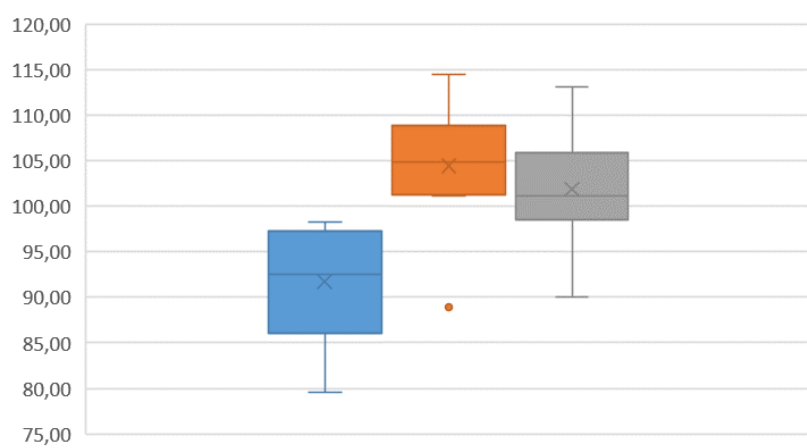
SEBT TOTALE (%) ARTO SX



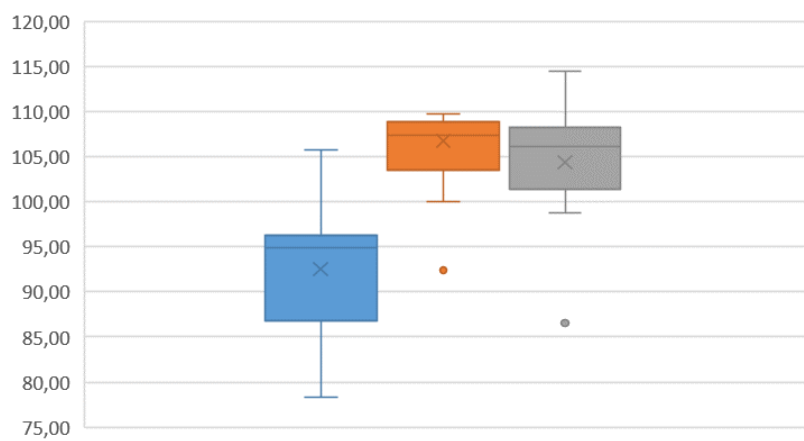
SEBT ANT ARTO SX



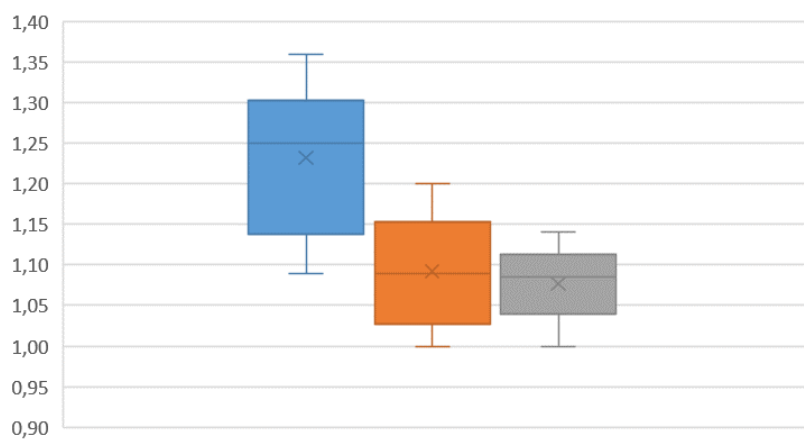
SEBT PMED ARTO SX



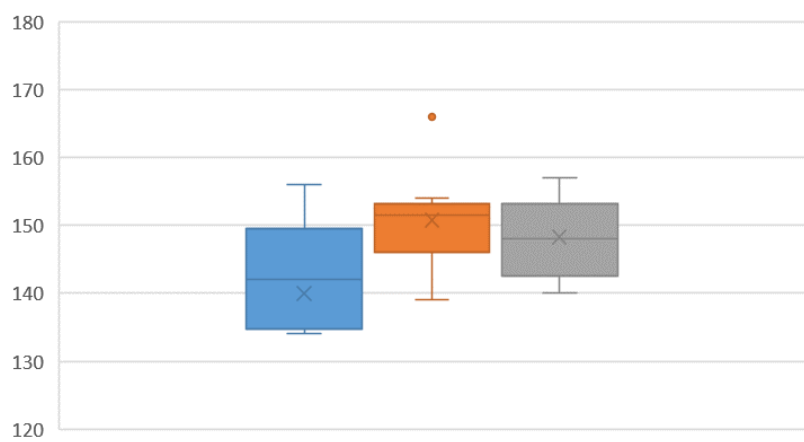
SEBT PLAT ARTO SX



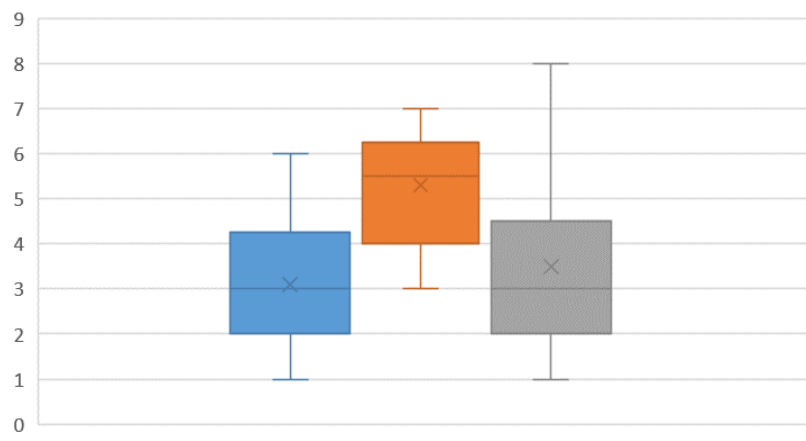
TEMPO (s) ARTO SX



ANGOLO (°) ARTO SX



PUNTEGGIO ARTO SX







## RINGRAZIAMENTI

Vorrei ringraziare innanzitutto il mio relatore, Giovanni Volpe, per aver creduto fin dall'inizio alla realizzazione di questo lavoro, e per il sostegno ed i consigli datomi durante la sua stesura.

Ringrazio tutte le persone che ho avuto modo di conoscere in questi tre anni di corso, professori, tutor e pazienti. Ognuno a modo proprio, ha saputo darmi degli insegnamenti professionali e di vita. Ringrazio i miei compagni di corso e gli altri tirocinanti, che hanno condiviso con me questa esperienza, senza i quali non sarebbe stata altrettanto bella e soddisfacente.

Ringrazio la mia famiglia, in particolare i miei genitori, per avermi permesso di intraprendere questo percorso, nonostante le iniziali difficoltà, e avermi sempre sostenuta.

Ringrazio il mio ragazzo, e la sua famiglia, per avermi supportato e sopportato, durante questi tre anni, nei momenti belli e in quelli meno piacevoli, regalandomi sempre un motivo per sorridere.

Ringrazio i miei amici, per le risate e i bei ricordi, che hanno saputo rendere questo percorso meno faticoso e più piacevole.

Ringrazio il mio maestro di karate Donatella Maneo, i ragazzi che hanno partecipato allo studio, i loro genitori, e tutta la società Shotokan Karate Ryu Venezia, senza i quali questo lavoro non si sarebbe potuto realizzare.

Dedico questo lavoro a mia nonna, che avrebbe desiderato esserci, oggi presente nel mio cuore.