

11 Analisi dei dati

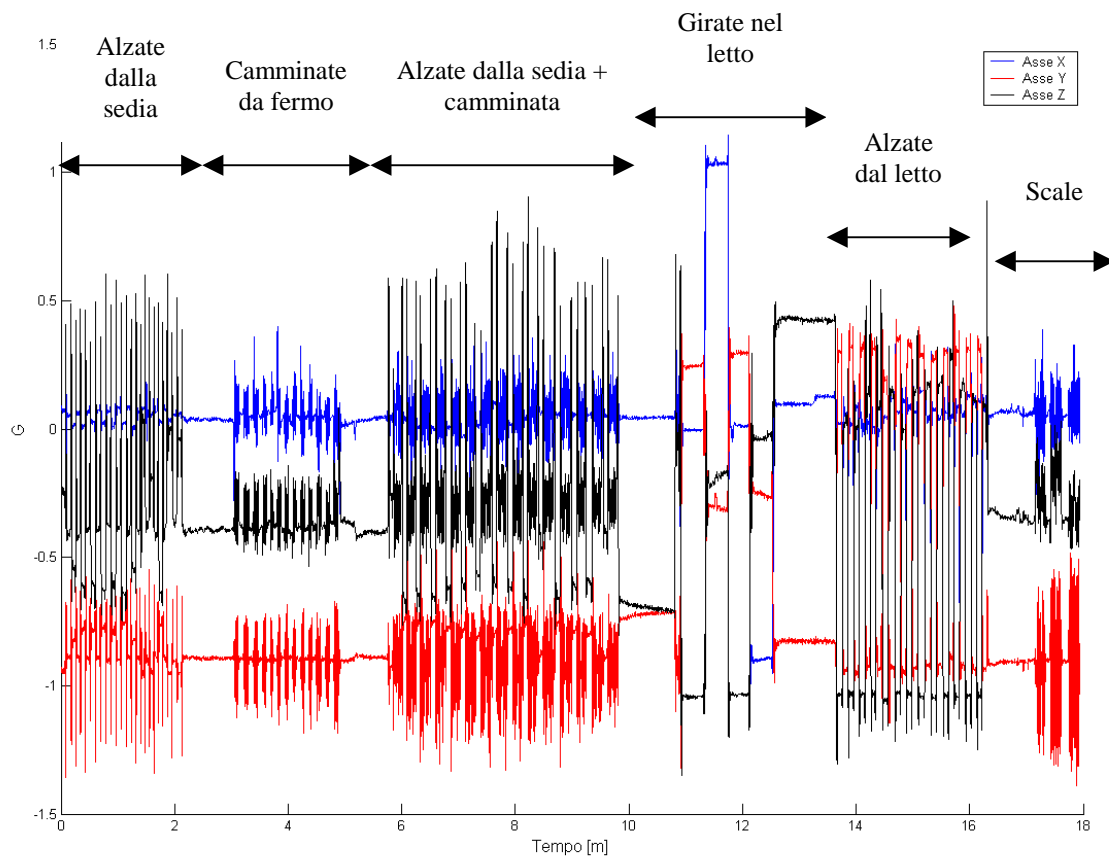
11.1 Soggetti sani – movimenti standard

Il tracciato che segue è stato ricavato da un'acquisizione di circa 18 minuti durante i quali sono stati effettuati una serie di movimenti standard, secondo il seguente protocollo di acquisizione:

1. 5 secondi seduto, alzata dalla sedia, 5 secondi in piedi, risedersi (15 volte)
2. 5 secondi in piedi, camminata, fermo 5 secondi (15 volte)
3. 5 secondi seduto, alzata, camminata (3 metri), tornare indietro e risedersi (15 volte)
4. 20 secondi sdraiato supino, 20 secondi sul fianco sinistro, 20 secondi supino, 20 secondi sul fianco destro (1 volta)
5. 5 secondi sdraiato supino, mettersi seduto sul bordo del letto e rimanere 5 secondi fermo, risdraiarsi supino (15 volte)
6. 5 secondi fermo, salire una ventina di scalini, 5 secondi fermo, ridiscendere (senza tenersi alla ringhiera) (1 volta)

Di seguito illustriamo i risultati ottenuti.

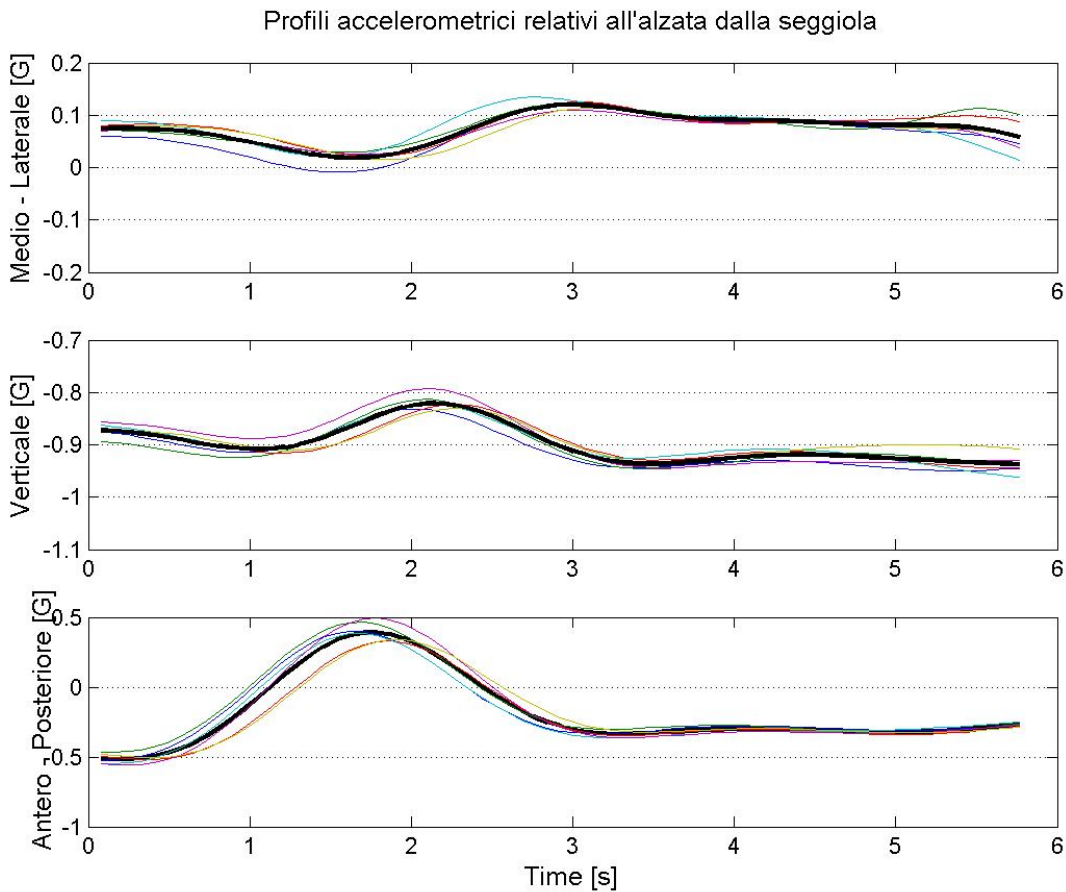
11.1.1 Tracciato accelerometrico



Si notino le spiccate accelerazioni lungo la componente antero – posteriore durante le alzate e le sedute: questo avviene perché l'alzata dalla sedia è un evento che richiede una spesa energetica superiore rispetto a quella necessaria per iniziare un movimento dalla posizione eretta statica, determinato dallo “scatto in avanti” che si deve compiere per poter abbandonare la sedia. Confrontando questo movimento con le camminate partendo dalla stazione eretta, si possono vedere le evidenti differenze in termini di modulo delle accelerazioni: questo ci permetterà di stabilire la postura di partenza di ogni movimento.

11.1.2 Alzata dalla sedia + camminata

Si sono esaminate in dettaglio tutte le alzate, sovrapposte e mediate si è ottenuto il seguente profilo accelerometrico:

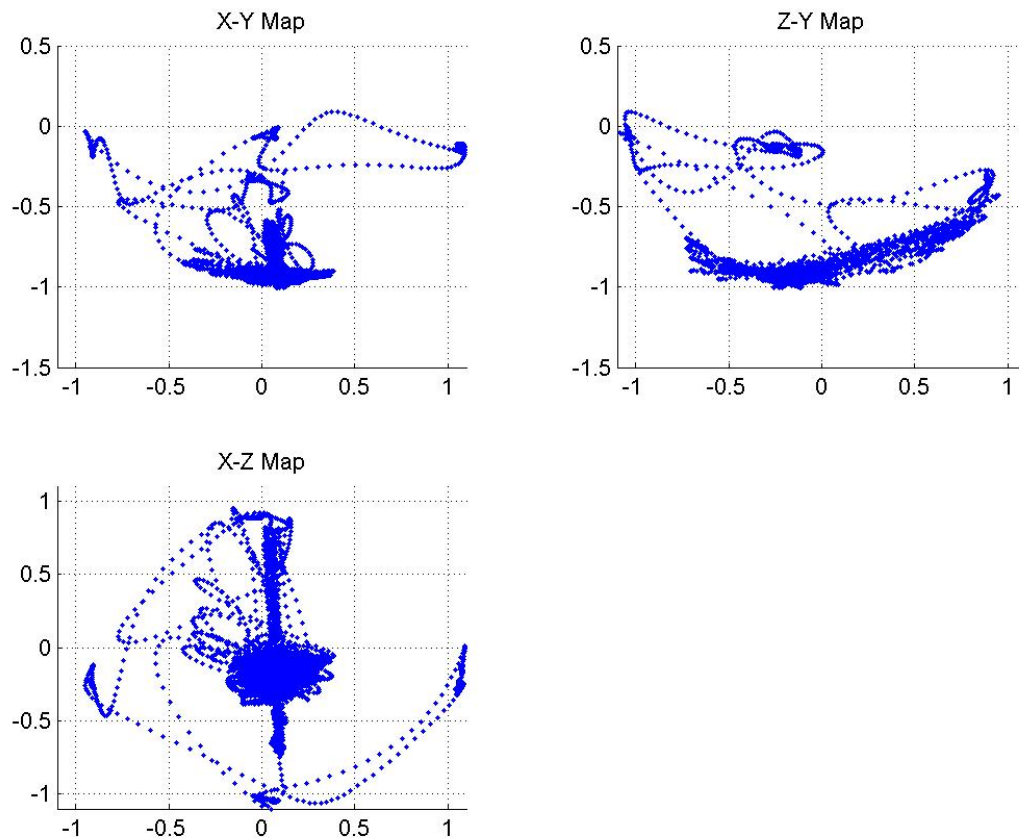


Si noti che la componente medio-laterale e quella verticale variano di circa 1/10 G, mentre quella antero-posteriore di ben 1 G. Si noti inoltre che il punto di massimo delle accelerazioni lungo z coincide con il punto di flesso nelle accelerazioni lungo y: questo avviene perché nel momento in cui z è massimo (momento in cui si abbandona la sedia) il busto è leggermente inclinato in avanti; una volta in piedi si raddrizza il busto, l'accelerazione verticale aumenta leggermente e poi entrambe tornano in posizione ortostatica.

La lieve oscillazione lungo l'asse x è probabilmente dovuta al fatto che la spinta necessaria per alzarsi dalla sedia è fornita in maniera non eguale da entrambi i piedi: più verosimilmente si appoggerà il peso su uno dei due piedi e ci si raddrizzerà una volta terminato il movimento.

11.1.3 Mappe accelerometriche

Tracciando le mappe accelerometriche lungo i piani XY, XZ, e ZY si ottengono i seguenti risultati:



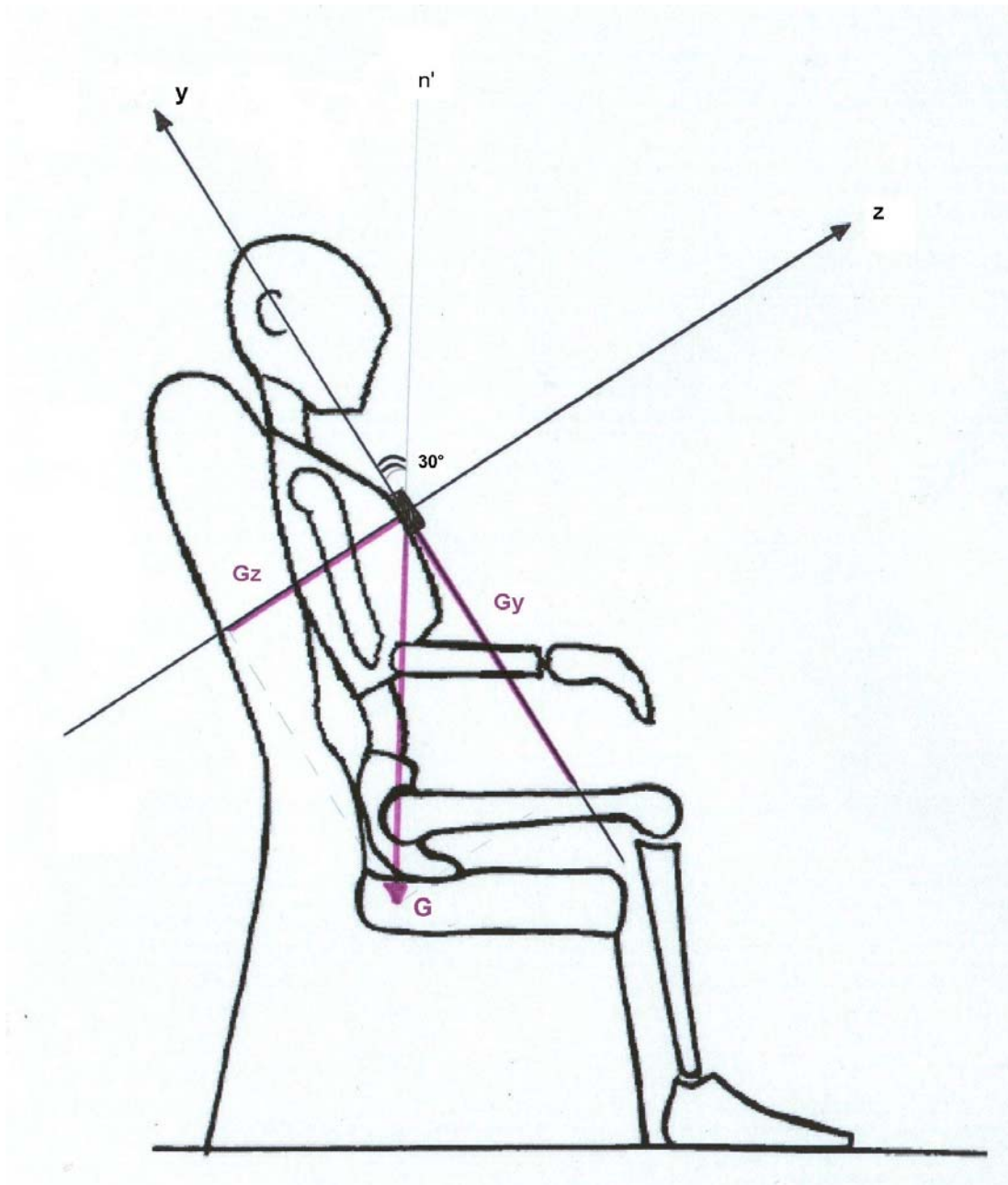
Mappa XY

Si tratta della mappa accelerometrica classica che si otteneva con l'actigrafo bi-assiale.

Mappa ZY

Osservando la mappa ZY si è notata una cosa di grande interesse: durante la postura seduta le accelerazioni che la rappresentano non erano attorno al punto $[0, -1]$ come ci si attenderebbe, bensì si addensavano nel punto $[-0.5, -0.8]$ quando il soggetto era seduto su una sedia e nel punto $[0.5, -0.8]$ quando si trovava seduto ai bordi del letto. Questo avviene perché durante la postura seduta difficilmente il soggetto assume un atteggiamento ortostatico perfetto (come durante la camminata) ma tende ad appoggiarsi allo schienale della sedia o a sporgersi in avanti.

Infatti, una semplice inclinazione di 30 gradi rispetto alla normale del pavimento, causa una scomposizione del vettore della forza di gravità nelle componenti Z e Y del sistema di riferimento dell'actigrafo:



Le componenti G_z e G_y si determinano banalmente:

$$G_z = G \sin(30^\circ) = 0,5G = -0,5g$$

$$G_y = G \cos(30^\circ) = 0,87G = -0,87g$$

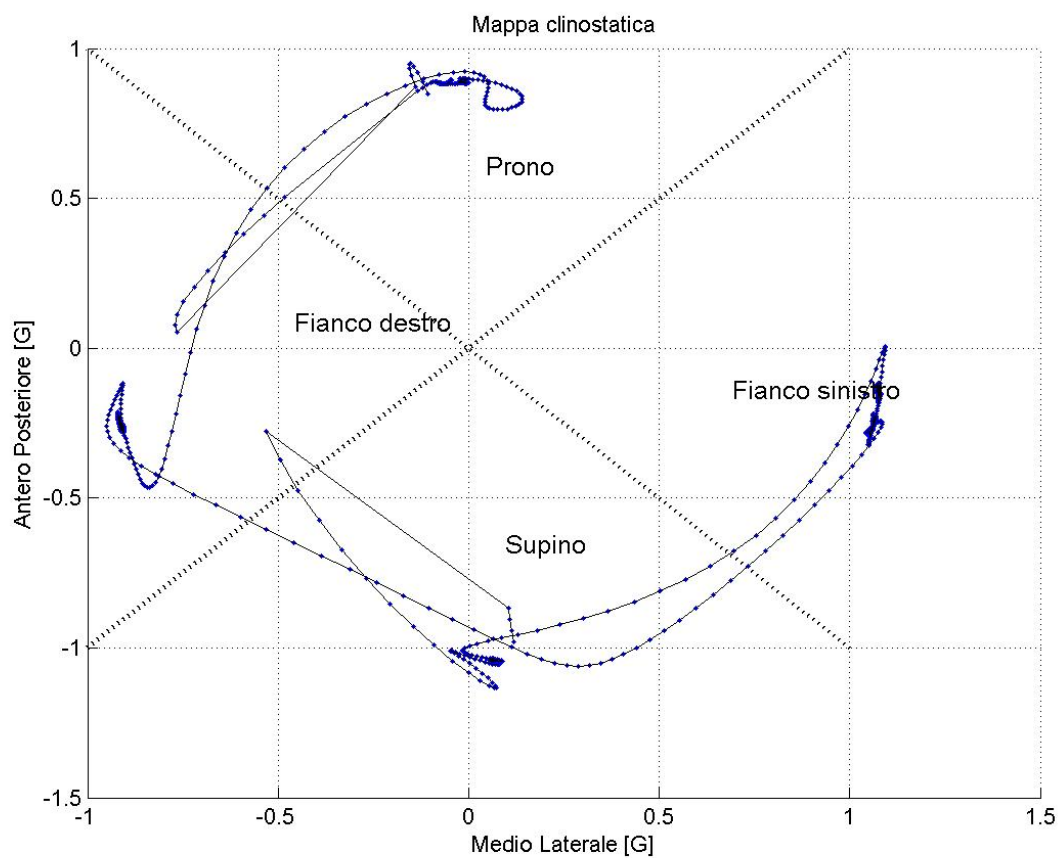
Che sono proprio i punti evidenziati; un calcolo analogo può essere eseguito per il busto inclinato in avanti.

Questa si è rivelata essere un'ulteriore importante discriminante per poter riconoscere la postura seduta da quella eretta statica.

Il “baffo” che si forma sulla mappa ZY è dovuto alla sovrapposizione di tutte le componenti accelerometriche legate ad una rotazione del busto attorno all’asse x. La forma semicircolare è proprio dovuta al fatto che le due componenti sono legate dal seno e dal coseno dell’angolo che descrivono con il vettore di accelerazione gravitazionale.

Mappa XZ

Analizzando invece la mappa sul piano XZ ed eliminando tutte le componenti ortostatiche (non visibili direttamente sul grafico poiché manca la componente verticale) si ottiene:

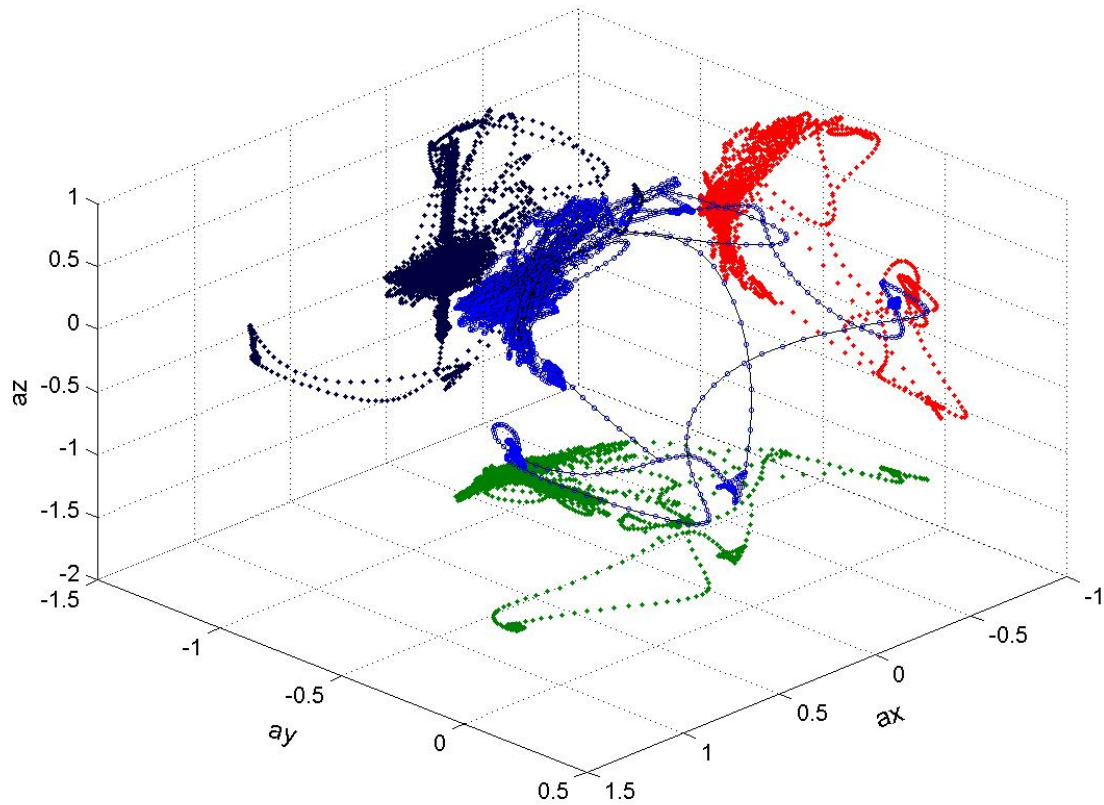


ovvero tutte le posizioni assunte in fase clinostatica con i relativi passaggi posturali.

Questo dato è di estremo interesse poiché è possibile contare il numero dei passaggi posturali durante il sonno, molto importante per i pazienti in età anziana (v. cap. *ActiMotion*). Sarà sufficiente vedere quando una traiettoria effettuata durante la posizione clinostatica attraversa uno dei quattro settori rappresentati in figura. Si tratta di un’esemplificazione notevole in quanto con l’*ActiMotion* bi-assiale, per effettuare la stessa operazione, era necessario stabilire delle soglie di natura statistica.

11.1.4 Mappa accelerometrica tridimensionale

È possibile anche un'analisi di tipo tridimensionale:



Sapendo che le posizioni statiche assumibili da un individuo sono 5:

Posizione	X	Y	Z
Busto eretto	0	-1	0
Supino	0	0	-1
Prono	0	0	1
Fianco destro	-1	0	0
Fianco sinistro	1	0	0

Se ne evince che nello spazio esse occupano dei punti precisi in un cubo così costruito:

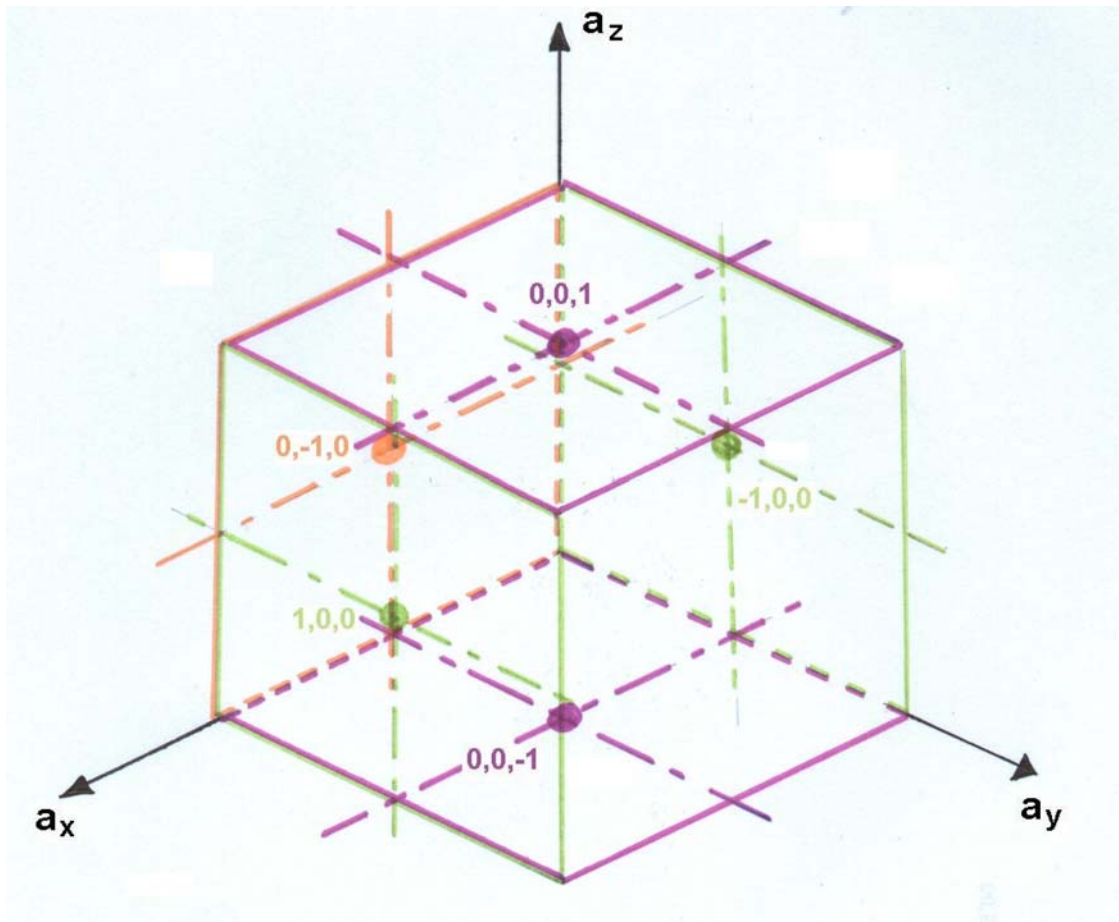


Figura 1: cubo delle posture

ovvero i punti al centro delle facce di un cubo, ad eccezione di una delle sei facce (0,1,0) corrispondente ad una inverosimile situazione posturale: verticale a testa in giù.

Studiare come si aggregano i valori delle accelerazioni (cluster) attorno a questi punti e la forma nello spazio della traiettoria tra un passaggio posturale e l'altro potrà dare ulteriori informazioni sulla capacità funzionale del soggetto monitorato.

11.2 Soggetti sani – Acquisizioni giornaliere

Sono state effettuate delle acquisizioni di 24 ore su soggetti normali, i tracciati presentati in questa sezione si riferiscono ad un uomo, sano di 35 anni:

11.2.1 Tracciato accelerometrico

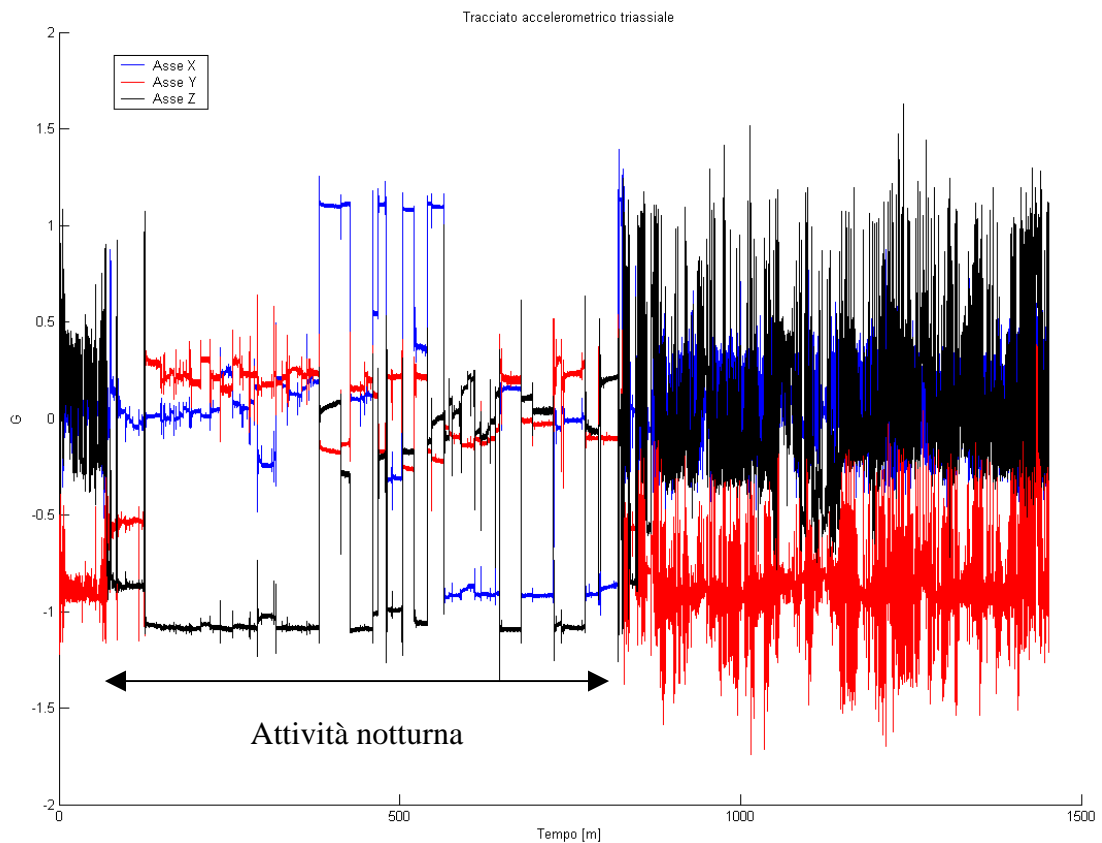
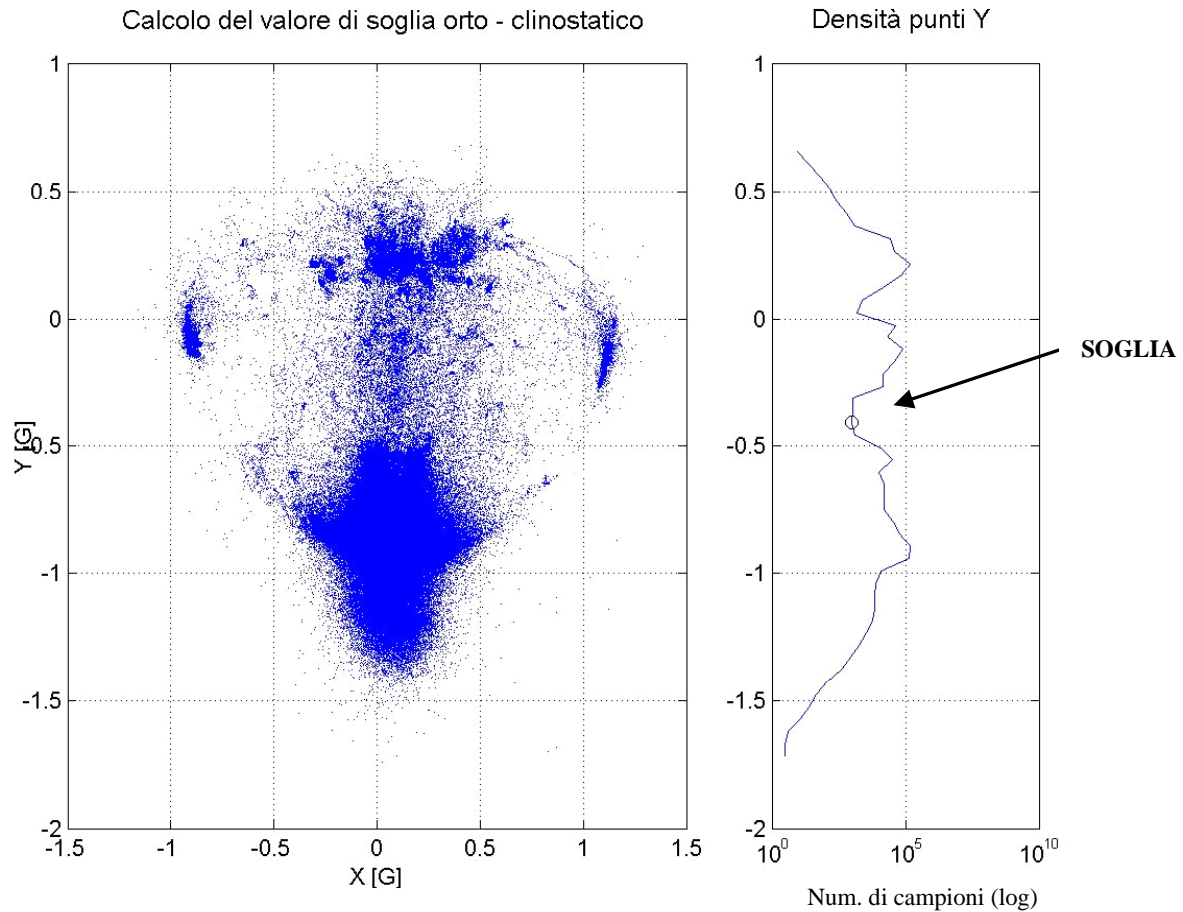


Figura 2: tracciato accelerometrico di un uomo, sano, di 35 anni

Ad una prima occhiata si vede un lungo periodo in posizione clinostatica (circa 12 ore di sonno) seguita da un'intensa attività ortostatica. Si notino le elevate accelerazioni antero-posteriori. I cambi di decubito durante la notte sono rapidi, numerosi e ben delineati.

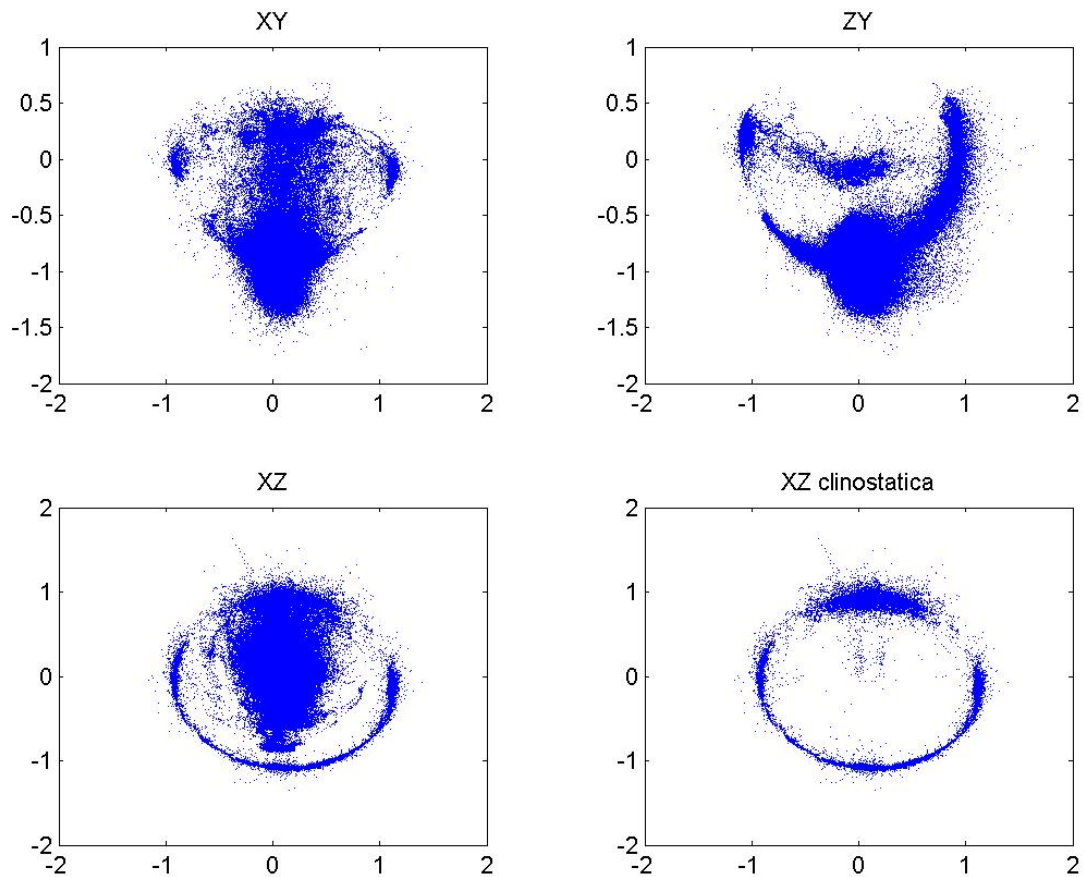
La mappa XY è analoga a quelle rilevate con la vecchia versione di ActiMotion®:



Attorno al punto $[0, -1]$ individuiamo i punti relativi alla condizione ortostatica, mentre attorno al punto $[0, 0]$ i punti rappresentanti la posizione coricata (supina o prona).

Il grafico accanto è la densità della componente verticale in termini di campioni: ci serve per determinare la soglia che discriminerà la posizione ortostatica da quella clinostatica. Essa infatti non è fissa ma è influenzata da numerosi fattori, tra i quali la postura normalmente assunta dal soggetto e il posizionamento dell'accelerometro che non potrà avere l'asse verticale perfettamente allineato con il vettore di gravità terrestre.

11.2.2 Mappe accelerometriche



In riferimento alla mappa ZY si noti il “cerchio” attorno alla posizione [0, -1]: esso rappresenta tutte le fasi ortostatiche attive: filtrando infatti tra 0 e 0,1 Hz (componente statica) rimangono solamente le componenti che descrivono le diverse posizioni statiche del busto.

Risulta essere particolarmente interessante la mappa XZ, nella quale si evidenzia bene come un soggetto normale assuma, in fase clinostatica, tutte le posizioni di decubito, seppur con qualche naturale preferenza.

11.3 Soggetti parkinsoniani: Acquisizioni giornaliere

I dati presentati si riferiscono ad una donna di 67 anni affetta dal morbo di Parkinson da 5 anni.

11.3.1 Tracciato accelerometrico

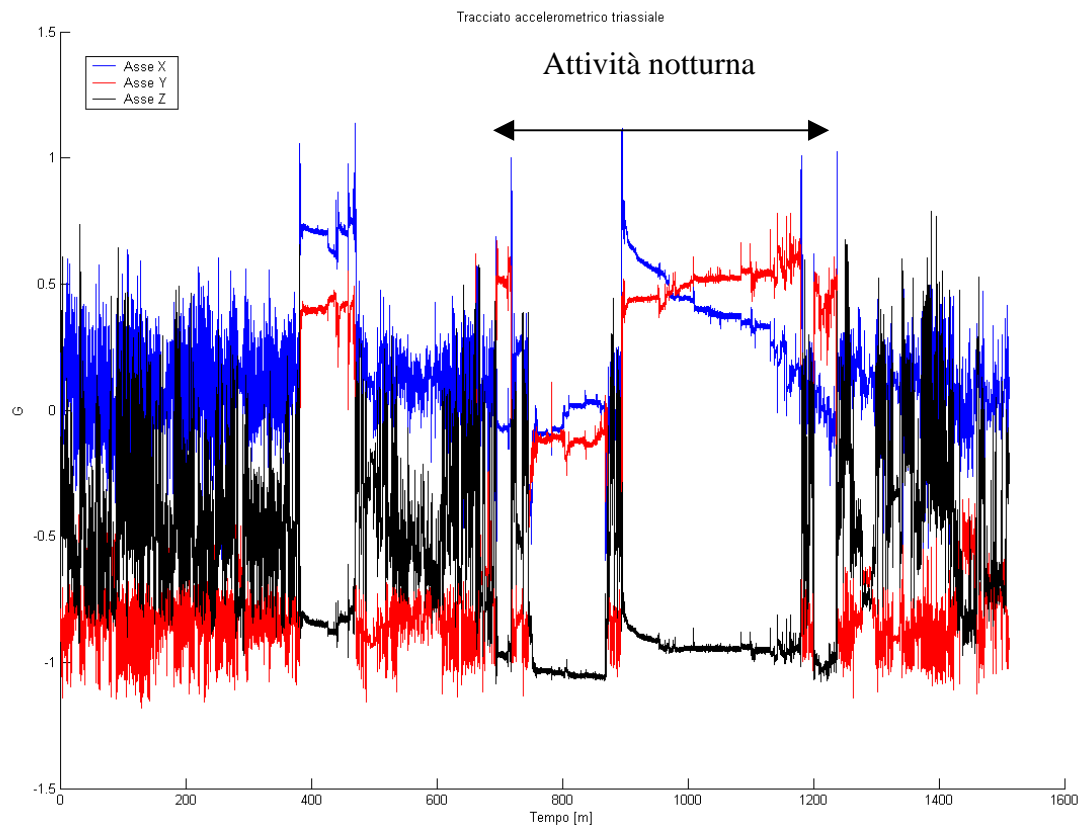
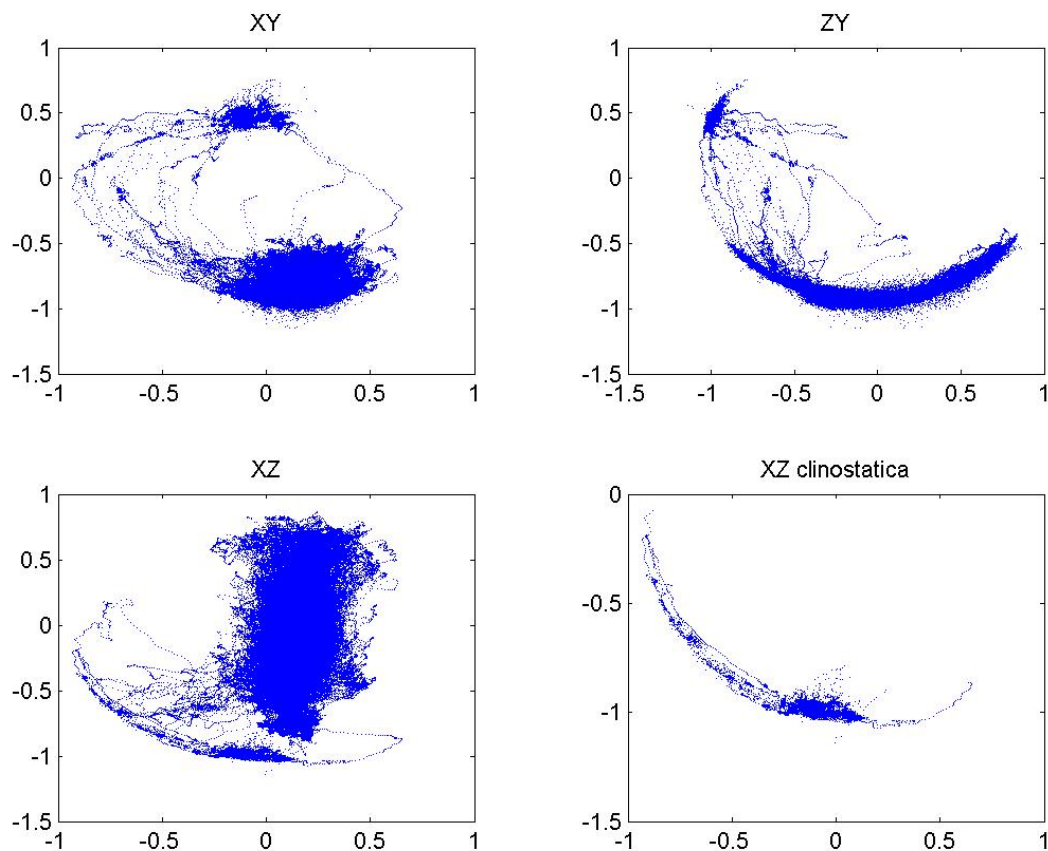


Figura 3: tracciato accelerometrico di una donna, affetta da morbo di Parkinson, di 67 anni

Si notino le componenti antero-posteriori decisamente più attenuate rispetto al soggetto giovane e sano; la paziente soffre di ipocinesie, specie al mattino, infatti le componenti lungo z risultano essere particolarmente basse immediatamente dopo un periodo di clinostatismo. Particolarmente interessante anche il passaggio di decubito, nel periodo notturno, dal fianco sinistro alla posizione supina, avvenuto in circa cinque ore (contro i pochi secondi di un soggetto normale di pari età).

11.3.2 Mappe accelerometriche

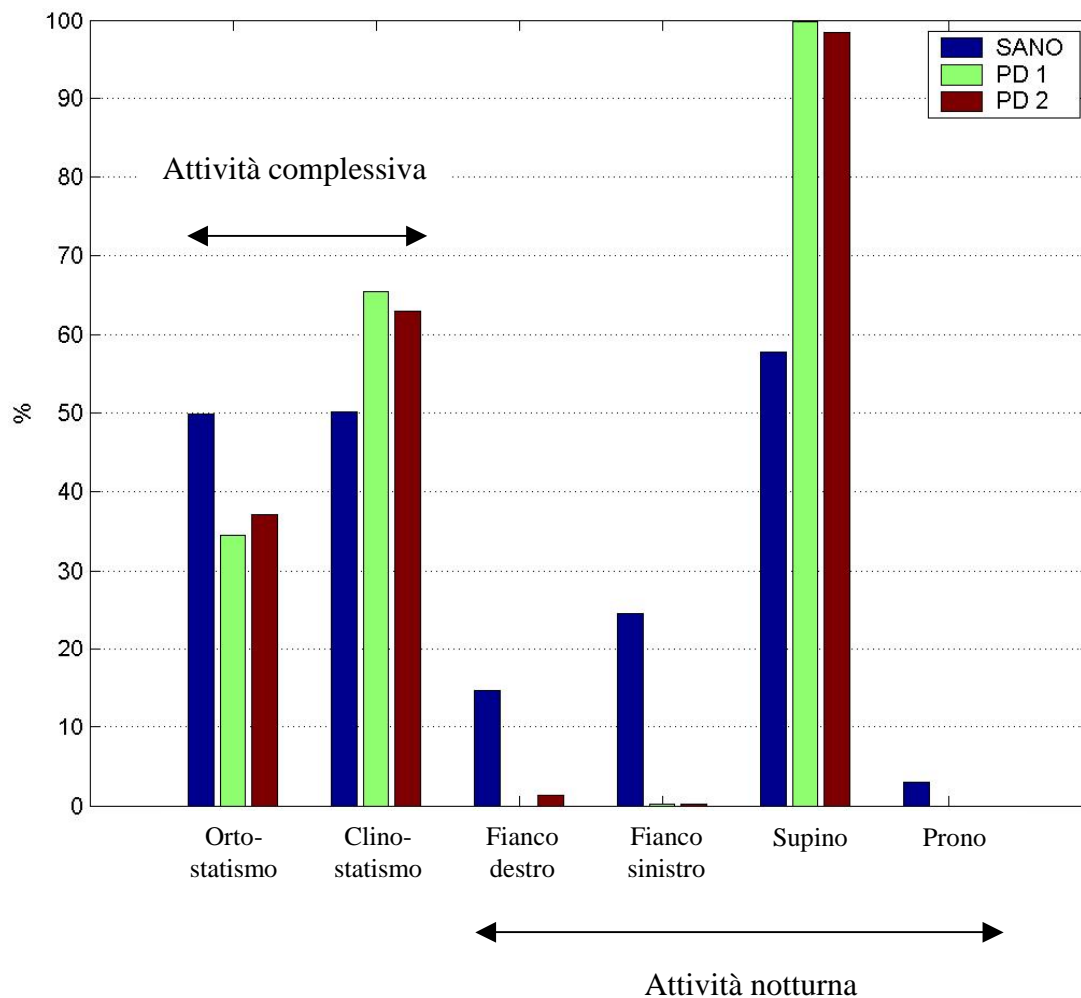


Le evidenti disarmonie dei grafici, rispetto ad un soggetto sano di pari età, ci permettono, in prima battuta, di trarre alcune conclusioni di tipo qualitativo:

- Le dimensioni ridotte dei cluster stanno a significare un atteggiamento posturale statico composto da poche posizioni mantenute anche per lungo tempo (il paziente soffre di ipocinesia, specie al mattino).
- In riferimento alla mappa XY si evince che l'assenza quasi totale di cluster tra la posizione ortostatica e quella clinostatica indica che questi passaggi posturali avvengono raramente e mai abbassando il busto come è normale presupporre per i soggetti sani: la curva sulla sinistra che raccorda le due posizioni suggerisce che il paziente per coricarsi debba prima appoggiarsi sul fianco sinistro.
- In riferimento alla mappa ZY si nota l'assenza di raccordi, tipici nei soggetti sani, tra i cluster che individuano la posizione ortostatica e quelli che individuano la posizione prona..
- Particolarmente interessante la mappa XZ clinostatica: Mancano completamente i passaggi posturali prono e sul fianco destro.

11.4 Confronto tra soggetti sani e parkinsoniani

11.4.1 Attività durante il sonno



Nei malati di Parkinson esiste, durante il sonno, la quasi assenza di decubiti diversi dalla posizione supina; è inoltre molto interessante valutare quante volte il soggetto cambia decubito. Per questo si è sviluppato un algoritmo che permette di contare i passaggi posturali in condizione clinostatica:

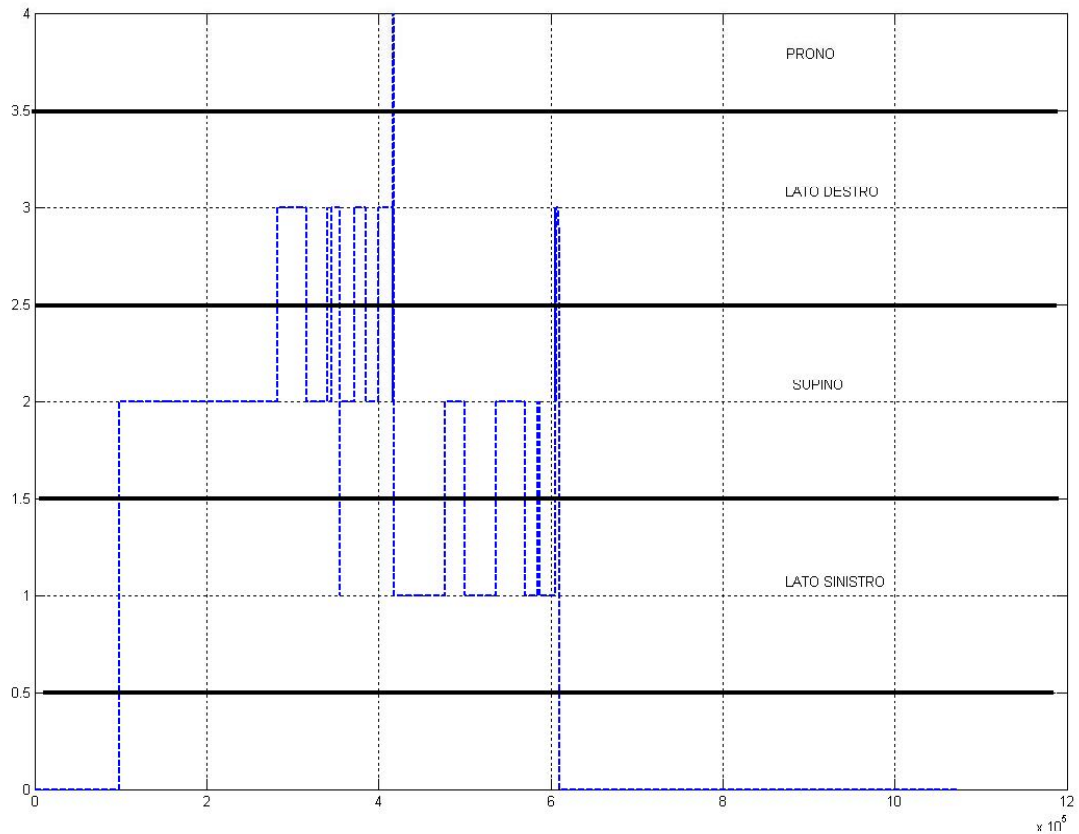


Figura 4: cambi di decubito notturni di un soggetto sano (tempo in campioni)

Il maggior tempo di assunzione della postura clinostatica nei pazienti parkinsoniani (62-65%) fa presupporre un consumo energetico metabolico decisamente più basso rispetto a quello del soggetto sano (circa 50%).

11.4.2 Consumo energetico metabolico

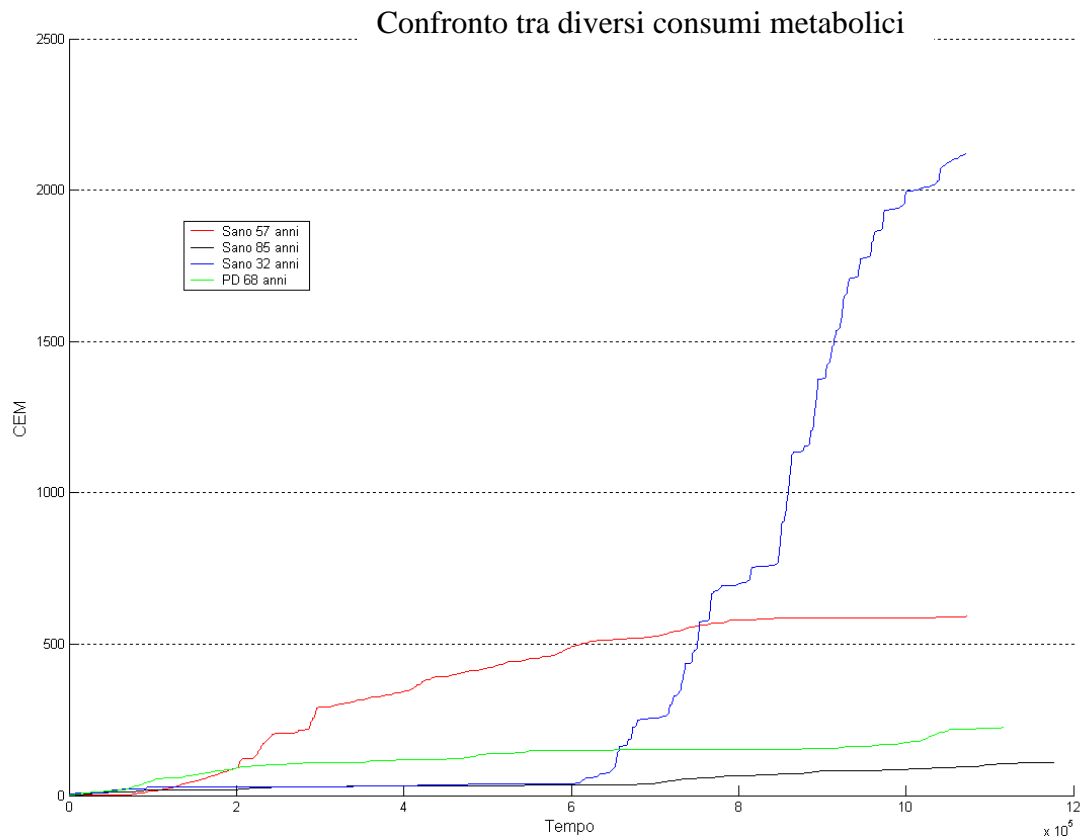


Figura 5: sono confrontati quattro soggetti: in blu un uomo di 35 anni, in rosso una donna di 57 anni, in verde una parkinsoniani di 68 anni e in nero una donna di 85 anni (tempo in campioni).

si può notare come il consumo metabolico di un parkinsoniani di 68 anni (in verde) sia paragonabile con quello di un soggetto sano di 85 (in nero): nonostante un valore leggermente più alto, il parkinsoniano ha un consumo metabolico notturno praticamente inesistente, infatti confrontando le transizioni notturne dei due soggetti:

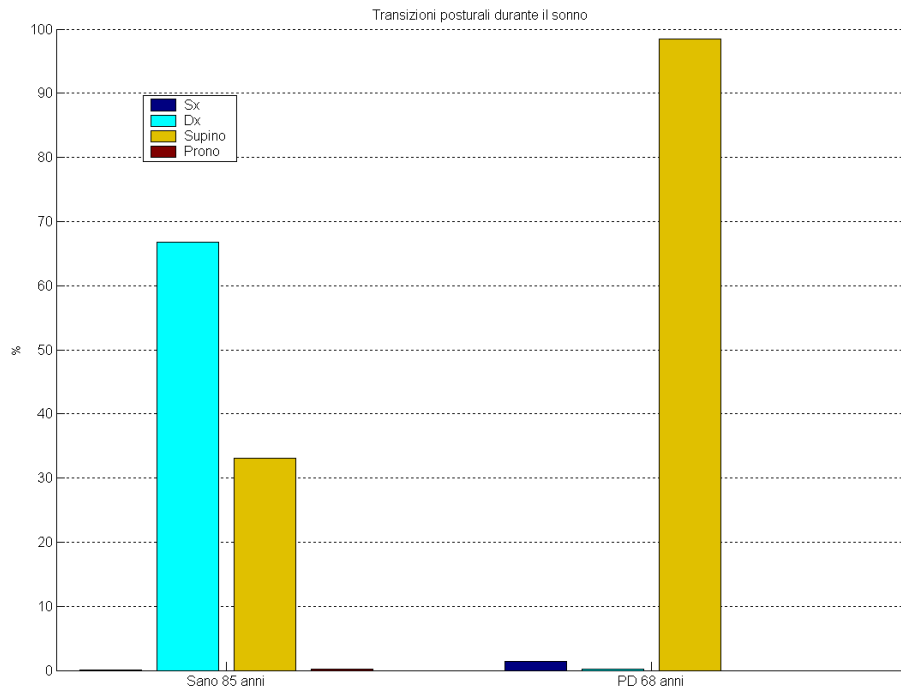


Figura 6: transizioni notturne di una donna di 85 anni (a sinistra) confrontate con quelle di una donna affetta da morbo di Parkinson di 68 anni.