

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento di Scienze Biomediche Corso di Laurea Triennale in Scienze Motorie

Tesi di Laurea

EQUILIBRIO E STABILOMETRIA. EFFETTI DI UN TRAINING DI GINNASTICA PROPRIOCETTIVA IN UN GRUPPO AMATORIALE DI PRESCIISTICA.

Relatore: Prof.ssa Alessandra Nart Laureanda: Alessandra Polo

Correlatore: Diego Scattolin

Anno Accademico 2013/2014

INDICE

INTRODUZIONE

<i>1</i> .	L'organizzazione posturale	
	1.1. La postura	pag.1
	1.1.1. Il sistema tonico posturale	pag.3
	1.2. Il recettore podalico	pag.8
	1.3. Il concetto di stabilità	pag.11
	1.4. La stabilometria	pag.12
2.	La propriocezione	
	2.1. Cos'è la propriocezione	pag.20
	2.2. I recettori periferici	pag.20
	2.3. L'Archeopropriocezione	pag.22
<i>3</i> .	Disegno di ricerca	
	3.1. Obiettivo	pag.27
	3.2. Materiali e metodi	pag.27
	3.2.1. Popolazione	pag.27
	3.2.2. Procedure e protocollo	pag.28
	3.2.2.1 Il training propriocettivo	pag.33
	3.2.3. Analisi statistiche	pag.42
4.	Risultati	
	4.1. Risultati dell'anamnesi	pag.44
	4.2. Statistiche descrittive	pag.44
	4.3. Risultati del T-test per campioni appaiati	pag.53
<i>5</i> .	Discussione	pag.57
CO	ONCLUSIONI	pag.61
Bi	bliografia	pag.63
Ri	ngraziamenti	pag.67

INTRODUZIONE

Comunemente i training di ginnastica propriocettiva vengono proposti nei centri di riabilitazione per il recupero dopo gli infortuni e la rieducazione funzionale; oppure nella preparazione atletica di squadre ad alto livello.

Questo tipo di allenamento, invece, è tralasciato per le squadre di livello più basso o nei corsi amatoriali, spesso, per la mancanza di tempo da dedicarvi. Si può, però, affermare che un allenamento propriocettivo sia importante per diversi aspetti legati alla vita quotidiana di una persona, ad esempio nel mantenimento della postura durante le normali attività giornaliere. Un allenamento concentrato sulla propriocezione, attraverso esercizi di mantenimento dell'equilibrio, risulta di fondamentale importanza per andare a sviluppare tutte le funzioni dei propriocettori deputati al mantenimento della posizione eretta ortostatica in situazioni diverse, sia statica che dinamica.

In questa sede, nella prima parte, è stato affrontato il tema della postura e della propriocezione e dell'interazione tra le due; nella parte relativa al disegno di ricerca è stato sviluppato un programma di allenamento propriocettivo della durata di sei settimane, proposto ad un gruppo amatoriale di ginnastica presciistica. Prima e dopo le sei settimane di allenamento, è stata effettuata un'analisi posturale, attraverso la stabilometria elettronica, in modalità statica e dinamica.

L'obiettivo principale di questa tesi è quello di evidenziare cambiamenti significativi, o meno, nei parametri legati alla postura e la stabilità dei soggetti.

1. L'organizzazione della postura

Il sistema posturale è un insieme multimodale di informazioni che usa diversi sensori e che, successivamente, produce una risposta adatta alle sollecitazioni in atto. È un sistema complesso e articolato che permette all'uomo di mantenere una certa posizione nello spazio e di svolgere tutte le sue funzioni.

1.1 La postura

Per postura si intende la posizione complessiva del corpo e degli arti, uno rispetto agli altri e il loro orientamento nello spazio. Una posizione è stabile e mantenuta nel tempo quando le varie parti del corpo sono allineate tra loro, infatti occorre eseguire una serie di aggiustamenti, che permettono di sostenere il capo e il corpo contro la forza di gravità e altre forze esterne. Inoltre tale posizione ci permette di mantenere il centro di massa corporea allineato ed equilibrato all'interno della base di appoggio al suolo; di stabilizzare le parti del corpo che fungono da supporto quando altre parti sono in movimento.

I meccanismi che permettono questi aggiustamenti posturali sono due, principalmente:

- * Meccanismi a feed-forward (anticipatori), si basano sulla previsione dei disturbi che insorgeranno nell'esecuzione dei movimenti, e quindi generano delle risposte preprogrammate che assicurano il mantenimento della stabilità. Queste risposte anticipatorie possono essere modificate dall'esperienza e, con l'esercizio, aumenta la loro efficacia. Un ruolo fondamentale di tali risposte è di generare aggiustamenti posturali prima dell'inizio di movimenti volontari. Tali meccanismi sfruttano le vie che, dalla corteccia frontale, portano alle fibre muscolari bianche fasiche, confrontando le informazioni balistiche con schemi motori semplici già in memoria;
- * Meccanismi a feed-back (compensatori), evocati da stimoli sensoriali o dopo la perdita dell'equilibrio. Questi sono aggiustamenti posturali automatici che compaiono a seguito di oscillazioni del corpo, sono estremamente rapidi. Hanno tratti simili ai riflessi, in quanto hanno un'organizzazione spazio-temporale

relativamente stereotipata, ma a differenza dei riflessi hanno un'intensità tale da permettere il raggiungimento dello scopo di rendere stabile la postura.

La via di questi meccanismi è quella spino-cerebellare, nella quale i segnali arrivano anche con velocità di 100 m/sec.

Sia nella stazione eretta sia nel cammino questi meccanismi, anticipatori e compensatori assicurano la stabilità posturale.

Le afferenze sensoriali che innescano le riposte posturali sono di tre tipi:

- * I propriocettori muscolari, rilevano variazioni di lunghezza o di tensione dei muscoli. Questi sono i recettori che rispondono più velocemente alla somministrazione di uno stimolo;
- I recettori vestibolari, rilevano l'inclinazione del corpo sulla base del movimento del capo;
- * Le afferenze visive, trasmettono le informazioni sul movimento del campo visivo.

Gli ultimi due tipi di recettori vengono stimolati solo dopo i propriocettori muscolari.

Un soggetto in stazione eretta, bipodalica, ortostatica è in continua oscillazione (Peterka, 2002). Questa oscillazione risulta necessaria e costante ed è la dimostrazione dell'attività automatica utile a correggere gli spostamenti stessi e riportare l'asse del soggetto sulla verticale tra il centro di massa e il centro del poligono di sostentamento a terra. Scientificamente si definisce come la risultante di tutti i vettori di forza (vettore

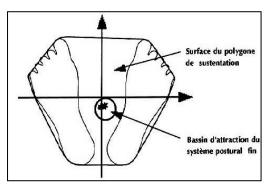


Figura 1-Poligono d'appoggio

somma) agenti sul punto che prendiamo in considerazione, ossia il centro di massa (CoM). Oltre al CoM dobbiamo definire la sua proiezione al suolo o centro di pressione (CoP), il quale è situato anteriormente al centro del poligono di appoggio creato dall'area della superficie d'appoggio dei piedi (Fig.1) (Gagey et al., 1990).

Infatti, le oscillazioni possono essere di diverse entità a seconda della condizione nella quale vogliamo considerare il soggetto: nell'equilibrio statico avremo dei limiti di oscillazione ristretti; mentre nell'equilibrio dinamico i limiti saranno più ampi (Meraviglia, 2005).

La condizione nella quale si trova un soggetto in posizione eretta è quella di "pendolo inverso" (Fig.2), dove l'articolazione tibio-tarsica funge da perno mentre tutto il resto del corpo coincide con la massa oscillante (Bricot, 1998). Come ci suggerisce lo schema del pendolo inverso in relazione alle oscillazioni di un soggetto in posizione eretta, possiamo capire come la condizione di equilibrio sia estremamente instabile.

Infatti sono sufficienti minime forze interne o esterne perché il CoP venga spostato dal punto ideale del poligono di appoggio. Questa condizione di continuo mutamento delle forze agenti necessita di un adattamento del sistema posturale, sempre in atto al fine di mantenere il baricentro all'interno della base d'appoggio e quindi, una corretta postura nell'asse verticale.

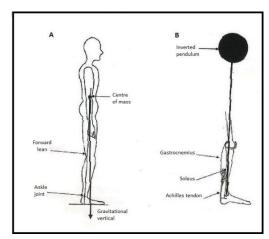


Figura 2-Il pedolo inverso

Il sistema tonico posturale, definito in alcuni testi, come sistema tonico-posturale fine ha il compito di assicurare queste funzioni al nostro organismo (Gagey, 1997).

1.1.1 Il sistema tonico posturale

Da un punto di vista funzionale, si può determinare come "responsabile" della postura umana, in un soggetto sano, un sistema integrato, chiamato sistema tonico posturale. Il sistema è un insieme funzionale multimodale, comprende: occhi, apparato vestibolare, appoggi plantari, propriocettori. È fondamentale un'integrazione per assicurare che il sistema possa comprendere questi sottoinsiemi e metterli in relazione tra loro (Gagey, 1997). Il sistema tonico-posturale ha tre principali funzioni: il mantenimento della stazione eretta antigravitaria, la stabilizzazione multisegmentaria e l'equilibrio nel movimento.

Nel sistema propriocettivo i principali recettori sono i piedi, gli occhi, l'apparato stomatognatico, la cute, l'apparato muscolo scheletrico, l'apparato vestibolare.

Ad ogni perturbazione, il sistema posturale risponde confrontando le diverse informazioni e questo rappresenta il punto d'interazione sensoriale. In ogni momento, ogni informazione disponibile viene utilizzata congiuntamente.

Anche le uscite sono diverse, la più importante è il controllo dell'apparato muscoloscheletrico e del tono muscolare. Esso è fondamentale anche per la visione binoculare, la codificazione della velocità, la prospettiva, la fuga e l'attacco, la rappresentazione che abbiamo del nostro corpo, la socialità ed anche per il sistema limbico-affettivo.

Come si è detto in precedenza quindi, il sistema tonico posturale funziona attraverso dei meccanismi a feed-forward e a feed-back e per farlo ha la necessità di trarre informazione da tutti i recettori.

Il controllo automatico della postura, ossia ciò che assicura il sistema tonicoposturale prevede vari livelli d'interazione:

- * il *controllo spinale*, attraverso il riflesso da stiramento e attraverso il riflesso tonico del collo;
- * il *controllo vestibolare*, che comprende i riflessi vestibolari originati dalle macule di sacculo e otricolo, i riflessi posturali originati dai canali semicircolari e l'interazione tra il riflesso vestibolare e i riflessi tonici del collo;
- * il controllo visivo e quindi le reazioni visuo-posturali;

Ed infine l'interazione dei tre sistemi, spinale, vestibolare e visivo che ci permette di effettuare aggiustamenti posturali in movimento, aggiustamenti anticipatori o compensatori al movimento, il tutto per mantenere la postura nello spazio e per muoverci senza cadere.

Le suddette strutture, quindi, interagiscono tra loro e danno origine a una serie di risposte riflesse, detti riflessi posturali, originati dai recettori cutanei posti vicino alle articolazioni. Questi riflessi si possono distinguere in: riflessi posturali statici, che riguardano il mantenimento dello posizione nello spazio (locali, segmentali e generali); riflessi posturali stato-cinetici, che riguardano il mantenimento della posizione durante l'esecuzione del movimento (riflessi di accelerazione angolare, per i movimenti rotatori;

riflessi di accelerazione lineare, per i movimenti di progressione lineare; riflessi di movimenti di parti del corpo, per i movimenti alterni di flessione ed estensione durante la marcia, la corsa, il salto).

Un altro aspetto fondamentale per il controllo della postura in stazione eretta ortostatica è rappresentato dal punto d'appoggio del piede: questa è la zona in cui si ritrovano le maggiori modificazioni posturali. In ogni caso i differenti muscoli posturali non lavorano in maniera isolata ma sotto forma d'insiemi sinergici e antagonisti, dette catene muscolari.

Semplificando si può affermare che il sistema tonico posturale (Fig.3) sia un sistema cibernetico formato da:

- * Recettori sensoriali, i quali mettono in relazione il corpo all'ambiente circostante: gli esterocettori e i propriocettori;
- * Centri superiori, con il compito di combinare i processi cognitivi e strategici rielaborando tutti i dati forniti da esperienze precedenti. Tra questi abbiamo i nuclei alla base, i nuclei vestibolari, il cervelletto, la formazione o sostanza reticolare e la corteccia cerebrale;
- * effettori, il midollo spinale da cui partono segnali diretti alle placche motrici dei muscoli scheletrici per la stabilità antigravitazionale e i nuclei cranici oculomotori da cui partono i comandi ai muscoli oculomotori per la stabilizzazione visiva.

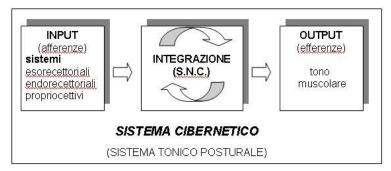


Figura 3-II sistema tonico posturale

Tra i centri superiori, i nuclei vestibolari elaborano i dati ricevuti dall'orecchio interno, in particolar modo le accelerazioni lineari e angolari e hanno relazioni strette con il cervelletto. I nuclei vestibolari e la reticolare sono alla base del tono antigravitario del corpo. I gangli, o nuclei alla base intervengono nel tono muscolare, nella gestione dei differenti automatismi e nell'attivazione corticale. Il cervelletto elabora i dati, stabilizza e regola il risultato di differenti formazioni e anticipa gli avvenimenti. Il suo compito è quindi quello di intervenire nell'accomodamento dei movimenti rapidi; il sistema reticolare è una massa di neuroni lungo il tronco cerebrale fino alla base del diencefalo.

A livello del Sistema Nervoso Centrale (SNC) avviene il controllo grazie alle aree motorie IV e V (le aree motorie supplementari), la corteccia premotoria, la corteccia parietale posteriore (aree V e VII). Il controllo dei movimenti volontari, lega le varie aree corticali attraverso i nuclei alla base per ritornare all'area IV. Il cervelletto ha la funzione di concatenazione, integrazione e durata del movimento di ciascuno degli schemi motori di base rievocati durante l'azione. I nuclei della base intervengono nell'inizializzazione e per lo sviluppo armonioso dei comandi motori (Nashner et al., 1985).

Il sistema di regolazione posturale (STP) è un sistema a contorni multipli organizzati gerarchicamente e, a controllo automatico il quale utilizza le informazioni che provengono da ingressi afferenti diversi. Il livello più basso del sistema è quello basato sul riflesso propriocettivo che assicura la correzione immediata delle perturbazioni continue della stabilità.

I recettori che, principalmente, intervengono nell'aggiustamento posturale statico e dinamico, sono il piede e l'occhio. Questi associano un'esterocezione e una propriocezione. Intervengono, inoltre, anche i loro elementi fondamentali: la pelle, i muscoli e le articolazioni. L'apparato stomatognatico e i centri superiori caratterizzano gli altri "ingressi" che hanno influenze sul sistema.

Il sistema tonico posturale è il sistema che regola l'equilibrio dei muscoli posturali ma gli stessi muscoli sono recettori, ecco perché siamo di fronte ad un sistema cibernetico auto-regolato nonché auto-adattato. Tale sistema, anche se è in grado di auto-regolarsi nel suo squilibrio non è in grado di auto-correggersi. Tra tutti gli elementi che fanno parte di questo sofisticato sistema, il piede ha un ruolo di fondamentale

importanza: è punto di unione tra gli squilibri e il suolo, ma allo stesso tempo è anche in grado di ripartire in maniera relativamente uguale e simmetrica le pressioni sulle due gambe, qualunque sia lo squilibrio presente (Bricot, 1998).

Analizziamo ora quali sono gli elementi costitutivi fondamentali dei recettori: *la pelle, le articolazioni e i muscoli*.

La *pelle*, dove sono presenti gli esterocettori cutanei i quali traducono le variazioni delle informazioni in un fenomeno bioelettronico. Essi sono abbondantemente presenti soprattutto sul palmo della mano, delle dita, e sulla pianta dei piedi. I recettori cutanei sono di tre tipi:

- 1. Terminazioni libere, a fibre fini o a fibre spesse;
- Terminazioni complesse non incapsulate, il corpuscolo di Merkel (molto sensibile alla pressione);
- 3. Terminazioni complesse incapsulate, divise a loro volta in due gruppi: corpuscoli affusolati, molto ancorati da fibre di collagene, che sono i recettori del Golgi e di Ruffini; i corpuscoli a struttura lamellare, tra i quali i recettori di Meissner, di Krause, di Golgi-Mazzoni e di Pacini.

Essi trasmettono le informazioni ai muscoli attraverso vie polisinaptiche e allo stesso modo una parte delle informazioni passa attraverso le vie lemniscali ed extralemniscali e vanno ai centri superiori.

Le *articolazioni* dove ritroviamo le terminazioni libere, ossia i corpuscoli di Ruffini, di Pacini e di Golgi.

I *muscoli*, nello stesso momento recettori e motori del sistema contengono due gruppi di propriocettori: tendinei e aponeurotici, gli Organi Tendinei del Golgi (OTG) e muscolari, i Fusi NeuroMuscolari (FNM). Questi recettori sono alla base del riflesso miotattico e del riflesso miotattico inverso (Bricot, 1998).

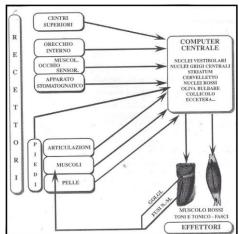


Figura 4-Il sistema posturale e i recettori (Bricot, 1998)

1.2 Il recettore podalico

Il piede, come si è detto in precedenza, riveste un ruolo fondamentale nel sistema tonico-posturale in quanto è da esso che possono arrivare molteplici informazioni: la propriocezione muscolare e articolare del piede e della caviglia, ma anche

I recettori del GOLGI: IB.

Le terminazioni principali o anulo-spirali (equatoriali):

IA, senza neurone intermediario direttamente verso l'alfa,
una seconda branca parte verso un interneurone inibitore
del muscolo antagonista.

Le terminazioni secondarie o a fasci (polari, parte contrattile):

II, vie polisinaptiche con molti neuroni

Vie extra-lemniscali.
(Lemniscus lateralis)

Corna anteriore motrice

Motoneurone alfa
e gamma (Cornu anteriore
medullae)

Arco riflesso
monosinaptico.

Interneuroni
sostanza
gelatinosa di
Rolando
(Substantia
gelatinosa).

Vie lemniscali
(Lemniscus médialis).

verse l'interneurone imbitore
del muscolo antagonista.
Origine: IA.

Gli esterocettori cutanei generano, attraverso le vie polisinaptiche, degli archi
riflessi segmentari, ma ugualmente delle informazioni trasmesse, per alcuni recettori
attraverso le vie lemniscali, per altri attraverso le vie extralemniscali.

Recettori e nocicettori articolari raggiungono le vie polisinaptiche.

Figura 5-II recettore podalico (Bricot, 1998)

l'esterocezione cutanea della pianta del piede (Fig.5).

Alcuni studi suggeriscono l'esistenza di una vera e proprio catena di propriocettori distribuiti lungo i muscoli podalici fino ai muscoli extra-oculari questi recettori insieme darebbero origine alla conoscenza della configurazione corporale, quindi dello schema delle motorio sue eventuali modifiche (Villeneuve, 1998).

Ecco che il piede viene definito oltre che come organo di supporto anche come organo di equilibrio.

La funzione principale del piede nel mantenimento dell'equilibrio, è quella di controllare la situazione dal punto di applicazione della forza di pressione corporea nel suo supporto e di adottare la posizione in base al centro di gravità.

Il piede quindi, grazie alla sua particolare architettura, regola la posizione e l'intensità della forza d'appoggio esercitata al suolo.

Nella normalità, in condizione statica, il piede poggia sul suolo attraverso tre punti: la testa del primo metatarso, la testa del quinto metatarso e le tuberosità superiori del calcagno. In questo modo i tre punti di appoggio che prendono contatto con il suolo, in qualunque condizione esso si presenti, trasmettono al piede gli sforzi del corpo nella migliore condizione meccanica.

Le variazioni continue della forza esercitate sul piede dal corpo e dal suolo vengono più o meno assorbite in ogni istante dai sistemi viscoso-elastici che fanno parte di esso: la pelle e gli archi elastici del piede.

Perchè il piede sia in grado di adempiere alle sue funzioni c è la necessità che una serie di condizioni fisiologiche siano rispettate: l'esistenza di vie afferenti al Sistema Nervoso Centrale che regola la suddetta funzione, la capacità di azioni finalizzate, la sensibilità ai parametri che stabiliscono il fine. Tutto ciò assicurerà l'integrazione delle diverse informazioni e il gioco di feed-back e di feed-forward.

Le afferenze visive e vestibolari sono significative nel mantenimento dell'equilibrio solo se il sistema nervoso dispone delle informazioni sulla posizione della testa in rapporto al tronco e del tronco in rapporto ai piedi, quindi saranno le informazioni del piede quelle essenziali per l'orientamento generale del corpo.

I recettori del piede sono quasi totalmente dipendenti dall'innervazione del nervo tibiale posteriore attraverso l'intermediazione delle sue tre ultime branche di divisione:

- * Il nervo calcaneale mediale (regione talloniera);
- * Il nervo plantare mediale (due terzi interni dell'avampiede);
- * Il nervo plantare laterale (terzo esterno)

E, per le parti rimanenti, dipendono dai nervi surale

e safeno (Fig.6).

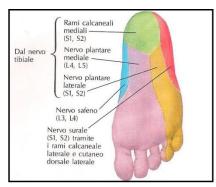


Figura 6-Innervazione del piede (Netter)

Si possono dividere i recettori a seconda della loro localizzazione, nella *pelle*, nei *muscoli* e nelle *articolazioni*.

La *pelle* e il tessuto sottocutaneo nella pianta del piede contengono molte varietà di meccanorecettori. Esistono due grandi categorie a seconda della risposta che essi forniscono alla stimolazione della pelle: recettori a lento adattamento (SA), i quali danno un'informazione nervosa; recettori ad adattamento rapido, che emettono solo una scarica del segnale all'inizio e alla fine di ciascuno stimolo (FA). Un'altra distinzione possibile è quella fatta in funzione dell'estensione dei campi recettori: il tipo I con campi recettori piccoli e ben delimitati, il tipo II con campi recettori estesi e poco delimitati. Le due tipologie di recettori appena descritte forniscono informazioni diverse e hanno anche una localizzazione diversa tra loro. Quelli di tipo I sono localizzati superficialmente (densità massima a livello dei polpastrelli delle dita dei piedi), forniscono dettagli sulle deformazioni cutanee create dall'appoggio plantare e sulla localizzazione precisa dei limiti dell'appoggio; quelli di tipo II, situati profondamente

nel derma e nel tessuto sottocutaneo (densità uniforme su tutta la pianta del piede) sono molto sensibili all'oscillazione meccanica della pelle a frequenze comprese tra 100 e 300 Hz. I recettori (dischi di Merkel, i corpuscoli di Ruffini, di Meissner, di Pacini) sono tutti innervati da fibre afferenti del gruppo II.

Le informazioni che forniscono questi recettori permettono di valutare le forze di scarto di pressione tra pelle e suolo, ma anche di apprezzare le deformazioni indotte dai movimenti articolari. Essi sono esterocettori ma anche e soprattutto propriocettori.

I *muscoli* sono anch'essi dotati di recettori: i fusi NeuroMuscolari, i quali informano sulla lunghezza (posizione) e sul cambiamento della lunghezza (movimento) dei muscoli; gli organi tendinei del Golgi che indicano la forza muscolare. Essendo la densità dei recettori la misura della loro sensibilità bisogna dedurre che e livello del piede essa sia molto grande. I muscoli del piede hanno dimensioni molto ridotte rispetto ad altri muscoli ed hanno anche una minor forza muscolare. In essi però si è riscontrata una densità molto elevata di recettori a differenza dei grandi muscoli. Ad esempio Peck et al. (1984) hanno analizzato il quinto muscolo interosseo di un gatto dove sono presenti 88 fusi e il muscolo soleo e flessore lungo delle dita nei quali sono presenti rispettivamente 23 e 45 fusi. La presenza di un numero maggiore di recettori in muscoli poco voluminosi e poco forti suggerì agli autori che i piccoli muscoli sono funzionalmente specializzati per indicare il movimento e quindi per il mantenimento di postura ed equilibrio.

Le *articolazioni*, presentano numerose fibre nervose che terminano nei meccanorecettori della capsula e dei legamenti articolari. Tali terminazioni sono stimolate dalla posizione statica e anche dai movimenti dell'articolazione stessa. I recettori incapsulati sono i corpuscoli di Golgi-Mazzoni, di Ruffini e di Pacini e in più ci sono anche terminazioni libere nelle strutture capsulari e legamentose.

È importante sottolineare che la struttura del piede permette ai tre tipi di recettori di fornire simultaneamente una risposta allo stesso stimolo, il quale deve avere una sua intensità, frequenza e durata e deve raggiungere il valore soglia. Ecco che, infatti, i recettori cutanei, muscolari e articolari del piede informano il sistema per quanto riguarda l'equilibrio e la postura.

Tutte le afferenze descritte in precedenza convergono sul midollo spinale, il primo livello d'integrazione che dà una risposta rapida. Il secondo punto d'integrazione è

encefalico, con un tempo di latenza più lungo. Per integrare il sistema quindi c è bisogno di molte strutture: la formazione reticolare, il cervelletto, i nuclei striati, la corteccia parietale e frontale. Per quanto riguarda l'equilibrio e la postura il sistema integra le informazioni derivanti da occhio, vestibolo, apparato locomotore e apparato stomatognatico (Alloatti G. et al., 2002).

Il piede, grazie alle sue afferenze ed efferenze partecipa alla formazione di circuiti nervosi di retroazione, la quale efficacia dipende dal tempo di latenza di risposta del circuito stesso. Tale intervallo di tempo dipende soprattutto dalla lunghezza del tragitto delle vie del circuito e dalla velocità di conduzione degli elementi che lo compongono. Quando nell'equilibrio si confrontano le varie vie afferenti che convergono sui motoneuroni del controllo del piede, si constata che le vie afferenti somestesiche del piede sono le più rapide.

Le afferenze vestibolari scatenano risposte con tempi di latenza di circa 80 ms, mentre le afferenze somestesiche hanno tempi di latenza inferiori ai 50 ms.

La deafferentazione parziale del piede conduce all'instabilità. Ad esempio l'anestesia plantare negli uomini induce a turbe del cammino e sensazioni permanenti d'inclinazione del corpo dal lato non anestetizzato.

Possiamo quindi affermare che per l'uomo, in quanto bipede, il piede rivesta una fondamentale funzione nel mantenimento dell'equilibrio e può essere definito come organo dell'equilibrio per eccellenza (Villeneuve, 1998).

1.3 Il concetto di stabilità

Finora si è parlato di equilibrio, facendo riferimento alla capacità coordinativa speciale dell'uomo, grazie alla quale, esso riesce a mantenere la postura, che si modifica, inevitabilmente sia in statica che in dinamica. In quest'ottica si può quindi definire equilibrio statico, la capacità di mantenere il CoP all'interno dell'area della base d'appoggio; equilibrio dinamico, la capacità di mantenere una determinata posizione con il corpo in movimento; equilibrio in volo, la capacità di mantenere una posizione idonea agli obiettivi in una condizione in cui non vi siano contatti con il suolo.

In questa sede abbiamo preso in considerazione soprattutto l'equilibrio statico, il quale si può altrettanto dividere in due modalità, l'equilibrio stabile e quello instabile.

Nel caso dell'equilibrio stabile, un corpo rigido, sottoposto a un piccolo spostamento, ritorna, tolta la sollecitazione, alla precedente condizione di equilibrio come si vede nell'esempio della matita appoggiata sul piano orizzontalmente.

L'equilibrio instabile. invece. prevede che il piccolo spostamento provochi al corpo rigido cambiamento della sua condizione iniziale, come per una matita appoggiata sul piano verticalmente (Fig.7).

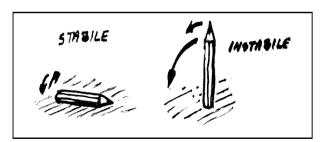


Figura 7-Equilibrio stabile ed instabile

Come si è descritto in precedenza, il corpo umano, soggetto a continue oscillazioni, si trova prevalentemente nella condizione di equilibrio instabile, possedendo le capacità per potersi autoadattare alle situazioni. Questo autoadattamento equivale alla *stabilità*. Ecco che in questa sede e per quanto riguarda il sistema tonico-posturale è più opportuno rifarsi a questo termine piuttosto che a quello di equilibrio, anche se spesso vengono usati per indicare le stessa condizione ed è quindi difficile distinguerli in maniera netta. La *stabilità* è la *proprietà di un corpo disturbato nel suo equilibrio, di tornare al suo stato* (Gagey, 1997 p.140).

1.4 La stabilometria

"La stabilometria, non è utile... è indispensabile!" scrive Gagey nel suo libro "Posturologia" e la definisce come la "misurazione del movimento del centro di pressione, come proiezione a terra del centro di massa del corpo" (Gagey, 1997 p.140). Questa definizione è stata a lungo messa in discussione, ma attualmente è valida se si conoscono i limiti e i margini di errore entro i quali assimilare il centro di pressione alla proiezione del centro di gravità.

La stabilometria quindi non misura l'*equilibrio*, ma la *stabilità*. Infatti nel senso fisico del termine l'equilibrio non si misura, può soltanto definirsi come uno stato limite ideale verso cui tende, più o meno abitualmente, l'uomo in posizione eretta.

La stabilometria è, quindi, il sistema usato per misurare la stabilità o l'instabilità di un soggetto in stazione eretta mediante lo studio delle oscillazioni continue del corpo.

Nel 1985 l'Association Française de Posturologie (AFP) decise di scrivere le norme di costruzione di una piattaforma normalizzata (Bizzo et al., 1985) e successivamente ha reso valida tale piattaforma e il trattamento normalizzato del segnale (Normes 85-Association Française de Posturologie, 1986).

La piattaforma dell'AFP ha delle caratteristiche normalizzate, come l'ambiente nel quale deve essere utilizzata, una cabina di specifiche dimensioni, nella quale collocare la pedana a una certa distanza dalle pareti in modo tale da isolare la persona dall'ambiente circostante. Nel corso degli anni però, si è potuto constatare che la cabina veniva avvertita, dalle persone, come una condizione di disturbo.

Ora le misurazioni vengono effettuate in ambienti quieti, senza stimoli visivi o uditivi disturbanti, con una luminosità normale, senza linee diagonali, ottiche, fusionali e periferiche, eliminando quindi la cabina chiusa.

Le misurazioni stabilometriche possono essere fatte in due modalità: in statica e in dinamica (Guidetti, 1989) e i parametri registrati sono:

* Superficie dell'ellisse di confidenza contenente il 90% dei punti del STKG (S90) (Fig.8);

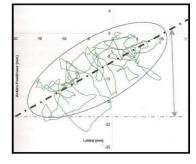


Figura 8-S90

* Lunghezza dello Statokinesigramma (STKG) (Fig.9);

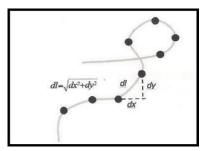


Figura 9-STKG

- Quoziente di Romberg (rapporto fra S90 a occhi chiusi e S90 ad occhi chiusi, in
 %);
- * Posizione media del CoP e le sue componenti: frontale (Xmoy) e sagittale (Ymoy) (Fig.10);

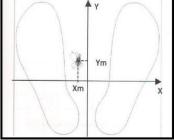


Figura 10-Xm, Ym

Inclinazione dell'asse maggiore dell'ellisse;

- * Lunghezza dello STKG in rapporto alla superficie (LFS);
- * Velocità media degli spostamenti del CoP;
- * Variazione della Velocità in funzione di Ymoy (VFY);
- * Componenti spettrali della frequenza nei due assi (FFTX, FFTY);
- * Auto ed intercorrelazione (ACX, ACY, ICXY);
- * Ampiezza media dei picchi della trasformata di Fourier (FFT) delle escursioni sagittali in funzione del tempo (ANO2Y);
- * Ampiezza media dei picchi della trasformata di Fourier (FFT) delle escursioni frontali in funzione del tempo (ANO2X) (Rossato M. et al., 2013).

Stabilometria statica

Secondo le norme AFP85 le misurazioni vengono effettuate con i piedi in posizione a 30° oppure, secondo la scuola portoghese, con i piedi paralleli; inoltre può essere effettuata sia a occhi aperti sia chiusi.

Il tempo della misurazione in condizione statica è di 51,2 secondi, scelto perché multiplo del bit e quindi di 8, tempo sufficiente per intercettare gli eventi e non troppo lungo per determinare affaticamento (Rossato M. et al., 2013).

La stabilometria statica registra gli spostamenti di un corpo in posizione ortostatica su due piedi.

Stabilometria dinamica

Il tempo di misurazione per la stabilometria dinamica è ridotto a 25,6 secondi, tempo utile a ricavare i dati senza provocare un grande affaticamento. Il soggetto ha i piedi paralleli.

L'obiettivo della dinamica è di studiare i meccanismi di compenso del sistema vestibolare che viene stimolato e di studiare le asimmetrie toniche che intervengono durante la registrazione (Bessou et al., 1997).

Le modalità di registrazione sono con instabilità antero-posteriore, e quindi sul piano sagittale Y, dove si può registrare bene una condizione di piede motore vero o una rotazione o una contrattura che determina una limitazione.

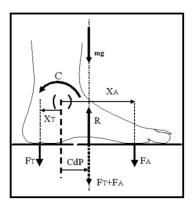
Possiamo affermare quindi che la stabilometria in condizione statica ci informa su quali siano i meccanismi che l'organismo attua per compensare gli squilibri del sistema stesso; mentre quella dinamica può essere utile per conoscere se l'utilizzo di interventi esterni, come occhiali, solette o bite, possano essere funzionali al sistema.

Dalla piattaforma unica alle due piattaforme gemelle: Cyber-SabotsTM

Cyber-Sabots™ è una pedana stabilometrica che utilizza due piattaforme dinamometriche gemelle, una per ciascun piede; ciò consente di ottenere valori separati e quindi di interpretare in maniera ottimale i dati riguardanti il soggetto rendendoli ancora più precisi e specifici. Le due piattaforme inoltre hanno un'ulteriore divisione

che permette di valutare anche l'avampiede diversamente dal tallone. In totale quindi abbiamo 4 pedane dinamometriche che rilevano i dati relativi ai piedi separatamente e poi le mettono in relazione per creare una descrizione dei diversi parametri relativi al soggetto (Fig.11).

Figura 11-Ripartizione del carico tra metatarsi e talloni



Cyber-Sabots™ nasce dall'esigenza di oggettivare e riabilitare le anomalie posturali e valutare la postura nell'attività sportiva per tendere all'aumento della performance della persona in generale e dell'atleta (Rossato, 2012).

Come si è detto questa pedana ha delle differenze rispetto alle pedane classiche e tali innovazioni le permettono la misurazione di nuovi parametri:

* Asimmetrie di tipo statico: distribuzione del peso corporeo. È possibile, infatti, misurare la ripartizione media del carico (peso corporeo) sui 4 punti d'appoggio, talloni ed avampiedi dx e sx. I dati che forniscono le pedane sono rappresentati da una percentuale sul carico complessivo.

È da questa ripartizione che possiamo definire il piede d'appoggio e il valore della posizione X media, ossia uno spostamento sul piano frontale della persona. La simmetria ortostatica perfetta sembra essere quella che tende alla equiripartizione del peso corporeo sui 4 punti al 25%, ma ciò ha valore solo con i piedi paralleli, infatti, con i piedi a 30° il peso tende a spostarsi indietro.

* Asimmetrie di posizione del centro di forza (baricentro) di ciascuno dei due piedi e risultante generale: questa tiene conto della taglia del piede e della ripartizione del carico tra avampiede e tallone ed è in relazione con la base

d'appoggio.

* Asimmetrie di tipo dinamico (Fig.12): nozione di piede perno e piede motore. Il confronto tra lo statokinesigramma di ciascuno dei due piedi evidenzia un'asimmetria indiscutibile di attività tonica dei due piedi e quindi si osserva

Diagramme des asymétries

70 mm

70 mm

70 mm

70 mm

70 mm

80 mm

80 mm

9 80 mm

Figura 12-Asimmetrie di tipo dinamico

che un piede è più espressivo dell'altro. Ecco che possiamo distinguere un "piede perno", con meno attività ed un "piede motore", il più attivo.

Quest'asimmetria non è legata obbligatoriamente a disturbi funzionali, ma ad una strategia di regolazione dell'equilibrio posturale. Per evitare di confondere i termini si può definire questa tattica: "Piede di riferimento-di regolazione" che rientra nei concetti di "Danza del centro di pressione" e "tattica del piede" studiati da Gagey (Gagey et al., 1997).

Un'altra osservazione importante e fondamentale per lo sviluppo di questo studio è l'ipotesi che il "piede perno" non è sempre il "piede d'appoggio", ossia l'attività di un piede sembra non essere influenzata dal carico sul piede stesso, anzi come ci suggerisce la figura ci sono numerose combinazioni possibili tra i lati di X medio e il piede "perno" (Fig. 13).

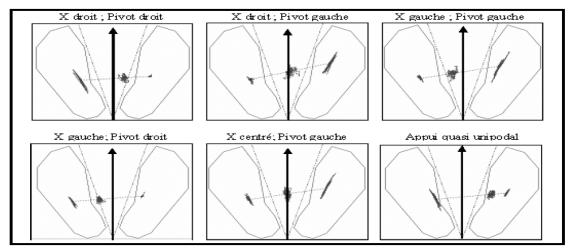


Figura 13-Esempi di registrazioni che illustrano diverse strategie

Per questo motivo è stato proposto una nuova variabile, Indice di Variazione della Velocità (IVV), la quale esprime la differenza tra le Variazioni della Velocità del piede destro

(VVD, droit) e del piede sinistro (VVG, gauche). La formula che permette di calcolare tale variabile è:

$$IVV = \underline{(VVD-VVG)}$$
$$(VVD+VVG)$$

Ed il suo valore può variare tra -1 (attività esclusiva del piede sx) e +1 (attività esclusiva del piede dx).

Inoltre grazie alle due pedane gemelle è possibile studiare le inter-correlazioni tra le oscillazioni dei due piedi in funzione del tempo.

La pedana *Cyber-Sabots* TM è costituita da:

* Sabots (Fig. 14): due piattaforme dinamometriche gemelle che permettono lo studio differenziato dei due piedi, e anche dell'avampiede rispetto al tallone. Sulla loro superficie sono disegnate varie impronte, relative alle diverse taglie di piede così da facilitare il posizionamento dei soggetti sopra le piattaforme.

Le misurazioni si effettuano a piedi nudi e grazie all'isolamento termico della superficie della pedana si garantisce di eliminare i possibili effetti galvanici dalla misurazione;

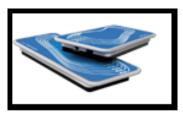


Figura 14-Sabots (SprintIT Srl)

* Piattaforma di Bessou (Fig. 15), una piattaforma basculante propriocettiva, essa

permette le misurazioni per la stabilometria dinamica e le sue oscillazioni sono anteroposteriori. Questa piattaforma crea l'instabilità necessaria all'attivazione di alcuni meccanismi sensoriali che non si attiverebbero con la misurazione statica

(Bessou et al., 1997);



Figura 15-Piattafotma di Bessou

* Dima di posizionamento, sulla quale posizionare i Sabots (Fig. 16). Questa permette di scegliere, a seconda delle esigenze, di posizionare i piedi a 30°, con una distanza di 2 cm tra i talloni, oppure paralleli.





Figura 16-Dima di posizionamento (SprintIT Srl)

Inoltre per effettuare le misurazioni sono necessari:

- * Mira ottica, da posizionare su un piano ortogonale al soggetto, ad una distanza pari almeno al doppio di quella del centro di massa da terra;
- * Dima di Forex, utilizzata per livellare la pedana di Bessou in quanto è necessario il posizionamento su un piano liscio, privo di alterazioni, che potrebbero incidere sull'acquisizione;
- * Computer con software "SABOSOFT", il quale contiene tutti i parametri di analisi standard secondo le norme AFP 12/05 e AFP 40/16. I programmi rielaborano i dati e creano i grafici specifici per l'illustrazione dei parametri misurati.

2. La propriocezione

Attraverso la propriocezione, l'uomo cerca di trovare il suo equilibrio. Egli vive in uno stato di continua instabilità e lotta costantemente contro la gravità. Ha, però, a disposizione un gran numero di recettori che lo informano sullo stato nel quale si trova e le capacità di adattarsi all'ambiente circostante in ogni momento.

2.1 Cos'è la propriocezione

La prima definizione che abbiamo del termine *propriocezione* risale al 1906 quando Sherrington, neurofisiologo e patologo inglese la descrisse partendo dalla classificazione dei recettori periferici in base all'origine dello stimolo (Riva et al.,1999).

Il concetto di propriocezione si è molto modificato nel corso degli anni e lo si può definire come l'insieme delle funzioni deputate al controllo della posizione e del movimento del corpo, sulla base delle informazioni rilevate da recettori periferici denominati propriocettori.

2.2 I recettori periferici

I recettori periferici sono terminazioni nervose o cellule le quali captano le influenze delle diverse forme di energia agenti sull'organismo e le trasformano in segnali che vengono trasmessi dai nervi ai centri superiori in modo tale da essere avvertite e se necessario essere confrontate con esperienze pregresse.

Sherrington distingue i **recettori periferici** in:

* ESTEROCETTORI, essi sono sensibili agli stimoli provenienti dall'ambiente esterno. Tra questi troviamo i recettori visivi e i recettori cutanei (Fig. 17), che si dividono in quattro tipi: recettori SAI ("dischi di Merkel"), recettori RA ("corpuscoli di Meissner"), recettori

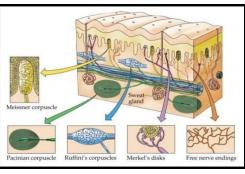


Figura 8-Esterocettori cutanei

SAII (corrispondenti ai corpuscoli di Ruffini del derma), recettori PC (corrispondenti ai corpuscoli di Pacini). I primi due tipi di recettori sono localizzati superficialmente mentre i SAII e i PC sono più profondi. Essi differiscono oltre che per la loro diversa localizzazione anche per la loro morfologia, la loro sensibilità, per specifiche forme di stimoli meccanici e per la loro funzione;

- * ENTEROCETTORI, essi ricevono informazioni da stimoli provenienti dall'interno dell'organismo, in particolare dai visceri;
- * PROPRIOCETTORI, anche essi stimolati dall'interno del nostro organismo, essi sono i *recettori articolari*, *vestibolari e tendino-muscolari*.

I recettori articolari sono meccanorecettori localizzati nelle capsule articolari. Se ne distinguono due tipi principali: le terminazioni di Ruffini, a scarica principalmente tonica, costituite dal fascio di terminazioni assonali di fibre afferenti di tipo Ia, e i corpuscoli del Pacini, prevalentemente fasici, costituiti da una singola terminazione assonale cilindrica avvolta da un bottone di cellule lamellari. Questi recettori sono presenti sia sul versante estensorio sia su quello flessorio ed è per questo che essi formano, per ciascun'articolazione, due gruppi funzionalmente contrapposti che

I *recettori vestibolari* (Fig. 18) sono localizzati nelle macule degli organi otolitici e nelle ampolle dei canali semicircolari, che costituiscono gran parte dell'orecchio interno.

rispondono o all'estensione o alla flessione dell'articolazione.

Canalia interno

Canalia semicrostari

Transportora Catalana

Cata

Figura 9-I recettori vestibolari

I *recettori tendinei e muscolari* dei quali fanno parte i fusi NeuroMuscolari e gli organi tendinei del Golgi, localizzati rispettivamente in muscoli e tendini.

- * I Fusi NeuroMuscolari (FNM) sono all'interno del ventre muscolare e inviano messaggi al Sistema Nervoso Centrale sulla lunghezza istantanea del muscolo e sulla velocità di variazione della lunghezza. Sono disposti in parallelo alle fibre muscolari striate e presentano al centro una parte con spessore maggiore (equatoriale), mentre con le loro estremità si fissano al perimisio;
- * Gli *Organi Tendinei del Golgi (OTG)* sono invece inseriti nella giunzione tra muscolo e tendine ai quali sono fissati attraverso le loro estremità, essi sono

quindi disposti in serie rispetto alle fibre muscolari e al tendine. Lo stimolo migliore per gli OTG è lo stiramento attivo o passivo del tendine, quindi registrano lo stiramento e la contrattura attiva del muscolo. La loro funzione è di informare circa il grado di contrazione da attuare perchè il muscolo vinca una data resistenza (Fig. 19).

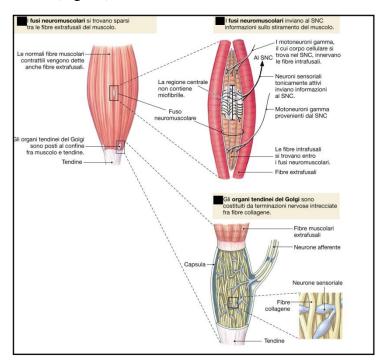


Figura 19-FNM e OTG

2.3 L'archeopropriocezione

Attualmente vengono distinte due componenti della sensibilità propriocettiva, quella "cosciente" e quella "incosciente". La prima viene definita come una variazione specializzata della modalità sensoriale del tatto e include la sensazione della posizione dell'articolazione nello spazio (joint position sense) e la sensazione del movimento articolare (cinestesia). Le informazioni derivate dalla componente conscia della propriocezione raggiungono la corteccia cerebrale per dare avvio a una risposta motoria. La seconda componente della propriocezione è l'archepropriocezione, ossia quella incosciente, la quale sta alla base dei riflessi stabilizzatori che assicurano la stabilità funzionale statica e dinamica delle articolazioni e quindi del tono posturale (Riva, 2000).

La funzione *archepropriocettiva* permette quindi alla maggioranza dei segnali propriocettivi di dirigersi verso aree fisiologicamente antiche, delle quali fanno parte:

- * I recettori periferici, già descritti;
- * Il midollo spinale
- * Il tronco dell'encefalo
- Il cervelletto

Il midollo spinale

Il midollo spinale si estende, all'interno della colonna vertebrale dalla base cranica alla prima vertebra lombare, non occupandola per tutta la sua lunghezza.

Esso ha una duplice funzione, attraverso i motoneuroni costituisce la via obbligata per il controllo dei muscoli ricevendo i segnali che regolano il movimento dalle strutture superiori attraverso i tratti discendenti, inoltre è considerata anche la porta d'ingresso dell'informazione somatosensoriale, o livello più periferico d'integrazione, in quanto i circuiti nervosi dei riflessi spinali collegano le vie d'ingresso e d'uscita senza l'intervento di livelli superiori.

La parte sensoriale e la parte motoria del midollo spinale sono connesse tra loro e formano circuiti neuronali intrinseci al midollo spinale in grado di organizzare movimenti riflessi, come il riflesso da stiramento, il riflesso di retrazione, il riflesso tendineo del Golgi.

In sezione, il midollo spinale (Fig.20) si presenta anatomicamente con una parte più

interna di sostanza grigia, costituita da pirenofori di cellule nervose, circondata da uno spesso rivestimento dato dalla sostanza bianca, formata da fasci di fibre mieliniche. La sostanza grigia ha la forma di una H maiuscola in cui si distinguono le corna anteriori e quelle posteriori.

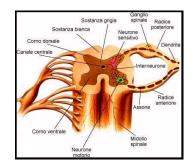


Figura 20-Il midollo spinale

I neuroni del corno anteriore sono detti motoneuroni e sono di due tipi:

* Alfa, più grossi e quindi con velocità di conduzione molto alta (70/120 m/sec) che innervano le fibre muscolari cui portano l'impulso nervoso tramite la placca motrice.

* Gamma, i quali danno innervazione motoria ai fusi NeuroMuscolari. Essi sono più piccoli e la loro velocità di conduzione è più bassa (15/30 m/sec).

I motoneuroni Alfa determinano direttamente l'accorciamento del muscolo, quelli Gamma invece determinano la contrazione delle fibre intrafusali, e quindi non hanno effetto diretto sulla lunghezza del muscolo. Essi modificando le fibre muscolari intrafusali, ne stimolano le terminazioni anulospirali generando impulsi che scaricano sui motoneuroni Alfa; in questo modo sono fondamentali nel riflesso tonico da stiramento e nel mantenimento del tono muscolare.

I neuroni del corno posteriore sono neuroni bersaglio di una gran parte delle fibre sensoriali in ingresso.

La sostanza bianca raccolta in cordoni trasporta le informazioni di sensibilità dalla periferia ai centri nervosi superiori (cordoni ascendenti) e impulsi motori dai centri superiori in periferia (cordoni discendenti).

Esistono diversi tipi di sensibilità alla quale risponde il midollo spinale:

- * Sensibilità esterocettiva: gli stimoli provengono dall'ambiente esterno, si distingue in generale (esterocettori della cute e del tessuto sottocutaneo) e speciale (sensibilità olfattiva, visiva, acustica, vestibolare e gustativa);
- Sensibilità enterocettiva: gli stimoli provengono dai visceri e sono soprattutto di tipo nocicettivo, meccanico o chimico recepiti da terminazioni libere e recettori;
- * Sensibilità propriocettiva: vengono stimolati i propriocettori dei muscoli, dei tendini e delle articolazioni, i quali inviano informazioni al SNC sul tono muscolare e sulle posizioni dei segmenti scheletrici. Essi inducono risposte riflesse che controllano l'atteggiamento posturale e il mantenimento dell'equilibrio. Questa come abbiamo descritto in precedenza viene divisa in cosciente e incosciente.

Tronco dell'encefalo

Il tronco dell'encefalo è la porzione del nevrasse che congiunge il cervello in senso stretto (telencefalo e diencefalo) con il midollo spinale. Risiede nella fossa cranica posteriore, anteriormente al cervelletto, e partecipa all'organizzazione fisiologica dell'intero Sistema Nervoso Centrale.

Il tronco dell'encefalo (Fig. 21) è costituito in senso caudo-craniale dal bulbo (diretta

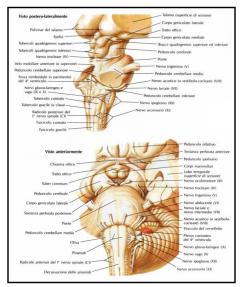


Figura 21-Il tronco dell'encefalo

continuazione del midollo spinale), dal ponte e dal mesencefalo (il quale continua nel diencefalo). Il tronco dell'encefalo si può poi suddividere in una parte anteriore (piede), la più recente occupata dai fasci piramidali e una posteriore (calotta), più antica costituita da sostanza grigia e bianca. I fasci che la compongono trasportano informazioni di sensibilità; alcune formazioni di sostanza grigia hanno il significato di centri motori (la cui funzione principale è quella di esercitare il controllo posturale durante il movimento), altri hanno quello di centri di ritrasmissione d'informazioni sensitive.

Il nucleo vestibolare, il nucleo rosso e il tetto del mesencefalo partecipano alla realizzazione dei riflessi del tronco encefalico, che servono a mantenere il corpo in equilibrio durante il movimento.

Il nucleo rosso, nel mesencefalo, collega cervelletto e midollo spinale. Le vie discendenti del nucleo rosso sono importanti per la coordinazione del movimento degli arti del lato opposto del corpo; il nucleo vestibolare stimola i motoneuroni periferici dei muscoli estensori che mantengono il corpo eretto; il tetto del mesencefalo contiene due paia di nuclei, che vengono stimolati da informazioni uditive provenienti dalle orecchie e visive provenienti dagli occhi.

Il cervelletto

Il cervelletto è la porzione della massa encefalica che prende origine dalla parte dorsale della vescicola rombo encefalica e occupa la parte posteriore e inferiore della cavità cranica. È connesso al tronco encefalico tramite i peduncoli cerebellari. La sua porzione mediana, detta verme, è la sede del controllo da parte del cervelletto della muscolatura assiale e prossimale. Lateralmente al verme sono presenti gli emisferi cerebellari, con una zona intermedia, la quale controlla i movimenti delle parti distali degli arti e una zona laterale, la quale collabora con la corteccia e i nuclei alla base per formare programmi motori.

Il cervelletto è stato diviso in tre territori basandosi su dati embriologici e funzionali (Larsell, 1970):

- * Lobo flocculo-nodulare che costituisce l'archi cerebello, il quale rappresenta il centro dell'equilibrio vestibolare per quanto riguarda la sua funzione;
- * Lobo anteriore o paleo cerebello, centro regolatore del tono muscolare della postura:
- * Lobo posteriore o neocerebello, dove avviene la regolazione della motilità volontaria e automatica.

Il controllo posturale, anche se fortemente influenzato dalla componente propriocettiva, non si basa solo ed esclusivamente su questa, ma sull'interevento coordinato e sinergico di tre importanti funzioni: la funzione archeopropriocettiva, come è già stato descritto, la funzione vestibolare e la funzione visiva (Sannicandro, 2007).

3. Disegno di ricerca

3.1 Obiettivi

Lo scopo della ricerca è di valutare gli effetti di un training di ginnastica propriocettiva, sulla modificazione di parametri legati alla stabilità e la postura in un gruppo di 12 soggetti. Il metodo utilizzato per evidenziare tali modificazioni è la stabilometria elettronica.

Criteri di inclusione in casistica

Persone di età compresa fra i 35 e i 60 anni, in stato di salute, che abbiano ottenuto il certificato di attività motoria non agonistica e senza malformazioni congenite all'appoggio plantare.

Criteri di esclusione in casistica

Persone con:

- malattie infiammatorie o degenerative al SNC;
- * alterazioni vestibolari;
- * malformazioni congenite dell'appoggio plantare.

3.2 Materiali e metodi

3.2.1. Popolazione

Le persone sono state reclutate presso il gruppo sportivo amatoriale *MyTime Sport*, presso la palestra comunale di Ponte San Nicolò (PD). Questo gruppo è nato con l'obiettivo di allenare adulti nella ginnastica presciistica, per una preparazione alla pratica dello sci nella stagione invernale. La partecipazione a questo corso è rivolta ad entrambi i sessi e ad una fascia d'età ampia, che è stata ristretta molto nella selezione dei soggetti per il nostro progetto.

Inizialmente, sono stati reclutati 15 soggetti, 8 maschi e 7 femmine, di età compresa tra i 42 e i 55 anni (età media= 49,5).

Al momento dell'analisi dei dati, solo 12 di loro sono risultati idonei alla partecipazione, 5 maschi e 7 femmine, di età compresa tra i 42 e i 55 anni (età media=48,9; ds=3,32).

L'esclusione dei 3 soggetti si è verificata per motivi di carattere personale,

riguardanti soprattutto il lavoro. Essi, infatti, dopo aver aderito al progetto, hanno purtroppo, partecipato solo in parte al protocollo di allenamento e per gli stessi motivi non hanno potuto partecipare all'analisi stabilometrica post-training (T1).

Nessuno dei soggetti è stato, invece, escluso dallo studio perché non rispettava i criteri d'inclusione ed esclusione; a seguito di un'anamnesi iniziale si è stabilito che ognuno dei soggetti non presentasse problematiche e/o malattie tali da compromettere la partecipazione allo studio.

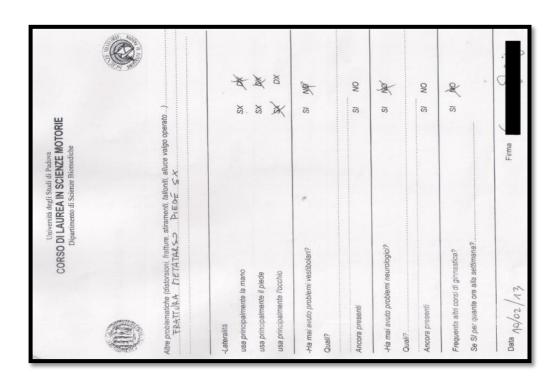
Ognuno di loro, inoltre, è stato informato adeguatamente sui criteri di inclusione ed esclusione, sul progetto dello studio, sugli obiettivi e le ipotesi; essi hanno quindi aderito al progetto liberamente.

3.2.2. Procedure e protocollo

La ricerca effettuata si compone di varie fasi:

- A. Compilazione di una scheda di anamnesi;
- B. Analisi stabilometrica ex-ante (T0);
- C. Test di Fukuda (T0);
- D. Training di ginnastica propriocettiva;
- E. Analisi stabilometrica ex-post (T1);
- F. Test di Fukuda (T1).

Scheda personale (Fig. 22), nella quale si chiedeva di indicare nome, cognome, dati antropometrici dei soggetti, come l'altezza, il peso, il numero di scarpe e la dominanza di occhio, mano e piede; questi erano necessari per conoscere l'età dei soggetti e per impostare adeguatamente la pedana stabilometrica. Inoltre, sono state rivolte ai soggetti delle domande relative al loro stato di salute: è stato chiesto loro se soffrissero di malattie neurologiche, vestibolari, osteoarticolari, se fossero caratterizzati da malformazioni a piedi (piatti, cavi) e ginocchia (valghe, vare) e/o se avessero subito interventi importanti per quanto riguarda articolazioni, tendini, legamenti, ossa o qualunque cosa ritenessero rilevante. Si è anche indagato sulle loro attività motorie, chiedendo quali fossero e quanto tempo vi dedicassero alla settimana;



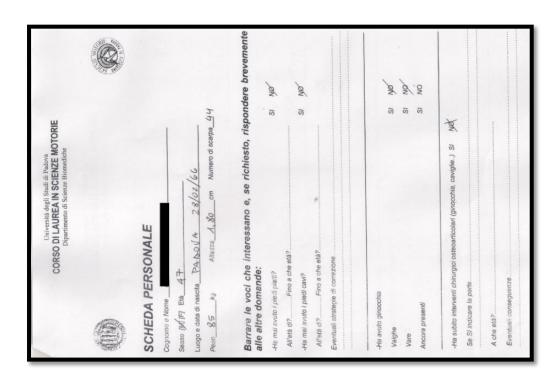


Figura 22-Scheda personale

Analisi stabilometrica ex-ante (T0) attraverso l'apparato Cyber SabotsTM della ditta In Tech di Marsiglia (Francia), fornito dall'azienda SprintIT S.r.l., con sede a Noale (VE), in via Adami 14.

Le acquisizioni sono state effettuate in quattro modalità: statica ad occhi aperti (STAT.OA), statica ad occhi chiusi (STAT.OC), dinamica ad occhi aperti (DYN.OA) e dinamica ad occhi chiusi (DYN.OC). Secondo le norme internazionali (AFP85), i piedi sono stati posizionati a 30° per quanto riguarda l analisi statica (Fig.23) e paralleli per la dinamica (Fig.24).



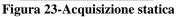




Figura 24- Acquisizione dinamica

I soggetti, dopo aver scelto la taglia del proprio piede sulla pedane ed essersi posizionati adeguatamente, rimanevano in stazione eretta con le braccia lungo il corpo guardando in avanti, mantenendo una posizione, possibilmente, rilassata e naturale. Quando il soggetto affrontava le acquisizioni ad occhi aperti il suo riferimento era una linea perpendicolare al terreno proiettata sul muro, ad una distanza di 2,40 mt. La posizione veniva mantenuta per 51,2 secondi nelle analisi in modalità statica (STAT.) e 25,6 secondi in quelle dinamiche (DYN.) e ripetuta con gli occhi aperti (OA) e ad occhi chiusi (OC) con mandibola in posizione neutra. Il setting è stato organizzato in modo tale da non influire nelle acquisizioni durante l'analisi stabilometrica. Infatti, l'operatore si poneva dietro al soggetto rimanendo in silenzio per tutta la durata del test, dopo aver dato le indicazioni sulla posizione da assumere.

Test di Fukuda (T0), somministrato subito dopo la stabilometria così che quest'ultima non venisse influenzata dalla sua esecuzione. Le modalità con le quali è stato eseguito il test sono le seguenti: è stato descritto il compito ai soggetti, i quali dovevano marciare sul posto con gli occhi chiusi e le braccia distese in avanti, parallele al piano di terra.

Il test è stato eseguito a piedi nudi, con le gambe flesse ed un'elevazione di circa 45°, con la testa e la mandibola in posizione neutra e con un ritmo del passo non troppo lento, né troppo rapido, tra 1,2 Hz e 1,4 Hz, ossia tra 72 e 84 passi al minuto (Gagey, 1997).

L'operatore con l'aiuto di un cronometro, non udibile dai soggetti, gestiva i tempi di svolgimento del test, fermando il soggetto una volta trascorsi circa 50 secondi.

Segnato a terra il punto di partenza (0), l'operatore dava il via alla prova, suggeriva, se necessario, di aumentare o diminuire il ritmo del passo e cronometrava i 50 secondi; finito il test è stato chiesto ai soggetti di rimanere fermi nella posizione in cui si trovavano e di aprire gli occhi. A quel punto è stato segnato a terra il punto nel quale il soggetto aveva terminato la prova, ponendo un segno al centro della linea congiungente i suoi malleoli. È stato quindi, tracciato a terra un sistema cartesiano prendendo come centro il punto di partenza (0). Sono poi, stati misurati gli spostamenti nell'asse delle ascisse e delle ordinate per capire di quanto si era spostato il soggetto in avanti, indietro, a destra e a sinistra. Con un goniometro invece è stato misurato l'angolo di spin (angolo di rotazione rispetto al proprio asse), il quale in soggetti sani potrebbe essere influenzato dalla manualità destra o sinistra o dalla dominanza della gamba destra o sinistra (Zhang Y.B. et al., 2011) e quindi dall'ipertono muscolare destro o sinistro e da una preferenza inconscia nell'uso di una o l'altra parte del corpo nel movimento.

Inizialmente, il test di Fukuda veniva utilizzato per evidenziare patologie neurologiche di diversa natura (Fukuda T., 1959), ma negli anni ha perso la sua veridicità in questo senso, diventando un test comunque utile, da affiancare però ad altri test clinici (Honaker J.A. et al., 2009).

Ai fini di questo studio, il test di Fukuda non è stato utilizzato per evidenziare problemi di origine neurologica ma per osservare nei soggetti, l'angolo di rotazione (spin) rispetto al proprio asse. Si è voluto poi confrontare tali dati con le analisi stabilometriche per evidenziare se fossero presenti delle correlazioni.

Uno studio di Nyabenda del 2003, ad esempio, ha evidenziato una correlazione tra il valore dello spin e la fascia d'età dei soggetti. Le due variabili (età e angolo di rotazione) sarebbero, secondo tale autore, direttamente proporzionali e quindi all'aumentare dell'età avremo anche un aumento dell'angolo di rotazione (Dejardin S., 2008);

Training di ginnastica propriocettiva della durata di 6 settimane per 2 sedute a settimana di 1 ora ciascuna. Tale protocollo era indirizzato all'allenamento dei riflessi propriocettivi. È stato strutturato per essere concentrato principalmente sul recettore podalico e, di conseguenza, su tutti i propriocettori dell'asse corporeo. Le sedute prevedevano una prima fase di riscaldamento, con la mobilizzazione del piede e della caviglia con esercizi di flesso-estensione, eversione-inversione e circonduzione. Nella fase centrale di ogni seduta venivano sviluppati training specifici per l'equilibrio sia a corpo libero che utilizzando attrezzi (Fig. 25. Tali esercizi sono stati svolti conoscendo il loro obiettivo principale, quello di sviluppare la capacità propriocettiva dei soggetti.



Figura 25-Tavolette propriocettive rettangolari, rotonde e dischi gonfiabili

In tutte le lezione, ogni esercizio veniva eseguito e ripetuto per 10 ripetizioni per 3 serie; questa modalità è stata utilizzata per "risvegliare la capacità propriocettiva" nelle persone e per far si che il gesto venisse appreso. La correzione veniva effettuata in maniera generale, al gruppo e in diversi casi, anche sui singoli soggetti, secondo le disponibilità. Nel corso delle lezioni è stato previsto un incremento delle difficoltà nell'esecuzione degli esercizi: da superficie stabile, a superficie instabile; da occhi aperti, ad occhi chiusi; da esercizi in scarico, ad esercizi a carico naturale; da esercizi individuali ad esercizi a coppie; dall'utilizzo di un singolo attrezzo alla volta, all'utilizzo di più attrezzi insieme.

Nella fase conclusiva di ogni lezione si proponevano esercizi di stretching e defaticamento in forma generale.

Analisi stabilometrica ex-post (T1) nelle stesse modalità usate per il T0; Test di Fukuda (T1) nelle stesse modalità usate per il T0.

Tutti i test sono stati eseguiti in un ambiente tranquillo, in assenza di fonti sonore e/o luminose disturbanti, a piedi nudi e con un abbigliamento consono alle registrazioni.

3.2.2.1 Il training propriocettivo

Riscaldamento/mobilizzazione

Davanti allo specchi, seduti a terra con le gambe distese:

- griffare le dita dei piedi ed estendere;
- cavizzare la pianta del piede e ritornare in appoggio normale;
- flesso-estensione della caviglia;
- flesso-estensione delle dita dei piedi;
- inversione-eversione del piede;
- circonduzione della caviglia.

Lo stesso protocollo veniva proposto davanti allo specchio da in piedi, appoggiando il piede a terra o tenendolo sollevato.



Foto 1



Foto 2



Foto 3



Foto 4







Foto 6

Fronte alla spalliera, in piedi, mani in presa all'altezza delle spalle, braccia distese:

- appoggio bipodalico, gambe distese: staccare i talloni da terra e sollevarsi sugli avampiedi;
- idem senza le mani in presa alla spalliera;
- sollevare la gamba destra parallela a terra (ginocchio a 90°), sollevamenti sull' avampiede sx, idem con avampiede dx;
- idem senza le mani in presa alla spalliera;
- balzi laterali cambiando piede d'appoggio e mantenere l'equilibrio per alcuni secondi.

La stessa sequenza è stata eseguita anche davanti allo specchio per esercitare la funzione dell'equilibrio.



Foto 7



Foto 8



Foto 9



Foto 11



Foto 10



Foto 12

Davanti allo specchio, con l'utilizzo di palle di diverse dimensioni e materiali:

- piede dx in appoggio a terra e sx in appoggio sulla palla, peso sul dx: flessoestensione della caviglia;
- idem con il piede sx a terra e dx sulla palla;
- idem caricando il peso sul piede in appoggio sulla palla;
- idem con inversione-eversione;
- idem con circonduzione.





Foto 13

Foto 14

Fase centrale

Esercizi a corpo libero, davanti allo specchio:

- in appoggio monopodalico, mantenere la posizione di equilibrio per alcuni secondi;
- in appoggio sul piede dx, far oscillare avanti e indietro la gamba sx, variando anche l'inclinazione del busto;
- idem in appoggio sul piede sx;
- balzi laterali cambiando piede d'appoggio e mantenendo l'equilibrio per alcuni secondi;
- idem con balzi avanti e indietro;
- corsa avanti, al segnale "stop", fermarsi in piegata avanti e rimanere in equilibrio per alcuni secondi;
- idem cambiando direzione di corsa;

- idem con corsa e piegata laterale;
- balzi girando il corpo di 90° e 180° a dx con partenza in appoggio bipodalico, arrivare in monopodalico, mantenere la posizione di equilibrio all'arrivo;
- idem girando il corpo a sx;
- idem su materassini impilati (superficie instabile).

Esercizi con attrezzi (tavolette propriocettive rettangolari con asse centrale, o tonde con appoggio centrale, dischi gonfiabili):

- ricerca dell'equilibrio in appoggio bipodalico, con le mani in appoggio alla spalliera;
- idem senza le mani in presa alla spalliera;
- ricerca dell'equilibrio in appoggio bipodalico facendo girare un pallone attorno al busto, facendo palleggiare il pallone a terra;
- ricerca dell'equilibrio in appoggio monopodalico, con le mani in appoggio alla spalliera;
- idem senza le mani in presa alla spalliera;
- piede sx in appoggio monopodalico condurre una palla con la pianta del piede dx;
- idem con il piede dx;
- balzare, partendo da terra in appoggio bipodalico e arrivare sull'attrezzo solo con il piede sx;
- idem, arrivando sull'attrezzo solo con il piede dx.











Foto 17 Foto 18





Foto 19 Foto 20





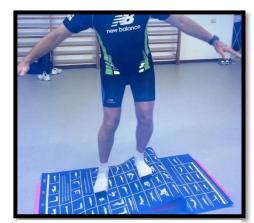


Foto 22



Foto 23



Foto 24







Foto 27



Foto 26



Foto 28







Foto 30

Esercizi in coppia:

- uno di fronte all'altro, per mano, un soggetto in appoggio a terra su un piede, il compagno in appoggio bipodalico su un attrezzo, mantenere l'equilibrio;
- idem cambiando piede;
- idem cambiando ruolo;
- idem cambiando attrezzo;
- idem con entrambi i soggetti in appoggio su attrezzi diversi;
- idem con entrambi i soggetti in appoggio monopodalico, sopra l'attrezzo.

Percorsi con attrezzi diversi (mattoncini, tavolette propiocettive rettangolari con asse centrale, o tonde con appoggio centrale, dischi gonfiabili e materassini impilati) in appoggio bi e monopodalico (Fig. 26).

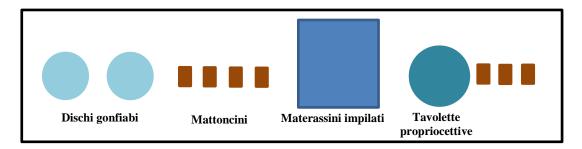


Figura 26-Esempio di percorso

Defaticamento/stretching

Esercizi di stretching analitici e globali per l'arto inferiore.

3.2.3. Analisi statistiche

I valori dell'angolo di spin ottenuti attraverso il Test di Fukuda in T0 e T1 sono stati raccolti e, successivamente, è stata creata una statistica descrittiva.

Allo stesso modo, sono state realizzate le tabelle per i dati raccolti dalla pedana Cyber- $Sabots^{TM}$.

Per entrambe le statistiche descrittive è stato utilizzato il programma SPSS Statistics 19.0.

Dopo aver raccolto i dati e costruito le statistiche descrittive, è stata operata una prima selezione, conservando quelli più semplici da interpretare e capire. Di tutti i dati acquisiti, quindi, si è tenuto conto solo di cinque:

- 1. *Superficie dell'ellisse di confidenza (S90)*, che include il 90% degli spostamenti del CdP durante l'acquisizione, (lo scarto di errore del 5% avviene sia sull'asse delle X che delle Y). È abbastanza corretto considerare una piccola area come sinonimo di poco squilibrio ed una grande area di molto squilibrio. Essa, quindi esprime la precisione del sistema posturale ed è misurata in mm²;
- 2. *Lunghezza dello statokinesigramma (Longr)*, il quale è costruito unendo i punti dello spostamento del CdP registrati durante l'acquisizione. Tale lunghezza è misurata in mm ed è la somma delle lunghezze di molti piccoli segmenti di lunghezza e direzione diversa. È possibile trovare, in un'area di confidenza piccola, una grande lunghezza e quindi una grande attività motoria;
- 3. *Variazione di velocità (Var. Vit)*, è la media delle velocità che vengono registrate (velocità/tempo). Essa è espressa in relazione alla frequenza di campionamento ed al tempo di registrazione. Quando la velocità è omogenea la variazione della velocità è minore, al contrario, quando la variazione risulta molto alta indicherà un sistema di controllo instabile, il quale necessita di molti adattamenti per mantenere l'equilibrio. La variazione di velocità è misurata in mm²/sec² ed è un parametro non dipendente dalla volontà;
- 4. *Distribuzione del peso corporeo (AVG, TALG, AVD, TALD)*, misurata in % su avampiedi destro e sinistro e su talloni destro e sinistro. Questi dati evidenziano le asimmetrie di carico e rappresentano i vettori di oscillazione al suolo. AVG sta per avampiede sinistro, TALG per tallone

sinistro, AVD per avampiede destro e TALD per tallone destro;

5. *Indice di variazione di velocità (IVV)*, numero che può assumere valori compresi tra -1 e +1. Per convenzione si fa riferimento al +1 quando il piede destro è quello che esprime più attività, -1 quando, ad esprimere più attività, è il piede sinistro. (Rossato et al., 2013; Ouaknine, 2007).

Con questi parametri, è stato condotto, attraverso il programma *SPSS Statistics 19.0*, il T-test per campioni appaiati ad 1 coda (Tab. X, XI, XII, XIII).

Questo test è stato utilizzato per evidenziare se, tra i dati acquisiti in T0 e i dati acquisiti in T1, vi fossero delle differenze significative, dopo le 6 settimane di allenamento propriocettivo. È quindi un test statistico che fa un confronto tra il pre e il post all'interno della stessa popolazione. L'ipotesi testata con il suddetto test, è che la variabile in T0 sia maggiore della variabile in T1, in quanto il miglioramento dovrebbe essere riscontrabile con una diminuzione dei parametri dopo l'allenamento. Il test, eseguito con intervallo di confidenza al 95%, restituisce il p-value, il quale esprime se il cambiamento nelle variabili sia stato, o meno, significativo (significatività con p-value $\leq 0,05$).

I dati raccolti attraverso il Test di Fukuda e quelli riguardanti l'Indice di Variazione della Velocità (IVV) sono stati sottoposti al medesimo T-test usando però, una modalità diversa, in quanto doveva essere analizzata la loro vicinanza o lontananza da un valore stabilito, in questo caso lo zero (0); per questo motivo sono stati messi a confronto i valori assoluti dei dati registrati in T0 ed in T1.

4. Risultati

4.1. Risultati dell'anamnesi

Dall'anamnesi iniziale è risultato che nessuno dei soggetti è affetto da:

- malattie infiammatorie o degenerative al SNC;
- * alterazioni vestibolari;
- * malformazioni congenite dell'appoggio plantare;

e che tutti i soggetti hanno rispettato i criteri di inclusione.

Sono stati, quindi, inclusi nel disegno di ricerca i 12 soggetti, che hanno partecipato a tutte le fasi del progetto: la compilazione della scheda personale, il test di Fukuda in T0 e T1, l'analisi stabilometrica in T0 e T1 e il training propriocettivo della durata di 6 settimane.

4.2. Statistiche descrittive

Di seguito sono riportate le tabelle relative alle statistiche descrittive dei dati raccolti attraverso la pedana stabilometrica e il test di Fukuda, nei due tempi diversi, T0 (PRE-training) e T1 (POST-training). Le tabelle contengono: il nome del parametro rilevato; il numero dei soggetti per il quale è stato rilevato; il valore massimo; il valore minimo; la media; la deviazione standard.

Tab. I-STATISTICHE DESCRITTIVE TEST DI FUKUDA, GRADI DI SPIN IN TO E T1.

Parametro	N	Minimo Massimo Media		Deviazione std.	
GRADI.Fukuda (T0)	12	,0	90,0	21,0833333	30,6222092
GRADI.Fukuda (T1)	12	,0	90,0	25,83333333	47,28219602

Tab. II-STATISTICHE DESCRITTIVE DEI DATI RILEVATI IN MODALITA STATICA AD OCCHI APERTI (STAT.OA) IN T0 (PRE).

Parametro	N	Minimo	Massimo	Media	Deviazione std.
Xmoyen	12	-9,501	17,920	4,60850	8,675701
Ymoyen	12	13,78	36,40	26,4225	5,99071
EcartX	12	1,967	6,845	3,72475	1,401686
EcartY	12	3,301	8,838	5,27367	1,664267
DistMoy	12	4,542	10,440	6,53992	1,875760
Surface	12	122,20	496,30	268,2750	128,64456
Longr	12	366,0	737,7	560,208	127,9249
LongrX	12	179,7	504,4	324,775	99,6948
LongrY	12	278,5	562,1	387,142	89,6186
LFS	12	,711	1,635	1,14258	,273150
Pente	12	50,250	168,600	95,60000	33,109868
VitMoy	12	7,149	14,400	10,93800	2,495131
VarVit	12	26,13	117,30	57,1333	28,18633
VFY	12	-3,840	2,574	-,42433	2,146861
VInstMoy	12	8,791	17,920	13,18733	3,073589
AN02X	12	10,460	43,470	23,86917	10,607969
AN02Y	12	14,270	54,930	30,72917	10,904538
Wx005Hz	12	4,0	15,0	9,750	3,2228
Wx052Hz	12	3,0	10,0	6,083	2,3533
Wx2MaxHz	12	1,0	3,0	1,833	,8348
WxTotHz	12	14,0	27,0	18,917	4,6213
Wy005Hz	12	9,0	20,0	14,583	3,5280
Wy052Hz	12	4,0	10,0	6,500	1,9771
Wy2MaxHz	12	1,0	4,0	2,417	,9962
WyTotHz	12	17,0	30,0	24,583	4,9260
Wz005Hz	12	1,0	7,0	3,167	2,3677
Wz052Hz	12	1,0	4,0	2,000	,9535
Wz2MaxHz	12	17,0	34,0	23,333	5,6138
WzTotHz	12	22,0	41,0	29,500	8,0284
AVG	12	,199	,276	,22542	,020917
TalG	12	,215	,320	,25733	,033279
AVD	12	,190	,309	,25375	,036913
TalD	12	,204	,318	,26167	,035681
Ppieds	12	-4,882	8,889	1,01808	3,583262
IVV	12	-,2920	,2410	-,024083	,1565430
IntCorGD	12	,636	,951	,84908	,086815

Tab. III-STATISTICHE DESCRITTIVE DEI DATI RILEVATI IN MODALITA STATICA AD OCCHI CHIUSI (STAT.OC) IN T0 (PRE).

Parametro	N	Minimo	Massimo	Media	Deviazione std.
Xmoyen	12	-11,460	22,360	6,44683	9,939865
Ymoyen	12	15,38	41,10	28,2875	9,00527
EcartX	12	1,808	4,564	3,14633	1,004571
EcartY	12	2,439	6,665	4,13308	1,123541
DistMoy	12	3,167	7,653	5,25500	1,251205
Surface	12	70,95	357,50	186,4025	85,37521
Longr	12	367,6	863,7	624,075	171,7482
LongrX	12	157,5	579,8	334,058	125,0298
LongrY	12	289,2	682,2	454,217	130,4163
LFS	12	,716	1,544	1,10400	,295218
Pente	12	8,722	130,100	80,75767	38,784084
VitMoy	12	7,180	16,870	12,18717	3,353149
VarVit	12	19,32	131,80	71,5658	38,92668
VFY	12	-,413	6,833	3,27108	2,559947
VInstMoy	12	8,421	19,810	14,65233	4,147276
AN02X	12	9,479	36,100	19,74408	7,479416
AN02Y	12	11,600	32,170	22,24417	7,787847
Wx005Hz	12	4,0	13,0	8,667	3,0251
Wx052Hz	12	2,0	11,0	5,667	2,9644
Wx2MaxHz	12	,0	5,0	2,167	1,3371
WxTotHz	12	9,0	30,0	17,417	6,1712
Wy005Hz	12	7,0	19,0	13,000	3,8376
Wy052Hz	12	4,0	14,0	8,250	2,7675
Wy2MaxHz	12	1,0	5,0	3,333	1,2309
WyTotHz	12	16,0	34,0	25,667	6,0653
Wz005Hz	12	,0	9,0	3,000	2,4495
Wz052Hz	12	1,0	7,0	2,417	1,7816
Wz2MaxHz	12	17,0	37,0	24,667	7,2780
WzTotHz	12	19,0	47,0	31,083	9,9860
AVG	12	,181	,264	,22850	,026569
TalG	12	,183	,327	,24567	,040415
AVD	12	,195	,327	,26250	,045870
TalD	12	,202	,345	,26125	,042879
Ppieds	12	-4,598	8,351	,57258	3,469181
IVV	12	-,1400	,1360	-,032667	,0903673
IntCorGD	12	,717	,950	,84583	,080808
QRBGSurf	12	43,87	126,70	74,7392	30,97248
QRBVV	12	70,52	241,10	125,9825	55,76823

Tab. IV-STATISTICHE DESCRITTIVE DEI DATI RILEVATI IN MODALITA DINAMICA AD OCCHI APERTI (DYN.OA) IN T0 (PRE).

Parametro	N	Minimo	Massimo	Media	Deviazione std.
Xmoyen	12	-9,284	16,860	3,70358	7,995454
Ymoyen	12	34,30	70,22	53,7650	10,49001
EcartX	12	3,343	8,192	5,40275	1,660995
EcartY	12	6,427	19,450	11,04650	3,914542
DistMoy	12	7,549	21,030	12,38933	3,919794
Surface	12	319,70	2244,00	893,1250	528,35345
Longr	12	420,4	850,9	686,383	120,1753
LongrX	12	158,4	446,2	344,600	85,9098
LongrY	12	354,9	675,6	517,517	96,1253
LFS	12	,332	1,273	,86942	,224350
Pente	12	71,550	113,900	89,21083	10,552138
VitMoy	12	16,420	33,230	26,80833	4,695088
VarVit	12	145,80	639,90	351,3333	151,86594
VFY	12	-12,060	10,670	-,27525	7,913930
VInstMoy	12	21,330	41,350	32,54917	5,892435
AN02X	12	16,350	38,360	28,90417	6,794093
AN02Y	12	9,653	40,630	26,00442	10,469221
Wx005Hz	12	4,0	20,0	11,167	5,6542
Wx052Hz	12	3,0	14,0	9,583	3,7285
Wx2MaxHz	12	1,0	5,0	3,083	1,0836
WxTotHz	12	10,0	39,0	25,250	9,3335
Wy005Hz	12	10,0	47,0	19,500	10,1399
Wy052Hz	12	8,0	22,0	14,833	3,9734
Wy2MaxHz	12	3,0	10,0	5,083	2,0652
WyTotHz	12	23,0	80,0	40,750	14,1622
Wz005Hz	12	1,0	34,0	12,250	9,3237
Wz052Hz	12	5,0	60,0	28,667	16,5218
Wz2MaxHz	12	42,0	228,0	127,833	65,4770
WzTotHz	12	50,0	323,0	169,750	85,7726
AVG	12	,201	,347	,27975	,043128
TalG	12	,168	,244	,19908	,024036
AVD	12	,235	,358	,30633	,033451
TalD	12	,155	,300	,21283	,049521
Ppieds	12	-7,576	10,030	,84733	4,916446
IVV	12	-,6160	,3840	-,084333	,2613713
IntCorGD	12	,542	,964	,86275	,123006

Tab. V-STATISTICHE DESCRITTIVE DEI DATI RILEVATI IN MODALITA DINAMICA AD OCCHI CHIUSI (DYN.OC) IN T0 (PRE).

Parametro	N	Minimo	Massimo	Media	Deviazione std.
Xmoyen	12	-5,336	14,710	2,29192	7,148461
Ymoyen	12	38,55	68,31	50,0667	10,02946
EcartX	12	3,182	10,230	6,38075	2,460514
EcartY	12	5,950	14,390	11,01075	2,958909
DistMoy	12	6,744	16,820	12,85958	3,293601
Surface	12	273,00	1888,00	1036,0250	541,60101
Longr	12	582,8	1388,0	961,533	279,5468
LongrX	12	220,1	836,3	497,742	222,9028
LongrY	12	486,4	1144,0	708,692	185,2756
LFS	12	,431	1,310	,86383	,237471
Pente	12	26,570	117,800	87,43250	21,597386
VitMoy	12	22,760	54,220	37,56417	10,927435
VarVit	12	252,20	1419,00	692,8917	398,36353
VFY	12	10,430	30,310	19,80333	7,086079
VInstMoy	12	27,770	64,590	45,38000	13,060388
AN02X	12	12,940	41,460	24,41083	9,143196
AN02Y	12	12,640	51,910	34,94833	10,708679
Wx005Hz	12	5,0	20,0	10,833	5,0602
Wx052Hz	12	6,0	26,0	14,417	7,8446
Wx2MaxHz	12	2,0	10,0	4,750	2,3012
WxTotHz	12	14,0	50,0	31,083	12,5151
Wy005Hz	12	11,0	37,0	22,083	7,6212
Wy052Hz	12	10,0	31,0	20,667	6,2280
Wy2MaxHz	12	4,0	12,0	6,833	2,3290
WyTotHz	12	29,0	68,0	50,667	12,7160
Wz005Hz	12	2,0	32,0	13,167	8,7681
Wz052Hz	12	13,0	60,0	32,000	17,2258
Wz2MaxHz	12	61,0	259,0	159,583	64,6508
WzTotHz	12	80,0	328,0	205,833	85,1489
AVG	12	,200	,335	,27142	,044512
TalG	12	,134	,316	,21592	,047458
AVD	12	,226	,365	,29325	,041436
TalD	12	,163	,268	,21758	,038066
Ppieds	12	-7,936	14,490	1,38117	6,370990
IVV1	12	-,6580	,1690	-,109083	,2168931
IntCorGD	12	,161	,948	,77592	,223139
QRBGSurf	12	80,51	229,20	138,3858	46,17693
QRBVV	12	96,29	793,10	296,1492	231,92305

Tab. VI-STATISTICHE DESCRITTIVE DEI DATI RILEVATI IN MODALITA STATICA AD OCCHI APERTI (STAT.OA) IN T1 (POST).

Parametro	N	Minimo	Massimo	Media	Deviazione std.
Xmoyen	12	-11,070	17,030	3,03000	7,691088
Ymoyen	12	17,19	45,88	31,5325	9,07529
EcartX	12	2,169	5,847	3,55683	1,118511
EcartY	12	2,659	7,361	4,92042	1,610340
DistMoy	12	4,395	8,529	6,21492	1,378776
Surface	12	134,30	337,60	224,5500	75,09344
Longr	12	349,8	672,9	504,525	101,4050
LongrX	12	147,7	428,5	282,033	82,0345
LongrY	12	266,5	479,0	355,883	66,5074
LFS	12	,765	1,406	1,05958	,189019
Pente	12	58,97	173,20	106,4883	37,16027
VitMoy	12	6,832	13,140	9,85242	1,979221
VarVit	12	18,63	84,46	45,6492	18,82707
VFY	12	-6,719	,896	-2,63483	2,785197
VInstMoy	12	8,083	16,040	11,87492	2,410730
AN02X	12	11,340	36,610	21,74500	7,837172
AN02Y	12	12,70	53,62	28,7500	11,74901
Wx005Hz	12	5	13	9,00	2,486
Wx052Hz	12	2	8	5,17	1,946
Wx2MaxHz	12	1	3	1,83	,835
WxTotHz	12	9	24	16,75	4,475
Wy005Hz	12	7	19	12,58	2,875
Wy052Hz	12	4	10	6,42	2,065
Wy2MaxHz	12	1	3	2,25	,754
WyTotHz	12	14	30	22,33	4,579
Wz005Hz	12	1	6	2,83	1,899
Wz052Hz	12	1	4	1,92	,996
Wz2MaxHz	12	16	32	23,33	5,263
WzTotHz	12	19	41	29,08	7,669
AVG	12	,191	,308	,24858	,037568
TalG	12	,144	,320	,23767	,042666
AVD	12	,224	,329	,26658	,032168
TalD	12	,139	,338	,24492	,046289
Ppieds	12	-7,588	7,642	,44358	4,266806
IVV	12	-,2120	,1520	-,012083	,0890949
IntCorGD	12	,752	,984	,88392	,075505

Tab. VII-STATISTICHE DESCRITTIVE DEI DATI RILEVATI IN MODALITA STATICA AD OCCHI CHIUSI (STAT.OC) IN T1 (POST).

Parametro	N	Minimo	Massimo	Media	Deviazione std.
Xmoyen	12	-12,800	25,400	3,81017	11,338217
Ymoyen	12	20,66	55,30	33,4867	11,49962
EcartX	12	1,167	5,138	3,18983	1,224235
EcartY	12	2,044	7,233	3,92900	1,588881
DistMoy	12	2,692	8,283	5,12442	1,817875
Surface	12	46,66	394,70	182,9375	116,80065
Longr	12	316,4	982,5	627,050	216,0582
LongrX	12	120,3	637,0	319,650	146,6465
LongrY	12	250,6	650,1	471,017	140,5319
LFS	12	,628	1,643	1,09408	,310483
Pente	12	27,62	139,40	89,3583	38,30663
VitMoy	12	6,181	19,190	12,24492	4,218573
VarVit	12	15,72	197,00	82,5125	62,74627
VFY	12	-,677	8,210	3,51458	3,344032
VInstMoy	12	7,346	23,780	14,88675	5,449973
AN02X	12	8,317	41,660	25,44392	11,346224
AN02Y	12	13,00	39,01	23,6400	8,28642
Wx005Hz	12	3	17	8,42	3,872
Wx052Hz	12	1	12	5,58	3,204
Wx2MaxHz	12	1	6	2,17	1,403
WxTotHz	12	6	36	17,17	8,100
Wy005Hz	12	5	30	12,50	6,446
Wy052Hz	12	4	16	8,58	3,175
Wy2MaxHz	12	2	7	3,50	1,382
WyTotHz	12	12	52	25,50	10,536
Wz005Hz	12	0	14	3,25	3,793
Wz052Hz	12	1	9	2,92	2,575
Wz2MaxHz	12	16	43	25,92	8,989
WzTotHz	12	20	63	33,50	14,613
AVG	12	,185	,347	,25558	,050257
TalG	12	,156	,306	,22633	,047866
AVD	12	,206	,324	,27383	,040812
TalD	12	,110	,320	,24242	,056733
Ppieds	12	-4,601	6,937	-,01708	3,826388
IVV	12	-,1960	,1820	,026000	,1186232
IntCorGD	12	,821	,948	,89083	,039820
QRBGSurf	12	26,12	162,40	79,5083	44,51631
QRBVV	12	67,59	432,60	167,2742	108,25301

Tab. VIII-STATISTICHE DESCRITTIVE DEI DATI RILEVATI IN MODALITA DINAMICA AD OCCHI APERTI (DYN.OA) IN T1 (POST).

Parametro	N	Minimo	Massimo	Media	Deviazione std.
Xmoyen	12	-10,510	11,700	-,77075	6,747342
Ymoyen	12	39,94	78,53	52,0400	11,54889
EcartX	12	2,700	7,127	4,55392	1,249797
EcartY	12	3,966	11,410	7,26267	2,538013
DistMoy	12	5,853	12,890	8,61625	2,660420
Surface	12	208,30	963,50	485,1250	276,98632
Longr	12	428,8	967,5	597,825	137,1016
LongrX	12	215,3	456,4	287,350	81,3317
LongrY	12	302,6	754,4	462,517	104,0396
LFS	12	,734	1,331	1,02208	,205573
Pente	12	29,99	133,60	89,9600	25,08682
VitMoy	12	16,750	37,790	23,34833	5,355529
VarVit	12	124,00	925,30	284,4917	208,01403
VFY	12	-20,960	17,340	-1,63192	9,733226
VInstMoy	12	20,120	48,530	28,48000	7,060362
AN02X	12	18,800	57,120	36,16833	11,458038
AN02Y	12	22,70	53,46	35,6233	9,53600
Wx005Hz	12	6	15	9,25	2,958
Wx052Hz	12	4	12	7,42	2,575
Wx2MaxHz	12	1	4	2,08	,900
WxTotHz	12	12	27	19,92	4,795
Wy005Hz	12	7	20	12,50	4,079
Wy052Hz	12	6	19	12,17	3,243
Wy2MaxHz	12	3	8	4,67	1,557
WyTotHz	12	22	41	30,33	5,758
Wz005Hz	12	1	22	6,50	6,332
Wz052Hz	12	6	43	16,50	11,720
Wz2MaxHz	12	41	158	86,33	40,424
WzTotHz	12	52	198	110,42	55,644
AVG	12	,241	,353	,29992	,035633
TalG	12	,154	,243	,19950	,027734
AVD	12	,222	,392	,27758	,046173
TalD	12	,105	,271	,22092	,048566
Ppieds	12	-12,720	7,322	-3,38817	6,068061
IVV	12	-,3750	,4140	-,029417	,2416069
IntCorGD	12	,364	,925	,80117	,176732

Tab. IX-STATISTICHE DESCRITTIVE DEI DATI RILEVATI IN MODALITA DINAMICA AD OCCHI CHIUSI (DYN.OC) IN T1 (POST).

Parametro	N	Minimo	Massimo	Media	Deviazione std.
Xmoyen	12	-11,500	14,940	2,81458	7,835788
Ymoyen	12	30,03	72,35	51,3392	11,24271
EcartX	12	3,586	11,060	5,83067	2,160964
EcartY	12	5,351	13,230	9,21167	2,361788
DistMoy	12	6,439	17,240	10,96442	2,936109
Surface	12	276,30	2112,00	803,1000	493,72810
Longr	12	493,4	1102,0	776,342	206,5329
LongrX	12	203,9	640,7	394,000	140,0336
LongrY	12	395,5	826,8	583,525	148,2490
LFS	12	,254	1,256	,85967	,239068
Pente	12	52,56	113,20	92,0675	15,32747
VitMoy	12	19,270	43,060	30,32583	8,072784
VarVit	12	154,70	953,00	441,5500	267,52450
VFY	12	7,409	25,870	14,45208	6,179786
VInstMoy	12	22,950	52,270	36,48000	9,994621
AN02X	12	14,420	46,760	29,41417	8,790692
AN02Y	12	11,54	42,45	24,9683	11,26218
Wx005Hz	12	7	25	11,58	5,401
Wx052Hz	12	8	20	11,92	4,100
Wx2MaxHz	12	1	7	3,83	1,697
WxTotHz	12	20	40	28,50	7,740
Wy005Hz	12	14	32	20,58	5,648
Wy052Hz	12	9	26	16,33	5,280
Wy2MaxHz	12	4	12	6,58	2,392
WyTotHz	12	28	60	44,67	9,810
Wz005Hz	12	1	45	14,58	13,648
Wz052Hz	12	5	91	30,33	24,492
Wz2MaxHz	12	46	306	139,25	80,243
WzTotHz	12	53	424	185,08	113,715
AVG	12	,203	,331	,28525	,039333
TalG	12	,125	,238	,19617	,033715
AVD	12	,194	,375	,28883	,055672
TalD	12	,129	,322	,22775	,045323
Ppieds	12	-12,210	6,701	-2,72692	6,381999
IVV	12	-,2850	,4370	,028000	,2268167
IntCorGD2	12	,398	,931	,81008	,157945
QRBGSurf	12	63,44	570,30	205,5108	151,76376
QRBVV	12	53,78	579,50	192,5317	149,77905

4.3 Risultati T-test per campioni appaiati

Di seguito sono riportate le tabelle relative al T-test per campioni appaiati ad una coda condotto sui dati rilevati dalla pedana stabilometrica nei due tempi diversi, T0 (PRE-training) e T1 (POST-training). Le tabelle contengono: il nome delle coppie sulle quali è stato compiuto il test; le differenze a coppie dei valori (media, deviazione standard, errore della deviazione standard, limite inferiore e superiore); il p-value. La significatività del test è definita con un p-value $\leq 0,05$, in quanto l'intervallo di confidenza è stato preso al 95%.

Le tabelle sono state divise per le modalità con le quali sono stati rilevati i dati, statica ad occhi aperti (STAT.OA), statica ad occhi chiusi (STAT.OC), dinamica ad occhi aperti (DYN.OA) e dinamica ad occhi chiusi (DYN.OC).

Tab. X-T-TEST (Test per campioni appaiati ad 1 coda) IN MODALITA STATICA AD OCCHI APERTI –STAT.OA (ipotesi testata:variabile0>variabile1, sig. con p-value ≤ 0,05).

		Dif	ferenze a cop	pie		
Coppie	Media	Deviazione std.	Errore std. Media	Intervallo di confidenza per la differenza al 95%		p-value
				Inferiore	Superiore	
Sur0-Sur1	43,72500	144,51350	41,71746	-48,0945	135,54450	0,1585329 8
Longr0- Longr1	55,6833	79,3350	22,9021	5,2763	106,0904	0,0166643 82
VarVit0- VarVit1	11,48417	18,07658	5,21826	-,00115	22,96948	0,0250096
AVG0- AVG1	-,023167	,044216	,012764	-,051260	,004927	0,0484299
TalG0- TalG1	,019667	,044434	,012827	-,008566	,047899	0,0767337 31
AVD0- AVD1	-,012833	,035591	,010274	-,035447	,009780	0,1187796 4
TalD0- TalD1	,016750	,040077	,011569	-,008714	,042214	0,0877854 63

Tab. XI-T-TEST (Test per campioni appaiati ad 1 coda) IN MODALITA STATICA AD OCCHI CHIUSI-STAT.OC (ipotesi testata:variabile0>variabile1, sig. con p-value \leq 0,05).

		Diff	erenze a cop	pie		
Coppie	Media	Deviazione std.	Errore std.	Intervallo di confidenza per la differenza al 95%		p-value
		Sta.	Media	Inferiore	Superiore	
Sur0-Sur1	3,46500	72,98938	21,07022	-42,91024	49,84024	0,4361798
						68
Longr0-	-2,9750	174,2882	50,3127	-113,7124	107,7624	0,4769544
Longr1						59
VarVit0-	-10,94667	52,31866	15,10310	-44,18836	22,29502	0,2418548
VarVit1						6
AVG0-	-,027083	,044545	,012859	-,055386	,001219	0,0294835
AVG1						63
TalG0-	,019333	,037090	,010707	-,004233	,042899	0,0491909
TalG1						65
AVD0-	-,011333	,029015	,008376	-,029769	,007102	0,1015921
AVD1						56
TalD0-	,018833	,037646	,010868	-,005086	,042753	0,0555004
TalD1						73

Tab. XII-T-TEST (Test per campioni appaiati ad 1 coda) IN MODALITA DINAMICA AD OCCHI APERTI-DYN.OA (ipotesi testata:variabile0>variabile1, sig. con p-value \leq 0,05).

Coppie	Media	Deviazione std.	Errore std.	Intervallo di confidenza per la differenza al 95%		p-value
		Sta.	Media	Inferiore	Superiore	
Sur0-Sur1	408,00000	348,22066	100,52265	186,75115	629,24885	0,0009435
						49
Longr0-	88,5583	131,0263	37,8240	5,3082	171,8084	0,0195404
Longr1						26
VarVit0-	66,84167	171,95771	49,63991	-42,41505	176,09838	0,1026104
VarVit1						76
AVG0-	-,020167	,049350	,014246	-,051522	,011189	0,0922900
AVG1						31
TalG0-	-,000417	,025756	,007435	-,016781	,015948	0,4781570
TalG1						49
AVD0-	,028750	,040130	,011584	,003253	,054247	0,0152385
AVD1						84
TalD0-	-,008083	,048749	,014073	-,039057	,022890	0,2886262
TalD1						4

Tab. XIII-T-TEST (Test per campioni appaiati ad 1 coda) IN MODALITA DINAMICA AD OCCHI CHIUSI-DYN.OC (ipotesi testata:variabile0>variabile1, sig. con p-value \leq 0,05).

	Differenze a coppie					
Coppie	Media	Deviazione std.	Errore std. Media	Intervallo di confidenza per la differenza al 95%		p-value
				Inferiore	Superiore	
Sur0-Sur1	232,92500	555,70478	160,41815	-120,1529	586,00298	0,0872120
						92
Longr0-	185,1917	177,4475	51,2247	72,4469	297,9364	0,0020299
Longr1						21
VarVit0-	251,34167	371,83034	107,33817	15,09194	487,59139	0,0195314
VarVit1						02
AVG0-	-,013833	,032755	,009456	-,034645	,006978	0,0857241
AVG1						28
TalG0-	,019750	,044153	,012746	-,008303	,047803	0,0747652
TalG1						4
AVD0-	,004417	,052238	,015080	-,028774	,037607	0,3875302
AVD1						31
TalD0-	-,010167	,043304	,012501	-,037681	,017347	0,2166540
TalD1						24

Per quanto riguarda il parametro IVV e i gradi di spin misurati attraverso il Test di Fukuda sono state create delle tabelle a parte, perché il test statistico doveva essere leggermente modificato. In questi casi, infatti, era necessario indagare di quanto i valori si allontanassero da un valore di riferimento, in questo caso lo 0.

Per effettuare questo tipo di test, quindi, sono stati confrontati i valori assoluti dei dati misurati nelle quattro modalità.

Anche in questo caso il limite di confidenza preso è al 95% e per questo la significatività si ha per p-value ≤ 0.05 .

Tab. XIV-T-TEST (Test per campioni appaiati ad 1 coda) CONDOTTO SUI VALORI ASSOLUTI DEI DATI RELATIVI ALL'IVV NELLE 4 MODALITA (ipotesi testata:variabile0-variabile1, sig. con p-value ≤ 0.05).

Coppia	p-value (STAT.OA)	p-value (STAT.OC)	p-value (DYN.OA)	p-value (DYN.OC)
IVV0-IVV1	0,07888004	0,24432821	0,445998014	0,491526417

Tab. XV-T-TEST (Test per campioni appaiati ad 1 coda) CONDOTTO SUI VALORI ASSOLUTI DEI DATI RELATIVI AI GRADI DI SPIN DEL TEST DI FUKUDA (ipotesi testata:variabile0>variabile1, sig. con p-value \leq 0,05).

Coppia	p-value
GRADI.FUKUDA0-	0,080417235
GRADI.FUKUDA1	

5. Discussione

Nell'analisi dei dati rilevati attraverso il Test di Fukuda, si sono riscontrate diverse difficoltà dovute al fatto che, durante lo svolgimento del test, in T0 e T1, le variabili osservate fossero diverse da quelle aspettate. Infatti, l'esecuzione del test, per quanto sia riportato in letteratura in molte occasioni, non ha un procedimento, per così dire, standard, e quindi, anche i dati raccolti e le modalità di raccoglimento sono spesso diverse. In questo studio, ad esempio, si è riscontrato che i soggetti non si limitavano ad effettuare una rotazione rispetto al proprio asse e/o un avanzamento; ma che, nel loro movimento, si unissero diverse rotazioni (rispetto al proprio asse, delle gambe rispetto al tronco, della testa rispetto al tronco, delle spalle rispetto al tronco ecc.), e diversi spostamenti (antero-posteriori e latero-laterali), oltre che disallineamenti nella posizione delle braccia (una più alta dell'altra). Tutte queste variabili, hanno reso l'analisi dei risultati molto più complessa del previsto.

Abbiamo, comunque, condotto il T-test per campioni appaiati analizzando le differenze tra le rilevazioni in T0 e T1 dei gradi di rotazione rispetto al proprio asse. I dati analizzati però, sono stati messi a confronto, utilizzando i loro valori assoluti, in quanto ciò che si voleva evidenziare era un allontanamento o un avvicinamento ad un valore di riferimento, in questo caso, lo 0. Tale analisi, com'è riportato nella tabella XV, non ha mostrato alcuna significatività statistica (*p-value* > 0,05).

Per quanto riguarda i dati rilevati attraverso la pedana stabilometrica, invece, il T-test per campioni appaiati ha verificato l'ipotesi che i valori delle variabili in T0 fossero maggiori di quelli in T1 (Tab.X-XI-XII-XIII). Da quest'analisi statistica si sono evidenziate alcune significatività (p-value $\leq 0,05$):

- * Nella modalità statica ad occhi aperti (STAT.OA) si è riscontrata una significatività nella differenza tra i valori PRE e POST di: Longr, Var.Vit e AVG:
- * Nella modalità statica ad occhi aperti (STAT.OC) si è riscontrata una significatività nella differenza tra i valori PRE e POST di: AVG e TALG;
- * Nella modalità dinamica ad occhi aperti (DYN.OA) si è riscontrata una significatività nella differenza tra i valori PRE e POST di: Surface, Longr e AVD;
- * Nella modalità dinamica ad occhi chiusi (DYN.OC) si è riscontrata una significatività nella differenza tra i valori PRE e POST di: Longr e Var.Vit.

In generale, si può affermare che i soggetti, dopo le 6 settimane di training propriocettivo, abbiano avuto dei miglioramenti per quanto riguarda la stabilità. Parametri come la lunghezza dello statokinesigramma e la variazione della velocità si sono, infatti, abbassati in modo significativo, in diverse modalità di acquisizione.

L'abbassamento medio dei valori della lunghezza dello statokinesigramma, in modalità statica ad occhi aperti, dinamica ad occhi aperti e dinamica ad occhi chiusi, indica che i soggetti, dopo il training, compiano uno spostamento minore, all'interno della loro superficie d'appoggio (Grafici 1-2-3-4). Per quanto riguarda la variazione della velocità, invece, possiamo affermare che i soggetti ora dissipano meno energia per rimanere in stazione eretta (Grafici 5-6-7-8). Un abbassamento medio dei valori della Variazione della Velocità (Var.Vit) indica un sistema di controllo più stabile, in modalità statica ad occhi aperti e dinamica ad occhi chiusi.

Il parametro superficie (Surface) è migliorato solo nella modalità DYN.OA, quindi in questa situazione, i soggetti compiono i loro spostamenti in una superficie meno ampia per il mantenimento della stazione eretta.

Il cambiamento di parametri come Avampiede sx (AVG), Tallone sx (TalG), Avampiede dx (AVD) indica uno spostamento medio del carico del peso corporeo sulla pedana stabilometrica, che, come si è detto in precedenza, distingue il carico in avampiede e tallone dx e avampiede e tallone sx.

In modalità statica ad occhi aperti è stata riscontrata una diminuzione del carico corporeo su avampiede sx; nella statica ad occhi chiusi, la diminuzione è avvenuta su avampiede e tallone sx; in dinamica ad occhi aperti è diminuito il carico in avampiede dx.

Per il parametro Indice Variazione di Velocità (IVV) è stato effettuato il T-test per campioni appaiati analizzando le differenze tra le rilevazioni in T0 e T1 dei valori assoluti dei dati registrati, in quanto, come per i gradi del Fukuda, ciò che si voleva evidenziare era uno spostamento o un'avvicinamento ad un valore di riferimento, in questo caso, lo 0. Tale analisi, com'è riportato nella tabella XIV, non ha mostrato alcuna significatività statistica (*p-value* > 0,05).

Grafico 1-Differenza media LONGR in modalità STAT.OA (sig. statistica, p-value≤0,05)

700 600 500 400 200 100 0 TO T1 STAT.OA

Grafico 2-Differenza media LONGR in modalità STAT.OC (p-value>0,05)

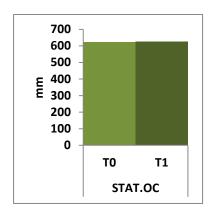


Grafico 3-Differenza media LONGR in modalità STAT.OC (sig. statistica, p-value≤0,05)

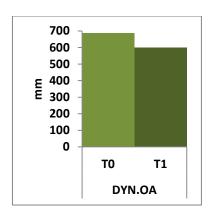


Grafico 4-Differenza media LONGR in modalità STAT.OC (sig. statistica, p-value≤0,05)

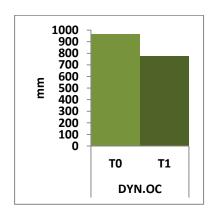
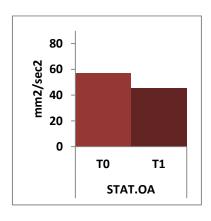


Grafico 5-Differenza media VAR.VIT in modalità STAT.OA (sig. statistica, p-value≤0,05)

Grafico 6-Differenza media VAR.VIT in modalità STAT.OC (p-value>0,05)



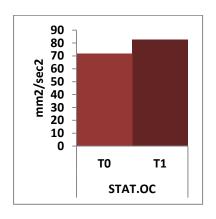
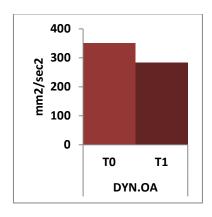
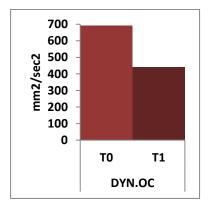


Grafico 7-Differenza media VAR.VIT in modalità STAT.OC (p-value>0,05)

Grafico 8-Differenza media VAR.VIT in modalità STAT.OC (sig. statistica, p-value≤0,05)





CONCLUSIONI

Al termine di questo innovativo lavoro, si possono dire confermate le ipotesi che rendono l'aspetto propriocettivo fondamentale per la stabilità e il mantenimento della posizione eretta di una persona.

Le acquisizioni stabilometriche analizzate hanno evidenziato miglioramenti significativi in tutte le modalità di svolgimento. Tali miglioramenti riguardano parametri come la *Superficie dell'ellisse di confidenza* (Surface), la *lunghezza dello Statokinesigramma* (Longr) e la *Variazione della Velocità* (Var.Vit); questi fanno pensare ad un miglior controllo da parte dei soggetti nel mantenere la loro posizione ortostatica e ad un minor dispendio di energie, sia in condizioni statiche che dinamiche, ad occhi aperti e chiusi.

È importante sottolineare i risultati ottenuti ad occhi chiusi, in quanto la componente visiva influenza di molto le acquisizioni (De Carli et al., 2010). La componente propriocettiva sviluppata ha fatto sì che i soggetti, anche togliendo il recettore visivo, migliorassero la loro condizione di stabilità al di sopra della pedana.

Inoltre, si nota che i miglioramenti più importanti, ottenuti ad occhi chiusi, si siano riscontrati nell' acquisizione in modalità dinamica; questo va a confermare la validità del training propriocettivo, svolto con l'utilizzo di tavolette basculanti.

Anche i soggetti stessi, riferiscono una maggior consapevolezza nel mantenimento di una posizione stabile, soprattutto in superfici meno sicure.

I due aspetti che sarebbe interessante aggiungere in un progetto futuro sono: aumentare il numero del gruppo sperimentale e inserire un gruppo di controllo.

Inoltre sarebbe auspicabile ripetere l'analisi stabilometrica a distanza di tempo dall'allenamento propriocettivo, per verificare se i miglioramenti si conservano anche dopo un periodo di de-training.

Per quanto riguarda il test di Fukuda si può affermare che, i dati ottenuti, attraverso la sua somministrazione, non siano correlabili con alcun parametro acquisito dalla pedana stabilometrica; in una prossima prospettiva si potrebbero cercare correlazioni attraverso altri test, utili ad evidenziare un ipertono muscolare e/o una dominanza laterale pronunciata.

L'ultimo parametro analizzato, l'*Indice di Variazione della Velocità* (IVV) non ha subito variazioni significative dopo il training propriocettivo; per questo si può dire che, con questo tipo di allenamento, rimane una certa differenza nell' attività dei due piedi; resta, per così dire, una parte del corpo più espressiva dell' altra, indice di una strategia

che il nostro organismo sceglie di utilizzare nelle diverse situazioni che gli si presentano.

Per concludere, si può affermare che gli obiettivi posti all'inizio dello studio, siano stati, in parte, raggiunti; educare i riflessi propriocettivi nella performance della persona e nella performance sportiva (Tesi di laurea, Berto, 2012) risulta importante per un miglioramento delle capacità motorie ed in particolare della capacità di equilibrio (Zech et al., 2010). Inoltre, questo ha fatto sì che i soggetti prendessero coscienza della loro posizione nello spazio, e che sviluppassero la capacità di mantenere una posizione eretta e stabile, in superfici diverse e basculanti.

Bibliografia

Alloatti G. e Antonutti G., Bottinelli R., Cervese A., Concu A., Conti F., De Lorenzo A., di Prempero p.e., Fanò G., Fantin G., Favilla M., Felici F., Fulle S., Gravante G., Leone D., Luppino G., Manasseri L., Orizio C., Perini R., Pettorossi V.E., Ruggeri P., Santacroce L., Scarnati E., di Vettimo P.S., Squatrito E., Veicsteinas A. (2002). *Fisiologia dell'uomo*. Edi. Ermes. Milano

Ambrosi G., Cantino D., Castano P., Correr S., D'Este L., Donato R.S., Familiari G., Fornai F., Giulisano M., Iannello A., Magaudda L., Marcello M.F., Martelli A.M., Pacini P., Rende M., Rossi P., Sforza C., Tacchetti C., Toni R., Zummo G. (2006). *Anatomia dell'uomo*. Edi. Ermes. Milano.

Association Française de Posturologie, *Normes 1985*, (1986). AFP Edit., Paris.

Bessou M., Lafont Ch., Dupui Ph., Severac A., Bessou P. (1997). Vieillissement normal et pathologique du système postural. Posture et équilibre. Pathologies, vieillissement, stratégies, modélisation. Ed M Lacour, Sauramps medical Montpellier, pp 73-78.

Bonanni M., Newton R. (1998). *Test-retest reliability of the Fukuda stepping test*. Physiother Res Int 3(1):58-68.

Bricot B. (1998). La Riprogrammazione Posturale Globale. Ed. Stati Pro.

Cyber-Sabots technical brochure. (2009). *Innovative technology: Ricerca, Formazione, Innovazione*. Marseille.

De Carli P., Patrizi M., Pepe L., Canaviglia G., Riva D., D'Ottavi L.R. (2010). Postural control and risk of falling in bipodalic and monopodalic stabilometric tests of healthy subjects before, after visuo-proprioceptive vestibulo-postural rehabilitation and at 3 months thereafter: role of the proprioceptive system. Acta Otorhinolaryngologica Italica; 30:182-189.

Dejardin S. (2008). *The clinical investigation of static and dynamic balance*. Clinique Saint-Luc, Bouge, Belgium. B-ENT, Supll. 8, 29-36.

Fukuda T. (1959). The stepping test. Acta Otolaryngol (Stockholm) 50:95-108.

Gagey P.M., Bizzo G., Dimidjian J., Martinerie J., Ouaknine M., Rougier P. (1997). *La «danse» du centre de pression et sa mesure.* In Lacour M. (Ed) Posture et Équilibre. Sauramps, Montpellier.

Gagey P.M., Weber B. (1997). Posturologia. Ed. Marrapese-Roma.

Guidetti G. (1989). *Stabilometria clinica*. Istituto di clinica otorinolaringoiatrica. Università di Modena.

Honaker J.A., Shepard N.T. (2009). *Fukuda stepping test: sensitivity and specificity*. Special education and communication disorders faculty publication.

Kuipers-Upmeijer J., Oosterhuis H.J. (1994). *Unterberger's test not useful in testing of vestibular function*. Ned Tijdschr Geneeskd; 138:136-139 [English abstract].

Meraviglia M.V. (1995). Complessità del movimento. FrancoAngeli Ed.

Nashner I.M., Collum G. (1985). The organisation of human postural movements: a formal basis and expérimental synthesis. Behav . Brain Sci.

Ouaknine M. (2007). Les sabots et cyber-sabots dynamomètriques: la conception du statodynamique. Amphi B: 9h20.

Peck D., Buxton DF., Nitz A. (1984). *A comparison of spindle concentrations in large and small muscles acting in parallel combination*. J Morphol. 180:243.

Peitersen E. (1967). *Vestibulospinal reflexes. X. Theoretical and clinical aspects of the stepping test.* Arch Otolaryngol 85:192-198.

Peterka R.J. (2002). *Sensorimotor Integration in Human Postural Control*. Neurological sciences institute, Oregon Health & Science University, Portland, Oregon.

Reiss M., Reiss G. (2007). *Asymmetry of the stepping test*. Percept Mot Skills; 85:305-306 [English abstract].

Riva D. (2000). *Archeoproprocezione: alla scoperta di una nuova era*. Professione Fitness, Marzo-Aprile.

Riva D., Soardo G.P. (1999). *Per ritrovare l'equilibrio*. Sport & medicina, Settembre-Ottobre.

Riva D., Trevisson P., Minoletti R., Venturin N., Riccio M.C. (2001). *Il controllo posturale statico e dinamico in appoggio monopodalico*. Il fisioterapista n.2, Marzo-Aprile.

Rossato M., Bourgeois P., Ouaknine M. (2013). *Stabilometry standard guidelines 2011-2013 during clinical practice*. Ed. Marrapese-Roma.

Rossato M. (2012). Stabilometria e visione. Corso avanzato SprintIT. 15 maggio, Padova.

Sannicandro I. (2007). La propriocezione: rapporti con la capacità di disequilibrio negli sport di situazione. Ed. Calzetti-Mariucci.

Sherrington C.S. (1961). *L'azione integrativa del sistema nervoso*. New Haven: Yale University Press.

Sherrington C.S., Creed R.S., Denny-Brown D., Eccles J.C., Liddell E.G.T. (1932). Attività riflessa del midollo spinale. Oxford, Inghilterra: Clarendon Press.

Tesi si laurea (2012). *Stereotrainer: educazione al vedere. Un'indagine nella performance in giovani atlete della pallavolo*, Università degli studi di Padova. Relatore: Alessandra Nart, Correlatore: Massimo Rossato, Laureanda: Agnese Berto.

Villeneuve P. (1998). *Piede, equilibrio e postura. Attualità in posturologia del piede*. Ed. Marrapese.

Westhofen M. (1987). Central nervous system influences on vestibule-ocular and vestibulospinal functions exemplified by hand dominance. HNO; 35:503-507 [English abstract].

Zech A., Hubscher M., Vogt I., Banzer W., Hansel F., Pfeifer K. (2010). *Balance training for neuromuscular control and performance enhancement: a systematic review*, Journal of athletic training, Jul-Aug; 45(4):392-403 systematic review.

Zhang Y.B., Wang W.Q. (2011). *Reliability of the Fukuda stepping test to determine* the side of vestibular dysfunction. The journal of international medical research.

Ringraziamenti

Ringrazio di cuore il gruppo amatoriale *MyTime Sport* per la collaborazione, la partecipazione e il supporto che mi hanno sempre dimostrato.

Ringrazio la ditta *SprintIT S.r.l.* per il supporto tecnico e materiale.

Ringrazio di cuore Filippo Da Re per la sua disponibilità e cortesia.