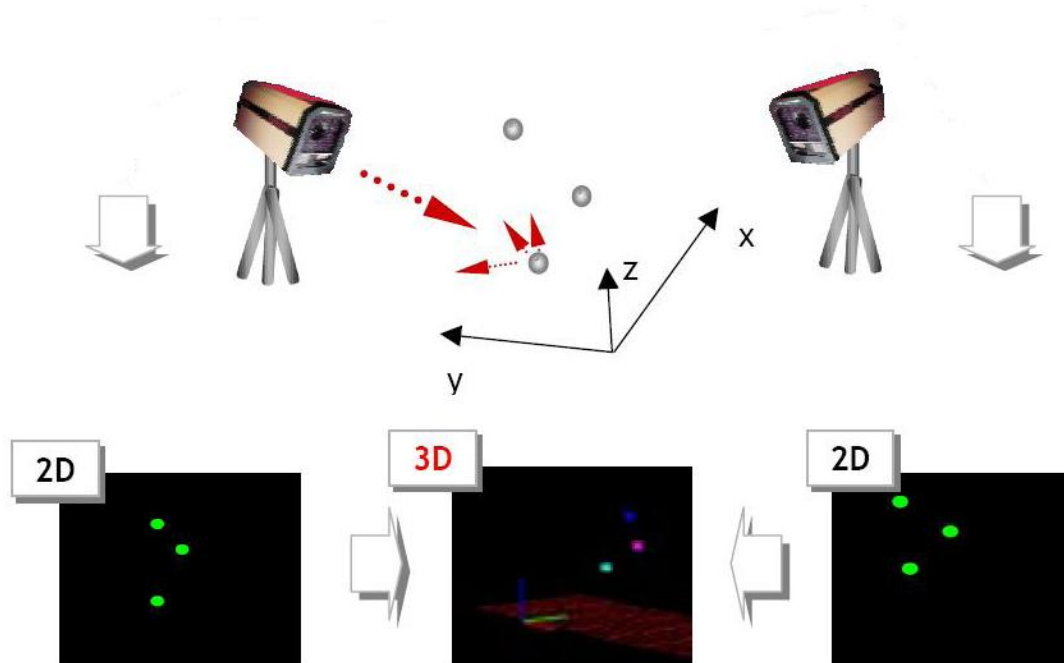


3 Tecniche di misura della postura e del movimento

Esistono diverse tecniche di analisi della postura e del movimento che possono essere classificate in base alla strumentazione utilizzata. Di seguito riportiamo quelle più utilizzate in ambito clinico-riabilitativo.

3.1 Tecniche optoelettroniche

Il sistema optoelettronico, tra i sistemi digitali più in uso, è composto da un numero minimo di due telecamere; è in grado, attraverso algoritmi matematici e procedure di stereofotogrammetria, di combinare le immagini bidimensionali provenienti da ogni telecamera ed elaborare un'immagine tridimensionale:



I sistemi optoelettronici, misurano le coordinate tridimensionali di marker apposti sul corpo del soggetto in particolari punti di reperi anatomici. I marker sono generalmente delle piccole semisfere riflettenti (marker passivi) o piccoli emettitori luminosi (marker attivi). Servono a rendere possibile al sistema l'identificazione della figura del soggetto e sono illuminati ad intervalli regolari da una sorgente a luce infrarossa, presente su ciascuna telecamera, ed il riflesso viene ripreso dalla telecamera coassiale alla sorgente di luce. Note le coordinate tridimensionali dei marker è possibile quindi calcolare traiettorie, grandezze angolari, velocità ed accelerazioni, cioè conoscere in dettaglio la cinematica del movimento del segmento corporeo sul quale sono stati posti i marker.

3.2 Tecniche dinamometriche

I metodi dinamometrici sono classicamente rappresentati dalle pedane o piattaforme di forza. Queste rilevano le forze lungo i tre assi che possono essere analizzate singolarmente o composte per essere visualizzate sotto forma di vettore risultante. Di particolare interesse lo studio del movimento del baricentro corporeo proiettato sulla superficie d'appoggio (*stabilometria*). Attorno alla pedana si



può realizzare un ambiente di misura, definito “cabina di misura”, studiato per rendere il più possibile ripetibili le condizioni in cui viene effettuato l'esame, eliminando i disturbi non voluti provenienti dall'esterno e misurando quelli che sono previsti dal protocollo sperimentale.

Tra le tecniche dinamometriche si annoverano anche altri sistemi, rappresentati da tappeti o solette, costituiti da matrici di sensori piezoelettrici di dimensioni variabili che

appoggiati su una superficie o inseriti in una scarpa, visualizzano la pressione o la forza esercitata dalla parte del corpo con cui vengono a contatto, restituendo la mappa degli appoggi al suolo. Nel caso in cui la parte del corpo in questione sia il piede questa tecnica prende il nome di *baropodometria*.

Questi strumenti sono utilizzati, oltre che per lo studio delle posture anche per lo studio della corsa e delle calzature sportive, ma possono essere anche utilizzate per misurare i movimenti di alcune attività sportive quali la ginnastica artistica (per esempio l'appoggio delle mani al suolo nella rondata o durante la verticale).

3.3 Tecniche elettromiografiche

L'attività elettrica dei muscoli può essere misurata tramite l'elettromiografia (EMG). I segnali EMG si originano dall'attività elettrica delle singole unità motorie, le quali tendono progressivamente a sovrapporsi producendo tracciati sempre più complessi.

L'attività elettrica muscolare può essere acquisita utilizzando elettrodi applicati alla superficie cutanea (EMG interferenziale) o elettrodi ad aghi inseriti nel muscolo (EMG unitaria). Nel primo caso si registra l'attività complessiva del muscolo, mentre risulta limitata la discriminazione delle singole unità; nel caso degli elettrodi ad aghi, invece, è possibile indagare in maniera precisa

l'attività delle singole unità motorie, con l'ovvio inconveniente di essere una tecnica decisamente invasiva.

Recentemente, l'uso di prelievi multicanale da diversi punti del muscolo in esame, ha permesso di valutare l'attività muscolare, separando da essa numerosi artefatti, la cui identificazione non è possibile tramite singole coppie di elettrodi di prelievo. Le limitazioni delle variabili globali del segnale EMG, per lo studio del controllo motorio, sono molto rilevanti, ed è solo possibile determinare se un muscolo è attivo oppure no.

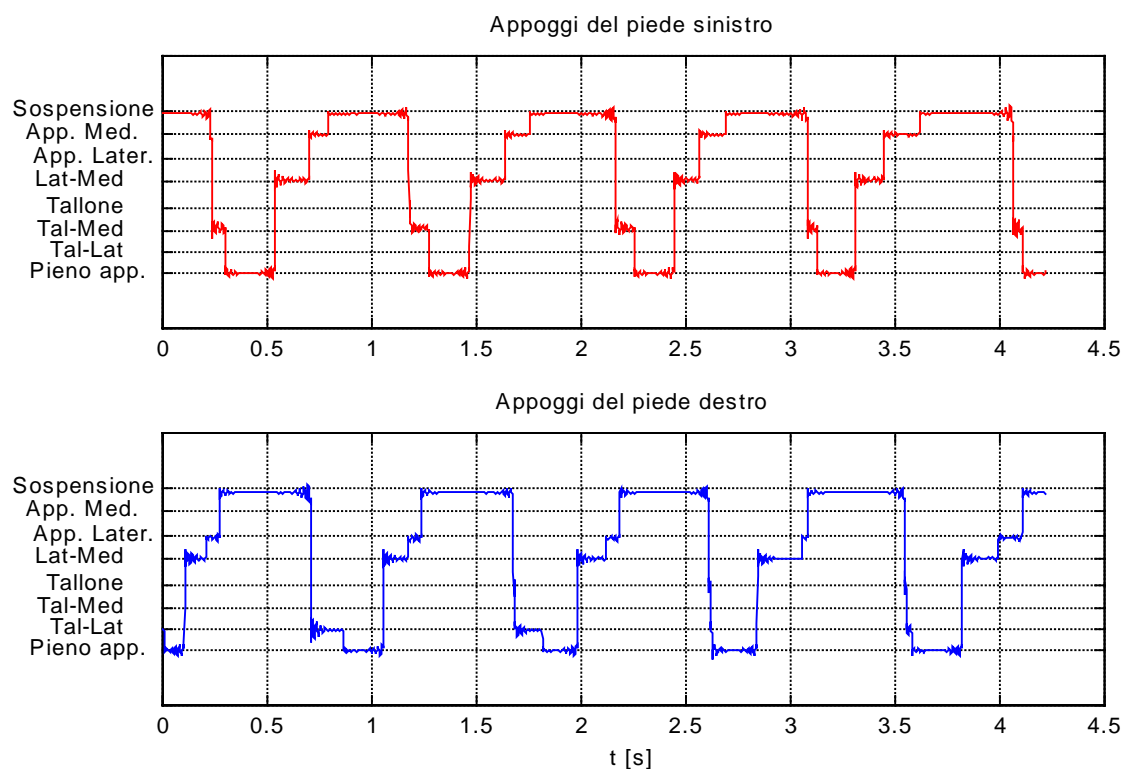
La tecnica elettromiografica si mostra comunque utile nella discriminazione delle fasi principali di intervento dei muscoli durante attività che vanno dallo studio di semplici esercizi all'analisi delle alterazioni del cammino.

3.4 Tecniche basografiche

L'analisi basografica, o analisi delle fasi temporali del cammino (*analysis of gait timing*), individua una serie di fasi durante il cammino che, nei soggetti normali, si ripetono ciclicamente, passo dopo passo. Trattandosi di un fenomeno ciclico, occorre definire un riferimento convenzionale di inizio del ciclo che generalmente si identifica nell'istante di contatto del tallone con il suolo. Pertanto il ciclo è definito come l'intervallo tra due successivi contatti tallone-suolo dello stesso piede. Si possono inoltre individuare all'interno di ogni ciclo fasi di doppio supporto (entrambi i piedi a contatto del terreno) e di singolo supporto (un piede a contatto del suolo e l'altro in fase di oscillazione). Posizionando sotto la pianta dei piedi dei contatti di tipo on/off, (sensori basografici), si può determinare la durata delle fasi del ciclo. In particolare è necessario utilizzare tre sensori basografici i quali sono disposti generalmente nel modo seguente: sotto il tallone, sotto la testa del primo metatarso, sotto la testa del quinto metatarso.

In tal modo è possibile anche ottenere una distinzione tra appoggio laterale e appoggio mediale dell'avampiede. La durata delle singole fasi è trasmessa ad un calcolatore i cui programmi classificano le morfologie, forniscono i grafici e le elaborazioni statistiche di interesse tra cui il numero di cicli di ciascuna morfologia, il valore medio e la deviazione standard della durata di ciascuna fase.

La rappresentazione grafica del tracciato basografico è effettuata con un diagramma a livelli dove ogni livello rappresenta una fase del ciclo di cammino e ogni gradino tra due livelli rappresenta un evento del ciclo (apertura o chiusura di un contatto).



3.5 Sistemi portatili

Nei sistemi portatili il dispositivo viene direttamente posizionato sul corpo e possiede un grande fattore di forma; ciò consente l'applicazione di tali strumenti ad aree di ampie dimensioni.

La misurazione diretta di variabili cinematiche, comporta l'applicazione del sensore di misura sul segmento corporeo in esame. Questo limita la scelta a dispositivi di dimensioni e di peso tali da non perturbare il movimento. La tecnologia attuale offre sensori miniaturizzati, di basso costo e di buone prestazioni per numerose variabili cinematiche. Molti contengono nel chip anche la rete di condizionamento, fornendo in uscita segnali già amplificati, con valori di tensione dello stesso ordine di grandezza dell'alimentazione. Ciò contribuisce a limitare ulteriormente l'ingombro del dispositivo. Un aspetto critico, comune alla maggior parte delle misure che prevedono l'applicazione di dispositivi sull'organismo, è anche costituito dal posizionamento e dalla stabilità meccanica dei sensori. Una cattiva scelta può inficiare la qualità delle misure. Dimensioni limitate e pesi ridotti facilitano la stabilità.

Esistono diversi sensori che si possono annoverare in questa categoria di strumenti (inclinometri, giroscopi, goniometri, etc.), ma i più utilizzati e funzionali sono senza dubbio i sensori accelerometrici su cui si basa tutta la teoria actigrafica.



Figura 1: inclinometro della Seika; il suo principio di funzionamento è analogo a quello del filo a piombo

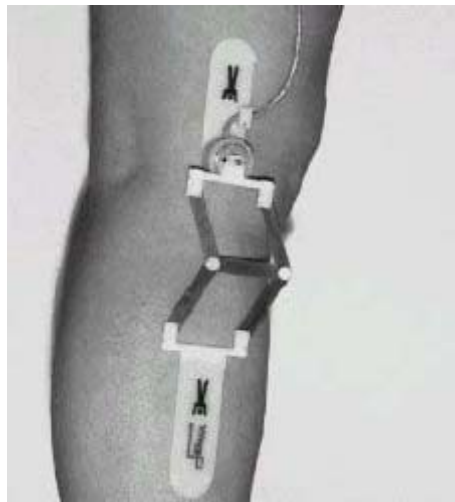


Figura 2: elettrogoniometro basato su di un potenziometro