



**Facoltà di Medicina e Odontoiatria**  
**Dipartimento di Neurologia e Psichiatria**

*Dottorato di Ricerca in Neuroscienze Clinico/Sperimentali e Psichiatria*

**XXVI CICLO A.A. 2010-2011**

*Tesi Di Dottorato*

**Lo sguardo trasversale per un approccio integrato: l'utilizzo del Formetric nel  
trattamento di pazienti affetti da Sclerosi Multipla**

***Candidato:***

*Dott.ssa Viviana Rosati*

***Relatore:***

*Prof. Francesco Fattapposta*

**Anno Accademico 2012/2013**

## INDICE

<b>INTRODUZIONE</b>	<b>3</b>
<b>Premessa</b>	<b>4</b>

### **PARTE PRIMA: *IL QUADRO DI RIFERIMENTO***

<b>Capitolo I: SCLEROSI MULTIPLA: SINTOMATOLOGIA, DIAGNOSI E DECORSO CLINICO</b>	<b>7</b>
--	----------

<b>Capitolo II: SPINOMETRIA FORMETRIC: RILEVAZIONE OTTICA STRUMENTALE</b>	<b>14</b>
---	-----------

<b>Capitolo III: FISIOLOGIA DELLA STATICA E DELLA DINAMICA DURANTE IL CAMMINO</b>	<b>27</b>
---	-----------

### **PARTE SECONDA: *LE MODALITA' OPERATIVE***

<b>Capitolo IV: NOTA METODOLOGICA</b>	<b>42</b>
---------------------------------------	-----------

<b>Capitolo V: COMMENTO E DISCUSSIONE DELLE EVIDENZE EMPIRICHE</b>	<b>52</b>
--	-----------

<b>Capitolo VI: CONCLUSIONI</b>	<b>93</b>
---------------------------------	-----------

<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>95</b>
---------------------	-----------

## INTRODUZIONE

L'oggetto di studio della presente tesi è analizzare le possibili implicazioni di tipo riabilitativo che possono emergere da una rilevazione ottica strumentale con tecnologia Formetric<sup>1</sup> in pazienti con una patologia multisindromica ad espressione diversa e con una variabilità di profili molteplici.

Pertanto, gli obiettivi conoscitivi di questo lavoro sono stati tre. Il primo è quello di analizzare i risultati ottenuti dal confronto in statica e in dinamica, di un gruppo di soggetti patologici (GP) con forme diverse di sclerosi multipla e con quadri clinici assolutamente eterogenei, con un gruppo di soggetti normativi (GN) omogeneo per genere ed età, adottando una metodica, la spinometria, che utilizza un dispositivo denominato Formetric in grado di effettuare un esame posturale non invasivo. Grazie ad una pedana (Pedoscan), il Formetric è in grado di cogliere informazioni in posizione statica e in dinamica. La metodica si fonda su una tecnica di rilevazione ottica topografica dei punti di repere anatomici (analisi di superficie del tronco) chiamata video-rasterstereografia.

Il secondo obiettivo consiste nell'analizzare i dati emersi dalla rilevazione ottica topografica di superficie del dorso (videorasterstereografia) allo scopo di capire se esistevano, nel gruppo patologico (GP), delle variabili quantitative e/o qualitative comuni coincidenti o divergenti dal gruppo normativo (GN), in forme cliniche differenti e con esiti patologici diversi. Infine come ultimo, di provare a definire parametri significativi comuni a tutte le forme cliniche, e trattando questi pazienti con un protocollo di trattamento riabilitativo specifico e mirato.

---

<sup>1</sup> E' il nome di un dispositivo che attraverso un software chiamato Dicam è in grado di effettuare un esame posturale non invasivo e quindi ripetibile. La metodica si fonda su una tecnica di rilevazione ottica topografica dei punti di repere anatomici (analisi di superficie del tronco) chiamata video-rasterstereografia. Viene usato per lo studio ed il controllo di scoliosi, cifosi, lordosi e anomalie posturali. Grazie a due telecamere che emettono fasci luminosi, è possibile produrre un'immagine computerizzata tridimensionale che conduce ad una corretta valutazione di deviazioni della colonna.

## **Premessa**

Come noto, la sclerosi multipla (SM) è una patologia infiammatoria cronica demielinizzante autoimmune<sup>2</sup> in cui viene aggredita e distrutta la mielina che avvolge l'assone della cellula nervosa (demyelinizzazione periaassiale). Questa demielinizzazione rappresenta l'unica manifestazione della malattia e non è conseguente né ad episodi o accidenti cerebrovascolari, né a traumi cranici.

Esistono varie denominazioni per indicare la stessa patologia e il loro diverso uso è legato unicamente all'aspetto che si vuole mettere maggiormente in risalto. La specificazione "multipla" o "disseminata" enfatizza la distribuzione e la localizzazione ampia che può assumere questo processo sclerotico in tutto il territorio nervoso; l'accezione anatomico-patologica, "a placche", invece, evidenzia le alterazioni sclerotiche circoscritte ben visibili anche ad occhio nudo.

Benché l'eziopatogenesi della sclerosi multipla sia tuttora sconosciuta, numerosi studi<sup>3</sup><sup>4</sup> suggeriscono la possibilità che si tratti di una malattia autoimmune in cui fattori immunologici, ambientali e genetici svolgono un ruolo determinante. La SM è una malattia complessa, con una forte componente genetica, definita dall'azione congiunta di più varianti alleliche a diversi loci (ereditarietà poligenica), dislocati lungo il genoma. I geni giocano un ruolo importante nello sviluppo della SM, ma non possono spiegarne completamente l'eziologia. Il rischio di ammalarsi di SM aumenta con l'aumentare delle relazioni parentali con la persona affetta<sup>5</sup>, ma i gemelli monozigoti sono concordanti per la malattia solo per circa il 30%<sup>6</sup>. Ciò evidenzia chiaramente una penetranza incompleta e l'importanza della genetica nello sviluppo della SM, ma, allo stesso tempo, sottolinea la necessità, per la piena estrinsecazione del rischio, di fattori ambientali permissivi<sup>7</sup>, nonché della modulazione di fattori post-trascrizionali ed epigenetici altrettanto importanti per il rischio globale di sviluppare la SM.

Attualmente, non sono ancora noti i fattori ambientali coinvolti nell'eziologia della sclerosi multipla, sebbene alcuni elementi, come particolari infezioni nei primi anni di vita, esposizione all'Epstein Barr virus (EBV) e all'Human Herpes Virus 6 (HHV6), carenza di vitamina D ed

---

<sup>2</sup> Deckx N, Lee WP, Berneman ZN, Cools N., "Neuroendocrine Immunoregulation in Multiple Sclerosis", Clin Dev Immunol. 2013;2013:705232. Epub 2013 Dec 8

<sup>3</sup> Cerosaletti K, Schneider A, Schwedhelm K, Frank I, Tatum M, Wei S, Whalen E, Greenbaum C, Kita M, Buckner J, Long SA., "Multiple Autoimmune-Associated Variants Confer Decreased IL-2R Signaling in CD4(+)CD25(hi) T Cells of Type 1 Diabetic and Multiple Sclerosis Patients", PLoS One. 2013 Dec 23;8(12):e83811. doi: 10.1371/journal.pone.0083811

<sup>4</sup> McFarland HF, Martin R., "Multiple sclerosis: a complicated picture of autoimmunity", Nat Immunol., 2007 Sep;8(9):913-9.

<sup>5</sup> Fisher R.A., "The correlation between relatives on the supposition of mendelian inheritance, transactions", Royal Society of Edinburgh 52:399-433 (1918)

<sup>6</sup> Ebers, G.C. et al., "A genetic basis for familial aggregation in multiple sclerosis", Canadian Collaborative Study Group, Nature 377:150-151 (1995)

<sup>7</sup> Sospedra, M., and R. Martin, "Immunology of multiple sclerosis", Annu Rev Immunol 23:683-747 (2005)

esposizione al fumo, siano stati indicati più volte<sup>8</sup>.

La sclerosi multipla (SM) è quindi una *sindrome* molto complessa caratterizzata da variabili cliniche e sintomatologiche assolutamente specifiche di ogni singolo caso clinico, che individuano profili comportamentali molteplici con “espressioni cliniche<sup>9</sup>” tra le più variegate, che non permettono di trarne considerazioni di carattere generale. Non è quindi possibile, alla prima manifestazione dei suoi sintomi o alla prima "ricidiva", classificarla in una forma piuttosto che in un'altra. È altresì molto difficile capire come essa evolverà nel tempo. Il decorso clinico della sclerosi multipla varia da paziente a paziente e può mutare nel corso del tempo. In alcuni casi, si manifesta una grave disabilità già dopo il primo attacco, in altri casi, dopo la prima "remissione", possono trascorrere dei decenni senza che si manifesti alcun sintomo. Pertanto, la sclerosi multipla è una patologia che richiede un approccio metodologico complesso riconducibile ad una logica sistemica.

---

<sup>8</sup> Christensen T, et al., “*Gene-environment interactions in multiple sclerosis: innate and adaptive immune responses to human endogenous retrovirus and herpesvirus antigens and the lectin complement activation pathway*”, J Neuroimmunol. Feb;183(1-2):175-88 (2007)

<sup>9</sup> Polman CH, Reingold SC, Banwell B, Clanet M, Cohen JA, Filippi M, Fujihara K, Havrdova E, Hutchinson M, Kappos L, Lublin FD, Montalban X, O'Connor P, Sandberg-Wollheim M, Thompson AJ, Waubant E, Weinshenker B, Wolinsky JS., “*Diagnostic criteria for multiple sclerosis: 2010 revisions to the McDonald criteria*”, Ann Neurol. 2011 Feb;69(2):292-302. doi: 10.1002/ana.22366.

**PARTE PRIMA: *IL QUADRO DI RIFERIMENTO***

## Capitolo I: SCLEROSI MULTIPLA : SINTOMATOLOGIA, DIAGNOSI E DECORSO CLINICO

La diagnosi di sclerosi multipla<sup>10</sup> è di notevole complessità dal punto di vista della diagnostica differenziale (Fig.1) con altre patologie<sup>11</sup>. Esistono 4 forme principali di SM: 1. *sindrome clinicamente isolata o CIS* (Clinically Isolated Syndrome<sup>12</sup>), 2. SM *recidivante-remittente*, 3. SM *secondaria progressiva*, 4. SM *primaria-progressiva cronica* alle quali si aggiunge una quinta forma detta SM benigna. Tale forma ha la peculiarità di esordire con uno o due episodi acuti, seguiti da un recupero completo che non lascia tracce di disabilità e non peggiora con il passare del tempo. Questa forma viene individuata anche quando è presente solo una minima disabilità, per almeno 15 anni dalla data di esordio. In generale la SM benigna tende ad essere associata a sintomi sensitivi (parestesie) o visivi (neurite ottica).

La forma clinica più frequente (circa l'85%) è rappresentata dalla SM a decorso recidivante-remittente (SM-RR), nella quale si presentano episodi acuti di malattia, detti "poussè" o "ricadute", che regrediscono del tutto o in parte, alternati a periodi di benessere (remissioni). Le recidive si verificano circa una volta all'anno e queste ricadute inducono la rapida insorgenza di disturbi neurologici, differenti in base alle regioni dell'encefalo o del midollo spinale coinvolte. Queste recidive sono di solito seguite da un certo recupero delle funzioni neurologiche perse.

La SM secondariamente progressiva (SM-SP), si sviluppa come evoluzione della forma recidivante-remittente ed è caratterizzata da una disabilità persistente che progredisce gradualmente nel tempo, con o senza sovrapposizione di riacutizzazioni. Circa il 30-50% dei pazienti con SM, che inizialmente hanno una forma recidivante-remittente, sviluppano entro 10 anni circa, una forma secondariamente progressiva.

La SM primariamente progressiva (SM-PP), che colpisce circa il 10% degli affetti SM, è caratterizzata dall'assenza di vere e proprie ricadute; all'esordio i sintomi iniziano in modo graduale e tendono a progredire lentamente nel tempo.

Infine il 5% dei casi ha un decorso progressivo con ricadute, dove oltre ad un andamento progressivo dall'esordio, si manifestano anche episodi acuti di malattia, con minimo recupero delle

---

<sup>10</sup> McDonald WI, Compston A, Edan G et als., "Recommended diagnostic criteria for multiple sclerosis: guidelines from the International Panel on the diagnosis of multiple sclerosis", *Ann Neurol*, 2001;50:121-127

<sup>11</sup> Milo R, Miller A., "Revised diagnostic criteria of multiple sclerosis", *Autoimmun Rev.* 2014 Jan 12. pii: S1568-9972(14)00024-X. doi: 10.1016/j.autrev.2014.01.012. [Epub ahead of print]

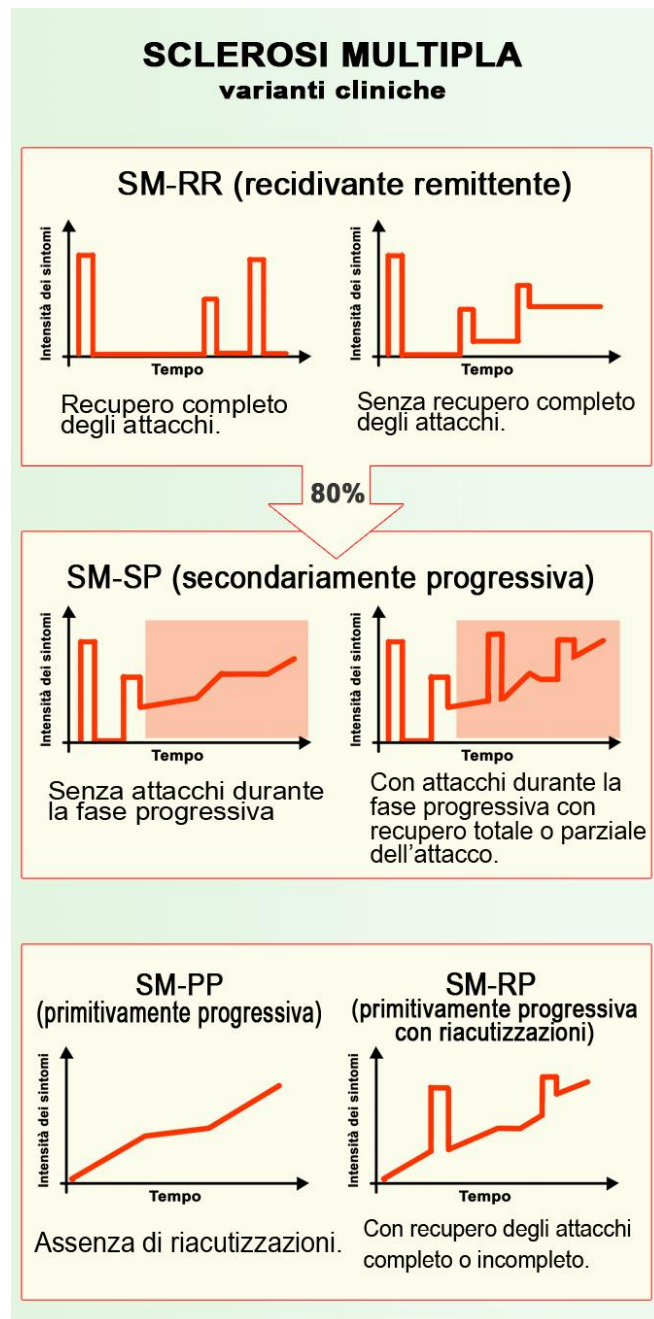
<sup>12</sup> Alroughani R, Al Hashel J, Lamdhade S, Ahmed SF., "Predictors of Conversion to Multiple Sclerosis in Patients with Clinical Isolated Syndrome Using the 2010 Revised McDonald Criteria", *ISRN Neurol.* 2012;2012:792192. doi: 10.5402/2012/792192. Epub 2012 Nov 1.

funzioni.

- 1:** Due o più eventi sintomatici, definiti anche attacchi, recidive o riacutizzazioni; l'evidenza clinica obiettiva di due o più lesioni o l'evidenza clinica di una lesione associata all'evidenza di un precedente evento sintomatico attribuibile ad un'altra lesione.
- 2:** Due o più eventi sintomatici; l'evidenza clinica, obiettiva di una lesione; da confermare con la dimostrazione di una disseminazione nello spazio rilevata con una o più lesioni T2 in almeno due delle quattro aree del sistema nervoso centrale colpite abitualmente dalla **sclerosi multipla** (area periventricolare, area giustacorticale, area infratentoriale o midollo spinale) oppure attesa di un nuovo evento sintomatico indicativo del coinvolgimento di un'area del sistema nervoso centrale diversa da quella colpita dalla lesione già individuata.
- 3:** Un evento sintomatico; evidenza clinica obiettiva di due o più lesioni; da confermare con la dimostrazione di una disseminazione nel tempo evidenziata dalla presenza simultanea di lesioni asintomatiche, amplificate dal gadolinio e non amplificate, rilevata in qualsiasi momento, oppure di una nuova lesione T2 e/o lesione/i amplificata/e dal gadolinio in una risonanza magnetica di controllo, indipendentemente dal momento in cui viene fatta rispetto ad una esame eseguito al basale; anche per questo criterio, un'ulteriore opzione consiste nell'attesa di un nuovo evento sintomatico.
- 4:** Un evento sintomatico; evidenza clinica obiettiva di una lesione, questa condizione si definisce sindrome clinica isolata (Clinically Isolated Syndrome: CIS). Per confermare la **diagnosi di sclerosi multipla** in un caso di CIS, si deve evidenziare una disseminazione nello spazio dimostrata da: una o più lesioni T2 in almeno due delle quattro aree del sistema nervoso centrale colpite abitualmente dalla **sclerosi multipla** (area periventricolare, area giustacorticale, area infratentoriale o midollo spinale) oppure attesa di un nuovo evento sintomatico indicativo del coinvolgimento di un'area del sistema nervoso centrale diversa da quella colpita dalla lesione già individuata. Per confermare la **diagnosi di sclerosi multipla** si deve evidenziare una disseminazione nel tempo in base alla presenza simultanea di lesioni asintomatiche, amplificate dal gadolinio e non amplificate, rilevate in qualsiasi momento, oppure di una nuova lesione T2 e/o lesione/i amplificata/e dal gadolinio in una risonanza magnetica di controllo, indipendentemente dal momento in cui viene fatta rispetto ad una esame eseguito al basale; un'ulteriore opzione consiste nell'attesa di un nuovo evento sintomatico.
- 5:** Una progressione neurologica aggressiva indicativa di **sclerosi multipla** indirizza verso la **diagnosi** della forma primaria progressiva (Primary Progressive Multiple Sclerosis: PPMS). Le ulteriori evidenze necessarie per definire la diagnosi sono: un anno di progressione continua della malattia, seguita nel tempo o ricostruita con l'anamnesi più due dei tre seguenti criteri:
  - Evidenza della disseminazione nello spazio, nell'ambito del cervello, basata su una o più lesioni T2 nelle aree abitualmente colpite dalla **sclerosi multipla**: area periventricolare, area giusta corticale, area infratentoriale o midollo spinale.
  - Evidenza della disseminazione nello spazio al midollo spinale basata su due o più lesioni T2 localizzate a questo organo.
  - Positività dell'esame del liquido cefalo-rachidiano con evidenza di bande oligoclonali e/o elevato indice di IgG

**Fig: 1: Criteri diagnostici secondo Mcdonald**





**Fig. 2: Rappresentazione grafica delle varianti cliniche di SM**

Il decorso clinico si caratterizza per la sua enorme variabilità, vengono, infatti, riconosciute diverse forme riconducibili ad un diverso andamento della patologia.

Attualmente non esiste una cura definitiva per la sclerosi multipla. E' difficile determinare gli effetti terapeutici di trattamenti sperimentali essendo una malattia caratterizzata per la maggior parte dei casi da remissione spontanee e con decorso e prognosi altamente variabili. I farmaci oggi impiegati sono prevalentemente immunomodulatori e immunosoppressori e sono in grado di influenzare positivamente il decorso della malattia e di ridurre l'attività, in particolare per la forma recidivante-

remittente. Le linee guida scientifiche del trattamento della sclerosi multipla prevedono farmaci che hanno una dimostrata efficacia nel prevenire le recidive. Al contrario non è documentata la loro validità nel prevenire la disabilità sul lungo periodo, dunque sono le ricadute piuttosto che la progressione, a indirizzare il trattamento.

Numerosi studi dimostrano che la riabilitazione è efficace nel migliorare alcuni aspetti della qualità di vita dei pazienti<sup>13</sup>. La letteratura scientifica descrive che un intenso allenamento di resistenza degli arti inferiori porta a miglioramenti della forza muscolare e ad aumento della capacità funzionale nei pazienti con sclerosi multipla. Inoltre l'allenamento di resistenza a bassa e moderata intensità è ben tollerato e ha effetti benefici in pazienti con SM con disabilità moderata, esaminata attraverso la Expanded Disability Status Scale (EDSS)<sup>14</sup> con valori inferiori a 7.

La sintomatologia che caratterizza la sclerosi multipla è fra le più complesse e varie. I sintomi d'esordio sono variabili, a seconda della sede lesionale, ma alcuni di essi ricorrono più frequentemente, poiché le aree di demielinizzazione si distribuiscono in sedi preferenziali. I disturbi si manifestano e raggiungono il loro acme in poche ore o in alcuni giorni. Nella maggior parte dei casi il sintomo iniziale è un' ipostenia ad uno o più arti (40% dei casi), una neurite ottica (22%), un disturbo soggettivo della sensibilità (parestesie, disestesie e dolore nel 21%), disturbi dell'equilibrio (17%), diplopia, o disturbi della minzione. Tali sintomi possono comparire isolatamente (esordio monosintomatico) o in associazione (esordio polisintomatico). I disturbi iniziali tendono nella maggior parte dei casi a regredire dopo un periodo di tempo variabile ed in seguito possono ripresentarsi o possono comparire altri sintomi e segni di sofferenza focale del SNC. Ogni sintomo può rappresentare l'esordio come verificarsi successivamente ed assumere, nel corso degli anni, carattere permanente, o progressivo. Nelle forme avanzate, i disturbi motori, la spasticità, l'atassia, le turbe della sensibilità, i deficit visivi e le turbe sfinteriche sono pressoché costantemente presenti.

Di seguito i principali sintomi:

**Faticabilità**<sup>15</sup>: si manifesta costantemente ed in maniera diversa da paziente a paziente con varie modalità, interferendo significativamente nelle attività dell'individuo. Frequentemente ha una distribuzione asimmetrica e va a colpire più spesso gli arti inferiori o un solo emisoma. L'astenia associata alla spasticità è un evento costante che si verifica a causa dell'interessamento delle vie piramidali.

**Alterazione del tono muscolare**: nella maggior parte dei casi c'è un'alterazione generica del tono

---

<sup>13</sup> White L J, "Resistance training improves strength and functional capacity in persons with multiple sclerosis", Multiple Sclerosis, (2004)

<sup>14</sup> U. Dalgas. "Multiple sclerosis and physical exercise: recommendations for the application of resistance-, endurance- and combined training", Mult Scler (2008)

<sup>15</sup> Razazian N, Shokrian N, Bostani A, Moradian N, Tahmasebi S., "Study of fatigue frequency and its association with sociodemographic and clinical variables in patients with multiple sclerosis", Neurosciences (Riyadh). 2014

muscolare. Essendo una patologia poliedrica non esistono quadri rigidamente strutturati. Ci può essere quindi una diminuzione del tono muscolare (come spesso si verifica) o un aumento dello stesso dovuto alla compromissione delle vie nervose ad azione inibitoria agenti sul midollo spinale. Molto spesso questa alterazione del tono muscolare si sovrappone agli effetti che il deficit di forza ha sulla muscolatura complicando e rendendo difficile la discriminazione dell'uno o dell'altro. L'improvvisa diminuzione di forza, infatti, a causa della distruzione della mielina, porta comunque la restante muscolatura non colpita dal processo demielinizzante a compensare il carico. Alla lunga questa muscolatura soggetta a continui "stress muscolari", si contrattura. La conseguenza di una muscolatura "contratturata" è che, non essendo più elastica, va in "accorciamento" (perdita della contrattilità). E' bene quindi saper discernere nella valutazione del paziente, ciò che è legato più specificamente ad una lesione o interessamento centrale, da ciò che costituisce semplicemente un problema "periferico": un naturale compenso fisiologico della muscolatura.

**Tremore:** è sicuramente causato dalla localizzazione di placche lungo vie nervose responsabili della coordinazione dei movimenti. I pazienti che presentano questo sintomo, possono avere associati una visione oscillante (nistagmo), difficoltà a deglutire (disfagia), difficoltà di parola (parola scandita). Il tremore presente nella sclerosi multipla è a carattere intenzionale e insieme alla dismetria, alla adiadococinesia e all'asinerzia fa parte dei disturbi cerebellari che hanno come caratteristica quella di avere una scarsa tendenza alla regressione.

**Contrattura:** è un problema muscolare generato (quasi sempre) nella zona che va a compensare il deficit di forza controlaterale. La muscolatura contratturata va in accorciamento. L'influenza di una diminuzione di lunghezza delle fibre muscolari, si ripercuote sia sull'efficacia di convertire completamente l'energia incamerata in lavoro muscolare adeguato, che sulla possibilità di sviluppare al pieno la massima potenzialità delle fibre muscolari. Nella muscolatura biarticolare un accorciamento del muscolo significherebbe una perdita della sua funzione primaria: quella di poter distribuire la sua forza e il suo intervento su due articolazioni contemporaneamente. Nella muscolatura monoarticolare, l'incapacità di svolgere in simultaneità tutte le competenze che presiede.

**Vertigine:** si tratta di un disturbo dell'orientamento spaziale con sensazione di rotazione. E' causata da un'alterazione dei rapporti tra il proprio schema corporeo e l'ambiente circostante. Può essere "soggettiva" o "oggettiva" a seconda se è il soggetto che vede muovere gli oggetti intorno a sé o se è lui che si muove rispetto agli oggetti. Essendo compromesse quelle strutture che coordinano e assemblano tutte queste funzioni, si verificano delle alterazioni significative di tipo visivo, posizionale e spaziale. Il risultato è un'alterazione evidente della cinetica dell'individuo.

**I disturbi di equilibrio:** raccolgono al loro interno tutte quelle componenti che disturbano la coordinazione motoria sia nella statica che nella dinamica, di tutto il corpo o segmentaria dei soli arti (dismetria, asinergia, adiadococinesia).

La compromissione dell'andatura rappresenta un po' l'elemento unificante comune a tutti questi sintomi. L'ipertono infatti genera una difficoltà nell'esecuzione fluida del movimento; la debolezza, colpendo entrambi gli arti inferiori (paraparesi), o un solo arto (monoparesi), ne rallenta l'esecuzione. Inoltre si può verificare un "piede cadente" che comporta un'andatura insicura e piena di incertezze. Il tremore evidenziabile all'inizio e alla fine del movimento compare costantemente durante tutti i cambiamenti di posizione.

**Neurite ottica retrobulbare**<sup>16</sup> (NORB) è un processo infiammatorio che colpisce il nervo ottico nella porzione posteriore. La condizione interessa in genere un solo occhio, raramente è bilaterale. Si presenta con disturbi della visione, come offuscamento dell'immagine, scotoma centrale, alterata percezione dei colori e riduzione della sensibilità al contrasto, accompagnati da dolore periorbitario o retro-bulbare aumentato dai movimenti oculari. Il calo del visus è variabile, da pochi decimi fino, raramente, alla completa cecità, e non è correggibile con lenti. Nella SM anche **altri nervi cranici** possono essere colpiti : una lesione del VI, del III o più raramente del IV nervo cranico può essere responsabile del l'insorgenza di diplopia. Più frequente e caratteristica della patologia è la paralisi internucleare che si manifesta con un deficit della adduzione e nistagmo orizzontale nell'occhio abdotto, dovuta a una lesione del fascicolo longitudinale mediale. Una paralisi periferica del facciale (VII n.c.) e talvolta miochimie in tale territorio sono possibili e indicano l'esistenza di una lesione intratroncale.

**I disturbi della sensibilità** sono spesso il sintomo d'esordio e la loro comparsa lungo il corso della malattia è costante. Sono dovuti a lesioni dei cordoni posteriori, delle vie spino-talamiche o delle zone d'ingresso delle radici posteriori, e si manifestano sotto forma di ipo/iperesestesia al tatto, al caldo, al freddo, o al dolore, parestesie e disestesie. La sede dei disturbi sensitivi è la più varia: frequentemente iniziano ad una mano o ad un piede, si estendono a tutto l'arto, per poi propagarsi al bacino o al tronco.

Il **dolore somatico** non è un sintomo raro ed è spesso erroneamente sottovalutato. Esso si divide nel dolore neuropatico (o neurogeno), causato primariamente dalla distruzione o alterazione della conduzione nervosa, e in un dolore secondario provocato da posture scorrette, ipertonia e spasticità. Il primo può avere un andamento parossistico, ed è responsabile di fenomeni quali la nevralgia trigeminale, spasmi tonici dolorosi notturni e il segno di Lhermitte<sup>17</sup>. Il secondo si manifesta sotto

---

<sup>16</sup> Petzold A, Plant GT.,” *Diagnosis and classification of autoimmune optic neuropathy*”, *Autoimmun Rev.* 2014 Jan 12. pii: S1568-9972(14)00021-4. doi: 10.1016/j.autrev.2014.01.009. [Epub ahead of print]

<sup>17</sup> Improvvisa comparsa di una sensazione a tipo “scossa elettrica” per flessione, o più raramente per estensione del

forma di dolore lombare, crampi e sensazioni dolorose di stiramento, più frequenti durante le ore notturne.

I **disturbi dell'equilibrio** principali sono caratterizzati dall'atassia e dal tremore a causa dell'interessamento delle strutture cerebellari.

I **disturbi sfinterici e sessuali**: la minzione imperiosa è spesso sintomo precoce e talora si associa ad incontinenza; in altri casi è presente difficoltà ad iniziare il mitto con incapacità a svuotare la vescica. Comune è il rallentamento del transito intestinale, così come la presenza di disfunzioni sessuali legate al calo della libido o a vera e propria impotenza.

**Sintomi affettivi e cognitivi** : il disturbo più frequente è la depressione. Essa ha una prevalenza superiore a quella che si riscontra in qualsiasi patologia cronica (25-50%)<sup>18</sup> suggerendo un' ipotesi eziopatogenetica multifattoriale nella quale vengono prese in considerazione le complesse relazioni tra tipo di personalità, fattori organici, e le modalità di interazione fra il paziente e il suo ambiente socio-relazionale. La presenza di depressione influenza negativamente la prognosi e il decorso dell' SM; è stata infatti osservata una correlazione tra aggravamento dei sintomi depressivi e peggioramento clinico della malattia<sup>19</sup>. Di recente si è dato rilevanza ai deficit cognitivi provocati dalla SM che possono compromettere la memoria recente, l'attenzione visuo-spaziale, la capacità di calcolo, il ragionamento astratto e le funzioni esecutive. Questi disturbi sono presenti in una percentuale variabile di pazienti compresa tra il 30 e il 70%<sup>20</sup>, sono generalmente lievi e hanno un andamento difficilmente correlabile col progredire della malattia.

---

capo, con irradiazione lungo la schiena fino agli arti inferiori, o più raramente superiori.

<sup>18</sup> Sadovnick & Remick, "Depression and multiple sclerosis" , (1996 ) Neurology. Mar;46(3):628-32.

<sup>19</sup> Maria Skokou, Evanthia Soubasi, Philippos Gourzis, "Depression in Multiple Sclerosis: A Review of Assessment and Treatment Approaches in Adult and Pediatric Populations"(2012) ISRN Neurol. 2012; 2012: 427102.

<sup>20</sup> M. Peyser & C. M. Poser, 1986; S. M. Rao, 1986

## Capitolo II: SPINOMETRIA FORMETRIC: RILEVAZIONE OTTICA POSTURALE

La spinometria è il nome di una metodica che utilizza un dispositivo denominato Formetric (Fig.3) che attraverso un software chiamato Dicam è in grado di effettuare un esame posturale non invasivo. La metodica si fonda su una tecnica di rilevazione ottica topografica dei punti di reperi anatomici (analisi di superficie del tronco) chiamata video-rasterstereografia.

Il fondamento metodologico dell'analisi morfologica dorsale è rappresentato dalla stereofotogrammetria, che a sua volta si basa sul principio della triangolazione (Fig.4) Una caratteristica vincente della rasterstereografia rispetto ai procedimenti alternativi è la possibilità di definire automaticamente un rapporto di tipo spaziale tra morfologia dorsale e scheletro osseo<sup>21</sup>( Fig.5). La ricostruzione della forma del dorso o del tronco ha di per sé una rilevanza clinica limitata, se non supportata dai dati relativi ad alcuni parametri come la rotazione superficiale, la deviazione laterale e il rilievo del profilo sagittale della superficie che forniscono al medico un'utile base di valutazione e confronto<sup>22</sup>. La ricostruzione tridimensionale della spina dorsale sulla base dei dati ricavati dall'analisi della superficie del dorso rappresenta il modo migliore per impiegare i vantaggi<sup>23</sup> offerti da un dato metodo d'indagine ed apre numerose possibilità di impiego in ambito clinico<sup>24</sup>.

---

<sup>21</sup> Mangone M, Raimondi P, Paoloni M, Pellanera S, Di Michele A, Di Renzo S, Vanadia M, Dimaggio M, Murgia M, Santilli V., "Vertebral rotation in adolescent idiopathic scoliosis calculated by radiograph and back surface analysis-based methods: correlation between the Raimondi method and rasterstereography", Eur Spine J. 2013 Oct;22(10):2338-9. doi: 10.1007/s00586-013-2954-7. Epub 2013 Aug 21.

<sup>22</sup> Guidetti L, Bonavolontà V, Tito A, Reis VM, Gallotta MC, Baldari C, "Intra- and interday reliability of spine rasterstereography". Biomed Res Int. 2013;2013:745480. doi: 10.1155/2013/745480. Epub 2013 Jun 2.

<sup>23</sup> Zaina F, Atanasio S, Ferraro C, Fusco C, Negrini A, Romano M, Negrini S., "Review of rehabilitation and orthopedic conservative approach to sagittal plane diseases during growth: hyperkyphosis, junctional kyphosis, and Scheuermann disease", Eur J Phys Rehabil Med. 2009 Dec;45(4):595-603.

<sup>24</sup> Furian TC, Rapp W, Eckert S, Wild M, Betsch M., "Spinal posture and pelvic position in three hundred forty-five elementary school children: a rasterstereographic pilot study", Orthop Rev (Pavia). 2013 Mar 13;5(1):e7. doi: 10.4081/or.2013.e7. Print 2013 Feb 22.



- Formetric 4D  
 Specifiche di sistema:
- Videocamera CCD
  - Proiettore a Bande
  - Colonna
  - Sistema PC

Fig.3: Formetric 4D

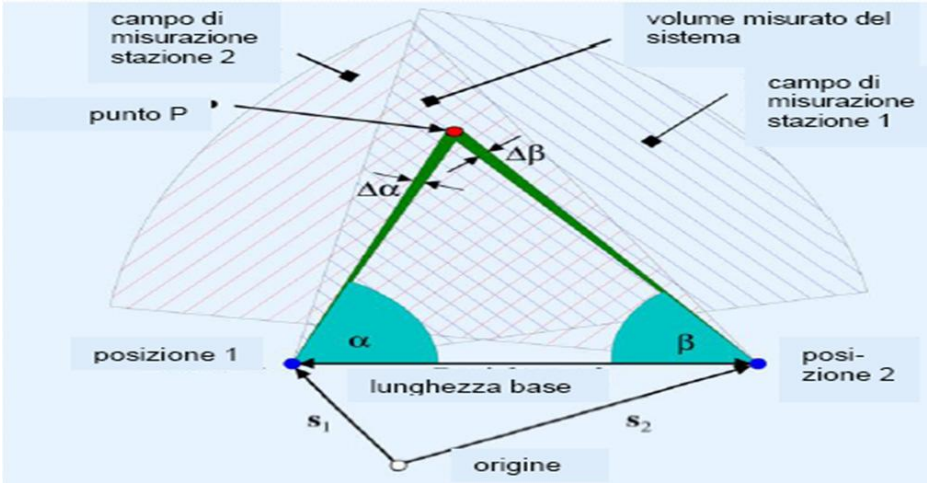
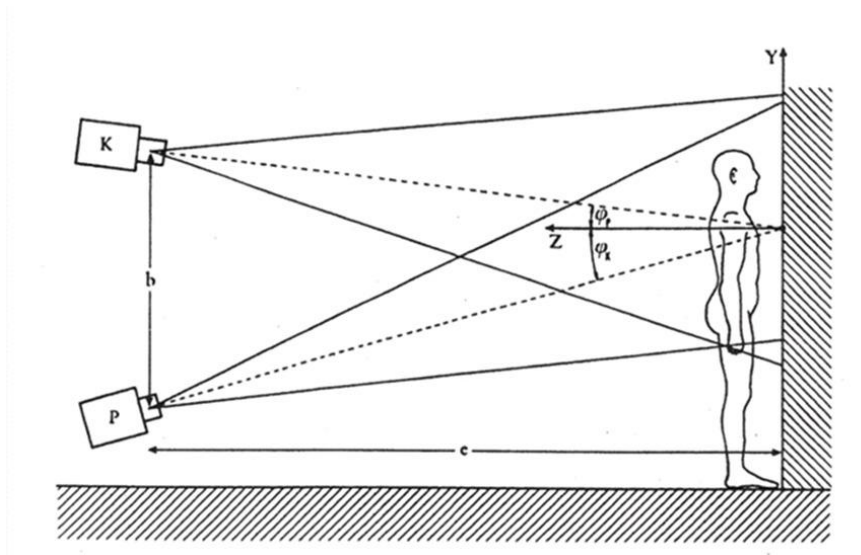
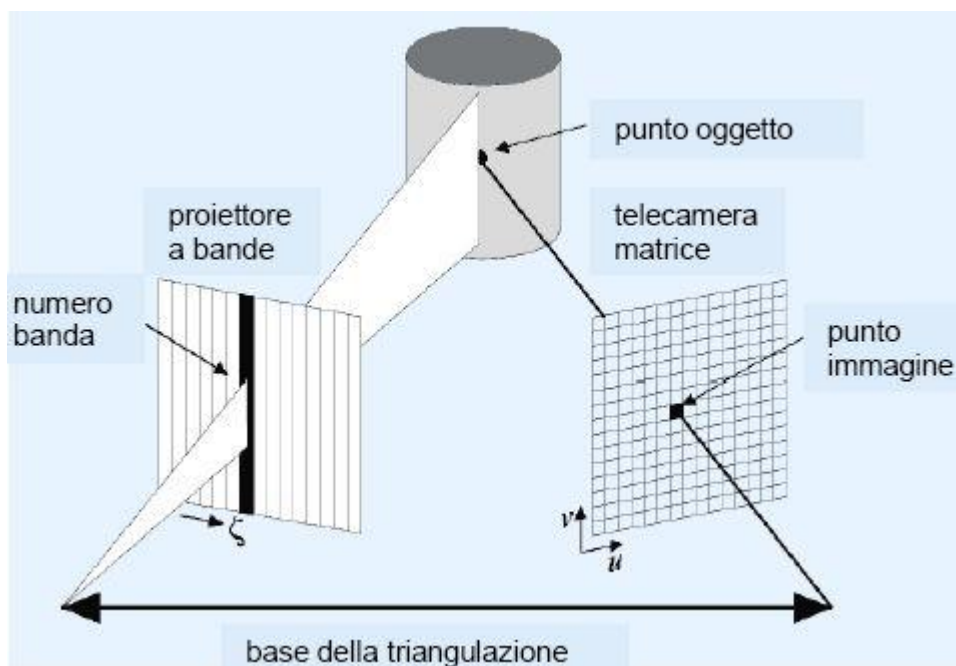


Fig. 4: Principio di funzionamento - Triangolazione



**Fig. 5: Principio di funzionamento – Video rasterstereografia**

Le tecniche di triangolazione attiva consentono quindi, di rilevare la superficie di un determinato oggetto mediante una sorgente luminosa che lo illumina in una determinata angolazione, e una telecamera, che ne cattura la luce da esso riflessa (Fig. 6).

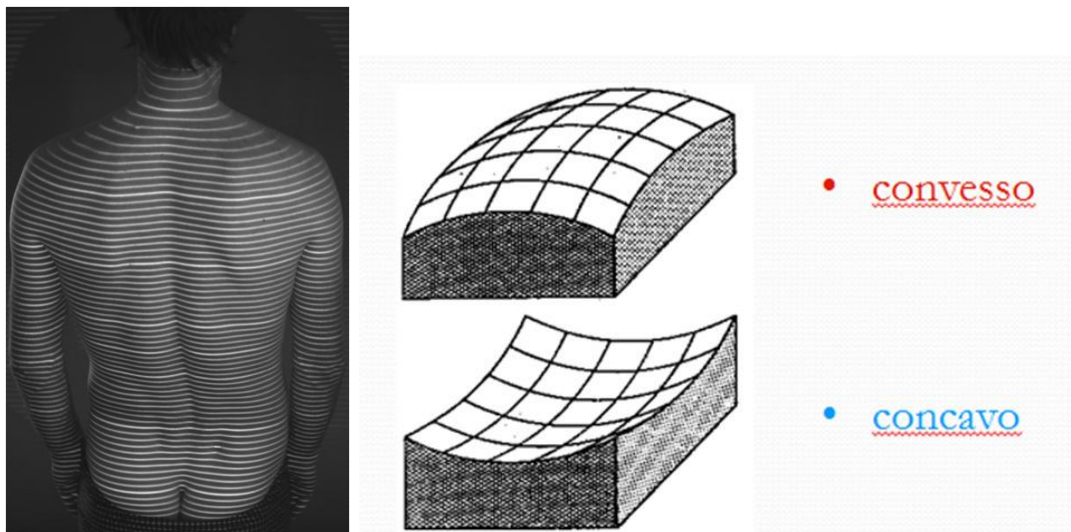


**Fig. 6: La tecnica di triangolazione attiva**

Nella rasterstereografia un reticolo di linee orizzontali (80) ad alta risoluzione (luce bianca, distanza 10 mm) viene proiettato sul dorso del paziente in posizione ortostatica con l'ausilio di un apposito

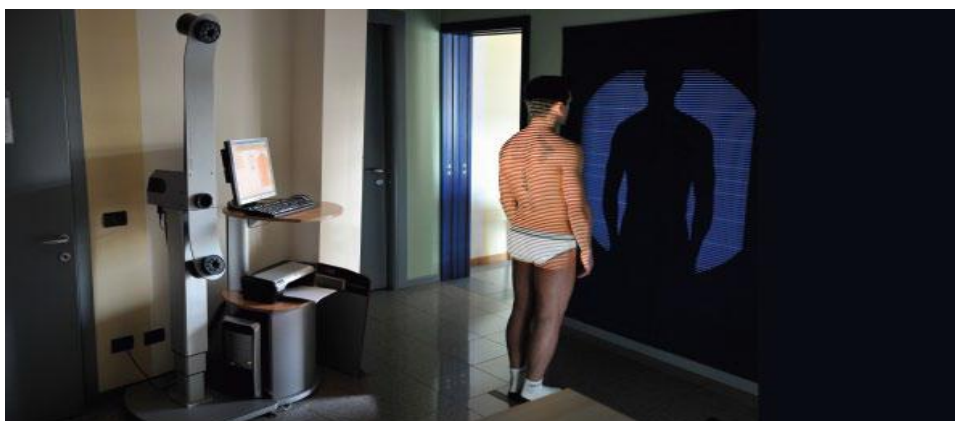


dispositivo e ne analizza le curvature (Fig.5).



**Fig.7: Reticolo delle linee orizzontali e analisi delle curvature**

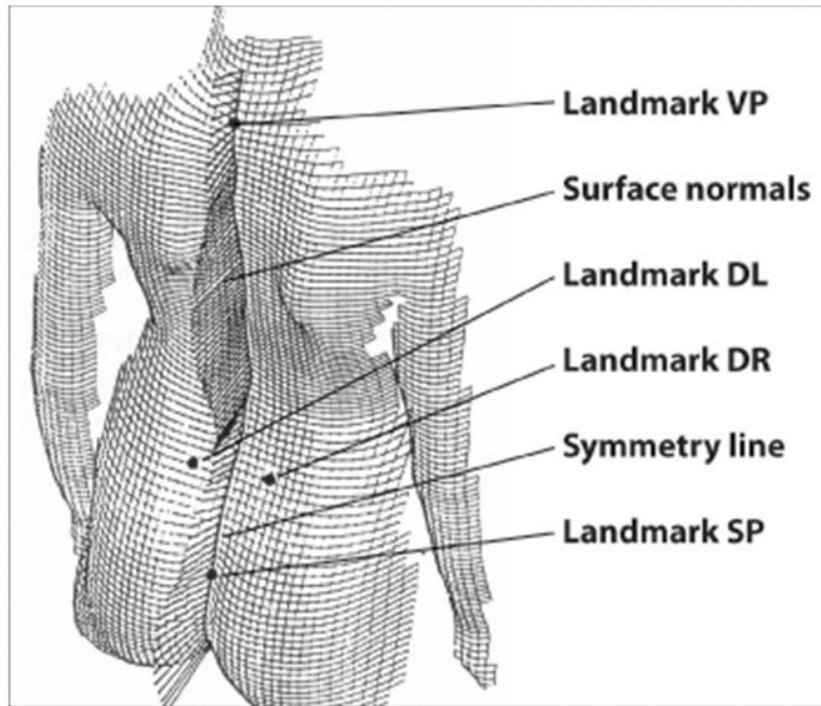
Il sistema Spinometria Formetric 4D prodotto dalla DIERS (Fig.8) utilizzato in questo studio è costituito da un proiettore luminoso per analisi, da una videocamera, entrambi montati su una colonna regolabile elettronicamente, e da un computer completo di sistema software per l'elaborazione delle immagini.



**Fig.8: Spinometria Formetric**

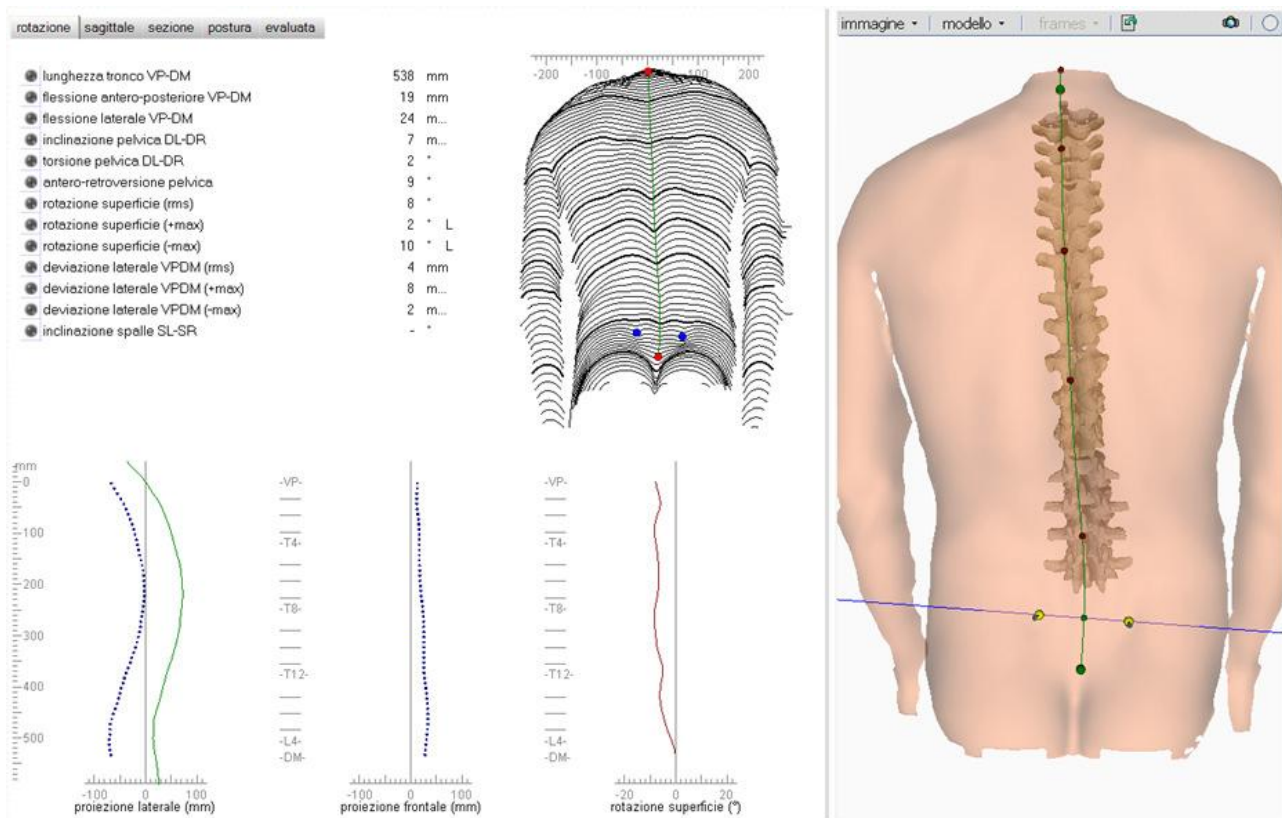
Il soggetto viene posto in un ambiente oscurato in piedi e senza calzature, la zona dorsale è totalmente scoperta fino a metà gluteo, ad una distanza di 2 metri dal sistema, che proietta sulla sua superficie corporea posteriore una luce alogena in forma di griglia a linee orizzontali. L'elaborazione

effettuata consente di individuare, senza markers (è possibile aggiungerli qualora in soggetti molto robusti non sia semplice individuare le fossette sacroiliache), i principali reperi anatomici, quali l'apofisi spinosa della prima vertebra dorsale (T1), le fossette lombari (sacro-iliache) di Michaelis (Fig.9).



**Fig.9: Individuazione automatica dei punti di repero**

Il sistema legge ed elabora la griglia proiettata, fornendo in automatico una ricostruzione tridimensionale del dorso (Fig.10).



**Fig.10: Morfologia superficiale del dorso**

La lettura permette di calcolare automaticamente i valori angolari sul piano frontale, sul piano sagittale e sul piano trasversale di tutti i parametri significativi. In particolare è indispensabile calcolare la **deviazione laterale** delle vertebre sul piano frontale, la **rotazione** delle vertebre sul piano trasversale e il **profilo sagittale** della colonna per la profondità delle curve di lordosi e di cifosi (freccia cervicale e freccia lombare)

Per ottenere la **deviazione laterale** è necessario localizzare la linea dei processi spinosi che viene pertanto determinata matematicamente mediante calcolo della cosiddetta linea di simmetria<sup>25</sup>. La **rotazione vertebrale** viene equiparata alla rotazione della superficie dorsale in corrispondenza del processo spinoso, ossia della linea di simmetria. La precisione della misura è di circa 3°<sup>26</sup>. Il **profilo sagittale** della colonna mette in evidenza l'aspetto di adattamento delle curve rispetto alla linea di gravità

<sup>25</sup> Hierholzer E. Objektive Analyse der Rückenform von Skoliosepatienten, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, New York, 1993)

<sup>26</sup> Drerup B, Hierholzer E., "Assessment of scoliotic deformity from back shape asymmetry using an improved mathematical model". Clin Biomech ; 11 : 376-383, 1996

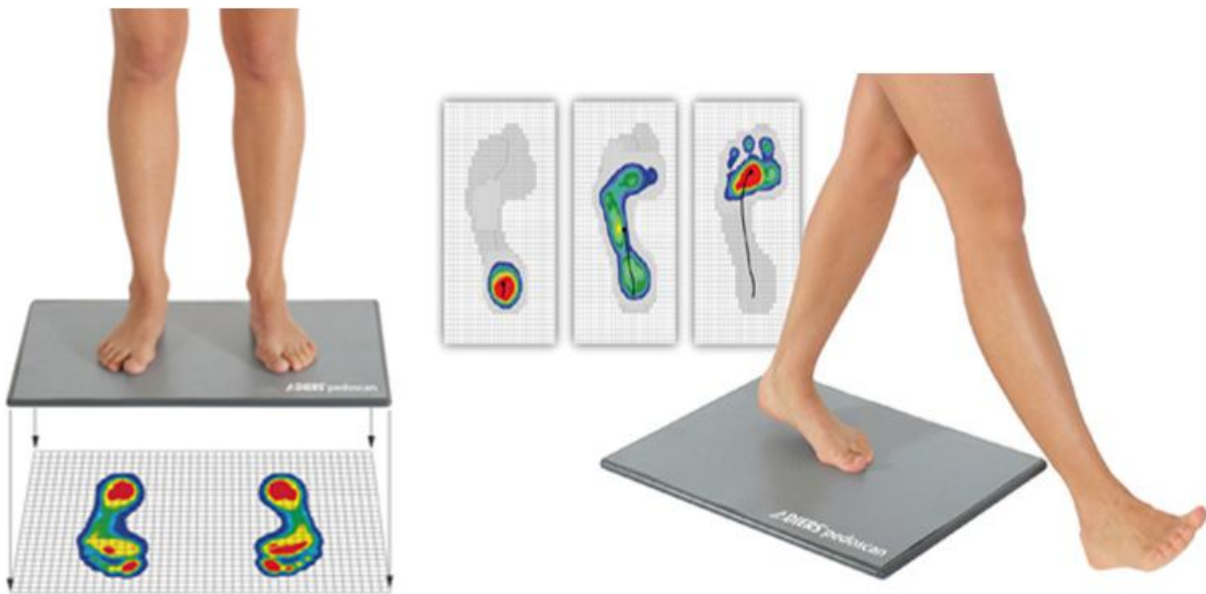
E' possibile effettuare l'acquisizione in 4 diverse modalità (Fig.11):

- a) *Esame statico*. Consiste in un'acquisizione di brevissima durata (40 millisecondi), particolarmente indicata nei soggetti caratterizzati da gravi disfunzioni posturali di origine neurologica o vestibolare, in cui una rilevazione di durata maggiore sarebbe affetta da artefatti dovuti alle ampie oscillazioni.
- b) *Averaging*. Consiste in un'acquisizione di 12 immagini in 6 secondi, indicata nella maggior parte dei casi; in questo caso la spinometria fornisce il valore medio del periodo di acquisizione, eliminando l'errore di campionamento dovuto alle oscillazioni naturali e al ciclo del respiro.
- c) *Misurazione posturale*. Consiste in un'acquisizione di maggior durata (fino a 30 secondi), indicata principalmente per l'esecuzione di test posturali e per la registrazione sincrona delle informazioni stabilometriche; in questo caso la spinometria fornisce istante per istante, al variare del tempo, la ricostruzione del tronco ed i relativi parametri posturali.
- d) *Misurazione dinamica*. Consente un'acquisizione in movimento, ad una frequenza fino a 24 Hz, consentendo di valutare gli adattamenti posturali del tronco durante semplici attività motorie.

Tipi di acquisizione	
a)	_statico = 1 foto
b)	_averaging = 12 foto in 6 secondi
c)	_posture = film con 1 foto al sec.
d)	_dynamic 4D = film con 10 foto al sec.
e)	_Motion = film con 50 foto al se

**Fig.11: Diversi tipi di acquisizione**

L'integrazione con la pedana baropodometrica capacitiva chiamata pedoscan (Fig.12), consente poi l'analisi statica e dinamica del piede e del passo. La misurazione avviene attraverso l'impiego di 4096 sensori, con frequenza da 100 a 400 Hz.



**Fig.12: Pedoscan**

L'analisi stabilometrica (posturografia) può essere eseguita con la stessa pedana baropodometrica in grado di effettuare una stabilometria ovvero una misurazione delle oscillazioni posturali in posizione statica. Tramite appositi test standardizzati e l'elaborazione informatica di tali dati, l'analisi stabilometrica analizza la strategia utilizzata per mantenere la posizione, quantificando il contributo delle varie componenti del sistema posturale.

Numerosi studi hanno validato scientificamente la spinometria Formetric come strumento di supporto ai percorsi diagnostici, valutativi e del trattamento<sup>27,28</sup>.

La precisione e l'accuratezza dei parametri posturali rilevati consente di utilizzare routinariamente la spinometria Formetric in diversi contesti clinici:

- paramorfismi e dismorfismi del rachide in bambini e adulti<sup>29,30</sup>
- rachialgie aspecifiche<sup>31</sup>
- paramorfismi, dismorfismi, algie o disfunzioni degli arti superiori o inferiori<sup>32</sup> con effetti

<sup>27</sup> Marcel Betsch e coll., "Reliability and validity of 4D rasterstereography under dynamic conditions", Computers in Biology and Medicine 41 ; (2011); 308–312

<sup>28</sup> L.Guidetti, V. Bonavolontà, A.Tito, Victor M. Reis, M.C. Gallotta, C Baldari, "Intra- and Interday Reliability of Spine Rasterstereography", BioMed Research International Volume 2013, Article ID 745480, 5 pages

<sup>29</sup> Schulte T e coll., "Raster stereography versus radiography in the long-term follow-up of idiopathic scoliosis", J Spinal Disord Tech. 2008 Feb;21(1):23-8

<sup>30</sup> Hackenberg L, Hierholzer E, Pözl W, Götze C, Liljenqvist U., "Rasterstereographic back shape analysis in idiopathic scoliosis after posterior correction and fusion", Clin Biomech (Bristol, Avon). 2003 Dec;18(10):883-9.

<sup>31</sup> Schroeder J, Schaar H, Mattes K, "Spinal alignment in low back pain patients and age-related side effects: a multivariate cross-sectional analysis of video rasterstereography back shape reconstruction data", Eur Spine J. 2013 Sep;22(9):1979-85. doi: 10.1007/s00586-013-2787-4. Epub 2013 Apr 25.

sulla postura del tronco

- disfunzioni del distretto cranio-cervico-mandibolare<sup>3334</sup>

La Spinometria Formetric trova inoltre applicazione in tutte quelle situazioni in cui sia indicata una valutazione posturale e biomeccanica, anche con integrazione con altre metodiche:

- valutazione della capacità di controllo posturale negli esiti di patologie del sistema muscolo-scheletrico, neurologico, vestibolare<sup>35</sup>
- valutazione funzionale dell'atleta
- analisi della postura nel lavoratore per la progettazione e il collaudo di soluzioni ergonomiche
- quantificazione del deficit posturale in esito a patologie occupazionali

I parametri di valutazione utilizzati dal macchinario sono molteplici a seconda dei piani che vengono presi in considerazione. Le abbreviazioni utilizzate sono espresse nella tabella sottostante (Fig.13):

### Parametri Piano Frontale

- *Lunghezza tronco VP-DM*: lunghezza della retta congiungente VP e DM
- *Flessione laterale (VP-DM)*: sul piano frontale, distanza orizzontale tra DM e la verticale passante per VP
- *Inclinazione pelvica DL-DR*: dislivello verticale tra DL e DR n.i.
- *Rotazione pelvica*: angolo formato tra la retta DL-DR e la tangente posteriormente ai talloni ("L" indica rotazione sx, "R" dx) n.i.
- *Rotazione superficie*: angolo formato tra la retta passante per il centro del corpo vertebrale e l'apice della corrispondente apofisi spinosa e la perpendicolare al piano frontale ("L" o "-" indica spostamento superficie a sx e quindi rotazione vertebrale dx, viceversa per "R", "rms" = media quadratica, "max"=valore massimo)
- *Torsione del tronco*: rotazione superficiale di VP rispetto alla rotazione superficiale in DM

---

<sup>32</sup> Betsch M, Rapp W, Przibylla A, Jungbluth P, Hakimi M, Schneppendahl J, Thelen S, Wild M., "Determination of the amount of leg length inequality that alters spinal posture in healthy subjects using rasterstereography", Eur Spine J. 2013 Jun;22(6):1354-61. doi: 10.1007/s00586-013-2720-x. Epub 2013 Mar 13.

<sup>33</sup> Carsten Lippold e coll., "Sagittal back contour and craniofacial morphology in preadolescent", Eur Spine J (2010) 19:427-434

<sup>34</sup> Lippold C, Danesh G, Schilgen M, Drerup B, Hackenberg L., "Relationship between thoracic, lordotic, and pelvic inclination and craniofacial morphology in adults", Angle Orthod. 2006 Sep;76(5):779-85.

<sup>35</sup> Abdelazeim F e coll., "Applicability of using formetric instrument system (fis) to analyze posture in children with cerebral palsy", Physiotherapy Volume 93 Supplement 1; S381 ; (2007)

(“-“ indica una rotazione superficiale di VP dx rispetto a quella in DM)

- *Deviazione laterale VP-DM*: sul piano frontale, deviazione laterale orizzontale dei centri dei corpi vertebrali rispetto alla retta congiungente VP-DM (“rms”= media quadratica, “max” = valore massimo, “R” indica convessità a dx, “L” a sx)

## **Parametri Piano Sagittale**

- *Flessione antero posteriore (VP-DM)*: sul piano sagittale, distanza orizzontale tra DM e la verticale passante per VP (“-“ indica retroflessione) n.i
- *Torsione pelvica*: angolo formato dalle perpendicolari alla superficie uscenti da DL E DR (“-“ indica anterversione dell’emibacino sx rispetto al dx)
- *Antero-retroversione pelvica (fossette)*: media aritmetica dei 2 angoli formati dalle perpendicolari alla superficie in DR e DL e l’asse verticale (torsione pelvica media) n.i.
- *Punto di inversione ICT*: distanza tra VP e la proiezione sagittale orizzontale di ICT (cerniera cervicodorsale) sul “filo a piombo”
- *Apice cifotico KA*: distanza tra VP e la proiezione sagittale orizzontale di KA sul “filo a piombo”
- *Punto di inversione ITL*: distanza tra VP e la proiezione sagittale orizzontale di ITL sul “filo a piombo”
- *Apice lordotico LA*: distanza tra VP e la proiezione sagittale orizzontale di LA sul “filo a piombo”
- *Punto di inversione ILS*: distanza tra VP e la proiezione sagittale orizzontale di ILS (cerniera lombosacrale) sul “filo a piombo”
- *Freccia cervicale (VPDM)*: sul piano sagittale, distanza orizzontale tra VP e la tangente alla superficie in KA parallela all’asse VP-DM. In presenza di flessione antero-posteriore del tronco, il valore differisce dalla distanza orizzontale VP- “filo a piombo” passante per KA
- *Freccia lombare (VPDM)*: sul piano sagittale, distanza orizzontale tra LA e la tangente alla superficie in KA parallela all’asse VP-DM. In presenza di flessione antero-posteriore del tronco, il valore differisce dalla distanza orizzontale LA-“filo a piombo” passante per KA
- *Angolo cifotico ICT-ITL (max)*: angolo superiore formato dalle tangenti alla superficie in ICT e ITL (rappresenta il valore massimo di angolo cifotico)
- *Angolo cifotico VP-ITL (max)*: angolo superiore formato dalle tangenti alla superficie in VP e ITL
- *Angolo cifotico VP-T12*: angolo superiore formato dalle tangenti alla superficie in VP e T12

- *Angolo lordotico ITL-ILS (max)*: angolo superiore formato dalle tangenti alla superficie in ITL e ILS (rappresenta il valore massimo di angolo lordotico)
- *Angolo lordotico ITL-DM*: angolo superiore formato dalle tangenti alla superficie in ITL e DM
- *Angolo lordotico T12-DM*: angolo superiore formato dalle tangenti alla superficie in T12 e DM

- VP = vertebra prominente (apofisi spinosa di D1)
- DR E DL = fossetta lombare dx e sx (fossette di Michaelis;)
- DM = punto medio della retta unente DR e DL
- ICT = inversione cervico-toracica (cerniera cervicodorsale)
- ITL = inversione toraco-lombare (cerniera dorsolombare)
- ILS = inversione lombo-sacrale (cerniera lombo-sacrale)
- CA = apice cervicale (max curvatura della lordosi cervicale)
- KA = apice cifosi (max curvatura della cifosi dorsale)
- LA = apice lordosi (max curvatura della lordosi lombare)
- R (right) = indica spostamento verso dx dell'elemento interessato
- L (left) o valore negativo (-) = indica spostamento verso sx dell'elemento interessato
- Rms (root mean square) = media quadratica
- Linea verde (linea di simmetria) = linea superficiale unente gli apici delle apofisi spinose
- Linea blu (linea dei corpi vertebrali) = linea passante per i centri dei corpi vertebrali
- Superfici tronco colorate in rosso = convesse; in blu = concave; in bianco = piane
- n.i. = non invariante (parametro dipendente dalla posizione del soggetto rispetto al sistema di acquisizione)

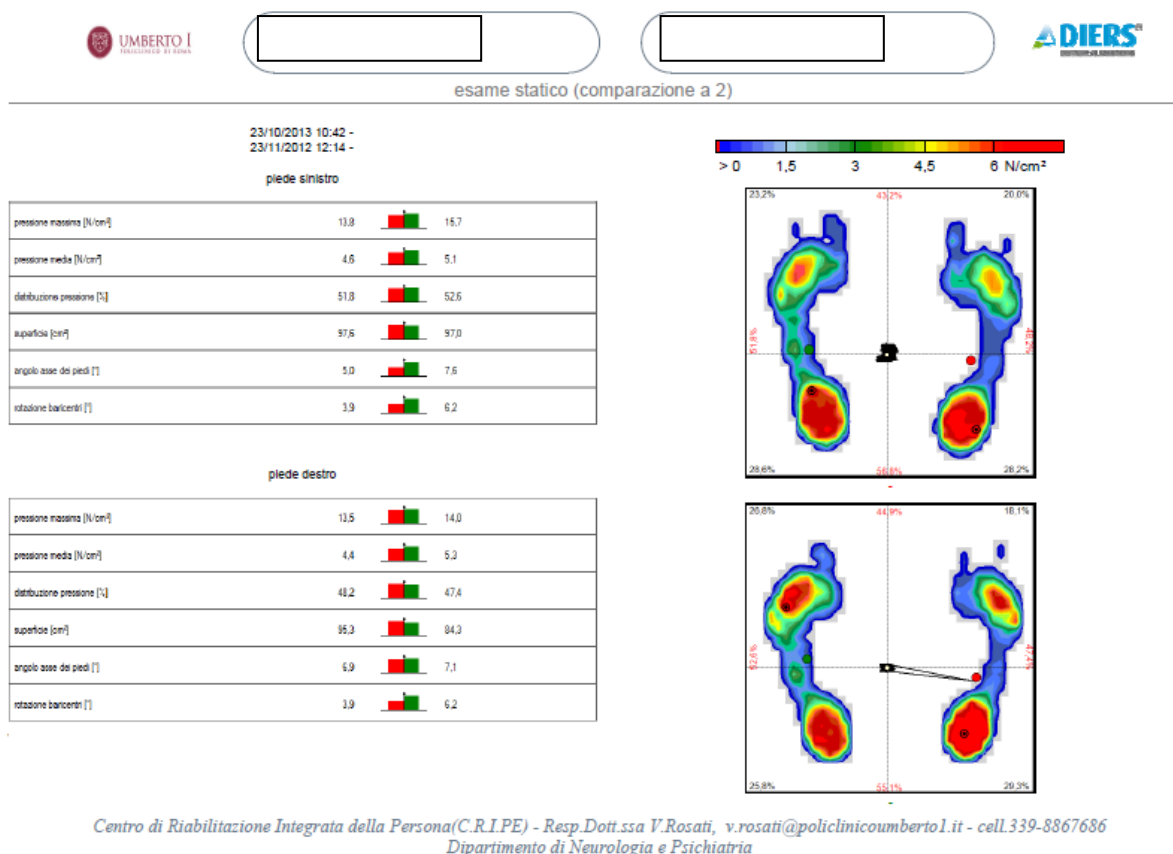
### **Fig.13: Legenda**

- *Pressione Massima*: pressione massima esercitata sulla pedana dal piede destro e sinistro espressa in  $\text{Newton}/\text{Cm}^2$
- *Pressione Media*: pressione media esercitata sulla pedana dal piede destro e sinistro espressa in  $\text{Newton}/\text{Cm}^2$
- *Distribuzione del peso sinistra/destra*: distribuzione del peso sul piede destro e sinistro



espressa in percentuale (%)

- *Superficie*: superficie di contatto di contatto del piede destro e sinistro espressa in  $\text{Cm}^2$
- *Angolo dell'asse del piede*: angolo dell'asse del piede, formato dalla bisettrice delle tangenti di ciascun piede, espresso in gradi
- *Rotazione del baricentro*: rotazione del baricentro rispetto al piede destro e sinistro espresso in gradi

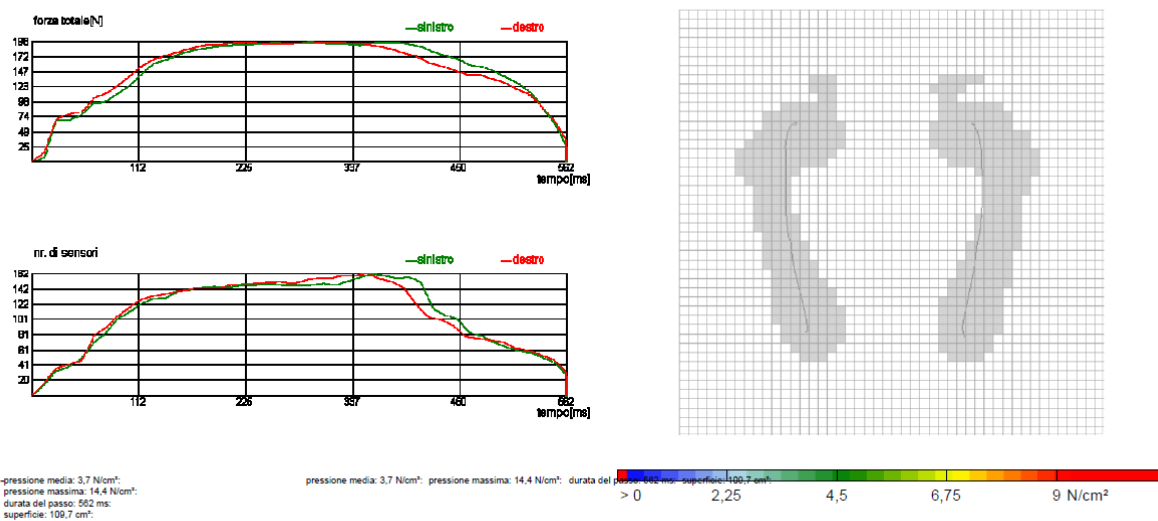


**Fig.14: Confronto pedoscan stabilometrico**

### Parametri baropodometrici all'esame dinamico (Fig.15)

- *Appoggio calcaneare*: fase di appoggio calcaneare all'inizio del ciclo del passo espressa in Newton/ms
- *Appoggio monopodalico*: fase di appoggio su un solo piede durante il cammino espressa in Newton/ms
- *Fase di propulsione*: fase di spinta del piede al termine della fase di appoggio espressa in Newton/ms

- *T del semipasso*
- *Superficie*



**Fig.15: Esame pedoscan dinamico**

### Capitolo III: FISIOLOGIA DELLA STATICA E DELLA DINAMICA DURANTE IL CAMMINO

Attraverso l'evoluzione gli esseri umani hanno assunto la stazione eretta, o postura bipede. Il vantaggio evolutivo della stazione eretta si caratterizza per la completa disponibilità degli arti superiori, non coinvolti nella deambulazione, un aumento del campo visivo, dato dalla maggiore altezza dell'orizzonte visivo e, non in ultimo, un risparmio energetico durante lo spostamento rispetto all'appoggio sui quattro arti. Una riduzione della base d'appoggio e un innalzamento del baricentro ha comportato, nell'essere umano, la necessità di sviluppare meccanismi più complessi preposti al mantenimento dell'equilibrio.

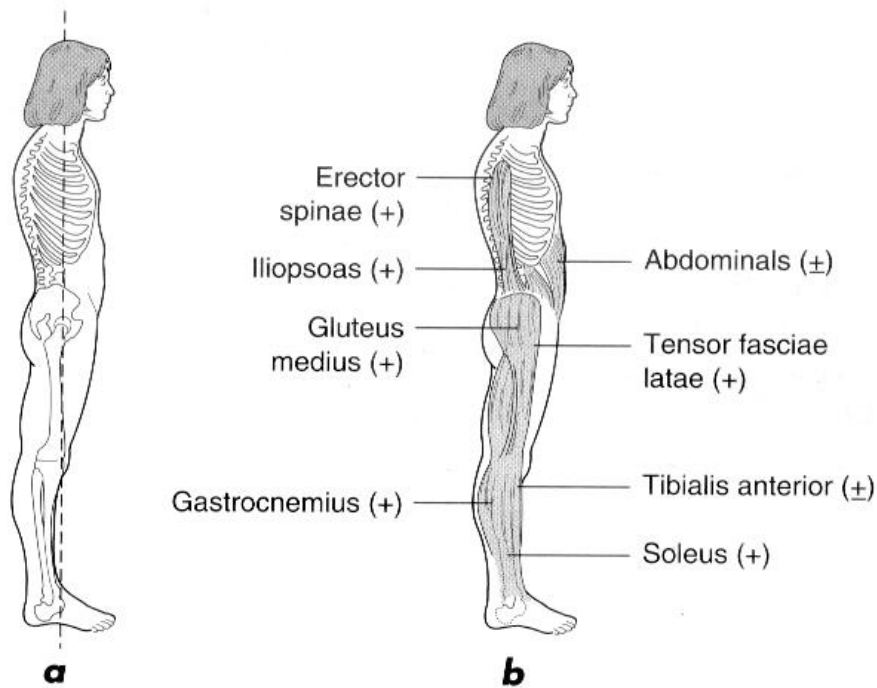
Si può definire l'equilibrio come un processo attraverso il quale si controlla il centro di massa del corpo (CoM), rispetto ad una base di supporto, sia da fermi (statica) che in movimento (dinamica). Considerando le forze agenti sul corpo (il peso del corpo, le forze di reazione del terreno) ed i movimenti corporei, il CoM rappresenta il punto del corpo in cui tutta la massa dello stesso, può considerarsi concentrata; viene definito anche come centro di gravità. Per mantenere l'equilibrio in posizione ortostatica, il CoM deve essere mantenuto entro i confini della base d'appoggio, mentre durante il cammino, ad ogni passo il CoM deve essere spostato oltre la base di supporto, e va ristabilito in un altro punto. Il mantenimento di una posizione stabile, richiede delle contrazioni attive dei gruppi muscolari responsabili del controllo del CoM contro la forza di gravità, la quale è fortemente destabilizzante. All'interno della definizione di equilibrio è importante sottolineare alcuni concetti quali: postura, controllo-anticipatorio-reattivo posturale, limite di stabilità, capacità di oscillazione e mobilità.

Con il termine *postura* ci si riferisce all'allineamento biomeccanico dei vari segmenti corporei dell'individuo e al loro orientamento nello spazio<sup>36</sup>.

Quando si è in piedi una postura corretta consente, attraverso un dispendio di energia minimo, di mantenere la posizione stabile, con il minor "stress" sulle articolazioni (Fig. 16).

---

<sup>36</sup> Shumway-Cook A & Woollacott MH., "Motor control: Theory and Practical Applications", (2<sup>nd</sup> ed). Philadelphia, Lippincott Williams & Wilkins, (2001).



**Fig.16: a) Buon allineamento posturale; b) Muscoli attivati.<sup>37</sup>**

Per contrastare la forza di gravità e conservare la posizione, un certo numero di muscoli è attivo e sono: il soleo ed il gastrocnemio, i tibiali anteriori (quando il corpo oscilla all'indietro), il medio gluteo, i tensori della fascia lata, l'ileopsoas, i muscoli erettori della regione toracica e del tronco ed i muscoli addominali<sup>38</sup>.

*Controllo posturale anticipatorio* è il termine che viene utilizzato per descrivere tutte quelle azioni che possono essere previste e pianificate in anticipo (come superare un ostacolo durante il cammino); mentre per *controllo posturale reattivo* s'intende l'azione che deve essere messa in atto nelle situazioni non prevedibili e pianificabili in anticipo che modificano improvvisamente l'equilibrio del soggetto.

Il *limite di stabilità* è la massima distanza o inclinazione che un individuo è in grado di raggiungere in ogni direzione, senza modificare la sua base di appoggio. Si stima che i soggetti in assenza di deficit siano in grado di oscillare in senso antero/posteriore di 12° e lateralmente di 16° prima di superare la base di appoggio, condizione che rende necessario effettuare un passo, per mantenere l'equilibrio<sup>39</sup>. Questa capacità di oscillazione è definita anche "*sway envelope*", o percorso a gomito, del CoM. Il gomito rappresenta il percorso dei movimenti del nostro corpo durante

<sup>37</sup> Rose DJ. Fallproof., "A comprehensive balance and mobility program", Champaign, IL.Human Kinetics, (2003)

<sup>38</sup> Basmajian JV & De Luca CJ., "Muscle alive: their functions revealed by electromyography", (5<sup>th</sup> ed). Baltimore. Williams and Wilkins, (1985).

<sup>39</sup> Nasher LM. Sensory, "Neuromuscular and biomechanical contribution to humane balance", in Pw. Duncan Ed Balance: Proceedings of the APTA forum. Virginia: American Physical Therapy (1990).

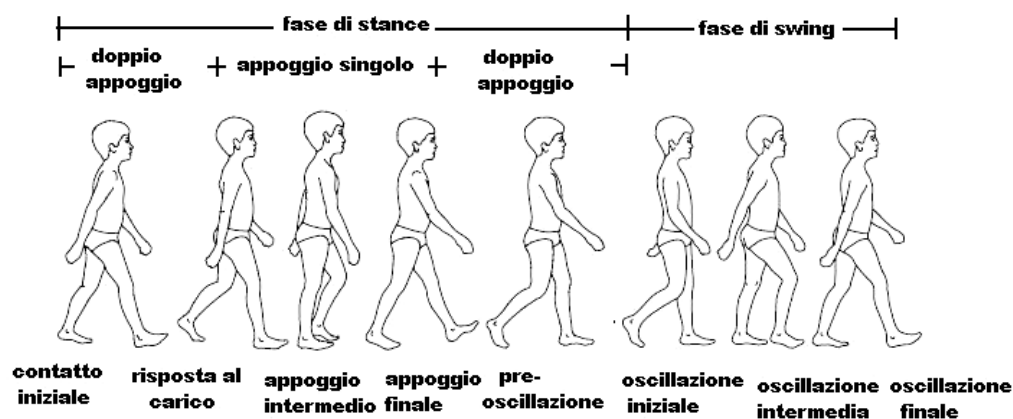
un'attività statica in posizione eretta, ed è spesso molto ridotto nei soggetti che presentano disturbi di equilibrio.

Differenti sono i sistemi che contribuiscono alla capacità di mantenere l'equilibrio in posizione eretta, in condizioni statiche e dinamiche sono:

- 1) il *sistema sensoriale* (visivo, somatosensoriale e vestibolare) : provvede ad inviare al SNC le informazioni che provengono dall'ambiente circostante e dai segmenti corporei. Le informazioni modificano gli obiettivi del nostro piano d'azione, come aggiustamenti consci o riflessi, necessari a mantenere una posizione nello spazio o a rispondere rapidamente ad un cambio di compito.
- 2) Il *sistema cerebellare* (cervelletto): integra le informazioni provenienti dal sistema sensoriale e dalla corteccia, agisce sull'attività motoria ed interviene sull'attività muscolare regolandone il tono.
- 3) il *sistema neuro-muscolare* (attivazione muscolare): agisce attraverso la contrazione simultanea di gruppi muscolari, garantendo le azioni sinergie deputate al mantenimento della posizione.

## Il ciclo del passo

Il ciclo del passo rappresenta l'unità funzionale di riferimento nell'analisi del cammino e viene definito come l'insieme dei movimenti compresi tra due appoggi successivi dello stesso piede al terreno (Fig. 17).



**Fig.17: Il ciclo del passo**

Ogni ciclo del passo è diviso in due fasi: *appoggio* (o stance) ed *oscillazione* (o swing). Durante

l'appoggio, che inizia con il contatto iniziale, il piede è a contatto con il suolo. Nella fase di oscillazione, invece, il piede non è più a contatto con il terreno: la gamba è oscillante, in preparazione per il passo successivo. La fase di stanche a sua volta si suddivide in tre sotto fasi separate: *doppio appoggio* iniziale in cui entrambi i piedi sono a contatto con il suolo; *singolo appoggio*, durante il quale il piede destro è a contatto con il suolo ed il piede sinistro è oscillante; *doppio appoggio terminale*, in cui entrambi i piedi sono nuovamente a contatto con il terreno. In un passo considerato normale, esiste una simmetria tra la fase di stanche e la fase di swing (Fig.18). La durata del periodo di contatto con il terreno varia in base alla velocità di avanzamento della persona. Tale periodo è, quindi, inversamente correlato alla velocità del cammino; pertanto, sia la fase di appoggio che quella di oscillazione, risultano ridotte con l'aumento della velocità.

<b>Appoggio 60%</b>
Doppio appoggio iniziale 10%
Appoggio singolo 40 %
Doppio appoggio terminale 10%
<b>Oscillazione 40%</b>

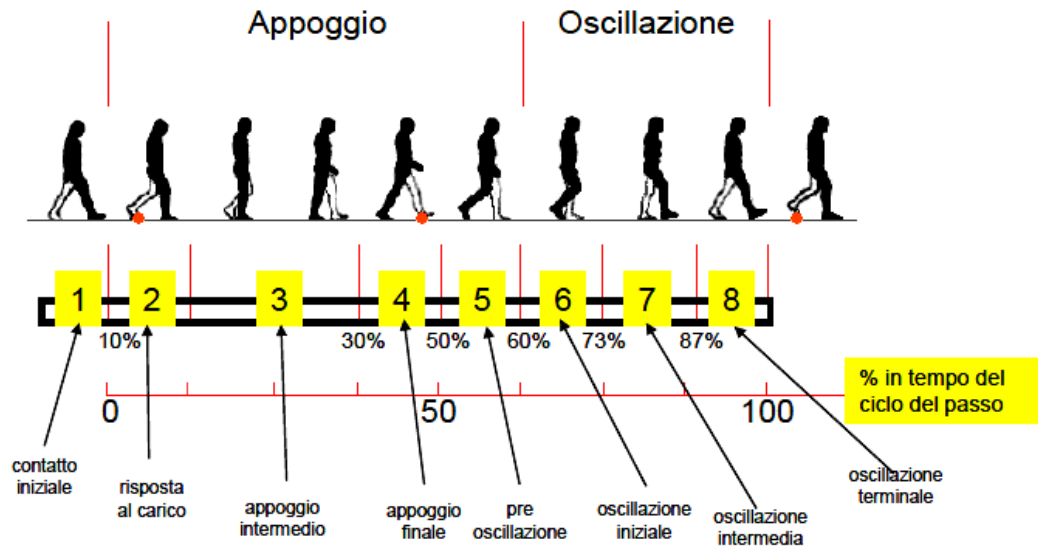
**Fig.18:Percentuale di durata della fase di appoggio ed oscillazione**

Il ciclo del passo viene poi suddiviso in otto eventi o periodi<sup>40</sup>, i primi cinque si verificano durante la fase di stanche e gli ultimi tre appartengono alla fase di swing:

- *contatto iniziale*
- *risposta al carico*
- *appoggio intermedio*
- *appoggio finale*
- *preoscillazione*
- *oscillazione iniziale*
- *oscillazione intermedia*
- *oscillazione terminale*

Gli eventi del ciclo del passo sono normalmente espressi in percentuale (0%-100%) della durata dell'intero ciclo del cammino (Fig.19): questa normalizzazione facilita il confronto tra soggetti

diversi. La durata di un ciclo normalmente varia con il variare della velocità e di solito si attesta intorno ai 1100 msec.



**Fig.19: Eventi del ciclo del passo espressi in percentuale di tempo**

### ***Contatto iniziale***

Comprende l'intervallo iniziale: 0-2 % del ciclo del passo. L'arto è posizionato in modo da iniziare l'appoggio con il rotolamento del calcagno (Fig.20). Questa fase comprende il momento in cui il piede viene a contatto con il suolo attraverso il tallone. Durante il contatto iniziale, l'anca è flessa ed il ginocchio è esteso. L'articolazione tibiotarsica è flessa dorsalmente ed è posizionata a 90° (posizione neutra) in modo da determinare un'inclinazione ottimale dell'avampiede verso l'alto. L'arto più scuro (Fig.19) indica l'arto di riferimento. Quello chiaro si trova alla fine della fase di appoggio. Per quanto riguarda l'attività muscolare, in questa fase sono attivi sia il quadricipite che i muscoli pretibiali e ischiocrurali (ovvero semimembranoso, semitendinoso e capo lungo del bicipite femorale).

<sup>40</sup> Jacqueline Perry, "Analisi del movimento", Elsevier. 2005.



**Fig.20: Contatto iniziale**



**Fig.21: Risposta al carico**

### ***Risposta al carico***

Intervallo: 0-10 % del ciclo del passo. Ha come obiettivi l'assorbimento dell'impatto, la stabilità sotto carico e la conservazione della progressione. Questa fase inizia con il contatto iniziale al suolo e continua finché l'altro piede non viene sollevato per l'oscillazione (Fig.21). Nella risposta al carico, il peso del corpo è trasferito sull'arto che avanza. Utilizzando il rotolamento del calcagno, il ginocchio è flesso per assorbire l'impatto. La flessione della tibiotarsica limita il rotolamento del calcagno mediante il contatto dell'avampiede con il suolo. L'arto opposto (chiaro) è in fase di preoscillazione. In questa fase sono attivi il grande gluteo e il quadricipite.

### ***Appoggio intermedio***

Intervallo: 10-30 % del ciclo del passo. Ha come obiettivi la progressione sul piede in appoggio e la stabilità del tronco e dell'arto (Fig.22). Questa fase inizia nel momento in cui il piede controlaterale viene sollevato e continua fino a quando il peso del corpo non risulta allineato sull'avampiede. Nella prima metà della fase di appoggio singolo, l'arto (scuro) avanza oltre il piede in appoggio mediante la flessione dorsale della tibiotarsica, mentre il ginocchio e l'anca si estendono. L'arto opposto (chiaro) sta avanzando nella sua fase di oscillazione intermedia. In questa fase, troviamo il soleo ed il gastrocnemio, che sono gli unici muscoli flessori plantari attivi.





**Fig.22: Appoggio intermedio**



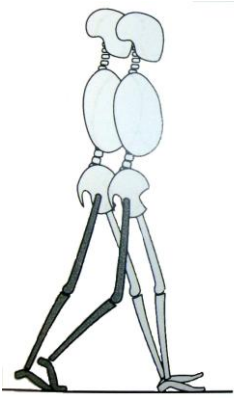
**Fig.23: Appoggio terminale**

### ***Appoggio terminale***

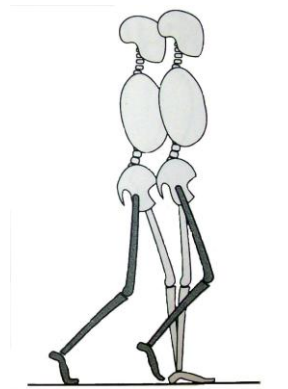
Intervallo: 30-50 % del ciclo del passo. Ha come obiettivo la progressione del corpo oltre il piede in appoggio (Fig.23). Questa fase inizia con il sollevamento del tallone e continua finché l'altro piede non appoggia al suolo. Durante questa fase, il peso del corpo viene trasferito oltre l'avampiede, il calcagno si solleva e l'arto (scuro) avanza per il rotolamento dell'avampiede. Il ginocchio continua ad estendersi per poi flettersi leggermente. L'aumento della tensione dell'anca pone l'arto in una posizione di maggiore avanzamento. L'altro arto (chiaro) si trova nella fase di oscillazione terminale. In questa fase il soleo ed il gastrocnemio sono muscoli flessori plantari attivi.

### ***Preoscillazione***

Intervallo: 50-60 % del ciclo del passo. Ha come obiettivo il posizionamento dell'arto per l'oscillazione. Questa fase va dal momento in cui si verifica il contatto iniziale dell'arto controlaterale fino al distacco della dita omolaterali ( Fig.24). L'arto di riferimento (scuro) risponde con un aumento della flessione plantare della tibiotarsica, un aumento della flessione del ginocchio e una diminuzione dell'estensione dell'anca. L'arto opposto (chiaro) si trova nella fase di risposta al carico. Per quanto riguarda l'attività muscolare, agiscono l'adduttore lungo ed il retto femorale. Si ha una debole azione dei muscoli soleo e gastrocnemio.



**Fig. 24: Preoscillazione**



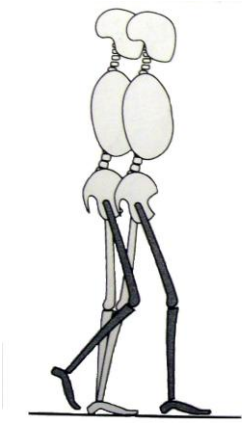
**Fig.25: Oscillazione iniziale**

### ***Oscillazione iniziale***

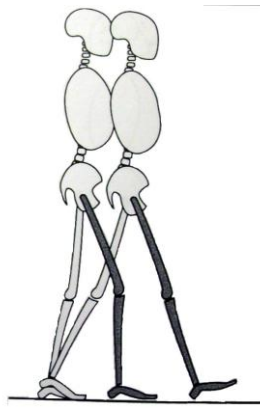
Intervallo: 60-73 % del ciclo del passo. Ha come obiettivi l' avanzamento dell'arto e il sollevamento del piede dal suolo. Questa fase inizia con il sollevamento del piede dal terreno e termina quando l'arto oscillante si trova parallelo al piede di appoggio (Fig.25). Il piede è sollevato e l'arto avanza mediante la flessione dell'anca e la flessione del ginocchio. La tibiotarsica risulta parzialmente dorsiflessa. L'altro arto (chiaro) si trova nella fase iniziale di appoggio intermedio. Sono attivi i muscoli pretibiali, l'iliaco e il capo breve del bicipite femorale.

### ***Oscillazione intermedia***

Intervallo: 73-87 % del ciclo del passo. Ha come obiettivi la continuazione dell'avanzamento dell'arto e del sollevamento del piede dal suolo. Questa fase inizia quando l'arto oscillante si trova in posizione opposta all'arto in carico. Termina quando l'arto in oscillazione avanza e la tibia risulta verticale (Fig.26). L'avanzamento dell'arto davanti alla linea di gravità (arto scuro) si ottiene mediante una flessione dell'anca. Il ginocchio si estende in risposta alla gravità, mentre la tibiotarsica continua la dorsiflessione fino alla posizione neutra. L'altro arto (chiaro) di trova nella fase terminale di appoggio intermedio. Per quanto riguarda i muscoli, si verifica un'azione continua dei flessori dell'anca e dei flessori dorsali dell'articolazione tibiotarsica.



**Fig.26: Oscillazione intermedia**



**Fig. 27: Oscillazione terminale**

### ***Oscillazione terminale***

Intervallo: 87-100 % del ciclo del passo. Ha come obiettivi il completo avanzamento dell'arto e preparazione dell'arto per l'appoggio. Questa fase finale dell'oscillazione inizia con la tibia verticale e termina quando il piede prende contatto con il terreno (Fig.27). L'avanzamento completo dell'arto si ha nel momento in cui la gamba si trova davanti la coscia. Questo avanzamento è completato dall'estensione del ginocchio (arto scuro). L'anca mantiene la sua iniziale flessione e la tibiotarsica rimane dorsiflessa fino alla posizione neutra. L'altro arto (chiaro) si trova nella fase di appoggio terminale. Sono attivi i muscoli pretibiali, gli ischiocrurali ed il quadricipite.

### **Parametri spazio-temporali ed equilibrio delle forze che intervengono nel cammino**

Nell'ambito del ciclo del passo si definiscono i principali parametri spazio-temporali (Fig.28) di riferimento:

- *lunghezza dello stride* (o passo): è la distanza tra due appoggi iniziali consecutivi dello stesso piede; viene anche definita come la lunghezza del piede più la distanza coperta in fase di oscillazione. Rappresenta l'equivalente del ciclo del passo ed è espressa in metri;
- *durata del passo*: è l'intervallo di tempo tra due successivi contatti iniziali dello stesso arto espressa in secondi;
- *lunghezza dello step* (o semipasso): è definita come la distanza tra l'appoggio di un piede (generalmente il tallone) e l'appoggio della stessa parte del piede controlaterale; la lunghezza del semipasso destro è la distanza tra il tallone del piede sinistro e il tallone del piede destro, nel momento in cui entrambi i piedi vengono a contatto con il suolo. E' espressa in metri;

- *durata del semipasso*, definito come l'intervallo compreso tra il contatto iniziale dei due piedi ed è misurata in secondi;
- *larghezza del passo*: è definita come la distanza mediolaterale tra i piedi, oppure definita come la distanza del tallone rispetto alla linea mediana di avanzamento. Ha un valore che oscilla dai 5 ai 7 cm per un soggetto normale;
- *cadenza*: è intesa come il numero di semipassi nell'unità di tempo (minuti);



**Fig.28: Parametri spaziali del cammino**

La lunghezza dello step destro sommata a quella dello step sinistro danno la lunghezza dello stride. In un soggetto normale, i due semipassi sono uguali tra loro, dando così origine al cammino simmetrico.

Tre forze principali intervengono durante il cammino sono :

1. Il peso del corpo
2. La forza di reazione del terreno
3. La forza muscolare

Il peso del corpo e la forza di reazione del terreno costituiscono forze esterne e sono predittive del centro di massa (CoM), la forza muscolare agisce invece indirettamente, attraverso gli effetti che esercita sulla reazione del terreno e determina la posizione delle articolazioni durante il ciclo del passo. Un modo di comprendere la meccanica del cammino è di considerarne i movimenti come una “caduta controllata”. Quando si inizia il cammino ci si piega in avanti, sbilanciandosi dalla posizione di equilibrio. Lo sbilanciamento imprime alla parte superiore del corpo un moto di caduta anteriore. Nel momento in cui il corpo cade in avanti, un arto inferiore si estende in avanti ed arresta la caduta; contemporaneamente l'altro arto “calcia e decolla” per mantenere il moto in avanti del corpo. Il momento anteriore che si genera porta in avanti il corpo verso la successiva “caduta” (il

passo seguente) ed il ciclo si ripete. Il peso del corpo agisce sempre verso il basso lungo la verticale calata dal CoM e contribuisce alla forza di reazione del terreno.

La forza di reazione del terreno è costituita da :

- Forza di *azione*, ovvero la spinta esercitata sul terreno dal piede, risultato della somma del peso del corpo, della d'impatto del piede sul terreno e della forza di spinta dovuta alla contrazione dei muscoli estensori dell'arto inferiore.
- Forza di *reazione*, ovvero la spinta esercitata dal terreno sul piede, che è di eguale intensità, stessa direzione, verso opposto e medesimo punto di applicazione della forza di *azione*. Se la linea di azione della forza di reazione è esterna ad un'articolazione determinerà una coppia che tende a farla ruotare

La forza muscolare è responsabile dei momenti interni alle articolazioni che contribuiscono a modificare la forza di reazione del terreno, modificano il baricentro, permettono gli schemi deambulatori, rallentano o impediscono i movimenti incontrollati degli arti.

La trattazione del cammino fisiologico sopra descritta è stata necessaria per individuare e studiare i valori che si discostano da un range normativo nel paziente che presenta disturbi atassici.

### **La stazione eretta in sclerosi multipla**

Diversi studi hanno dimostrato che i disturbi dell'equilibrio sono comuni nei pazienti affetti da SM, sia in coloro che hanno disabilità grave<sup>41,42</sup>, così come in chi presenta disabilità lieve<sup>43,44</sup>, o assenza di segni clinicamente evidenziabili<sup>45</sup>. Complessivamente questi studi hanno dimostrato che nei pazienti affetti da SM si possono evidenziare 3 principali anomalie nel controllo della statica : 1) un aumento delle oscillazioni posturali nella stazione eretta, 2) un movimento lento e limitato verso i limiti di stabilità, 3) risposte posturali ritardate rispetto a spostamenti o perturbazioni che modificano l'equilibrio.

---

<sup>41</sup> Jackson RT, Epstein CM, De l'Aune WR: *Abnormalities in posturography and estimations of visual vertical and horizontal in multiple sclerosis*. Am J Otol 1995, 16:88–93.

<sup>42</sup> Jackson RT, Epstein CM, De l'Aune WR: *Abnormalities in posturography and estimations of visual vertical and horizontal in multiple sclerosis*. Am J Otol 1995, 16:88–93.

<sup>43</sup> Karst GM, DM Venema, TG Roehrs, AE Tyler, “*Center of pressure measures during standing tasks in minimally impaired persons with multiple sclerosis*”, J Neurol Phys Ther 2005, 29:170

<sup>44</sup> Martin CL, Phillips BA, Kilpatrick TJ, et al.: *Gait and balance impairment in early multiple sclerosis in the absence of clinical disability*. Mult Scler 2006, 12:620–628.

<sup>45</sup> ML Daley, RL Swank, “*Quantitative posturography: use in multiple sclerosis*”, IEEE Trans

## **1) Oscillazioni posturali**

I pazienti affetti da SM, quando devono mantenere la stazione eretta hanno maggiori oscillazioni posturali sul loro baricentro rispetto al gruppo normativo di controllo<sup>46,47,48</sup>. Le oscillazioni posturali aumentano, rispetto ai normativi, anche quando la stessa prova viene ripetuta ad occhi chiusi<sup>49</sup>; aumentano nei soggetti che hanno un livello di disabilità maggiore (punteggi più alti alla EDSS), e in coloro che hanno una forma clinica progressiva di SM, rispetto a coloro che sono affetti dalla forma recidivante-remittente. I pazienti affetti da SM, hanno inoltre scarsa capacità a mantenere la stazione eretta quando viene ridotta la loro base d'appoggio, come nello stazionamento su una sola gamba o a piedi uniti<sup>50</sup>.

## **2) Movimento lento e limitato verso i limiti di stabilità**

I pazienti con SM quando cercano di raggiungere qualcosa o di fare un passo si muovono con minor ampiezza e minor velocità rispetto ai normativi<sup>51,52</sup>. Lo studio di Martin e coll. ha evidenziato in coloro che sono affetti da SM una ridotta estensione funzionale, ovvero ridotta capacità di raggiungere un oggetto oltre la lunghezza del braccio, mantenendo i piedi sulla base di appoggio.

Frzovic e coll., così come Soyuer e coll. hanno trovato che i pazienti affetti da SM oltre ad avere una ridotta estensione funzionale possono estendersi verso l'alto un numero ridotto di volte in 15 secondi e completare, in 15 secondi, un minor numero di passi sopra un gradino, rispetto al gruppo normativo di controllo. Inoltre, Karst e Coll. hanno messo in evidenza che coloro che sono affetti da SM hanno una significativa riduzione dello spostamento del centro di pressione<sup>53</sup> quando si inclinano o si estendono volontariamente. Coerentemente con le ricerche che hanno individuato che i pazienti con SM possono sbilanciarsi meno durante la stazione eretta, è stato riportato in

---

Biomed Eng 1981, 28:668–671

<sup>46</sup> Corradini ML, Fioretti S, Leo T, Piperno R, "Early recognition of postural disorders in multiple sclerosis through movement analysis: a modeling study", IEEE Trans Biomed Eng 1997, 44:1029–1038.

<sup>47</sup> Daley ML, Swank RL, "Changes in postural control and vision induced by multiple sclerosis" Agressologie 1983, 24:327–329.

<sup>48</sup> Cattaneo D, Jonsdottir J, "Sensory impairments in quiet standing in subjects with multiple Sclerosis", Mult Scler 2009, 15:59–67

<sup>49</sup> Ramdharry GM, Marsden JF, Day BL, Thompson AJ, "Destabilizing and training effects of foot orthoses in multiple sclerosis", Mult Scler 2006, 12:219–226

<sup>50</sup> Frzovic D, Morris ME, Vowels L, "Clinical tests of standing balance: performance of persons with multiple sclerosis", Arch Phys Med Rehabil (2000), 81:215–221.

<sup>51</sup> Martin CL, Phillips BA, Kilpatrick TJ, et al., "Gait and balance impairment in early multiple sclerosis in the absence of clinical disability", Mult Scler (2006), 12:620–628.

<sup>52</sup> Remelius JG, Hamill J, Kent-Braun J, Van Emmerik RE, "Gait initiation in multiple sclerosis" Motor Control (2008), 12:93–108.

<sup>53</sup> Il centro delle forze applicate sul terreno in stazione eretta rappresenta la proiezione a terra del centro di gravità (centro di massa) del soggetto. Questo punto viene definito Center of mass (COM). Poiché in stazione eretta il soggetto compie delle piccole ma continue oscillazioni, le apparecchiature stabilometriche misurano gli spostamenti della proiezione del centro di massa. La pedana stabilometrica misura il punto di applicazione del vettore forza corrispondente alla reazione vincolare del suolo e rappresenta una media pesata delle pressioni sulla superficie di

letteratura recentemente che, durante l'inizio del cammino, quando cioè è necessario sbilanciarsi anteriormente per spostare il baricentro, chi è affetto da SM sposta il proprio baricentro in misura minore e più lentamente, avvicinandosi meno al proprio limite di stabilità.

### **3) Risposte posturali ritardate rispetto a spostamenti o perturbazioni che modificano l'equilibrio**

Oltre ad un maggior numero di oscillazioni nella stazione eretta ed una minore capacità di muoversi verso i propri limiti di stabilità, i pazienti con SM hanno un ridotto controllo del tronco e un ritardo delle risposte posturali quando la superficie di supporto si muove<sup>54,55</sup>. Nel 1984, Diener e coll. riportarono che in una popolazione di pazienti affetti da SM sottoposta a test, 17 su 21 avevano risposte posturali ritardate ad alterazioni della postura nella stazione eretta, e che tali ritardi erano correlati con l'aumento della latenza dei potenziali evocati somatosensoriali.

Poco dopo questa pubblicazione Jackson e coll. descrissero, in 26 dei loro 27 soggetti con leggera SM, risposte automatiche posturali rallentate a sbilanciamenti anteriori o posteriori durante la stazione eretta, così come una ridotta abilità nel controllare le oscillazioni antero-posteriori prodotte da tali sbilanciamenti. Anche Williams e coll. evidenziarono che 5 dei loro 10 soggetti con SM, che potevano camminare autonomamente senza un ausilio, avevano aumentato la latenza delle risposte posturali a perturbazioni anteriori. I pazienti affetti da SM hanno inoltre una riduzione del controllo del tronco, rispetto ai normativi quando sono seduti su una superficie instabile<sup>56</sup>. Nel complesso, gli studi sulle risposte posturali indicano che le persone con SM reagiscono a perturbazioni della postura con risposte automatiche posturali ritardate, e che vi è una relazione tra questi ritardi di risposta posturale e i ritardi della conduzione degli impulsi somatosensoriali nel midollo. Inoltre, il fatto che i pazienti affetti da SM abbiano disturbi nel controllo posturale nella posizione seduta indica che, al di là del rallentamento della conduzione somatosensoriale, deficit di integrazione centrale contribuiscono probabilmente alla patogenesi dei disturbi dell'equilibrio.

### **Aspetti peculiari del cammino in sclerosi multipla**

La resistenza al cammino, la velocità dell'andatura e la qualità del passo sono gli elementi inficiati durante la deambulazione del paziente con sclerosi multipla. Numerosi studi hanno messo in evidenza come i pazienti con SM, rispetto al gruppo di controllo normativo, camminino più

---

contatto con il suolo. Tale punto viene detto centro di pressione (Center of pressure, COP).

<sup>54</sup> Diener HC, Dichgans J, Hulser PJ, et al.: *The significance of delayed long-loop responses to ankle displacement for the diagnosis of multiple sclerosis*. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* (1984), 57:336-342

<sup>55</sup> Williams NP, Roland PS, Yellin W, "Vestibular evaluation in patients with early multiple sclerosis", *Am J Otol* (1997), 18:93-100.

<sup>56</sup> Lanzetta D, Cattaneo D, Pellegatta D, Cardini R, "Trunk control in unstable sitting posture during functional

lentamente<sup>57,58,59</sup>, compiano passi più piccoli (diminuzione della lunghezza del passo)<sup>60,61</sup> e con una minor cadenza<sup>62</sup>, abbiano una minore escursione articolare durante la deambulazione<sup>63</sup>, e facciano registrate una maggiore variabilità in quasi tutti i parametri relativi al cammino.

Inoltre i pazienti affetti da SM quando camminano eseguendo altri compiti che li impegnano sotto il profilo cognitivo, tendono a rallentare e a variare l'andatura, suggerendo di aver bisogno di una maggiore "risorsa cognitiva" durante la deambulazione<sup>64</sup>.

Ci sono prove contrastanti per quanto riguarda le differenze nella deambulazione, tra le persone con SM e i controlli normativi, quando camminano alla stessa andatura. Sebbene uno studio con 48 soggetti (24 con SM, 24 controlli normativi) ha rilevato che, in media, le persone con SM spendono più energia di quanto non facciano gli individui sani anche quando camminano alla stessa velocità<sup>65</sup>, un altro recente studio pilota (3 pazienti affetti da SM, 4 del gruppo di controllo) non ha trovato fra i due gruppi differenze nella lunghezza del passo e nel tempo degli appoggi durante il cammino mantenuto ad andature diverse (lenta, media, veloce)<sup>66</sup>. I cambiamenti di andatura riportati nelle persone con SM sono coerenti con le loro variazioni rilevate nel controllo dell'equilibrio. Camminare può essere visto come una sequenza di stazione eretta, sbilanciamento in avanti, e "ricattura" del proprio baricentro con l'arto inferiore, e, come discusso in precedenza, i pazienti con SM hanno un aumento delle oscillazioni durante la stazione eretta, un deficit nella capacità di muoversi verso i propri limiti di stabilità, e un ritardo nel rispondere alla perturbazione prodotta dallo sbilanciamento. Così, i deficit nella deambulazione osservati nei pazienti affetti da SM sono in gran parte il risultato dei cambiamenti nel controllo posturale.

---

*activities in healthy subjects and patients with multiple sclerosis*", Arch Phys Med Rehabil (2004); 85:279-83

<sup>57</sup> Chung LH, Remelius JG, Van Emmerik RE, Kent-Braun JA, "Leg power asymmetry and postural control in women with multiple sclerosis", Med Sci Sports Exerc 2008, 40:1717-1724

<sup>58</sup> Gehlsen G, Beekman K, Assmann N, et al, "Gait characteristics in multiple sclerosis: progressive changes and effects of exercise on parameters", Arch Phys Med Rehabil (1986), 67:536-539

<sup>59</sup> Givon U, Zeilig G, Achiron A, "Gait analysis in multiple sclerosis: characterization of temporal- spatial parameters using GAITRite functional ambulation system", Gait Posture (2009), 29:1381-42.

<sup>60</sup> Morris ME, Cantwell C, Vowels L, Dodd K, "Changes in gait and fatigue from morning to afternoon in people with multiple sclerosis", J Neurol Neurosurg Psychiatry 2002, 72:361-365.

<sup>61</sup> Benedetti MG, Piperno R, Simoncini L, et al., "Gait abnormalities in minimally impaired multiple sclerosis patients" Mult Scler 1999, 5:363-368.

<sup>62</sup> Thoumie P, Lamotte D, Cantalloube S, et al., "Motor determinants of gait in 100 ambulatory patients with multiple sclerosis", Mult Scler 2005, 11:485-491.

<sup>63</sup> Crenshaw SJ, Royer TD, Richards JG, Hudson DJ, "Gait variability in people with multiple sclerosis.", Mult Scler 2006, 12:613-619

<sup>64</sup> Hamilton F, Rochester L, Paul L, et al., "Walking and talking: an investigation of cognitive- motor dual tasking in multiple sclerosis", Mult Scler 2009, 15:1215-1227

<sup>65</sup> Motl RW, Snook EM, Agiovlasitis S, Suh Y, "Calibration of accelerometer output for ambulatory adults with multiple sclerosis", Arch Phys Med Rehabil 2009, 90:1778-1784.

<sup>66</sup> Remelius JG, Jones SL, House JD, Van Emmerik RE, "The influence of walking speed on the spatiotemporal parameters of gait in people with multiple sclerosis", Proc Intl Soc Posture Gait Res 2009.



**PARTE SECONDA: *LE MODALITA' OPERATIVE***

## Capitolo IV: NOTA METODOLGICA

Dichiariamo da subito, *apertis verbis*, che lo studio qui presentato non intende e non può considerarsi rappresentativo di una popolazione, nel senso quantitativo del termine, ma si configura a tutti gli effetti come un'indagine pilota, in grado di raccogliere elementi che possano orientare le ricerche e gli studi futuri.

Lo studio clinico è stato condotto su un gruppo di pazienti in cura presso gli ambulatori delle Cliniche Neurologiche del Dipartimento di Neurologia e Psichiatria della Sapienza di Roma e afferenti al Servizio di Riabilitazione Neuromotoria universitario del Policlinico Umberto I di Roma all'interno del Dipartimento di Neurologia e Psichiatria dell'Università Sapienza di Roma.

I due campioni, rappresentati in egual misura (16 unità ciascuno), raggiungono la quota complessiva di 32 soggetti (16 patologici con sclerosi multipla e 16 normativi). Il campione di 16 pazienti con SM è stato selezionato all'interno di un gruppo più vasto di 52 elementi nel tentativo di cercare di rendere tale campione abbastanza omogeneo, nonostante la variabilità di "profili" nella distribuzione sintomatologica e nell'espressione della forma clinica e dei tempi di insorgenza che caratterizza questa patologia. Sono stati esclusi, pertanto, tutti coloro che presentavano al quadro di RMN "lesioni" cerebellari o che avessero placche midollari o che presentassero deficit muscolari selettivi di lato. Per ciò che concerne l'ampiezza del gruppo afferente al servizio, si è deciso di definire due sottocampioni dello stesso peso statistico per ricercare un confronto di variabilità e di comportamento tra un campione patologico e un campione normativo in statica e dinamica. Come detto, il primo obiettivo che si è posto questo studio è stato quello di analizzare in statica e in dinamica, il gruppo di individui normativi (GN) composto da 16 individui e di confrontarli con il gruppo di 16 individui patologici (GP) con forme diverse di sclerosi multipla e con quadri clinici assolutamente eterogenei. Il secondo obiettivo che si è posto questo studio è stato quello di analizzare i dati emersi e di capire se esistono nel gruppo patologico (GP) delle variabili quantitative e/o qualitative comuni coincidenti o divergenti in forme cliniche differenti e con esiti patologici diversi. Il terzo obiettivo è stato quello di individuare, qualora ci fossero, parametri significativi comuni a tutte le forme cliniche e di trattarli con un protocollo di trattamento riabilitativo specifico.

E' evidente che l'idea di fondo non è stata quella di effettuare una ricerca statistico-epidemiologica su vasta scala, quanto quella di definire/strutturare, alla luce delle evidenze empiriche emerse, un possibile modello teorico-interpretativo dei dati statistici di tipo sanitario.

Sono stati inclusi nello studio una popolazione di 16 pazienti (5 M; 11 F) in cura presso gli ambulatori delle Cliniche Neurologiche dell'Azienda Policlinico Umberto I di Roma, affetti da sclerosi multipla, che presentavano forme diverse della malattia e quadri clinici assolutamente eterogenei. Ciascuno dei candidati era stato precedentemente valutato in ambito ambulatoriale, attraverso l'utilizzo di test quali-quantitativi e scale di valutazione. In una *prima fase*, tale campione di 16 soggetti patologici è stato confrontato con un campione di 16 soggetti normativi (5 M, 11 F) della stessa età media, che sono stati selezionati tenendo presente che non dovevano aver avuto traumatismi lievi o gravi e non dovevano presentare alcuna algia distrettuale. Questi 16 soggetti normativi avevano già ripetuto la valutazione strumentale a distanza di 2 mesi dalla prima rilevazione allo scopo di "settare" il macchinario. In una *seconda fase*, dopo le osservazioni effettuate, una parte del GP si è sottoposta ad un ciclo di trattamento riabilitativo e successivamente è stato rivalutato.

### ***Cenni sugli strumenti di rilevazione***

In primo luogo, per questioni di chiarezza espositiva, indicheremo con il termine di "gruppo patologico" (GP) quei pazienti che, in cura presso gli ambulatori delle Cliniche Neurologiche, si sono recati per effettuare un ciclo di riabilitazione presso il Servizio di riabilitazione neuromotoria del Dipartimento di Neurologia e Psichiatria della Sapienza di Roma, e, con il termine di "gruppo normativo"(GN), quei pazienti che sono stati confrontati con il gruppo patologico aventi come caratteristiche genere ed età quasi sovrapponibili rispetto al campione da studiare.

I soggetti di entrambi i gruppi (32 soggetti in totale), sono stati sottoposti a rilevazione ottica strumentale con il metodo Formetric 4D (Fig.29), utilizzando come modalità d'acquisizione l'*Averaging* semplice (Fig.30), *Averaging* con stabilometria (Fig.31), e l'analisi dinamica del passo mediante pedana baropodometrica capacitiva (Pedoscan) (Fig. 32).



Fig.29: Formetric 4D

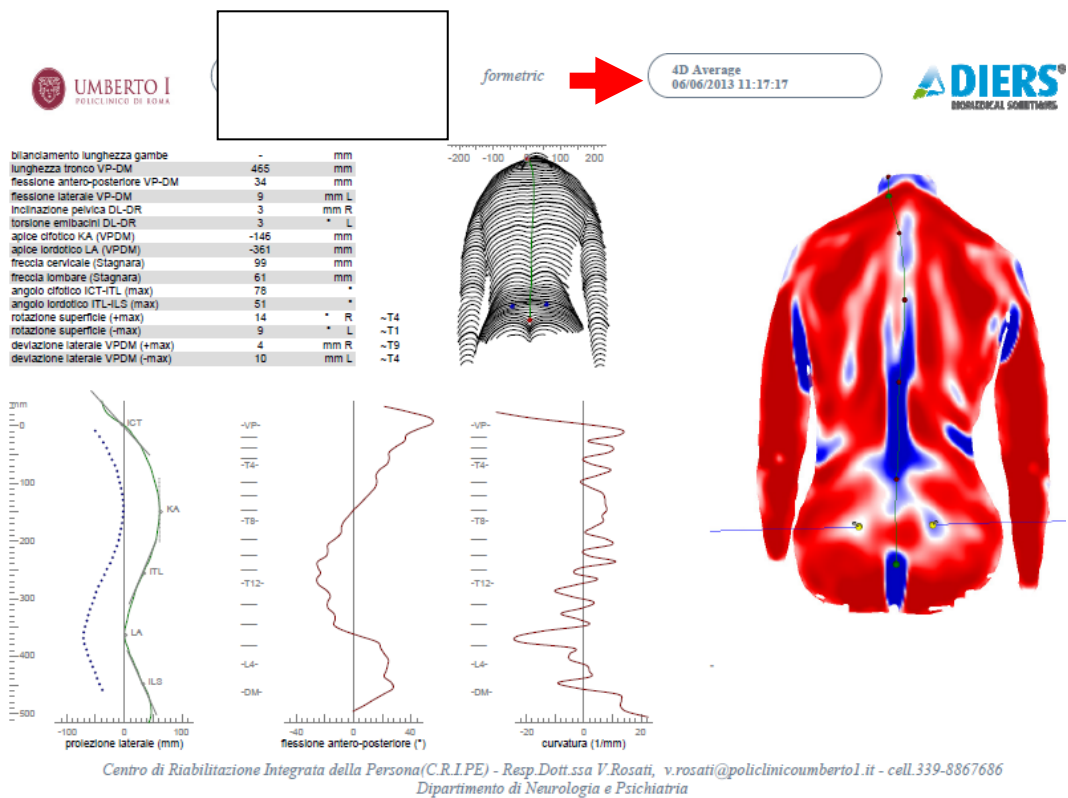


Fig. 30: Averaging semplice



esame statico (pressione media)

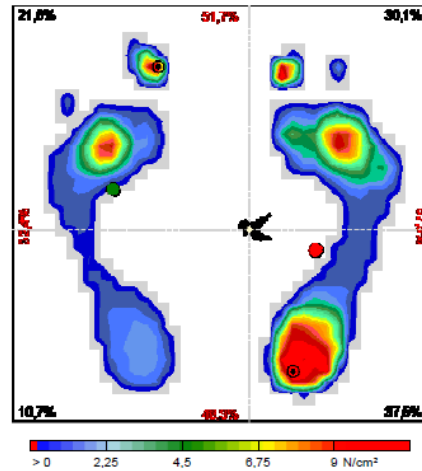
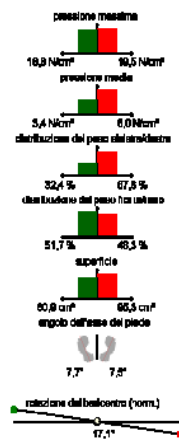


Fig. 31: Averaging e pedoscan con stabilometria

esame dinamico (Movie)

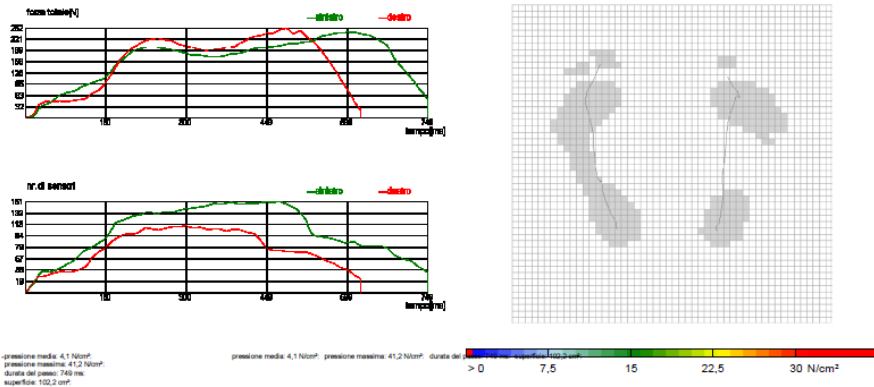


Fig. 32: Pedoscan dinamico

Nell'acquisizione della morfologia del rachide il soggetto è posto in piedi dando le spalle al

formetric, a circa 7 metri di distanza dalla telecamera che è dietro di lui. Prima dell' acquisizione si posizionerà spontaneamente con sguardo all'orizzonte. Nell'analisi dinamica i soggetti, posti in una stanza erano invitati a compiere un percorso di 12 metri, in entrambe le direzioni; la pedana (Pedoscan) (Fig.33) era collocata al centro esatto della stanza. Dopo un tragitto di prova che chiarificasse il compito motorio ed esplicitasse la prova si procedeva all'acquisizione. I soggetti erano invitati a procedere all'esecuzione della prova fino ad acquisire un numero di 20 appoggi per ciascun piede.



**Fig. 33: Pedoscan Professional**

Con la medesima metodica strumentale si è proceduto ad analizzare i 16 soggetti normativi. I valori ottenuti dal gruppo di controllo sono stati confrontati con i valori dei soggetti patologici.

Nell'acquisizione **Averaging semplice** sono stati presi in considerazione i seguenti parametri:

**Piano frontale:**

- *flessione laterale*
- *inclinazione pelvica*
- *torsione degli emibacini*

**Piano trasversale:**

- *rotazione massima superficie e vertebra di ruolo*

**Piano sagittale:**

- *analisi delle microcurve*
- *freccia cervicale*
- *freccia lombare*
- *angolo cifotico*
- *angolo lordotico*

Nell'acquisizione **Averaging con stabilometria** sono stati selezionati i seguenti parametri:

- *pressione massima piede sinistro/destro*
- *pressione media piede sinistro/destro*

- *distribuzione del peso sinistra/destro*
- *distribuzione del peso fronte/retro*
- *angolo dell'asse del piede sinistro/destro*
- *rotazione del baricentro*

Nell'acquisizione con **Pedoscan dinamico** si è scelto di analizzare:

- *la pressione media del passo*
- *la pressione massima del passo*
- *la durata del passo*
- *la superficie*

In una *seconda fase* si è provveduto, dopo aver confrontato i dati numerici, a trattare i soggetti con SM. Tutti i 16 pazienti che si sono sottoposti alla valutazione iniziale si sono resi disponibili ad effettuare un ciclo di riabilitazione neuromotoria consistente in 16 sedute (2 volte a settimana per 2 mesi) e a sottoporsi ad un successivo controllo strumentale con Formetric e Pedoscan al termine del ciclo. I soggetti sono stati trattati con tecniche riabilitative specifiche mirate al tronco e a tutte le sue componenti muscolari. Di questi 16 soggetti, tuttavia, solo 8 hanno seguito scrupolosamente il ciclo di riabilitazione previsto e hanno effettuato il controllo a distanza di 2 mesi con il formetric e pedoscan

### ***Cenni sulle tecniche riabilitative utilizzate***

Le tecniche di seguito elencate costituiscono il ventaglio di applicazioni che abbiamo utilizzato nel trattamento di questi pazienti con sclerosi multipla. Queste tecniche sono state selezionate in considerazione della nostra convinzione di globalità di approccio terapeutico secondo il principio di unità struttura-funzione. La scelta, l'impiego, la combinazione e i tempi di esecuzione di ogni singola tecnica sono stati attribuiti al singolo caso clinico (biotipologia). In alcuni soggetti è stato sufficiente trattare la disfunzione di mobilità con una sola tecnica globale sul tronco senza intervenire necessariamente con tecniche distrettuali specifiche.

Le osservazioni personali riguardo alla permanenza o all'evoluzione delle disfunzioni riscontrate, così come, le valutazioni positive o negative dei soggetti trattati legate alla seduta sono state tenute in considerazione per il trattamento successivo.

Il concetto centrale di *progressione* nell'intervento terapeutico è stato sviluppato in tutti i quadri clinici tenendo presente il polimorfismo clinico che condiziona in ogni istante questa patologia. Pur essendo l'approccio per strutture il medesimo, il trattamento è stato sviluppato in maniera diversa.

Il trattamento riabilitativo svolto in questa ricerca, si indirizza principalmente a trattare quegli elementi emersi dall'analisi con il Formetric. Non è superfluo sottolineare che l'intervento terapeutico non si pone come risoluzione definitiva di queste problematiche, ma cerca di limitarne le possibili complicanze che si potrebbero verificare in caso di immobilità completa.

### **1. Tecniche di allungamento selettivo della muscolatura degli arti inferiori**

Ogni "*movimento reale*", è sempre il risultato di un reclutamento variabile di più muscoli che lavorano contemporaneamente su molteplici piani.

Dopo un accurato esame kinesiologico abbiamo constatato che, in tutti i pazienti, è presente contemporaneamente una compromissione della muscolatura di tipo "misto" che coinvolge più livelli. Infatti, entrambi presentano una muscolatura che va in accorciamento, una che è proprio rigida ed un'altra che va sotto sforzo e si contrattura. Le tecniche di allungamento sono finalizzate a tentare di risolvere il problema che Milani definisce "diarchia" muscolare cioè la predominanza della muscolatura più forte su quella più debole.

Lo scopo del trattamento è stato quello di individuare, analizzare e trattare tutti gli elementi che partecipano sia come causa sia come effetto allo squilibrio e al disturbo della postura legato ad un disordine neurologico che provoca deficit generalizzati.

L'ipertono piramidale è stato trattato come se si trattasse di una retrazione muscolare.

Non è stata mai richiesta una contrazione attiva dell'antagonista ma non è stata esclusa in alcun modo la contrazione volontaria di un gruppo muscolare agonista nell'eseguire un movimento, anzi si è cercato di "disfare" lo schema funzionale falsato, proponendo la dissociazione di quella regione dalle sue consuete compensazioni..

Il recupero dell'allungamento può essere prodotto dall'azione passiva del terapeuta piuttosto che attivamente dal paziente. E' implicito che il differente approccio sulle possibilità di recupero avviene in ragione delle potenzialità specifiche del paziente.

### **2. Lavoro sugli inclinatori del tronco di riequilibrio e di rinforzo**

Il lavoro sull'equilibrio della muscolatura del tronco si è basato sull'utilizzo di una posizione chiamata side-sitting. Tale posizione risulta particolarmente efficace perché priva di compensi. In questo esercizio, infatti, si associano l'accorciamento della muscolatura del tronco nella parte superiore e contemporaneamente l'allungamento della muscolatura della parte inferiore. Tale



associazione impedisce la contrazione della muscolatura più forte. In questa postura inoltre, il paziente è in grado di sostenersi attraverso la sola contrazione degli inclinatori del tronco. Tale funzione garantisce il rapporto di reciprocità e di simmetria nella statica bipodalica, ma ancor di più l'allineamento del tronco essenziale nella fase monopodalica. L'utilizzo di questa posizione è interessante per chiudere il piano dei rotatori del tronco che generano la stabilità e l'equilibrio dei flessori e degli estensori del tronco.

### **3. Lavoro sul diaframma**

L'incapacità di rilassarsi durante tutta l'esecuzione di qualsiasi richiesta motoria ci ha spinti ad affrontare per prima questa problematica. La decisione di utilizzare la respirazione diaframmatica non è casuale. Questo tipo di rieducazione respiratoria è particolarmente indicata nelle patologie ostruttive (enfisema, asma, bronchite cronica) in cui c'è un'alterazione nella seconda fase della respirazione ovvero l'espiazione. Questa tecnica di spostare e di favorire la ventilazione alla base dei polmoni, presenta enormi vantaggi. Sicuramente in questo caso va a correggere un atteggiamento posturale sbagliato e che, se si consolida, diventa assai difficile correggerlo. La contrazione del diaframma favorisce, infatti, il rilassamento degli antagonisti consentendo quindi di decontrarre i muscoli accessori sia inspiratori che espiratori. Naturalmente facendo meno movimenti si riduce al minimo il lavoro muscolare e quindi il consumo di ossigeno per compierlo. Questo ossigeno non consumato può essere fonte di riserva qualora il paziente compia uno sforzo. Aumentando la ventilazione alle basi polmonari, la respirazione diaframmatica ristabilisce la ritmicità delle fasi respiratorie che, nella stessa paziente, risultavano alterate. La respirazione diaframmatica promuovendo in ultimo un normale andamento respiratorio rilassato, permette un controllo rapido della respirazione.

## **Cenni sugli strumenti statistici utilizzati**

Il nostro lavoro si è basato sull' esame di 2 campioni. Il primo era costituito da soggetti diversi (gruppo patologico e gruppo normativo), il secondo da stessi soggetti (Pre-Trattamento e Post-Trattamento). Quindi nell'esaminare soggetti diversi sono state effettuate le differenze tra medie confrontando le medie della numerosità, media, varianza del I gruppo con numerosità, media e varianza del II gruppo. Trovate le due varianze e per capire se fossero uguali, si è applicato il test F-Fisher un calcolo per effettuare la verifica dell'ipotesi e per analizzare le varianze. Qualora le due varianze siano uguali, quindi non significative si procede con il t-Student, qualora, invece, fossero diverse e quindi significative si procede al calcolo t-Aspin- Welch. Per quanto riguarda il confronto pre e post trattamento riabilitativo, trattandosi di soggetti uguali, si è proceduto facendo una media delle differenze pre e post. E' stato calcolato poi la t semplice, la media della t e la varianza e poi si è provveduto calcolando il t-Student della numerosità, della media t e della varianza t.

# Confronto tra medie

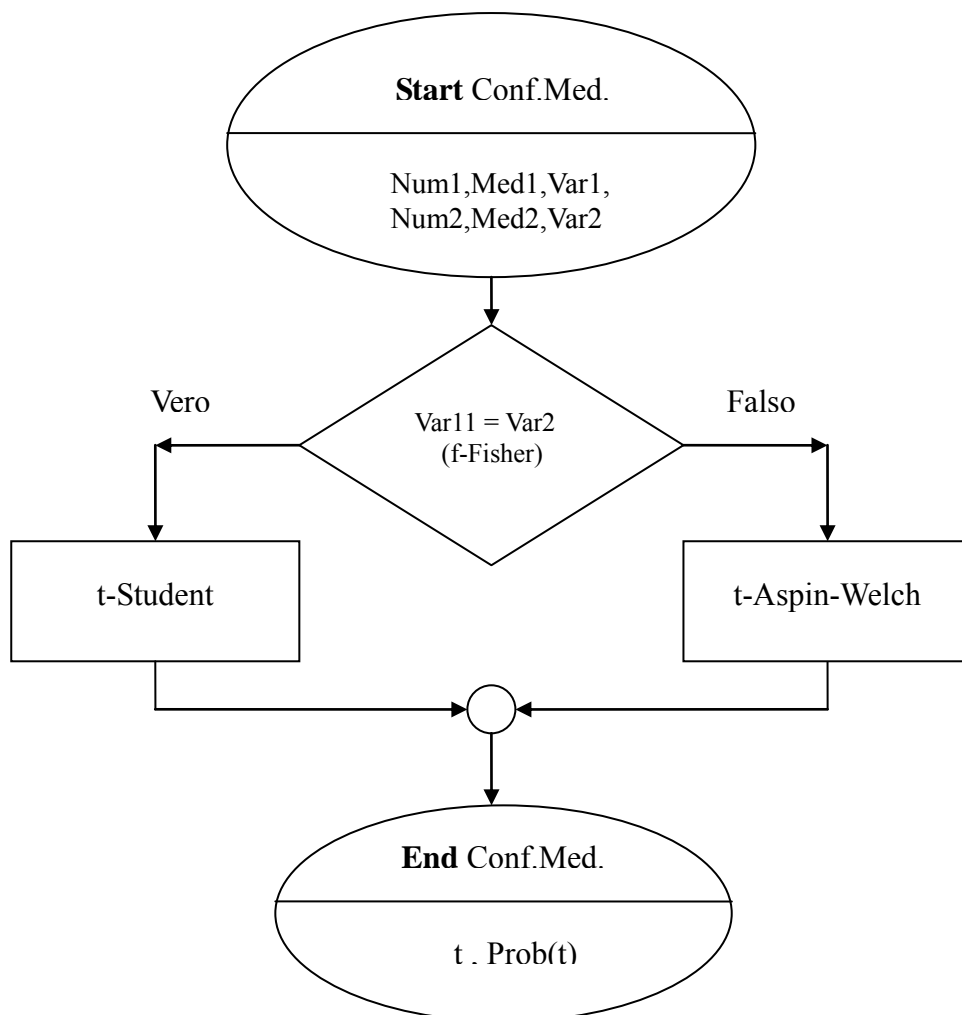
Due Campioni { **Stessi Soggetti** (es: Pre\_Trattamento, Post\_Trattamento)  
                  { **Soggetti Diversi** (es: Patologici, Normali)

**Stessi Soggetti**  
(Media delle Differenze)

Calcolo:

- 1  $t_i = x_i - y_i$  ( $\forall, 1 \leq i \leq \text{Num.}$ )
- 2 Media(t), Varianza(t)
- 3 t-Student (Num, Media(t), Varianza(t))

**Soggetti Diversi**  
(Differenze tra Medie)

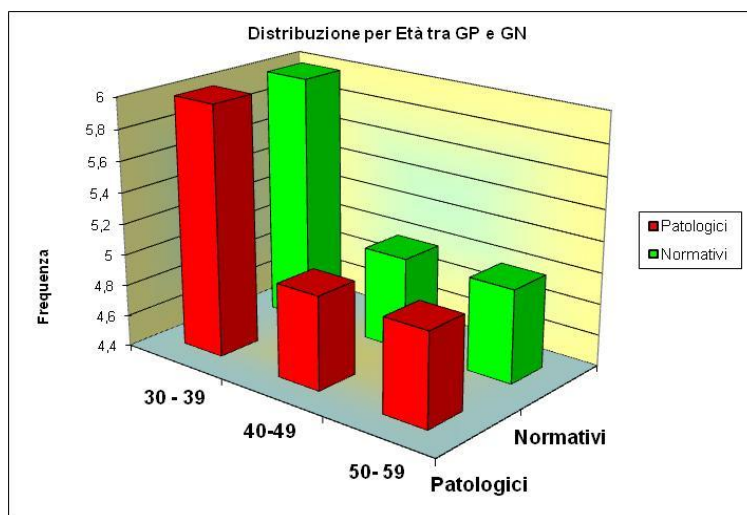


## CAPITOLO V: COMMENTO E DISCUSSIONE DELLE EVIDENZE EMPIRICHE

Il gruppo patologico (G.P) è stato confrontato con un campione di soggetti normativi (GN) che si è cercato di rendere omogeneo per sesso ed età. Il gruppo patologico (GP) era costituito da 16 soggetti con un'età media di 43 anni e il gruppo normativi (GN), era costituito da altrettanti 16 soggetti di età media di 44. Esaminando la numerosità, le medie e le varianze, di entrambi i gruppi e mettendole a confronto attraverso il test di verifica di F-Fisher sul totale delle due popolazioni, per testare l'ipotesi, non sono emerse differenze di età come è visibile. Non essendo venuto il raffronto significativo è stato effettuato un T-Student (Fig.34) che ha confermato l'omogeneità dei due gruppi presi in esame. Tutto questo è rappresentato anche nel grafico (Fig.35).

		Totale	
Gruppo PATOLOGICI	Età	Gruppo NORMATIVI	Età
Numerosità	16	Numerosità	16
Media	43,6875	Media	44,2500
VariCorr(n-1)	78,3625	VariCorr(n-1)	91,0000
SigmaCor(n-1)	8,8523	SigmaCor(n-1)	9,5394
<b>S1/s2</b>	<b>1,1613</b>		
Prob(F Fisher)	<b>0,3880</b>		
<b>Delta Medie</b>	<b>-0,5625</b>		
s^2 medio	84,6813		
T-Student	0,1729		
G.D.L	30		
Signif.2 code	<b>0,863</b>		
Signif.1 code	<b>0,432</b>		

Fig.34



**Fig.35**

Entrambi i due gruppi (GP e GN) presentavano 5 maschi e 11 femmine. E' stato fatto un raffronto tra la numerosità, la media e la varianza di età della popolazione delle femmine di entrambi i gruppi (patologici e normativi) così per la popolazione maschile di entrambe le classi, per capire se ci

		Femmine	
Gruppo	Età	Gruppo	Età
PATOLOGICI		NORMATIVI	
Numerosità	11	Numerosità	11
Media	43,5455	Media	44,0909
VariCorr(n-1)	58,2727	VariCorr(n-1)	101,4909
SigmaCor(n-1)	7,6337	SigmaCor(n-1)	10,0743
S1/s2	1,7417		
Prob(F Fisher)	<b>0,1976</b>		
Delta Medie	<b>0,5455</b>		
s^2 medio	79,8818		
T-Student	0,1431		
G.D.L	20		
Signif.2 code	<b>0,889</b>		
Signif.1 code	<b>0,445</b>		

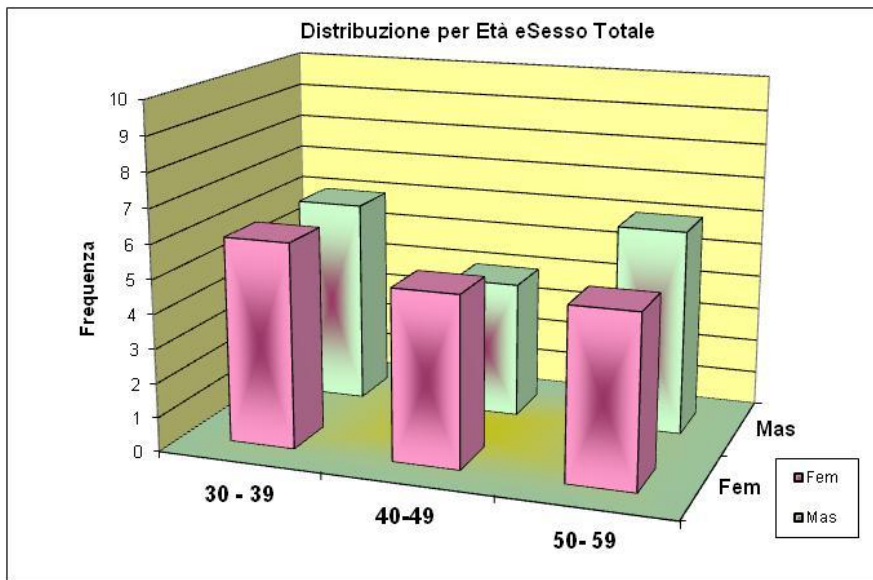
**Fig.36**

fossero diversità significative. Sono state confrontate le due varianze attraverso il calcolo della probabilità di F-Fisher e visto che non è risultato significativo in entrambe le classi, è stato eseguito il T- Student(Fig.36) e (Fig.37).

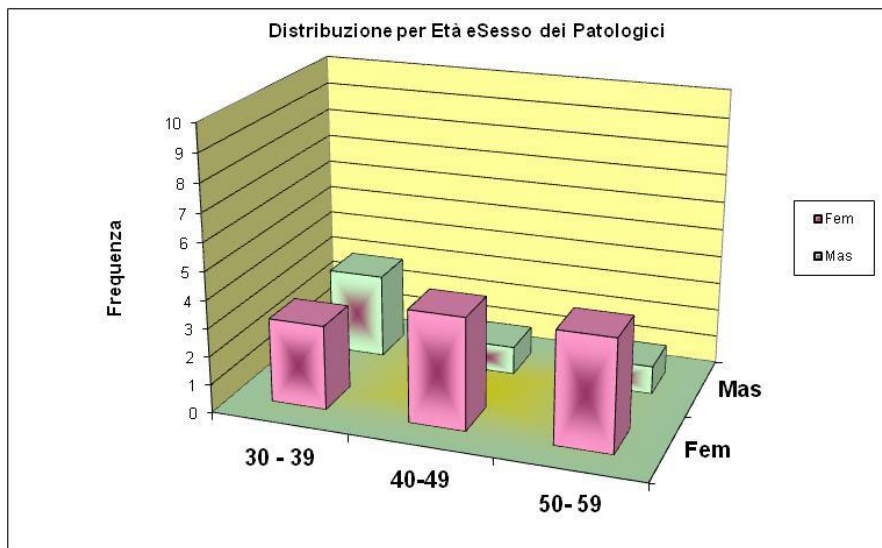
		Maschi		
Gruppo PATOLOGICO	Età		Gruppo NORMATIVI	Età
Numerosità	5		Numerosità	5
Media	44,0000		Media	44,6000
VariCorr(n-1)	148,0000		VariCorr(n-1)	87,3000
SigmaCor(n-1)	12,1655		SigmaCor(n-1)	9,3434
S1/s2	0,5899			
Prob(F Fisher)	<b>0,6892</b>			
<b>Delta Medie</b>	<b>-0,6000</b>			
s^2 medio	117,6500			
T-Student	0,0875			
G.D.L	8			
Signif.2 code	<b>0,936</b>			
Signif.1 code	<b>0,468</b>			

**Fig.37**

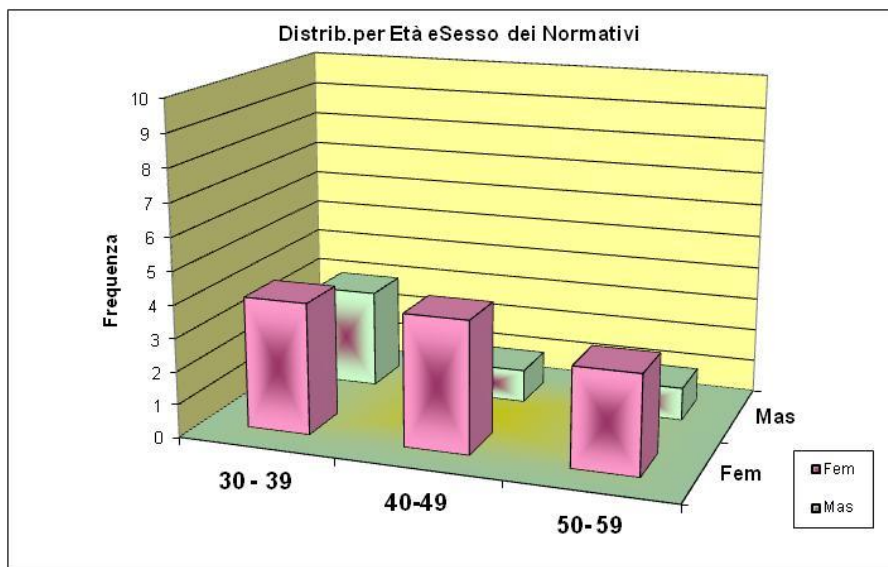
Da tale risultato si evince che i due gruppi (GP e GN) sono omogenei. La media di età delle femmine sia patologiche che normative è risultata pressoché la medesima così come il confronto dei maschi di entrambe le popolazioni. L' omogeneità dei campioni per sesso e genere, ci ha permesso di poter svolgere considerazioni più ampie e di considerare variabili morfo-strutturali legate al genere. Nei grafici sottostanti appare evidente la distribuzione per età e sesso in totale (Fig.38) e la distribuzione per età e sesso nel GP (Fig.39) e nel GN (Fig.40).



**Fig. 38**



**Fig.39**



**Fig.40**

Si è proceduto poi, ad esaminare i parametri del Formetric attraverso l'acquisizione *Averaging semplice* sul **piano frontale** (flessione laterale del tronco espressa in mm, inclinazione pelvica in mm e torsione degli emibacini in gradi) e sul **piano sagittale** (freccia cervicale espressa in mm, freccia lombare in mm, angolo cifotico massimo in gradi e angolo lorodotico massimo in gradi).

Sono state calcolate la numerosità, la media e le varianze di tutti questi parametri sopra indicati nei due gruppi (GP e GN), effettuando un confronto tra le varianze attraverso il calcolo della probabilità F-Fisher (Fig.41) sia per totale che per genere (Fig.42). Si è provveduto a separare i parametri del piano frontale (Fig. 43) da quelli del piano sagittale. Dall'analisi dei risultati nel confronto delle varianze con test di F-Fisher dei parametri sul **piano frontale** (Fig.41) di entrambi i gruppi (GP e GN), è emerso che nell'acquisizione con tecnica ***Averaging semplice***, il gruppo patologico confrontato con il gruppo normativo ha mostrato valori maggiori nella *flessione laterale del tronco* espressa in mm, rispetto al gruppo normativo, con ottimi livelli di significatività statistica al test di probabilità di F-Fischer, che ci ha portati ad eseguire (come si vede sempre nella figura 41), un T-Aspen- Welch, che ha confermato la significatività di questo parametro. Questo indicherebbe forse, che nei soggetti affetti da sclerosi multipla, indipendentemente dalle forme cliniche, esiste una grande componente legata alla presenza di modificazioni nell'assetto del rachide, causato da deficit selettivi della muscolatura del tronco o da possibili adattamenti del tronco per compensare altre zone a distanza. Tali valutazioni sono espresse attraverso i grafici del confronto della distribuzione in totale dei parametri del Formetric sul piano frontale sia nel GP che nel GN(Fig. 44), in cui è ben visibile tale diversità.

Lo stesso risultato è emerso nel calcolo selettivo della numerosità, della media e della varianza per genere degli stessi parametri del Formetric sul piano frontale sia nel GP che nel GN (Fig.42). Come si può osservare nelle femmine del GP così come nei maschi del GP, la probabilità di F- Fisher è risultata significativamente alta. Le femmine del GP hanno una significatività più alta rispetto ai maschi, probabilmente, anche in rapporto alla numerosità di quest' ultime. Emerge poi che anche l'inclinazione pelvica nelle donne patologiche è lievemente aumentata mentre negli uomini patologici, tale rilevazione non c'è. Si può ipotizzare che tale diversità nella donna sia legata ad un aspetto che riguarda più le caratteristiche "strutturali" del bacino della donna rispetto a quello dell'uomo, ovvero una maggiore antiversione di tutto il bacino che porta, qualora la struttura muscolare superiore del tronco sia deficitaria ad aumentare tale dislivello. Torsione degli emibacini, insieme alla inclinazione pelvica e alla posizione sacrale sono dei parametri che vanno considerati nell'integrità. Tale considerazione è espressa nei grafici presenti nella figura 45 (confronto distribuzione GP e GN dei parametri del piano frontale nelle donne) e nella figura 46 (confronto distribuzione GP e GN dei parametri del piano frontale nelle donne).



TOTALI	flessione laterale mm	inclinazione pelvica mm	torsione degli emibacini in gradi	FRECCIA Cervicale in mm	FRECCIA Lombare in mm	ANGOLO CIFOTICO MAX in gradi	ANGOLO lordotico MAX in gradi
<b>Totali</b>							
<b>PATOLOGICI</b>							
Numerosità	16	16	16	16	16	16	16
Media	15,3750	5,8125	3,3125	63,2938	42,5750	55,7375	43,4625
Varianza	204,7344	99,5273	4,4648	424,8406	135,5369	45,3923	73,9536
VariCorr(n-1)	218,3833	106,1625	4,7625	453,1633	144,5727	48,4185	78,8838
SigmaCor(n-1)	14,7778	10,3035	2,1823	21,2876	12,0238	6,9583	8,8817
<b>NORMATIVI</b>							
Numerosità	16	16	16	16	15	16	16
Media	3,4375	5,4375	2,5000	67,9313	47,8800	56,2625	42,6813
Varianza	3,9961	20,4961	4,8750	603,3046	156,4789	91,1323	79,8640
VariCorr(n-1)	4,2625	21,8625	5,2000	643,5250	167,6560	97,2078	85,1883
SigmaCor(n-1)	2,0646	4,6757	2,2804	25,3678	12,9482	9,8594	9,2298
<b>Confronto Varianze</b>							
S1/s2	51,2336	4,8559	0,9159	0,7042	0,8623	0,4981	0,9260
Prob(F Fisher)	<b>0,0000</b>	<b>0,0020</b>	<b>0,5665</b>	<b>0,7474</b>	<b>0,6115</b>	<b>0,9057</b>	<b>0,5582</b>
<b>Confronto Medie</b>							
			t-Student				
<b>Delta Medie</b>	<b>11,9375</b>	<b>0,3750</b>	<b>0,8125</b>	<b>-4,6375</b>	<b>-5,3050</b>	<b>-0,5250</b>	<b>-0,7813</b>
s^2 medio			4,9813	548,3441	155,7163	72,8132	82,0361
T-Student			1,0297	0,5601	1,1829	0,1740	0,2440
G.D.L			5	491	181	100	115
Signif.2 code			<b>0,361</b>	<b>0,576</b>	<b>0,238</b>	<b>0,862</b>	<b>0,808</b>
Signif.1 code			<b>0,181</b>	<b>0,288</b>	<b>0,119</b>	<b>0,431</b>	<b>0,404</b>
<b>T-Aspen-Welch</b>							
Delta Medie	11,9375	0,3750					
t-AspinWelch	3,2001	0,1326					
G.D.L	15,5853	20,9267					
Signif.2 code	<b>0,006</b>	<b>0,896</b>					
Signif.1 code	<b>0,003</b>	<b>0,448</b>					

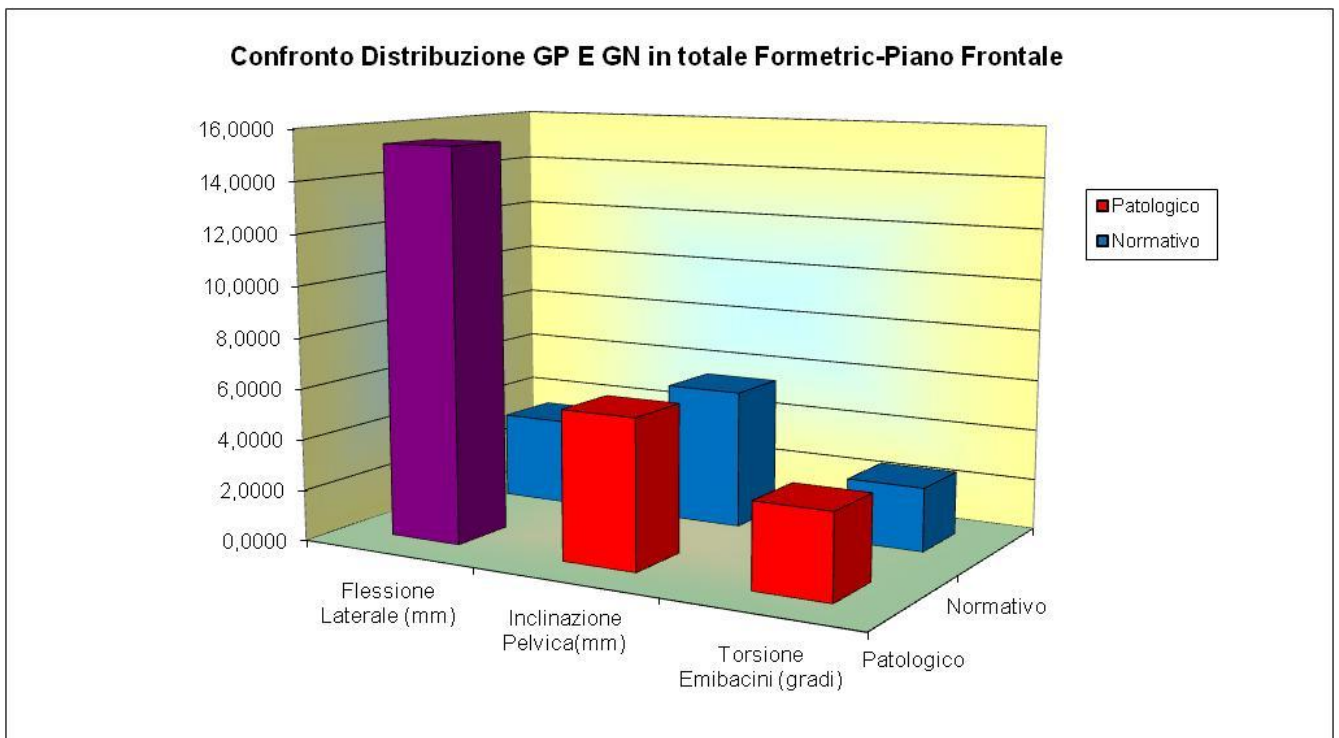
**Fig. 41: Calcolo della numerosità, media e varianza del GP e GN in totale di tutti i parametri del Formetric sia sul Piano Frontale che sul Piano Sagittale**

**Fig.42**

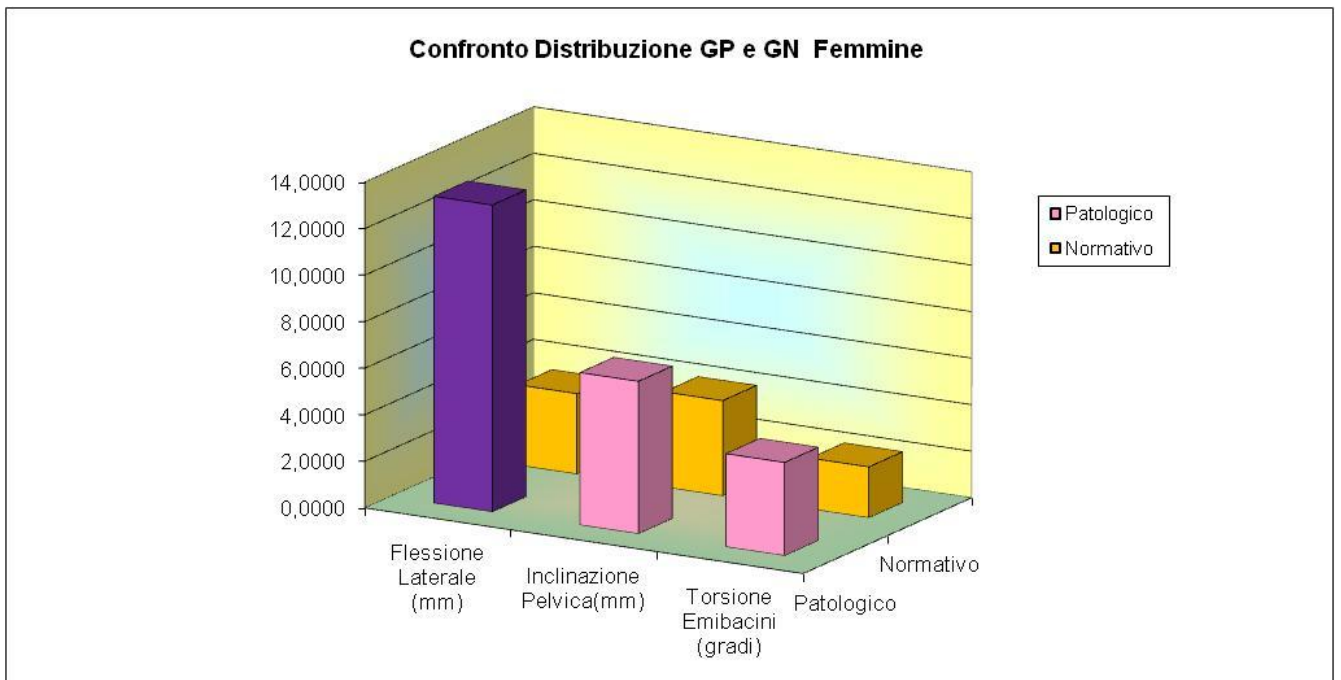
	flessione laterale mm	inclinazione pelvica mm	torsione degli emibacini in gradi	FRECCIA Cervicale in mm	FRECCIA Lombare in mm	ANGOLO CIFOTICO MAX in gradi	ANGOLO lordotico MAX in gradi
<b>Femmine</b>							
<b>PATOLOGICI</b>	Col2	Col3	Col4	Col5	Col6	Col7	Col8
Numerosità	11	11	11	11	11	11	11
Media	13,1818	6,5455	4,0000	66,0545	41,3727	55,5273	44,4000
Varianza	103,9636	150,8727	5,2000	222,8227	130,3062	54,8862	78,2580
VariCorr(n-1)	103,9636	150,8727	5,2000	222,8227	130,3062	54,8862	78,2580
SigmaCor(n-1)	10,1963	12,2830	2,2804	14,9272	11,4152	7,4085	8,8464
<b>NORMATIVI</b>	Col2	Col3	Col4	Col5	Col6	Col7	Col8
Numerosità	11	11	11	11	11	11	11
Media	3,4545	4,0909	2,1818	59,0273	50,5800	56,4727	45,9273
Varianza	5,4727	7,6909	4,5636	466,5262	229,2573	115,2742	63,4542
VariCorr(n-1)	5,4727	7,6909	4,5636	466,5262	229,2573	115,2742	63,4542
SigmaCor(n-1)	2,3394	2,7732	2,1363	21,5992	15,1412	10,7366	7,9658
<b>Confronto Varianze</b>							
S1/s2	18,9967	19,6170	1,1394	0,4776	0,5684	0,4761	1,2333
Prob(F Fisher)	<b>0,0000</b>	<b>0,0000</b>	<b>0,4203</b>	<b>0,8702</b>	<b>0,8067</b>	<b>0,8712</b>	<b>0,3733</b>
<b>Confronto Medie</b>							
t-Student							
<b>Delta Medie</b>	<b>9,7273</b>	<b>2,4545</b>	<b>1,8182</b>	<b>7,0273</b>	<b>-9,2073</b>	<b>-0,9455</b>	<b>-1,5273</b>
s^2 medio			4,8818	344,6745	179,7818	85,0802	70,8561
T-Student			1,9299	0,8877	1,6104	0,2404	0,4255
G.D.L			5	280	179	109	122
Signif.2 code			<b>0,112</b>	<b>0,375</b>	<b>0,109</b>	<b>0,810</b>	<b>0,671</b>
Signif.1 code			<b>0,056</b>	<b>0,188</b>	<b>0,055</b>	<b>0,405</b>	<b>0,336</b>
<b>T-Aspen-Welch</b>							
Delta Medie	9,7273	2,4545					
t-AspinWelch	3,0839	0,6465					
G.D.L	11,0499	11,0169					
Signif.2 code	<b>0,010</b>	<b>0,531</b>					
Signif.1 code	<b>0,005</b>	<b>0,266</b>					
<b>Maschi</b>							
<b>PATOLOGICI</b>							
Numerosità	5	5	5	5	5	5	5
Media	20,2000	4,2000	1,8000	57,2200	45,2200	56,2000	41,4000
Varianza	1361,7988	3004,8014	10,1482	29213,2417	6970,9840	1563,2665	836,4743
VariCorr(n-1)	516,7	16,2	0,7	1075,232	203,662	43,965	92,435
SigmaCor(n-1)	22,7310	4,0249	0,8367	32,7907	14,2710	6,6306	9,6143
<b>NORMATIVI</b>							
Numerosità	5	5	5	5	5	5	5
Media	3,4000	8,4000	3,2000	87,5200	42,4800	55,8000	35,5400
Varianza	22,1077	13,9850	4,3891	21730,7991	7308,0265	2144,2579	2291,3638
VariCorr(n-1)	2,3000	46,8000	7,2000	549,2320	16,2920	75,9550	68,0980
SigmaCor(n-1)	1,5166	6,8411	2,6833	23,4357	4,0363	8,7152	8,2522
<b>Confronto Varianze</b>							
S1/s2	224,6522	0,3462	0,0972	1,9577	12,5007	0,5788	1,3574
Prob(F Fisher)	<b>0,0001</b>	<b>0,8356</b>	<b>0,9778</b>	<b>0,2656</b>	<b>0,0156</b>	<b>0,6953</b>	<b>0,3872</b>
<b>Confronto Medie</b>							
t-Student							
<b>Delta Medie</b>	<b>16,8000</b>	<b>-4,2000</b>	<b>-1,4000</b>	<b>-30,3000</b>	<b>2,7400</b>	<b>0,4000</b>	<b>5,8600</b>
s^2 medio			3,9500	812,2320	109,9770	59,9600	80,2665
T-Student			1,1138	1,6810	0,4131	0,0817	1,0342
G.D.L			11	29299	7011	1617	870
Signif.2 code			<b>0,289</b>	<b>0,093</b>	<b>0,680</b>	<b>0,935</b>	<b>0,301</b>
Signif.1 code			<b>0,145</b>	<b>0,046</b>	<b>0,340</b>	<b>0,467</b>	<b>0,151</b>
<b>T-Aspen-Welch</b>							
Delta Medie	16,8000	-4,2000					
t-AspinWelch	1,6490	1,1832					
G.D.L	4,0356	6,4729					
Signif.2 code	<b>0,175</b>	<b>0,281</b>					
Signif.1 code	<b>0,087</b>	<b>0,141</b>					

		Flessione Laterale (mm)	Inclinazione Pelvica(mm)	Torsione Emibacini (gradi)
Media	Patologico	15,3750	5,8125	3,3125
Media	Normativo	3,4375	5,4375	2,5000
		<b>11,9375</b>	<b>0,3750</b>	<b>0,8125</b>
Media	Patologico	13,1818	6,5455	4,0000
Media	Normativo	3,4545	4,0909	2,1818
		<b>9,7273</b>	<b>2,4545</b>	<b>1,8182</b>
Media	Patologico	20,2000	4,2000	1,8000
Media	Normativo	3,4000	8,4000	3,2000
		<b>16,8000</b>	<b>-4,2000</b>	<b>-1,4000</b>

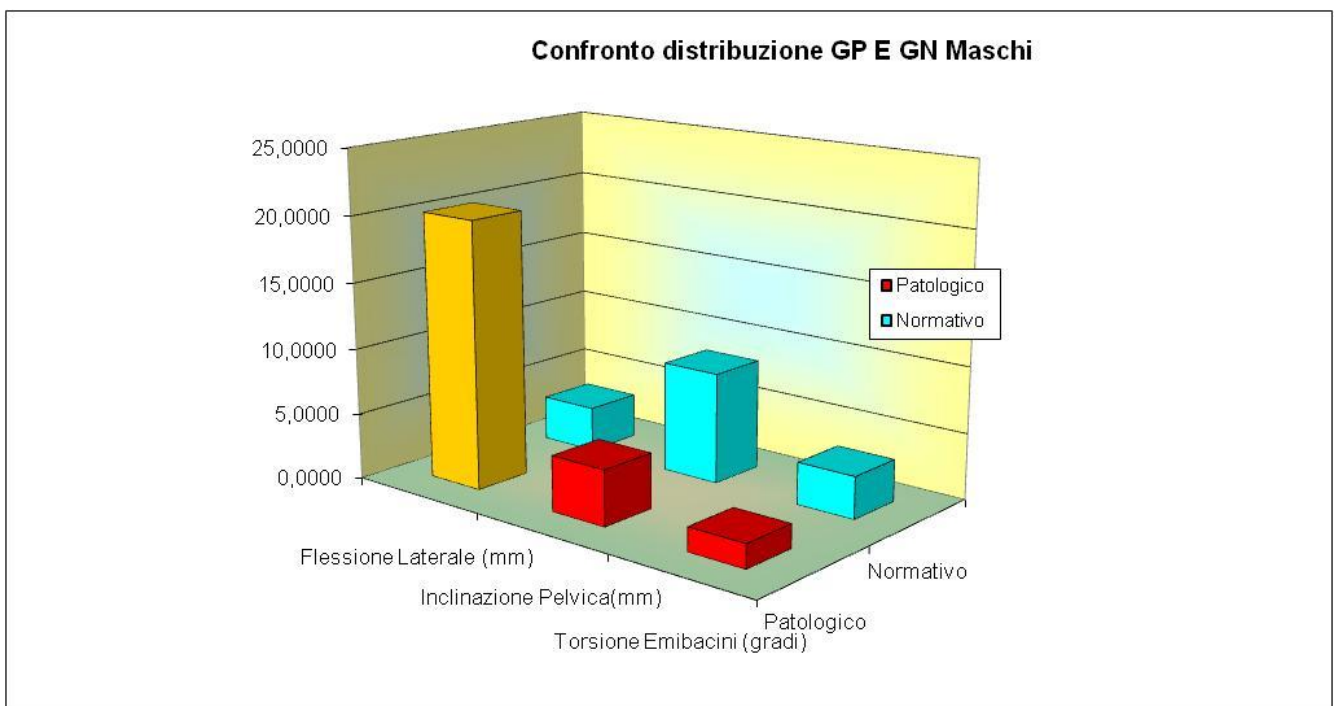
**Fig. 43: Confronto delle medie GP e GN Parametri Piano Frontale Totali-Maschi-Femmine**



**Fig. 44**



**Fig.45: Piano Frontale -Femmine**



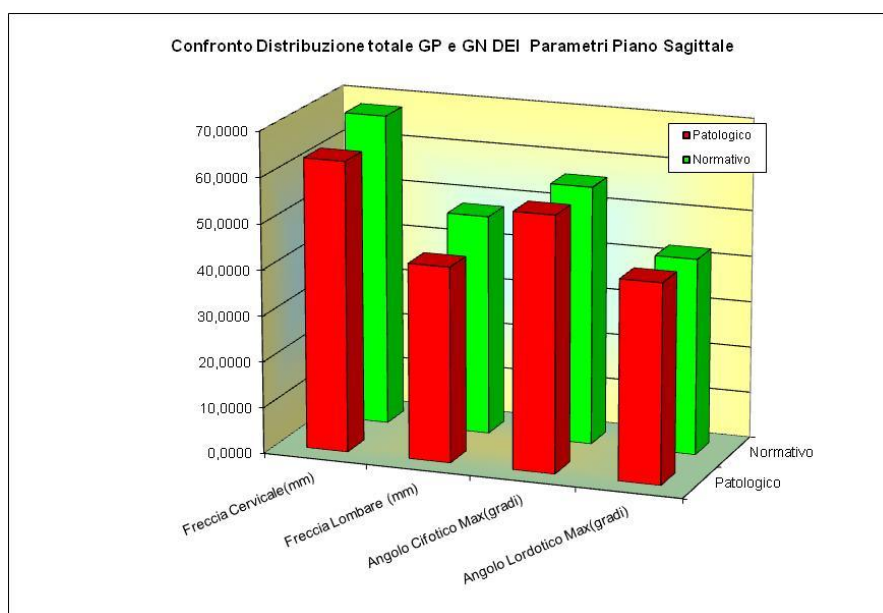
**Fig.46: Piano Frontale- Maschi**

L'inclinazione pelvica, e la torsione degli emibacini non si sono mostrate particolarmente significative in entrambi i confronti secondo il test di probabilità F-Fisher. Si è provveduto successivamente, sempre nell'acquisizione con tecnica *Averaging* semplice del Formetric, a confrontare la numerosità, la media e la varianza, dei parametri ottenuti nel GP e nel GN in totale

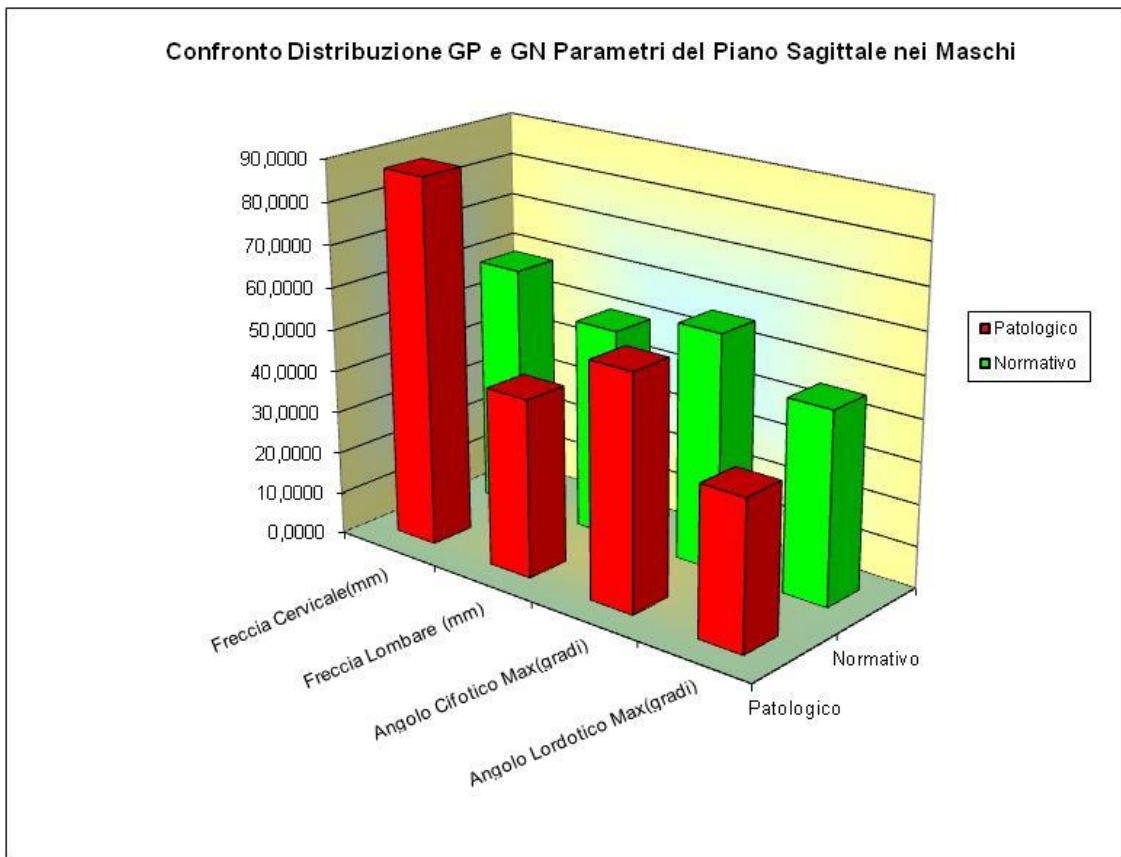
che per genere (Fig.47) delle variabili individuate sul **Piano Sagittale**. Da una prima analisi emerge che, per quanto riguarda questi parametri sul piano sagittale, non ci sono sostanziali diversità tra i due gruppi rispetto all'angolo cifotico massimo e all'angolo lordotico massimo risultando questi 2 parametri pressoché uguali nel GP e GN in totale (Fig.48). Tutto questo potrebbe far presupporre che i soggetti patologici non abbassino il loro baricentro o non abbiano deficit muscolari sugli estensori del tronco. Lo stesso parametro di non significatività emerge anche nei maschi e nelle femmine di GP e GN (Fig. 49 e Fig.50). Diversamente, se la freccia lombare non ha avuto nel complesso grandi modificazioni, la freccia cervicale è risultata significativa nei normativi maschi (Fig. 49). La freccia cervicale nel gruppo patologico delle femmine (Fig.50) no è risultata significativa. Il parametro legato ad una profondità maggiore del tratto cervicale, in un normativo deve far pensare ad un adattamento delle curve sul piano sagittale.

	Freccia Cervicale(mm)	Freccia Lombare (mm)	Angolo Cifotico Max(gradi)	Angolo Lordotico Max(gradi)
Patologico	63,2938	42,5750	55,7375	43,4625
Normativo	67,9313	47,8800	56,2625	42,6813
	-4,6375	-5,3050	-0,5250	-0,7813
Patologico	66,0545	41,3727	55,5273	44,4000
Normativo	59,0273	50,5800	56,4727	45,9273
	7,0273	-9,2073	-0,9455	-1,5273
Patologico	57,2200	45,2200	56,2000	41,4000
Normativo	87,5200	42,4800	55,8000	35,5400
	-30,3000	2,7400	0,4000	5,8600

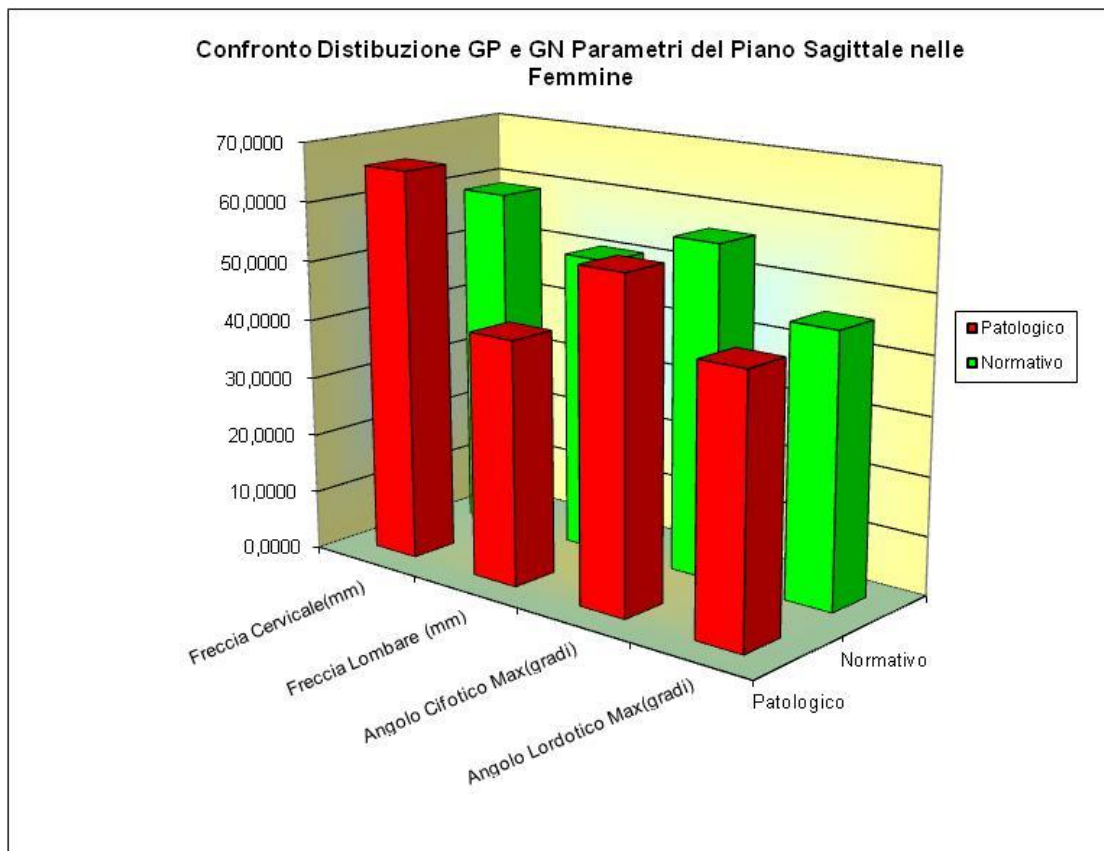
**Fig. 47: Confronto delle medie GP e GN Parametri Piano Sagittale Totali-Maschi-Femmine**



**Fig.48: Distribuzione totale GP e GN sul Piano Sagittale**



**Fig. 49: Piano Sagittale- Maschi**



**Fig. 50: Piano Sagittale- Femmine**

Per quanto riguarda la valutazione della *rotazione massima di superficie* (Fig.51),

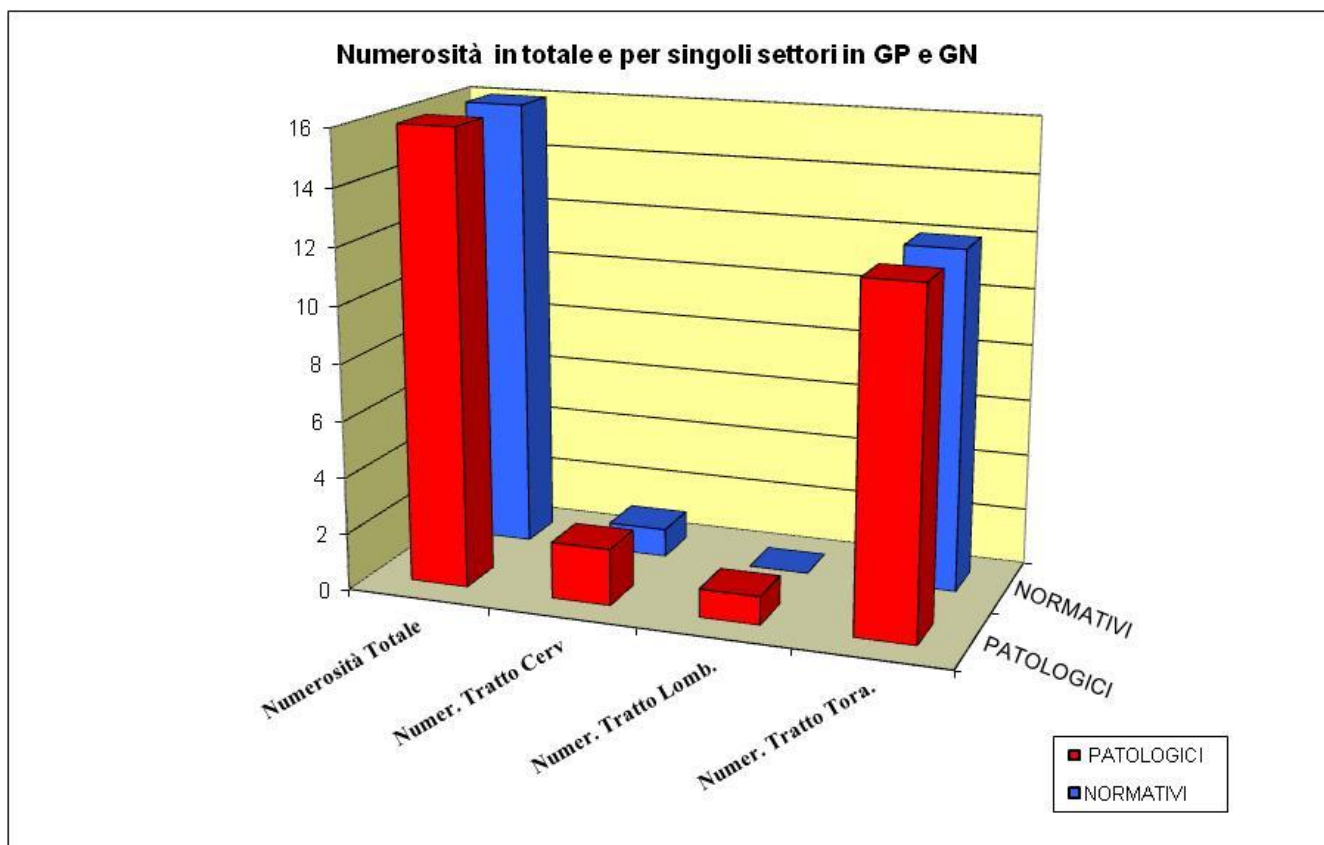
		Totale		
<b>Gruppo</b>	<b>Angolo</b>	<b>Settori</b>		
<b>PATOLOGICI</b>	<b>Gradi</b>	<b>C</b>	<b>L</b>	<b>T</b>
Numerosità	16	2	1	12
Media	7,7625	3,1000	11,5000	7,7583
VariCorr(n-1)	12,1225	2,4200		8,1990
SigmaCor(n-1)	3,4817	1,5556		2,8634
<b>Gruppo</b>	<b>Angolo</b>	<b>Settori</b>		
<b>NORMATIVI</b>	<b>Gradi</b>	<b>C</b>	<b>L</b>	<b>T</b>
Numerosità	16	1	0	12
Media	6,8313	4,1000	0,0000	7,5000
VariCorr(n-1)	9,9516		0,0000	10,7436
SigmaCor(n-1)	3,1546		0,0000	3,2777
S1/s2	1,2181			0,7632
<b>Prob(F Fisher)</b>	<b>0,35364</b>			<b>0,66914</b>
<b>Delta Medie</b>	<b>-0,9313</b>	<b>1,0000</b>	<b>-11,500</b>	<b>-0,2583</b>
s^2 medio	11,0371			9,4713
T-Student	7,8060			3,5816
G.D.L	30			22
<b>Signif.2 code</b>	<b>0,000</b>			<b>0,002</b>
<b>Signif.1 code</b>	<b>0,000</b>			<b>0,001</b>

Fig. 51: Numerosità, Media, Varianza Tot. GP e GN per Rotaz. di Superf. e Settore interessato



di una singola vertebra sul *piano trasversale* rispetto al totale della colonna, si è preceduto calcolando la numerosità, la media e la varianza di tutta la popolazione sia GP che GN e si è applicato per questo confronto tra varianze il test di F-Fisher. Le due varianze sono risultate entrambe significative sia in GP che in GN, quindi si è applicato il t-Student (Fig. 51).

Si nota come entrambe le popolazioni GP e GN, mostrino una rotazione distrettuale che supera il range di normalità<sup>67</sup> sia per la popolazione del GP sia per quella del GN e che la cerniera maggiormente interessata dalla rotazione in entrambi i gruppi sia T12-L1 (Fig.52).



**Fig. 52**

Tale cerniera T12-L1 è di importanza fondamentale. Essa risulta infatti, coinvolta in vari processi. Da un punto di vista “meccanico” è importante, per la presenza in questa cerniera di una vertebra di “ruolo” che è L1. Nel soma di L1, infatti, cade il baricentro del corpo o la linea di distribuzione della gravità che attraversa lo stesso per arrivare sui cotili. Tale vertebra si definisce centro di vaso motricità perché dal punto di vista “vascolare”, a questo livello l’ aorta si divide nelle due iliache e dal punto di vista “viscerale”, per la presenza, a questo livello, dell’ inserzione della radice del mesentero una sorta di “tenda” che sospende l’ intestino. Tale rotazione alterata proprio in questa

<sup>67</sup> Secondo Harzmann il range di normalità indicativo della rotazione di superficie distrettuale sul piano trasversale della colonna è di 0-5°

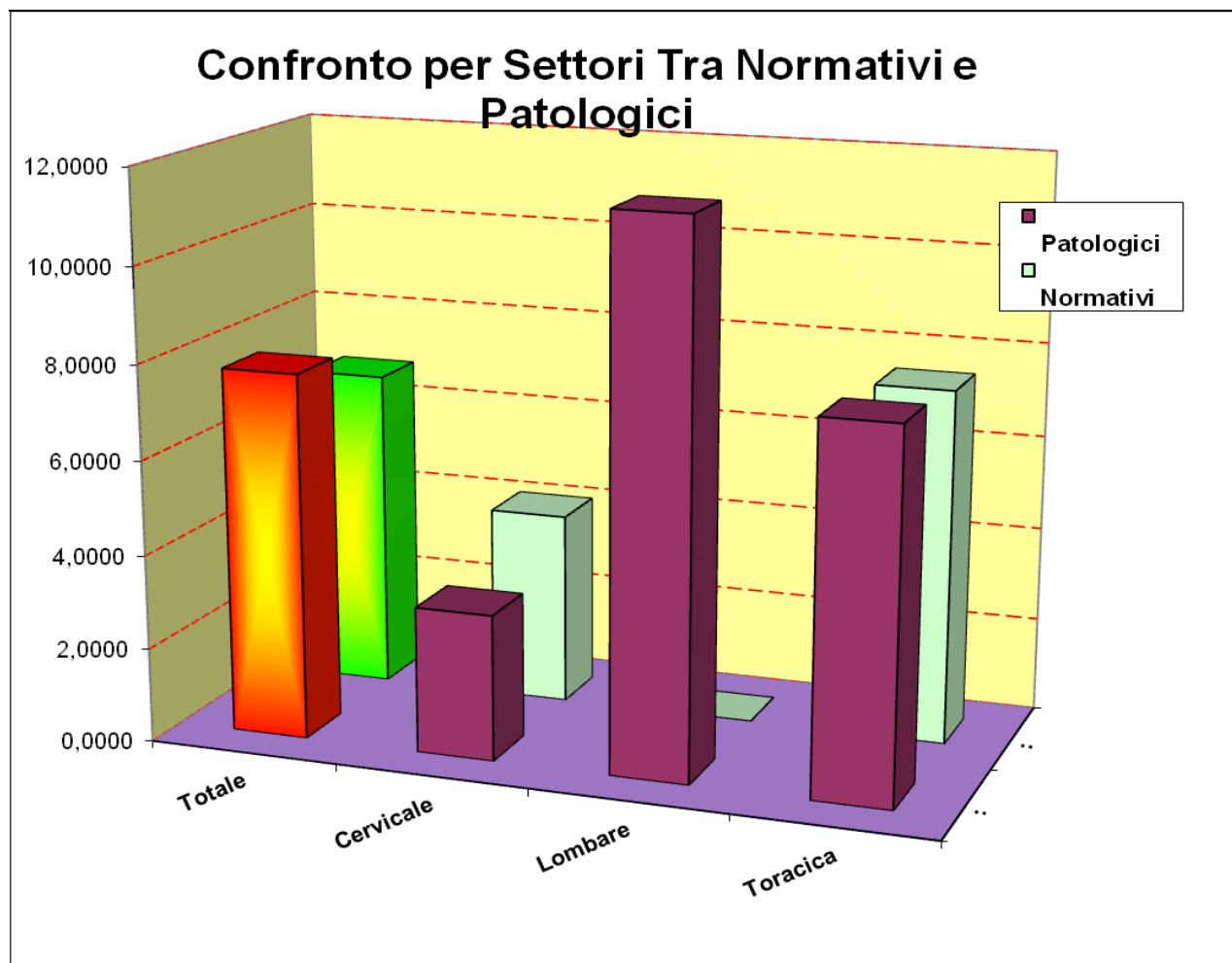


cerniera nei patologici potrebbe far pensare ad un compenso in questo tratto del deficit legato alla muscolatura del tronco ma seppur è presente l'informazione di concordanza del deficit del tronco con il lato della rotazione del fulcro T12-L1 non lo abbiamo in questo studio analizzato. Il fatto che questa informazione risulti comune anche alla popolazione del GN indipendentemente dalla flessione del tronco, ci fa pensare che debba intraprendersi la strada di una disfunzione di natura "viscerale" che può determinare delle tensioni indirette su questa cerniera. Potrebbe essere quindi oggetto di altra trattazione, capire se la frequenza di lombalgia nella sclerosi multipla, essendo problematica in se stessa aspecifica, possa essere determinata maggiormente da una componente viscerale. Si è cercato poi di capire calcolando la numerosità, la media e la varianza del GP e del GN in totale quale distribuzione avessero le singole vertebre interessate dalla rotazione, in termini di frequenza (Fig.53).

	Patologici			
	Totale	Cervicale	Lombare	Toracica
Numerosità	16,0000	2	1	12
Media	7,7625	3,1000	11,5000	7,7583
VariCorr(n-1)	12,1225	2,4200		8,1990
SigmaCor(n-1)	3,4817	1,5556		2,8634
	Normativi			
	Totale	Cervicale	Lombare	Toracica
Numerosità	16,0000	1	0	12
Media	6,8313	4,1000	0,0000	7,5000
VariCorr(n-1)	9,9516		0,0000	10,7436
SigmaCor(n-1)	3,1546		0,0000	3,2777
S1/s2	1,2181			0,7632
Prob(F Fisher)	<b>0,354</b>			<b>0,669</b>
Delta Medie	0,9313			0,2583
s^2 medio	11,0371			9,4713
T-Student	0,7928			0,2056
G.D.L	21			22
Signif.2 code	<b>0,437</b>			<b>0,840</b>
Signif.1 code	<b>0,219</b>			<b>0,420</b>

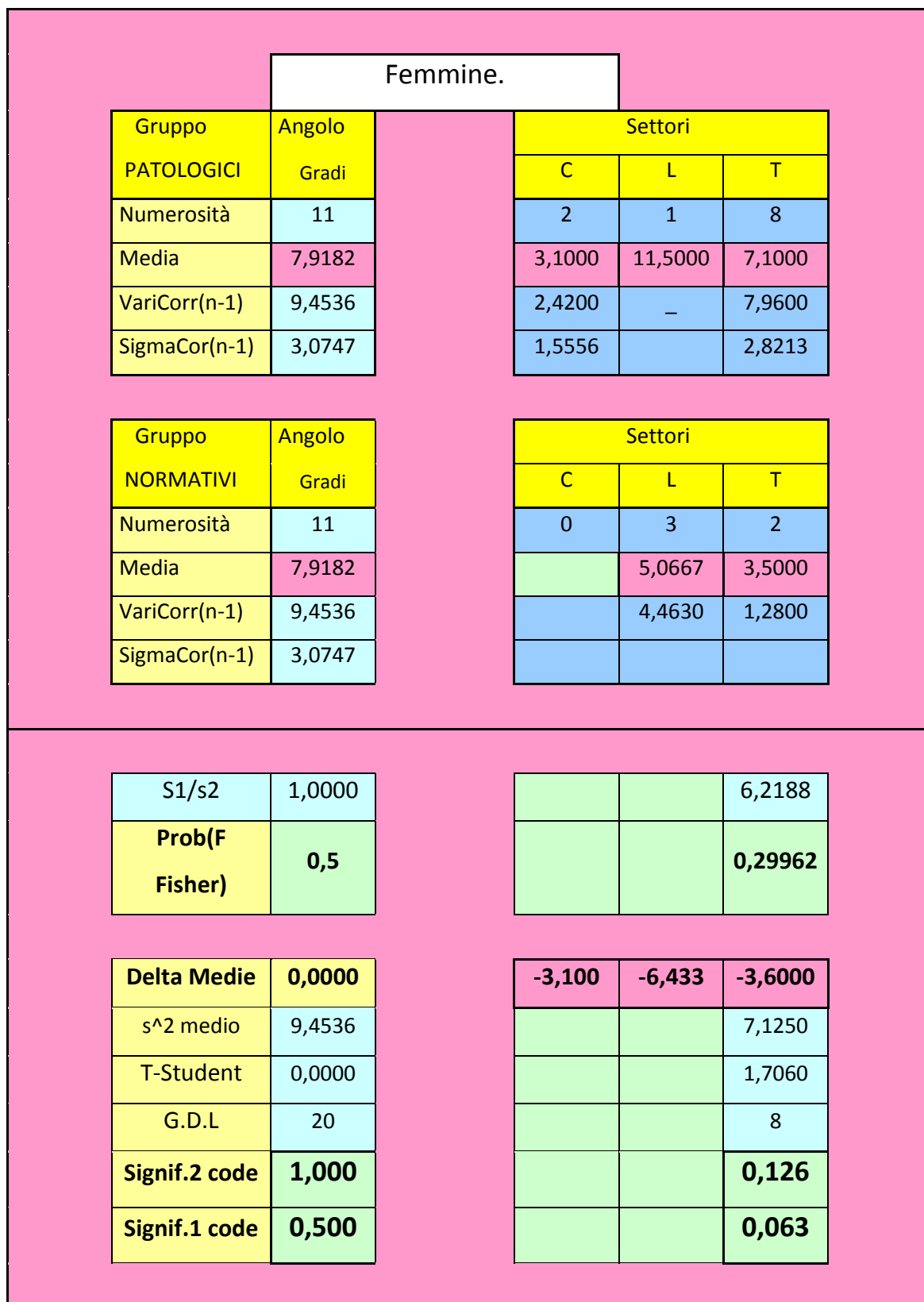
Fig. 53

Come si evince, la frequenza media delle vertebre interessate dalla rotazione distrettuale si trova a livello toracico, segue poi la zona cervicale e la zona lombare che se anche appare nel grafico con un picco più alto in realtà riguarda un singolo caso patologico(Fig. 54).



**Fig. 54**

La presenza della cerniera T12-L1 come massima frequenza di espressione nel totale del GP e del GN, ci ha portato ad analizzare le osservazioni di genere, per capire il comportamento di rotazione diverso nelle femmine e nei maschi. Per quanto riguarda le differenze di genere le donne del GP mostrano maggiore rotazione nel fulcro T8-T9 (Fig.55) che, nella colonna, svolge un ruolo di fulcro di flessione mentre nei maschi del GP, che sono in numero inferiore, mostrano maggiore rotazione in T5-T6 (Fig.56) che dal punto di vista vertebrale non è un fulcro “funzionale” di ruolo significativamente importante ma è diversamente una zona con un “comportamento” di gruppo insieme cioè ad altre vertebre.



**Fig.55: Numerosità, Media, Varianza e T-Student nelle femmine GP e GN per Rotazione di Superficie e Settore interessato**

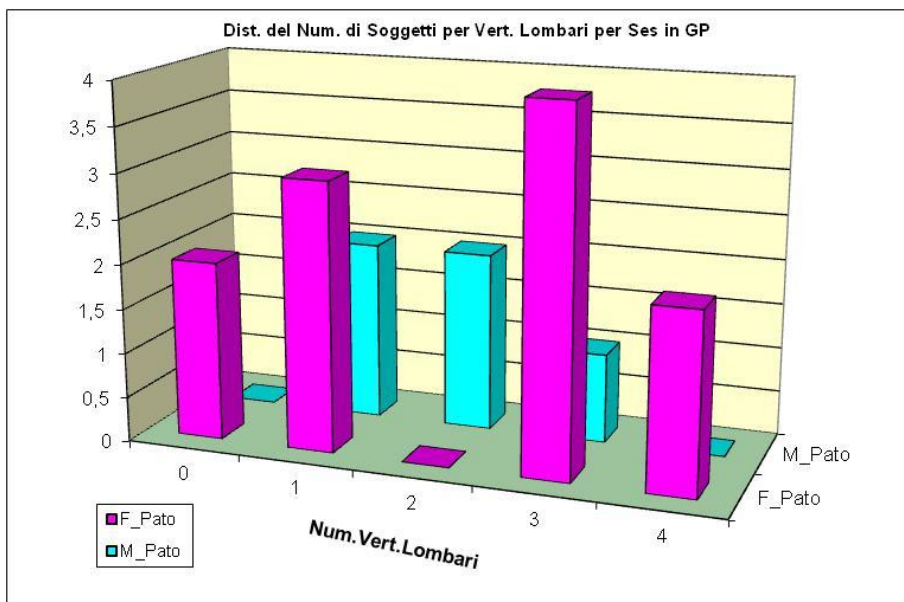
		Maschi		
<b>Gruppo</b>	<b>Angolo</b>	<b>Settori</b>		
<b>PATOLOGICI</b>	<b>Gradi</b>	<b>C</b>	<b>L</b>	<b>T</b>
Numerosità	5			5
Media	9,9400			9,9400
VariCorr(n-1)	9,9758			9,7580
SigmaCor(n-1)	3,1584			3,1238
<b>Gruppo</b>	<b>Angolo</b>	<b>Settori</b>		
<b>NORMATIVI</b>	<b>Gradi</b>	<b>C</b>	<b>L</b>	<b>T</b>
Numerosità	5	0	3	2
Media	4,4400		5,0667	3,5000
VariCorr(n-1)	3,2880		4,4630	1,2800
SigmaCor(n-1)				
<b>S1/s2</b>	<b>3,0340</b>			<b>7,6234</b>
<b>Prob(F Fisher)</b>	<b>0,15389</b>			<b>0,26446</b>
<b>Delta Medie</b>	<b>-5,5000</b>	<b>0,0000</b>	<b>5,067</b>	<b>-6,4400</b>
s^2 medio	6,6319			8,0624
T-Student	3,3769			2,7108
G.D.L	8			5
<b>Signif.2 code</b>	<b>0,010</b>			<b>0,042</b>
<b>Signif.1 code</b>	<b>0,005</b>			<b>0,021</b>

**Fig.56: Numerosità, Media, Varianza e T-Student nei maschi GP e GN per Rotazione di Superficie e Settore interessato**

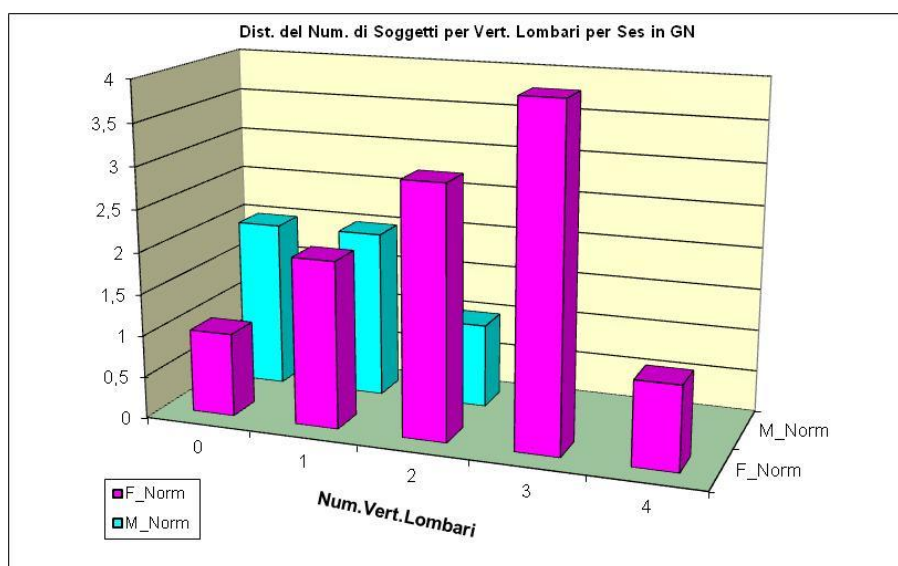
Dall'esame della numerosità delle vertebre, della media e della varianza nei maschi del GP e del GN, emerge invece, che i maschi del GP hanno una rotazione di superficie distrettuale importante mentre i maschi del GN non hanno rotazioni di superficie. Tutto questo ci sembra significativo anche se non ci permette visto il numero esiguo di pazienti maschi di trarre considerazioni su larga scala. Si è passati poi ad esaminare i valori delle vertebre sul *piano sagittale* soggette ad un repentino cambio di curvatura della colonna( esame delle microcurve). Il Formetric è in grado di rilevare se la curvatura della colonna sul piano sagittale subisce nel suo percorso attraverso le curve fisiologiche (cervicale, dorsale e lombare), qualche brusca modificazione. Tali vertebre essendo ad un crocevia di variazioni di movimento sono soggette in quel distretto ad una iper "sollecitazione" meccanica che le rende oggetto di dolorabilità. E' stato fatto un calcolo per conoscere la distribuzione dei soggetti per sesso in GP e GN, con il numero medio di vertebre ( 0, 1, 2, 3, 4 sono il numero di vertebre che ogni soggetto ha di media in quel tratto considerato) coinvolto nel cambio di curvatura della colonna in quella zona (Fig.58-Fig.63).

PATOLOGICI			
Numerosità	16	16	16
Media	1,6875	3,0625	1,6250
Varianza	0,2148	6,8086	1,9844
VariCorr(n-1)	0,2292	7,2625	2,1167
SigmaCor(n-1)	0,4787	2,6949	1,4549
NORMATIVI			
Numerosità	16	16	16
Media	1,4375	2,5000	1,1250
Varianza	0,2461	4,2500	2,1094
VariCorr(n-1)	0,2625	4,5333	2,2500
SigmaCor(n-1)	0,5123	2,1292	1,5000
S1/s2	0,8730	1,6020	0,9407
Prob(F Fisher)	0,602	0,18579	0,54631
Confronto Medie			
t-Student			
Delta Medie	0,2500	0,5625	0,5000
s^2 medio	0,2387	5,6710	2,1172
T-Student	1,4474	0,6681	0,9719
G.D.L	16	15	17
Signif.2 code	0,385	0,625	0,434
Signif.1 code	0,192	0,313	0,217
T-Aspen-Welch			

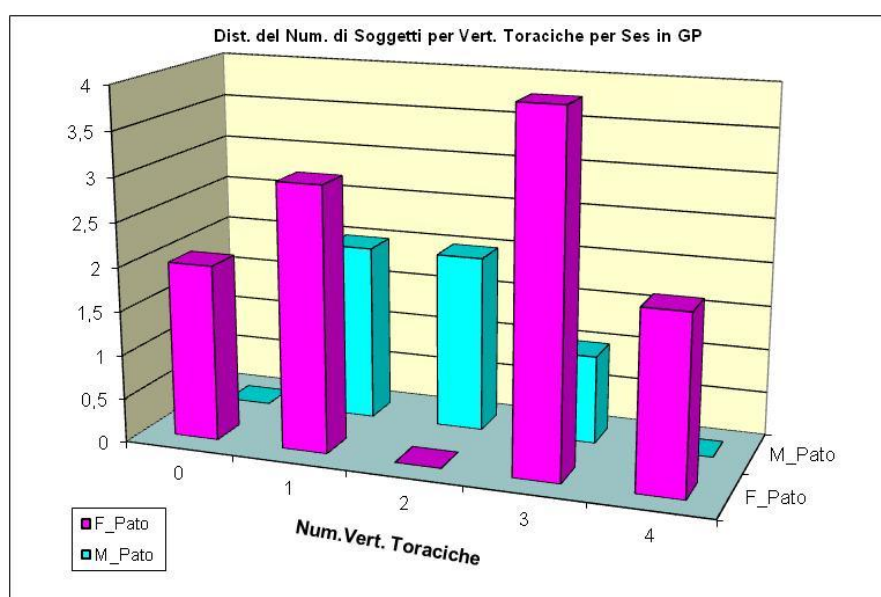
**Fig.57: Numerosità, media, varianza delle vertebre nell'esame delle *microcurve* sul piano sagittale**



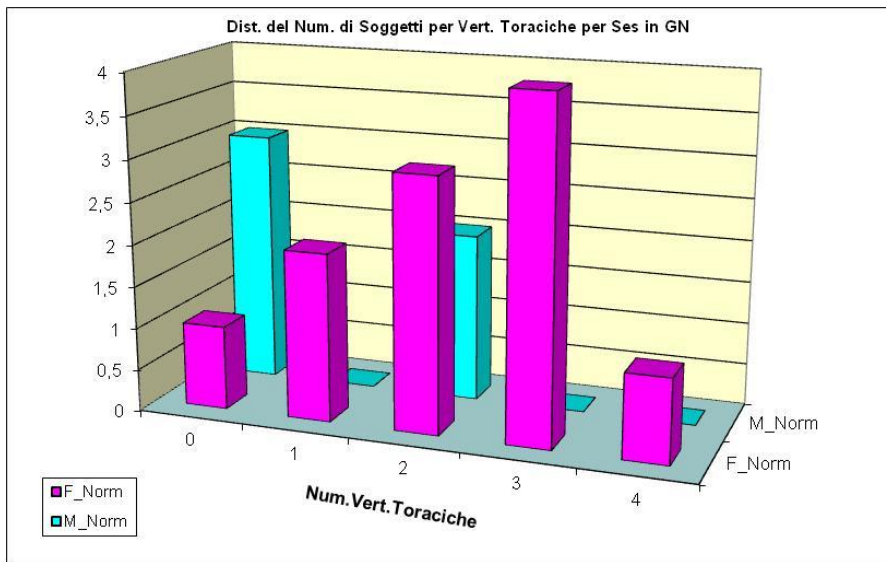
**Fig.58: Distribuzione del Num. di Soggetti per vertebre lombari per sesso nel GP**



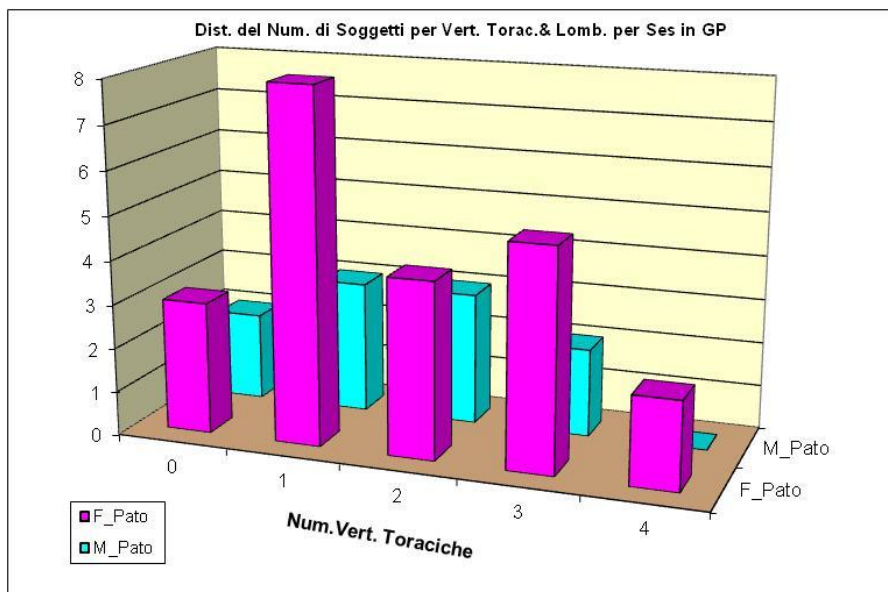
**Fig.59: Distribuzione del Num. di Soggetti per vertebre lombari per sesso nel GN**



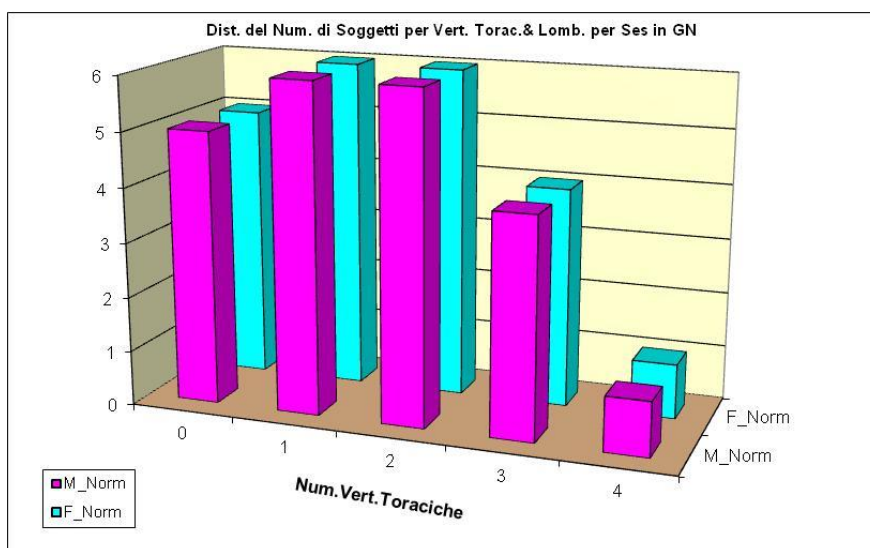
**Fig.60: Distribuzione del Num. di Soggetti per vertebre toraciche per sesso nel GP**



**Fig.61: Distribuzione del Num. di Soggetti per vertebre *toraciche* per sesso nel GN**



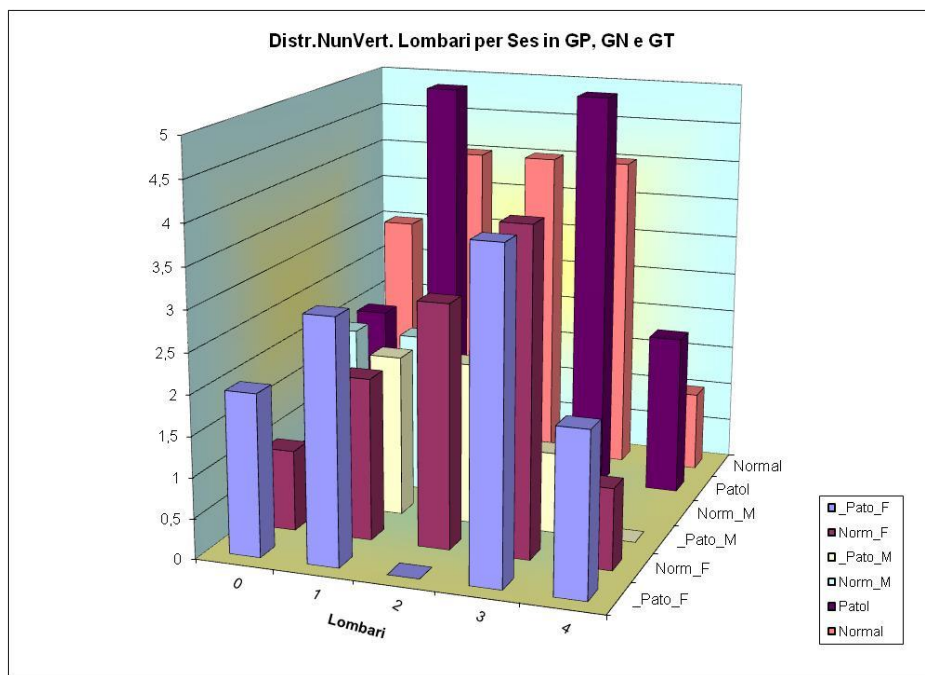
**Fig.62: Distribuzione del Num. di Soggetti per vertebre *toraciche e lombari* per sesso nel GP**



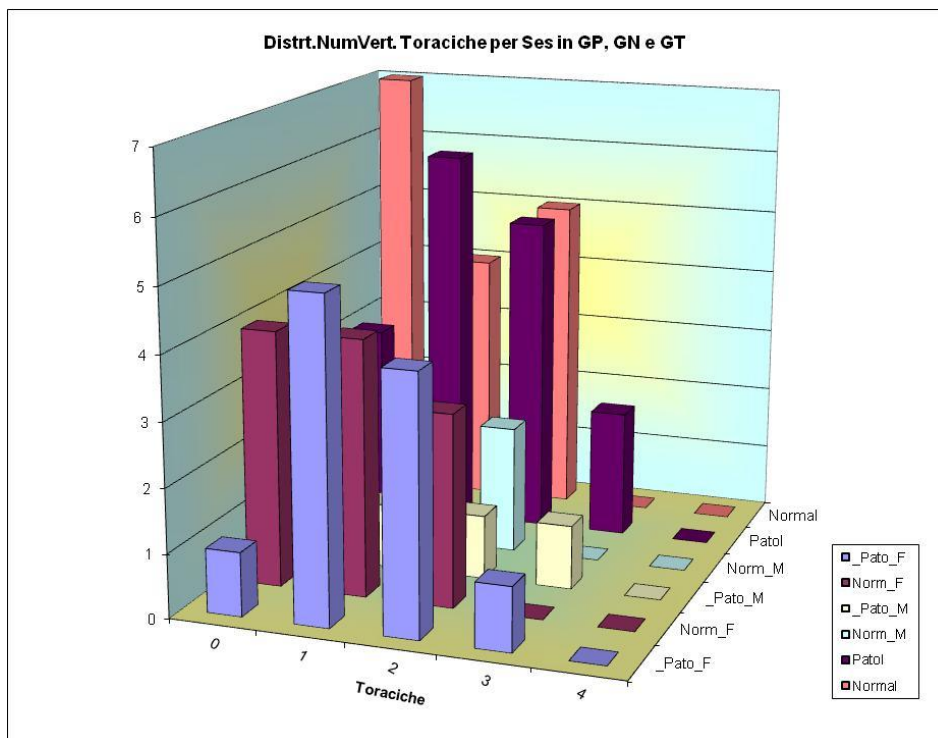
**Fig.63: Distribuzione del Num. di Soggetti per vertebre *toraciche e lombari* per sesso nel GN**



E' stata poi calcolata la distribuzione del numero delle vertebre per sesso nel gruppo patologico, nel gruppo normativo e nel gruppo totale (Fig.64- Fig.65).



**Fig.64: Distribuzione del numero di vertebre *lombari* per sesso nel GP,GN e GTotale**



**Fig.65: Distribuzione del numero di vertebre *toraciche* per sesso nel GP,GN e Gruppo Totale**



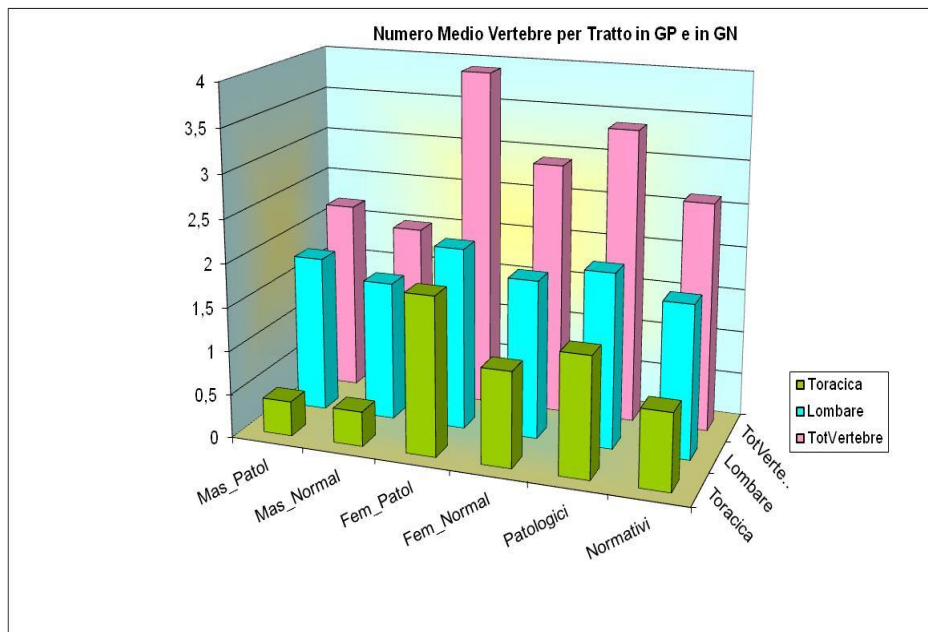
E' stato poi esaminato la numerosità, la media e la varianza delle vertebre per settore, nel GP, nel GN, nei maschi e nelle femmine (Fig.66 e Fig.67). Questo è rappresentato anche dal grafico sottostante (Fig.68).

Totale								
PATOLOGICI			NORMATIVI					
Tor	Lom	TotVer				Tor	Lom	TotVer
16	16	16		Numerosità		16	16	16
<b>1,375</b>	<b>2</b>	<b>3,375</b>		<b>Media</b>		<b>0,875</b>	<b>1,75</b>	<b>2,625</b>
0,9167	1,7333	2,25		VariCorr(n-1)		0,7833	1,5333	2,5167
0,9574	1,3166	1,5		SigmaCor(n-1)		0,8851	1,2383	1,5864
Femmine								
PATOLOGICI			NORMATIVI					
Tor	Lom	TotVer				Tor	Lom	TotVer
11	11	11		Numerosità		11	11	11
<b>1,8182</b>	<b>2,0909</b>	<b>3,9091</b>		<b>Media</b>		<b>1,0909</b>	<b>1,8182</b>	<b>2,9091</b>
0,9167	1,7333	2,25		VariCorr(n-1)		0,7833	1,5333	2,5167
0,9574	1,3166	1,5		SigmaCor(n-1)		0,8851	1,2383	1,5864
Maschi								
PATOLOGICI			NORMATIVI					
Tor	Lom	TotVer				Tor	Lom	TotVer
5	5	5		Numerosità		5	5	5
<b>0,4</b>	<b>1,8</b>	<b>2,2</b>		<b>Media</b>		<b>0,4</b>	<b>1,6</b>	<b>2</b>
0,9167	1,7333	2,25		VariCorr(n-1)		0,7833	1,5333	2,5167
0,9574	1,3166	1,5		SigmaCor(n-1)		0,8851	1,2383	1,5864
Tot	Patol vs Norm					PATOL Fem vs Mas		
Tor	Lom	TotVer				Tor	Lom	TotVer
1,1702	1,1304	0,8940		S1/s2		1,0000	1,0000	1,0000
<b>0,382</b>	<b>0,408</b>	<b>0,584</b>		<b>Prob(F Fisher)</b>		<b>0,548</b>	<b>0,548</b>	<b>0,548</b>
<b>0,5000</b>	<b>0,2500</b>	<b>0,7500</b>		<b>Delta Medie</b>		<b>0,691</b>	<b>0,218</b>	<b>0,909</b>
0,8500	1,6333	2,3833		s^2 medio		1,1210	2,0380	3,0593
1,5339	0,5533	1,3741		T-Student		1,2099	0,2834	0,9636
30	30	30		G.D.L		14	14	14
0,136	0,584	0,180		<b>Signif.2 code</b>		<b>0,246</b>	<b>0,781</b>	<b>0,352</b>
<b>0,068</b>	<b>0,292</b>	<b>0,090</b>		<b>Signif.1 code</b>		0,123	0,391	0,176

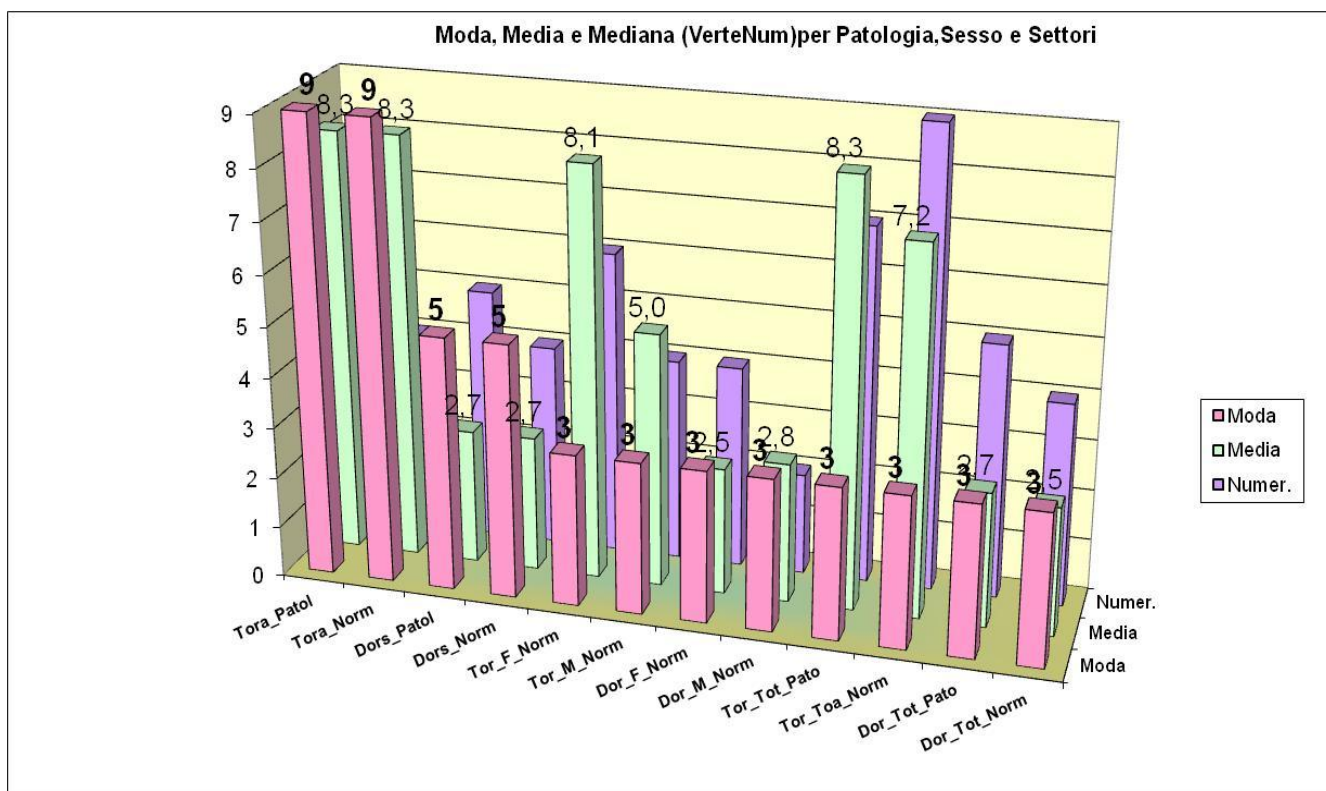
Fig.66: Numerosità, media, varianza del numero di vertebre in totale in GP in GN e per sesso

	Toracica	Lombare	TotVertebre
Mas_Patol	0,4	1,8	2,2
Mas_Normal	0,4	1,6	2
Fem_Patol	1,818	2,091	3,909
Fem_Normal	1,091	1,818	2,909
Patologici	1,375	2	3,375
Normativi	0,875	1,75	2,625

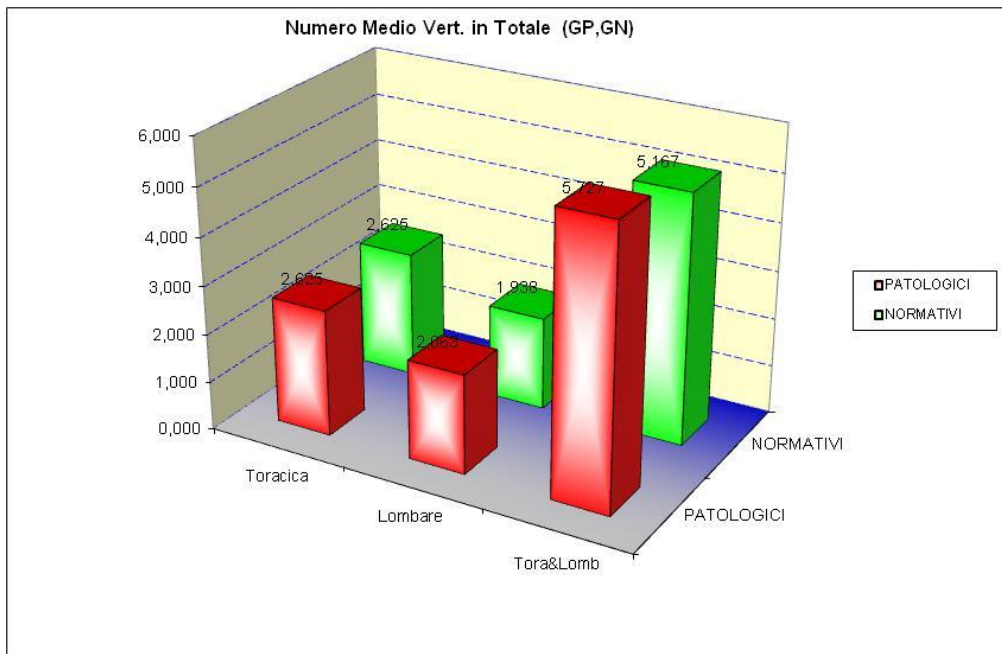
Fig. 67: Calcolo delle medie



**Fig.68: Numero medio delle vertebre per tratto in GP e in GN**

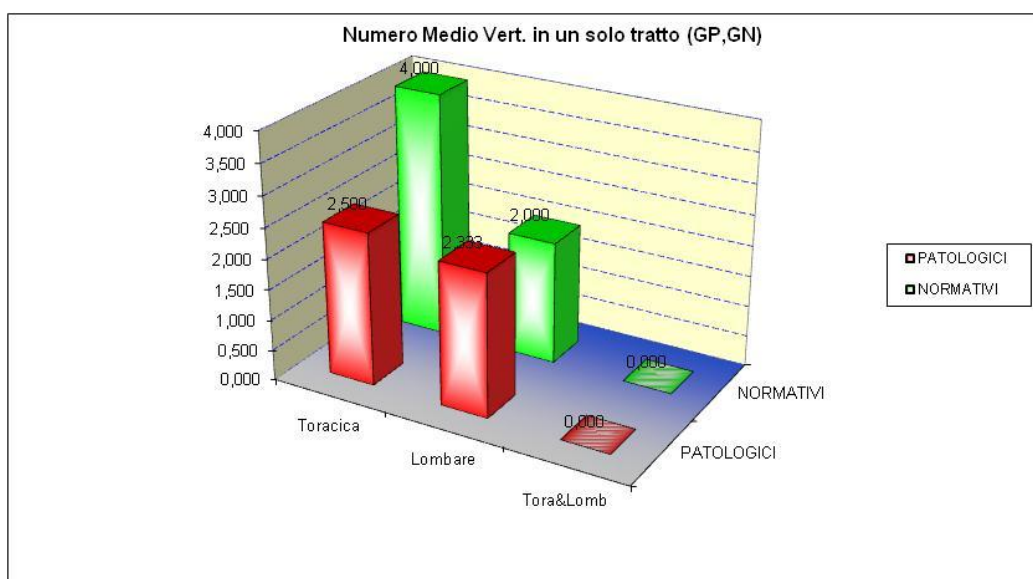


**Fig. 69: Moda, media, mediana delle vertebre in GP e GN per sesso e settori**

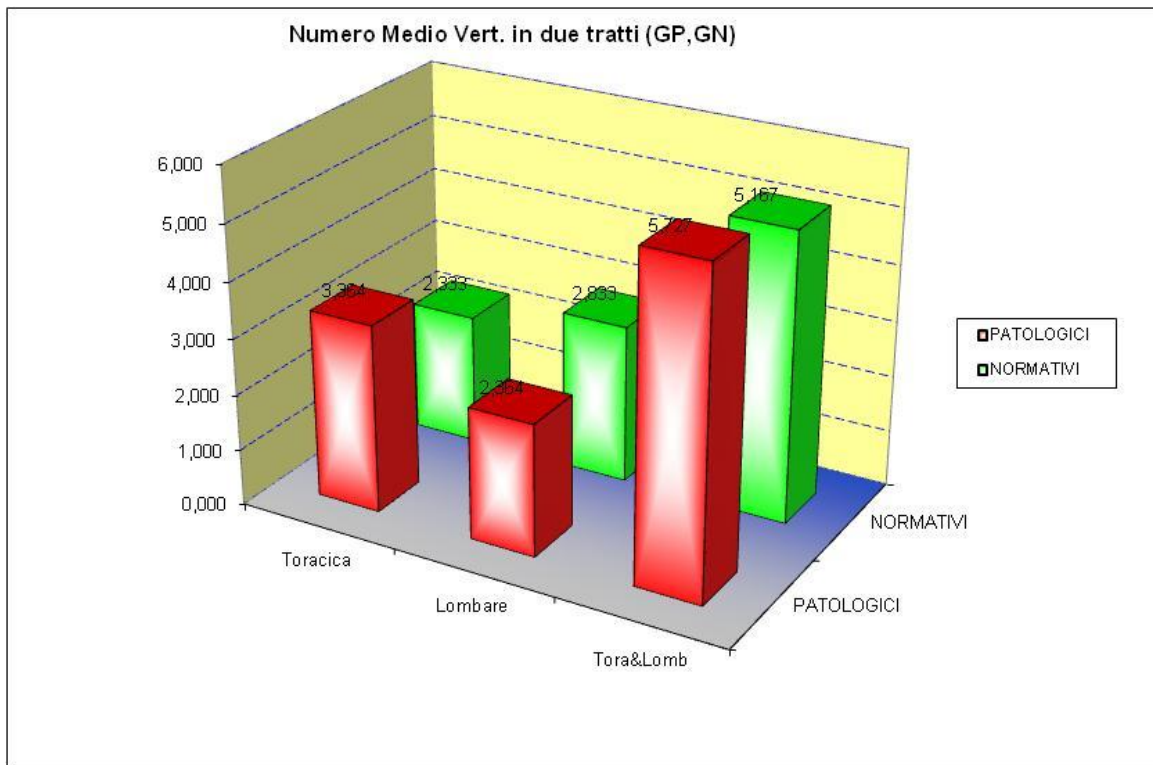


**Fig.69: Numero medio delle vertebre in GP e in GN in Totale**

	1 solo Tratto	2 Tratti	1 & 2 Tr5atti
<b>PATOLOGICI</b>			
Toracica	2,500	3,364	2,625
Lombare	2,333	2,364	2,063
Tora&Lomb	0,000	5,727	5,727
<b>NORMATIVI</b>			
Toracica	4,000	2,333	2,625
Lombare	2,000	2,833	1,938
Tora&Lomb	0,000	5,167	5,167

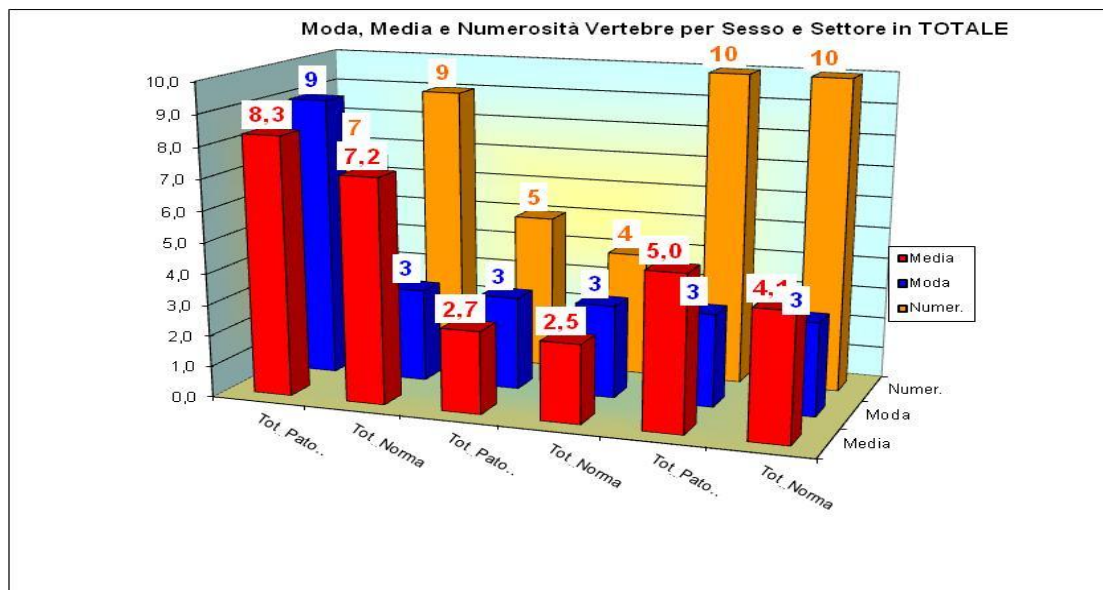


**Fig.70: Numero medio delle vertebre in 1 solo tratto in GP e in GN**



**Fig.71: Numero medio delle vertebre in 2 tratti in GP e in GN**

I normativi soffrono in percentuale in un solo tratto (Fig.70), entrambi i gruppi hanno mostrato di soffrire in 2 tratti (Fig.71). Entrambi i gruppi mostrano di soffrire maggiormente a livello medio del tratto dorsale zona T7-T10 (Fig.72).



**Fig.72**

Nell' esame del GP, emerge che questi pazienti soffrono maggiormente nella medesima zona T7-

T10 (Fig.73), mentre nel GN l' interessamento vertebrale appare più alto e più distribuito (Fig.74).

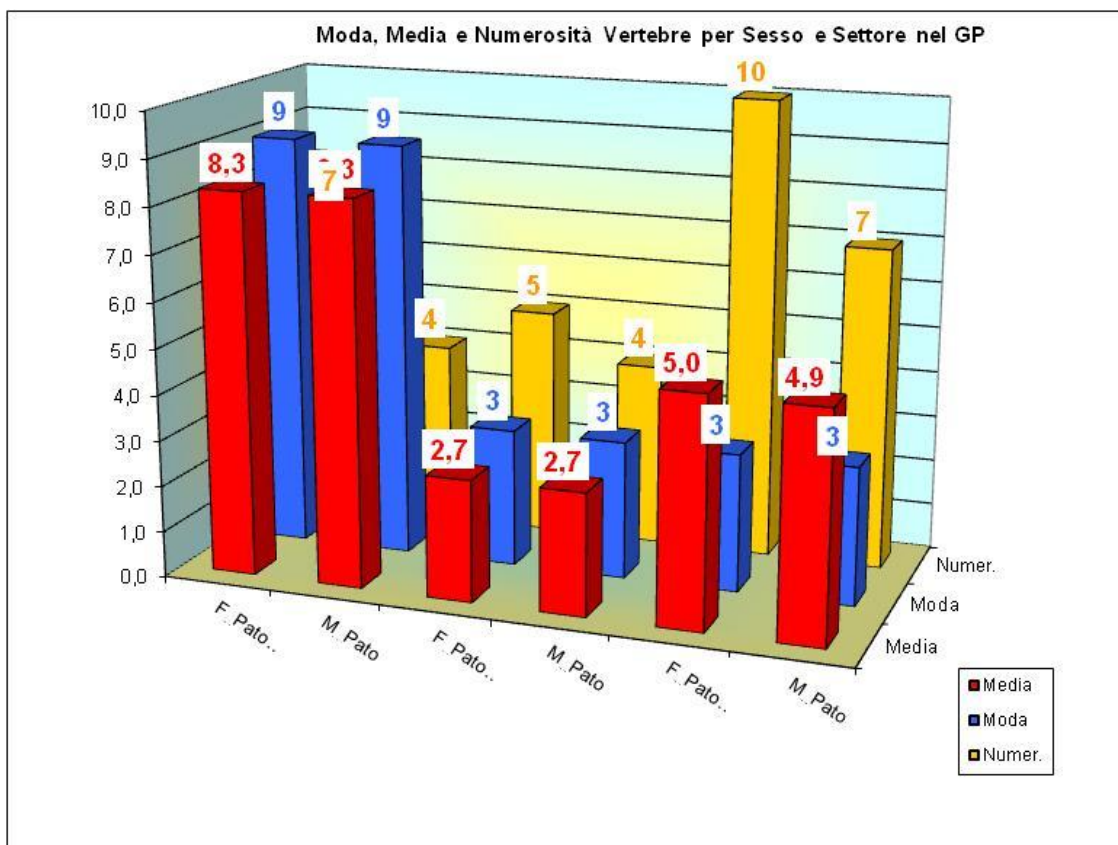


Fig.73

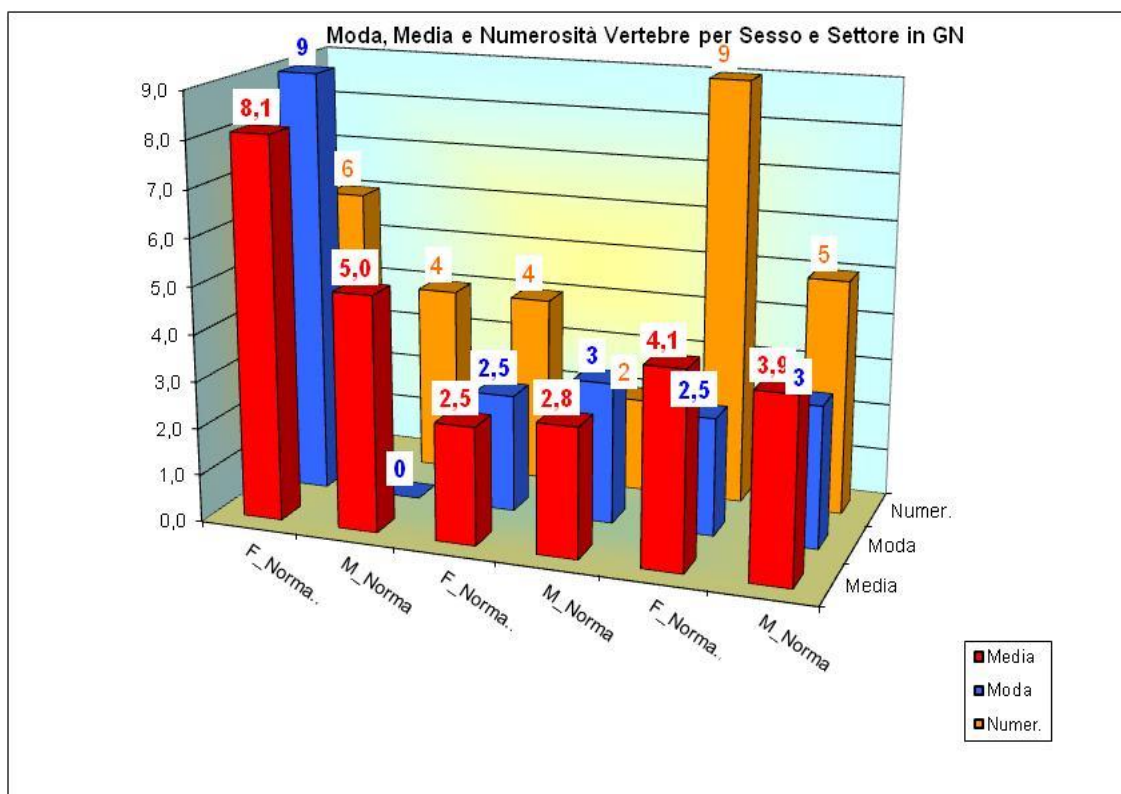


Fig.74



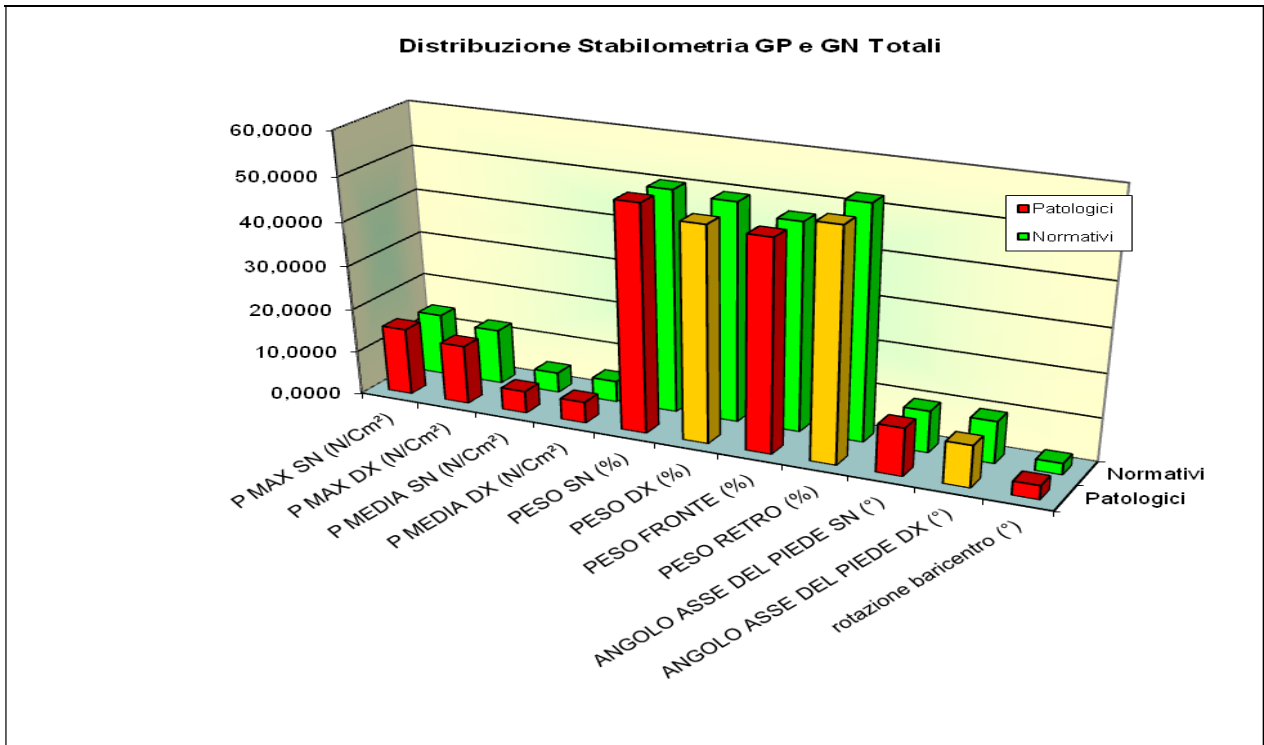
Nell'acquisizione **Averaging con stabilometria** sono state confrontate le medie di tutti i parametri del GP e del GN di tutta la popolazione, dei maschi e delle femmine (Fig.75). Da un primo esame dei risultati ( Fig.76) è emerso che dal delta delle medie sono risultati debolmente significativi tutti i

MEDIA	P MAX SN (N/Cm <sup>2</sup> )	P MAX DX (N/Cm <sup>2</sup> )	P MEDIA SN (N/Cm <sup>2</sup> )	P MEDIA DX (N/Cm <sup>2</sup> )	PESO SN (%)	PESO DX (%)	PESO FRONTE (%)	PESO RETRO (%)	ANGOLO ASSE DEL PIEDE SN (°)	ANGOLO ASSE DEL PIEDE DX (°)	rotazione baricentro (°)	
Patolog.	Media	15,3625	13,5313	5,0875	4,8750	51,3750	48,6250	47,8063	52,1938	10,9875	9,5938	3,1688
Normat.	Media	14,2313	12,6625	4,6125	4,8563	50,4313	49,5688	47,1625	52,8375	9,6125	9,6625	2,6063
Patolog.	Media	16,0636	14,2727	5,1636	4,8909	51,0364	48,9636	46,8727	53,1273	10,9545	9,0455	3,2818
Normat.	Media	14,0636	12,9182	4,29091	4,78182	50,6909	49,3091	48,7	51,3	10,6182	8,97273	2,73636
Patolog.	Media	13,8200	11,9000	4,9200	4,8400	52,1200	47,8800	49,8600	50,1400	11,0600	10,8000	2,9200
Normat.	Media	14,6000	12,1000	5,3200	5,0200	49,8600	50,1400	43,7800	56,2200	7,4000	11,1800	2,3200

Fig.75

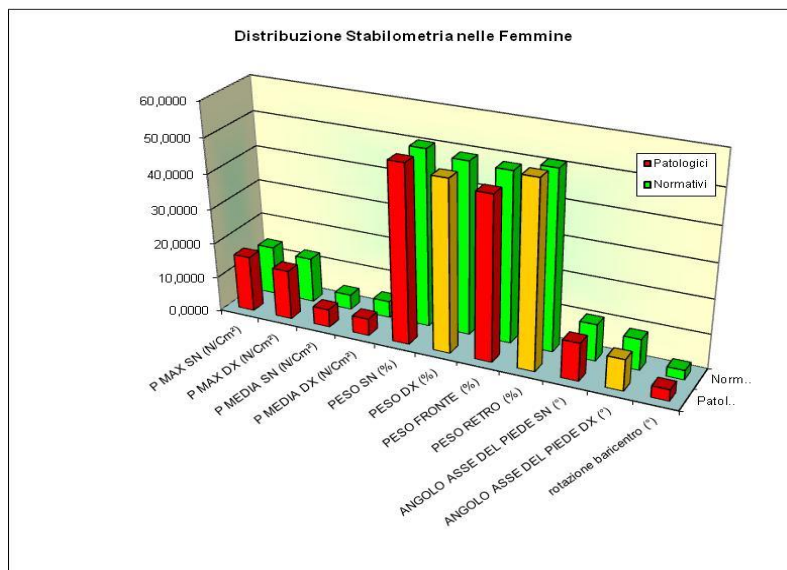
	P MAX SN (N/Cm <sup>2</sup> )	P MAX DX (N/Cm <sup>2</sup> )	P MEDIA SN (N/Cm <sup>2</sup> )	P MEDIA DX (N/Cm <sup>2</sup> )	PESO SN (%)	PESO DX (%)	PESO FRONTE (%)	PESO RETRO (%)	ANGOLO ASSE DEL PIEDE SN (°)	ANGOLO ASSE DEL PIEDE DX (°)	rotazione baricentro (°)
<b>Confronto Medie</b>											
<b>t-Student</b>											
	>0	<0	>0	>0	>0	>0	>0	>0	>0	>0	>0
<b>Delta Medie</b>	<b>1,1313</b>	<b>0,8687</b>	<b>0,4750</b>	<b>0,0188</b>	<b>0,9437</b>	<b>-0,9437</b>	<b>0,6437</b>	<b>-0,6437</b>	<b>1,3750</b>	<b>-0,0688</b>	<b>0,5625</b>
s <sup>2</sup> medio	8,5524		1,4552	0,5650			45,6389	45,6389	28,0758		
T-Student	1,0941		1,1137	0,0706			0,2695	0,2695	0,7340		
G.D.L	30		30	30			30	30	30		
<b>Signif.2 code</b>	<b>0,283</b>		<b>0,274</b>	<b>0,944</b>			<b>0,789</b>	<b>0,789</b>	<b>0,469</b>		
<b>Signif.1 code</b>	<b>0,141</b>		<b>0,137</b>	<b>0,472</b>			<b>0,395</b>	<b>0,395</b>	<b>0,234</b>		
<b>T-Aspen-Welch</b>											
Delta Medie		0,8687			0,9437	-0,9437				-0,0688	0,5625
t-AspinWelch		0,8928			0,5737	0,5732				0,0282	0,3790
G.D.L		25,5756			24,4542	24,4542				26,6805	19,9501
<b>Signif.2 code</b>		<b>0,380</b>			<b>0,571</b>	<b>0,572</b>				<b>0,978</b>	<b>0,709</b>
<b>Signif.1 code</b>		<b>0,190</b>			<b>0,286</b>	<b>0,286</b>				<b>0,489</b>	<b>0,354</b>

Fig.76: Confronto delle Medie con t-Student e T-Aspen-Welch

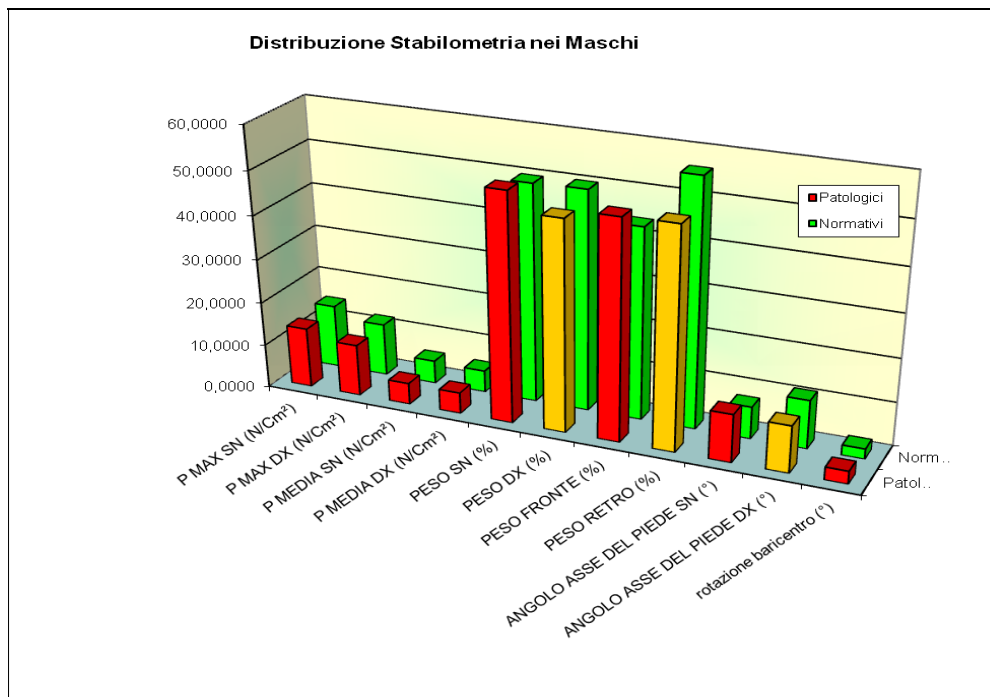


**Fig.77**

parametri della stabilometria (tranne il peso dx, peso retro e rotazione baricentro). Ma andando ad eseguire t- Student e Aspin-Welch, emerge che in realtà non lo sono. I dati relativi all'analisi con *Averaging con stabilometria* non hanno messo in evidenza dati rilevanti tra il gruppo patologico e il gruppo normativo per quanto concerne *pressione massima sinistra/destra, pressione media sinistra/destra, peso sinistra/destra, peso fronte/retro, angolo dell'asse del piede sinistra destra, rotazione del baricentro* (Fig.77) sia nelle femmine (Fig.78) che nei maschi (Fig.79).



**Fig.78**



**Fig.79**

Allo stesso modo esaminando con la medesima analisi statistica, si nota che nelle femmine del GP e del GN, si riconferma il dato di un' assenza di significatività di tutti i valori sopra elencati (Fig.80), così come all'esame dei maschi (Fig.81). Questo risultato ci è apparso molto "curioso" anche perché avevamo ipotizzato che ci potesse essere nei soggetti patologici, che hanno un deficit della muscolatura del tronco, una maggiore risposta in lateralità nella distribuzione del peso su entrambi i piedi magari coerente al deficit di lato che invece, non abbiamo trovato. Allo stesso modo abbiamo pensato ad una possibile fuga del corpo anteriormente o posteriormente anche se già l' avevamo esclusa visto i risultati dell' esame del Formetric sul piano sagittale (freccia cervicale, freccia lombare, angolo di cifosi, angolo di lordosi) che hanno mostrato una mancanza di significatività importante di questi parametri nel confronto con il gruppo normativo.



P MAX SN (N/Cm <sup>2</sup> )	P MAX DX (N/Cm <sup>2</sup> )	P MEDIA SN (N/Cm <sup>2</sup> )	P MEDIA DX (N/Cm <sup>2</sup> )	PESO SN (%)	PESO DX (%)	PESO FRONTE (%)	PESO RETRO (%)	ANGOLO ASSE DEL PIEDE SN (°)	ANGOLO ASSE DEL PIEDE DX (°)	rotazione baricentro (°)
-------------------------------	-------------------------------	---------------------------------	---------------------------------	-------------	-------------	-----------------	----------------	------------------------------	------------------------------	--------------------------

Femmine

PATOLOGICI											
Numerosità	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
Media	16,0636	14,2727	5,1636	4,8909	51,0364	48,9636	46,8727	53,1273	10,9545	9,0455	3,2818
VariCorr(n-1)	10,5565	12,4282	1,2945	0,8789	47,3085	47,3085	59,7542	59,7542	35,6767	54,0127	23,0016
SigmaCor(n-1)	3,2491	3,5254	1,1378	0,9375	6,8781	6,8781	7,7301	7,7301	5,9730	7,3493	4,7960

NORMATIVI											
Numerosità	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
Media	14,0636364	12,9181818	4,29090909	4,78181818	50,6909091	49,3090909	48,7	51,3	10,61818182	8,972727273	2,736363636
VariCorr(n-1)	7,3025	4,4216	2,0969	0,4096	13,3449	13,3449	52,6920	52,6920	25,8656	31,9802	2,5645
SigmaCor(n-1)	2,7023	2,1028	1,4481	0,6400	3,6531	3,6531	7,2589	7,2589	5,0858	5,6551	1,6014

Confronto Varianze

S1/s2	1,4456	2,8108	0,6174	2,1456	3,5451	3,5451	1,1340	1,1340	1,3793	1,6889	8,9691
Prob(F Fisher)	0,2854356	0,0592	0,7704	0,1222	0,0292	0,0292	0,4231	0,4231	0,3103	0,2108	0,0009

Confronto Medie

t-Student

	<0	<0							<0	<0	<0
Delta Medie	-2	-1,354545	-0,872727	-0,109091	-0,345455	0,3454545	1,8272727	-1,827273	-0,3363636	-0,0727273	-0,5454545
s <sup>2</sup> medio	8,9295	8,4249	1,6957	0,6443			56,2231	56,2231	30,7712	42,9965	
T-Student	1,5696	1,0944	1,5717	0,3187			0,5715	0,5715	0,1422	0,0260	
G.D.L	20	20	20	20			20	20	20	20	
Signif.2 code	0,132	0,287	0,132	0,753			0,574	0,574	0,888	0,980	
Signif.1 code	0,066	0,143	0,066	0,377			0,287	0,287	0,444	0,490	

T-Aspen-Welch

Delta Medie					-0,3455	0,3455					-0,5455
t-AspenWelch					0,1617	0,1616					0,3134
G.D.L					15,2258	15,2258					12,2025
Signif.2 code					0,874	0,874					0,759
Signif.1 code					0,437	0,437					0,380

Fig. 80: Numerosità, media, varianza delle femmine del GP e del GN nella stabilometria

P MAX SN (N/Cm <sup>2</sup> )	P MAX DX (N/Cm <sup>2</sup> )	P MEDIA SN (N/Cm <sup>2</sup> )	P MEDIA DX (N/Cm <sup>2</sup> )	PESO SN (%)	PESO DX (%)	PESO FRONTE (%)	PESO RETRO (%)	ANGOLO ASSE DEL PIEDE SN (°)	ANGOLO ASSE DEL PIEDE DX (°)	rotazione baricentro (°)
-------------------------------	-------------------------------	---------------------------------	---------------------------------	-------------	-------------	-----------------	----------------	------------------------------	------------------------------	--------------------------

Maschi

PATOLOGICI											
Numerosità	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Media	13,8200	11,9000	4,9200	4,8400	52,1200	47,8800	49,8600	50,1400	11,0600	10,8000	2,9200
VariCorr(n-1)	3,0370	1,4350	0,6120	0,3130	26,6370	26,6370	30,7630	30,7630	12,2730	60,6100	7,1070
SigmaCor(n-1)	1,7427	1,1979	0,7823	0,5595	5,1611	5,1611	5,5464	5,5464	3,5033	7,7852	2,6659

NORMATIVI											
Numerosità	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Media	14,6000	12,1000	5,3200	5,0200	49,8600	50,1400	43,7800	56,2200	7,4000	11,1800	2,3200
VariCorr(n-1)	11,8850	3,7750	0,8620	0,6520	17,8180	17,8180	1,9420	1,9420	35,5300	10,7420	4,4270
SigmaCor(n-1)	3,4475	1,9429	0,9284	0,8075	4,2211	4,2211	1,3936	1,3936	5,9607	3,2775	2,1040

Confronto Varianze

S1/s2	0,2555	0,3801	0,7100	0,4801	1,4949	1,4949	15,8409	15,8409	0,3454	5,6423	1,6054
Prob(F Fisher)	0,8925937	0,8142	0,6260	0,7526	0,3532	0,3532	0,0102	0,0102	0,8361	0,0612	0,3289

Confronto Medie

t-Student

	<0	<0							<0	<0	<0
Delta Medie	0,78	0,2	0,4	0,18	-2,26	2,26	-6,08	6,08	-3,66	0,38	-0,6
s^2 medio	7,461	2,605	0,7370	0,4825	22,2275	22,2275	16,3525	16,3525	23,9015	35,676	5,767
T-Student	0,45150866	0,19592783	0,7367	0,4097	0,75793704	0,75793704	2,3773	2,3773	1,1837	0,100592482	0,395044736
G.D.L	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Signif.2 code	0,66361179	0,84955189	0,482	0,693	0,47022	0,47022	0,045	0,045	0,271	0,922349269	0,703133979
Signif.1 code	0,3318059	0,42477595	0,241	0,346	0,23511	0,23511	0,022	0,022	0,135	0,461174635	0,351566989

T-Aspen-Welch

Delta Medie							-6,0800	6,0800			
t-AspinWelch							2,4424	2,4443			
G.D.L							5	5			
Signif.2 code							0,071	0,071			
Signif.1 code							0,036	0,035			

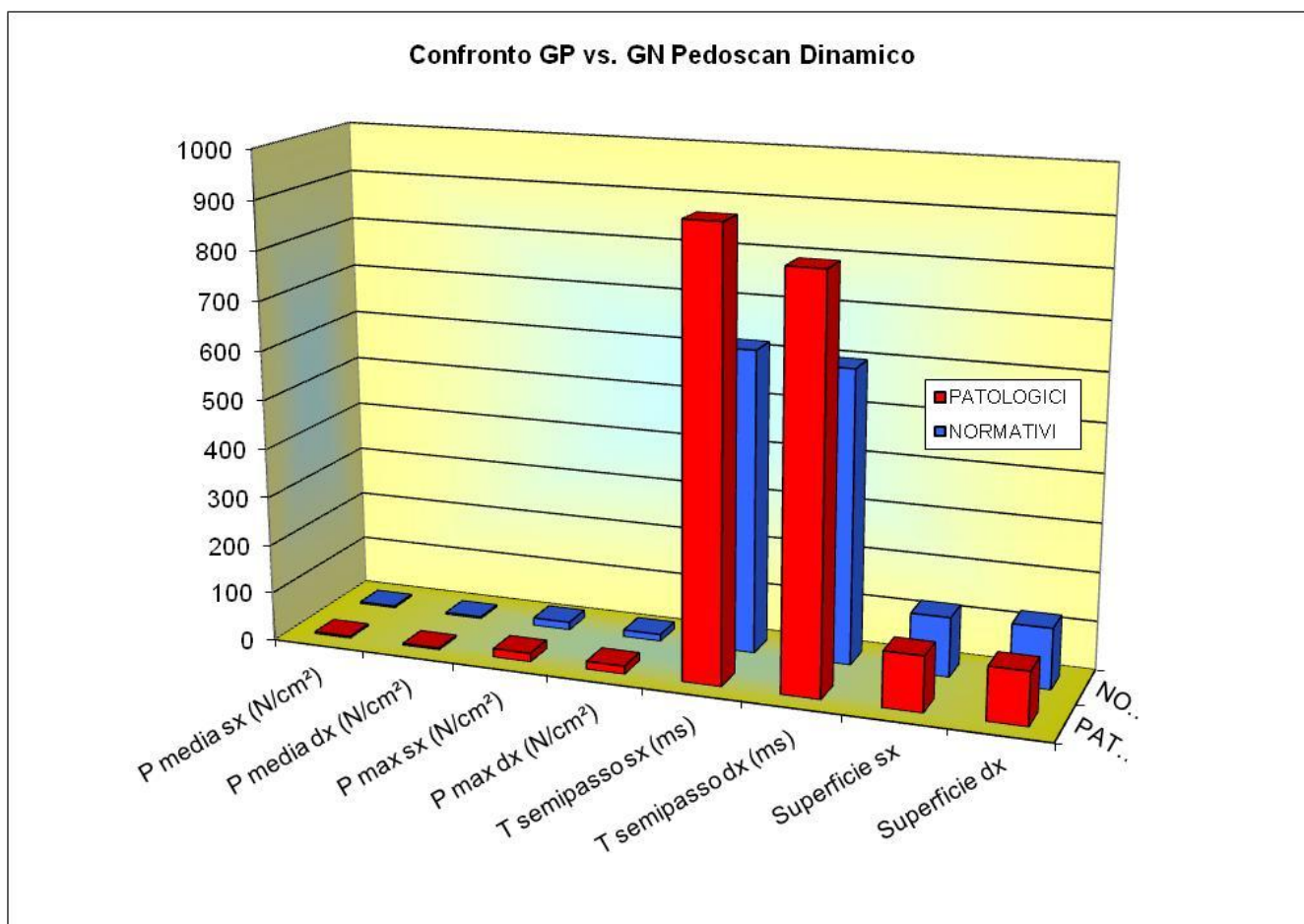
Fig. 81: Numerosità, media, varianza dei maschi del GP e del GN nella stabilometria

L'analisi dinamica del passo mediante **baropodometria dinamica** ha mostrato un aumento della *pressione massima* di appoggio e della *durata del semipasso* nel gruppo patologico rispetto al gruppo normativo (Fig.82).

	P media sx (N/cm <sup>2</sup> )	P media dx (N/cm <sup>2</sup> )	P max sx (N/cm <sup>2</sup> )	P max dx (N/cm <sup>2</sup> )	T semipasso sx (ms)	T semipasso dx (ms)	Superficie sx	Superficie dx	
<b>Totale</b>									
<b>PATOLOGICI</b>									
Numerosità	16	16	16	16	16	16	16	16	
<b>Media</b>	<b>3,9250</b>	<b>3,8438</b>	<b>17,7000</b>	<b>16,4313</b>	<b>904,8125</b>	<b>830,6875</b>	<b>113,5063</b>	<b>109,0563</b>	
VariCorr(n-1)	0,4753	0,3586	78,9987	140,8130	514063,7625	235189,1625	292,9700	366,1013	
SigmaCor(n-1)	0,6894	0,5989	8,8881	11,8665	716,9824	484,9631	17,1164	19,1338	
<b>NORMATIVI</b>									
Numerosità	16	16	16	16	16	16	16	16	
<b>Media</b>	<b>3,9000</b>	<b>3,9688</b>	<b>15,9938</b>	<b>14,1625</b>	<b>620,2500</b>	<b>599,8125</b>	<b>122,2438</b>	<b>124,8688</b>	
VariCorr(n-1)	0,2707	0,2636	9,7846	7,7798	5424,7333	7262,6958	654,6920	541,1690	
SigmaCor(n-1)	0,5203	0,5134	3,1280	2,7892	73,6528	85,2215	25,5869	23,2630	
<b>Confronto Varianze</b>									
S1/s2	1,7562	1,3604	8,0738	18,0997	94,7630	32,3832	0,4475	0,6765	####
Prob(F Fisher)	0,143293246	0,2793	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,9347	0,7710	
<b>Confronto Medie</b>									
					<b>t-Student</b>				
	>0	<0	>0	>0	>0	>0	>0	>0	
<b>Delta Medie</b>	<b>0,0250</b>	<b>-0,1250</b>	<b>1,7063</b>	<b>2,2688</b>	<b>284,5625</b>	<b>230,8750</b>	<b>-8,7375</b>	<b>-15,8125</b>	
s^2 medio	0,3730	0,3111					473,8310	453,6351	
T-Student	0,1158	0,6339					1,1353	2,0999	
G.D.L	30	30					30	30	
<b>Signif.2 code</b>	<b>0,909</b>	<b>0,531</b>					<b>0,265</b>	<b>0,044</b>	
<b>Signif.1 code</b>	<b>0,454</b>	<b>0,265</b>					<b>0,133</b>	<b>0,022</b>	
<b>T-Aspen-Welch</b>									
Delta Medie			1,7063	2,2688	284,5625	230,8750			
t-AspinWelch			0,7243	0,7420	1,5873	1,9035			
G.D.L			18,6596	16,6524	15,3165	15,9255			
<b>Signif.2 code</b>			<b>0,478</b>	<b>0,469</b>	<b>0,133</b>	<b>0,076</b>			
<b>Signif.1 code</b>			<b>0,239</b>	<b>0,234</b>	<b>0,067</b>	<b>0,038</b>			

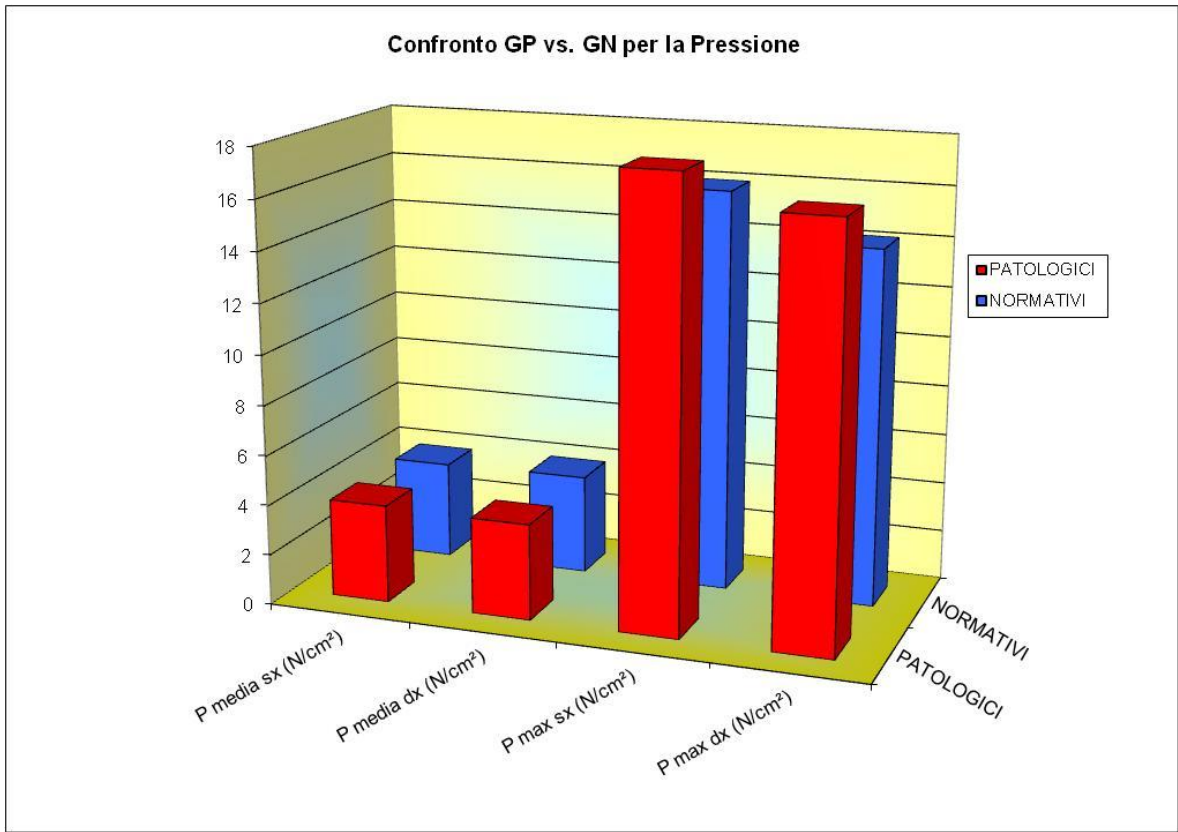
**Fig.82**

Il tempo del semipasso del piede destro e del piede sinistro sulla pedana, nel GP viene compiuto con estrema latenza rispetto al GN (Fig.83).

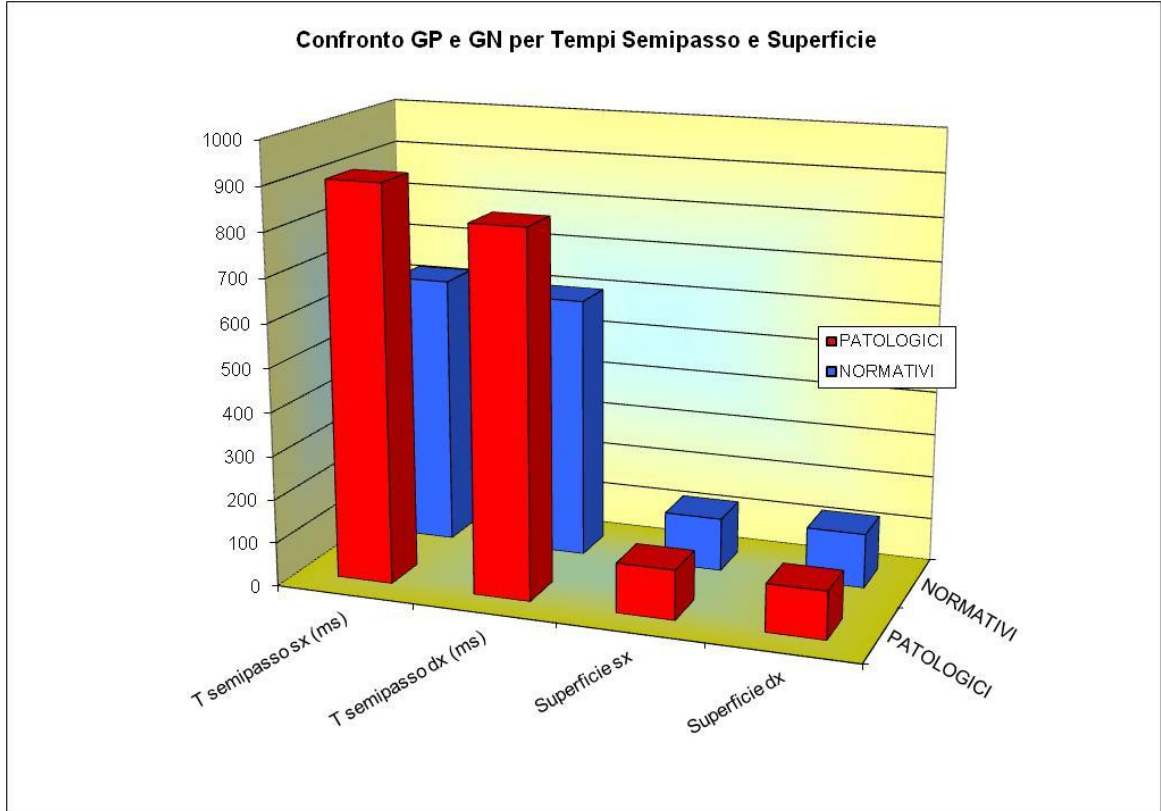


**Fig.83**

Inoltre l'analisi della pressione massima del piede sinistro e del piede destro è risultata anch'essa significativa rispetto al gruppo di controllo (Fig.84). La *pressione media* e la *superficie* di appoggio, in entrambi i gruppi, non hanno mostrato livelli di significatività statistica (Fig.85).



**Fig. 84**



**Fig.85**

Per quanto riguarda i risultati *pre e post trattamento riabilitativo* è stata eseguita una media dei valori del Formetric sul Piano Frontale (flessione laterale, inclinazione pelvica e torsione degli emibacini) e sul Piano Trasversale (rotazione massima di superficie)(Fig.86).

	flessione laterale	inclinazione pelvica	torsione emibacini IN GRADI	rotazione max superficie
Media Pre	16,0000	3,0000	2,5556	6,7333
Media Post	9,4444	3,6667	2,2222	6,9444

**Fig.86**

	PRE-TRATTAMENTO			
Numerosità	9	9	9	9
Media	16,0000	3,0000	2,5556	6,7333
Varianza	149,3333	4,0000	2,0247	15,7156
VariCorr(n-1)	168,0000	4,5000	2,2778	17,6800
SigmaCor(n-1)	12,9615	2,1213	1,5092	4,2048
	POST-TRATTAMENTO			
Numerosità	9	9	9	9
Media	9,4444	3,6667	2,2222	6,9444
Varianza	33,1358	7,5556	1,0617	17,4691
VariCorr(n-1)	37,2778	8,5000	1,1944	19,6528
SigmaCor(n-1)	6,1056	2,9155	1,0929	4,4331
S1/s2	4,5067	0,5294	1,9070	
Prob(F Fisher)	<b>0,02385</b>	<b>0,80645</b>	<b>0,19007</b>	
		<0		
<b>Delta Medie</b>	<b>-1,55556</b>	<b>3,66667</b>	<b>0,22222</b>	<b>4,94444</b>
s^2 medio	102,6389	6,5000	1,7361	18,6664
T-Student	0,4142	2,1573	0,3024	2,4277
G.D.L	13	5	1	11
Signif.2 code	<b>0,685</b>	<b>0,097</b>	<b>0,813</b>	<b>0,036</b>
Signif.1 code	<b>0,343</b>	<b>0,049</b>	<b>0,407</b>	<b>0,018</b>
Delta Medie	1,5556			
t-AspinWelch	0,7389			
G.D.L	9,1476			
Signif.2 code	<b>0,479</b>			
Signif.1 code	<b>0,239</b>			

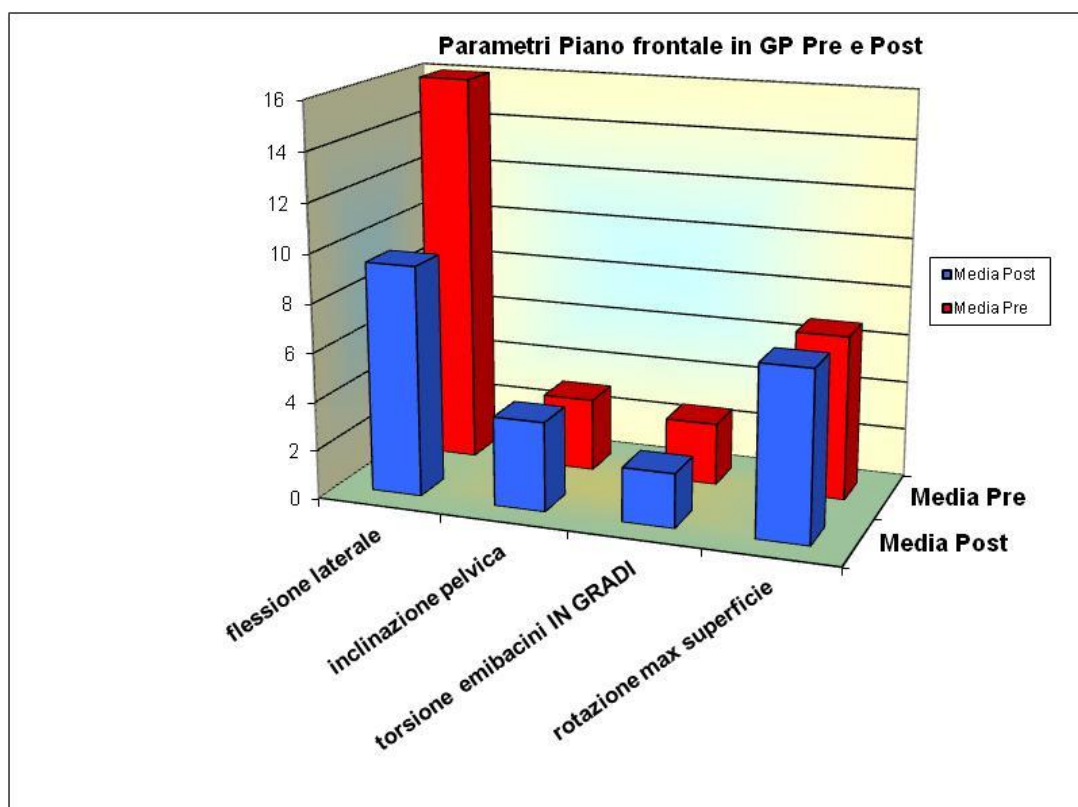
**Fig.87**

Questa volta avendo 2 campioni costituiti dagli stessi soggetti, è stata eseguita una media delle differenze pre e post trattamento. Successivamente, è stata calcolata la media e la varianza e poi il t-Student tra le medie (Fig.88).

H1_1_Coda.Se : Patol_Pre < (Coda Destra), Scrivi +1 Altrimenti-1 ( Coda Sinistra)				
H1 :	1	1	1	1
<b>Numerosità</b>	8	8	8	8
<b>Media</b>	7,7500	0,0000	0,2500	-0,4125
VariCorr(n-1)	197,0714	7,7143	1,3571	47,6584
<b>T-Student</b>	3,8645	0,0000	1,5022	0,4183
<b>Signif.2 code</b>	0,0062	1,0000	0,1767	0,6883
<b>Signif.1 code</b>	0,0031	0,5000	0,0884	0,3441

**Fig.88**

Da ciò emerge che per quanto riguarda la valutazione dei pazienti pre e post trattamento, l'aspetto più significativo è stato quello del parametro riguardante la flessione laterale del tronco (Fig.89), che si è mostrata totalmente migliorata al termine del trattamento. La rotazione di superficie pre-post trattamento non ha subito modificazioni.



**Fig.89**

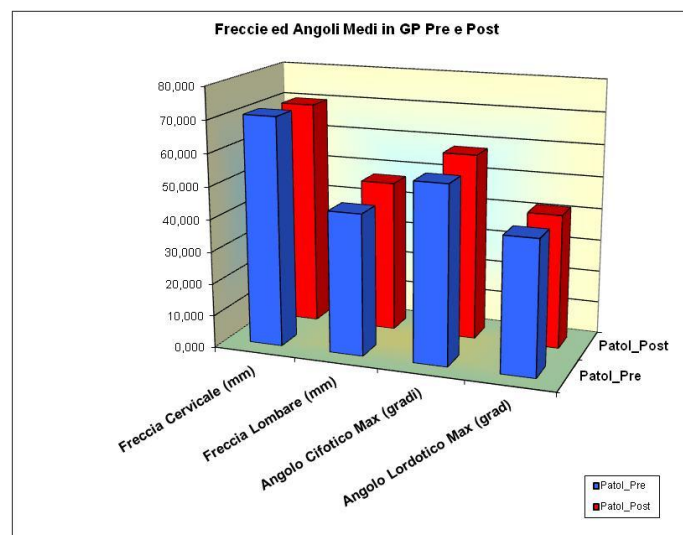
All'analisi dei dati delle componenti sul Piano Sagittale (freccia cervicale, freccia lombare, angolo cifotico massimo e angolo lordotico massimo)(Fig.90) è emerso che, per questi parametri non ci sono stati cambiamenti significativi rilevanti (in senso letterario), con una percentuale del 69% dei pazienti trattati, che non ha modificato nessuno di questi parametri (Fig.91). Tutto questo è riassunto nella rappresentazione grafica sottostante (Fig.92).

	Freccia Cervicale (mm)	Freccia Lombare (mm)	Angolo Cifotico Max (gradi)	Angolo Lordotico Max (grad)
Patol_Pre	70,856	43,844	55,000	41,522
Patol_Post	69,956	47,067	57,900	41,600
	0,900	-3,222	-2,900	-0,078

**Fig.90**

	Migliorato	Peggiorato	Uguale
Freccia Cervicale (mm)	33%	11%	56%
Freccia Lombare (mm)	0%	33%	67%
Angolo Cifotico Max (gradi)	0%	22%	78%
Angolo Lordotico Max (grad)	22%	0%	78%
	14%	17%	69%

**Fig.91**



**Fig.92**

Dalle nostre considerazioni precedenti era emerso che probabilmente i parametri del piano sagittale

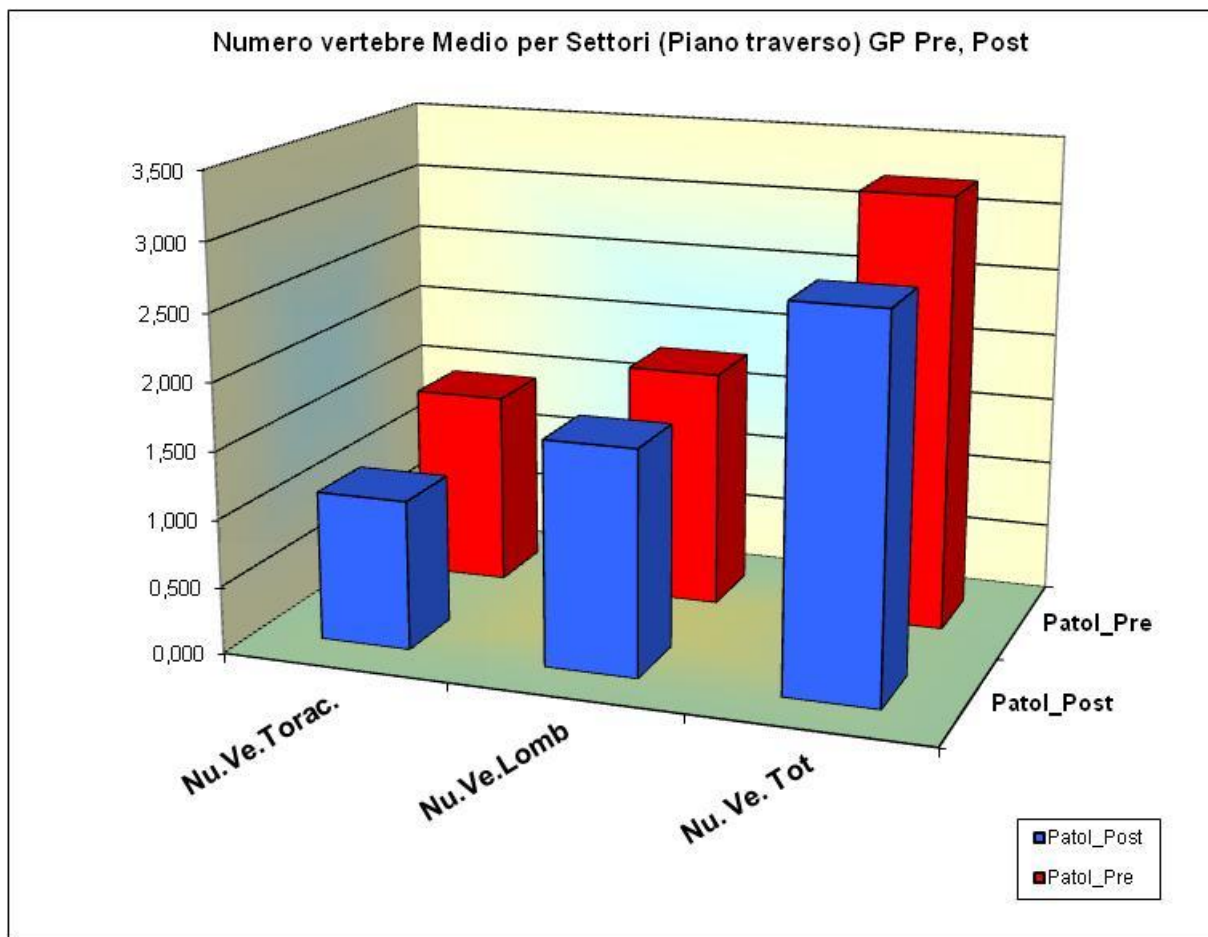


non fossero così significativi, da un punto di vista funzionale, ovvero di influenza o aggravamento di altri parametri nella patologia in questione.

Per quanto riguarda invece, le vertebre che sul piano sagittale sono risultate implicate dal cambiamento della traiettoria (*esame delle microcurve*) sicuramente, dopo il trattamento si sono ridotte le zone che in totale erano maggiormente interessate da questo problema (Fig.92).

	Nu.Ve.Torac.	Nu.Ve.Lomb.	Nu. Ve. Tot
Patol_Pre	1,444	1,778	3,222
Patol_Post	1,111	1,667	2,778

**Fig.92**



**Fig. 93**

Tutto questo è esplicitato all' interno del grafico (Fig. 93) in cui è ben visibile la riduzione in totale delle vertebre interessate dal cambiamento di traiettoria, la riduzione del numero di vertebre lombari significativa e ancora più notevole la riduzione di quelle dorsali.

Per quanto riguarda l' esame *Averaging con stabilometria* emerge che non ci sono stati significativi

cambiamenti pre e post trattamento (Fig.94), come è ben visibile anche nella rappresentazione del grafico (Fig. 95)

	Peso Max Sn (N/Cm <sup>2</sup> )	Peso Max Dx (N/Cm <sup>2</sup> )	Peso Med.SN (N/Cm <sup>2</sup> )	Peso Med.DX (N/Cm <sup>2</sup> )	Peso Sn (%)	Peso DX (%)	Peso FRONTE (%)	Peso RETRO (%)	Ang.Asse Piede Sn (°)	Ang.Asse Piede DX (°)	Rotaz.Baric. (°)	Movim.B aricen.Co rpo	Movim.B aricen.Pi ede sx	Movim.B aricen.Pi ede dx
Pato_PRE	20,650	14,000	4,650	4,600	51,500	48,500	46,250	53,750	9,300	12,900	3,500	10,900	9,900	2,100
Pato_POST	17,300	14,700	5,000	5,000	50,150	49,850	49,200	50,800	9,600	6,650	1,750	6,800	7,170	0,240

Fig.94

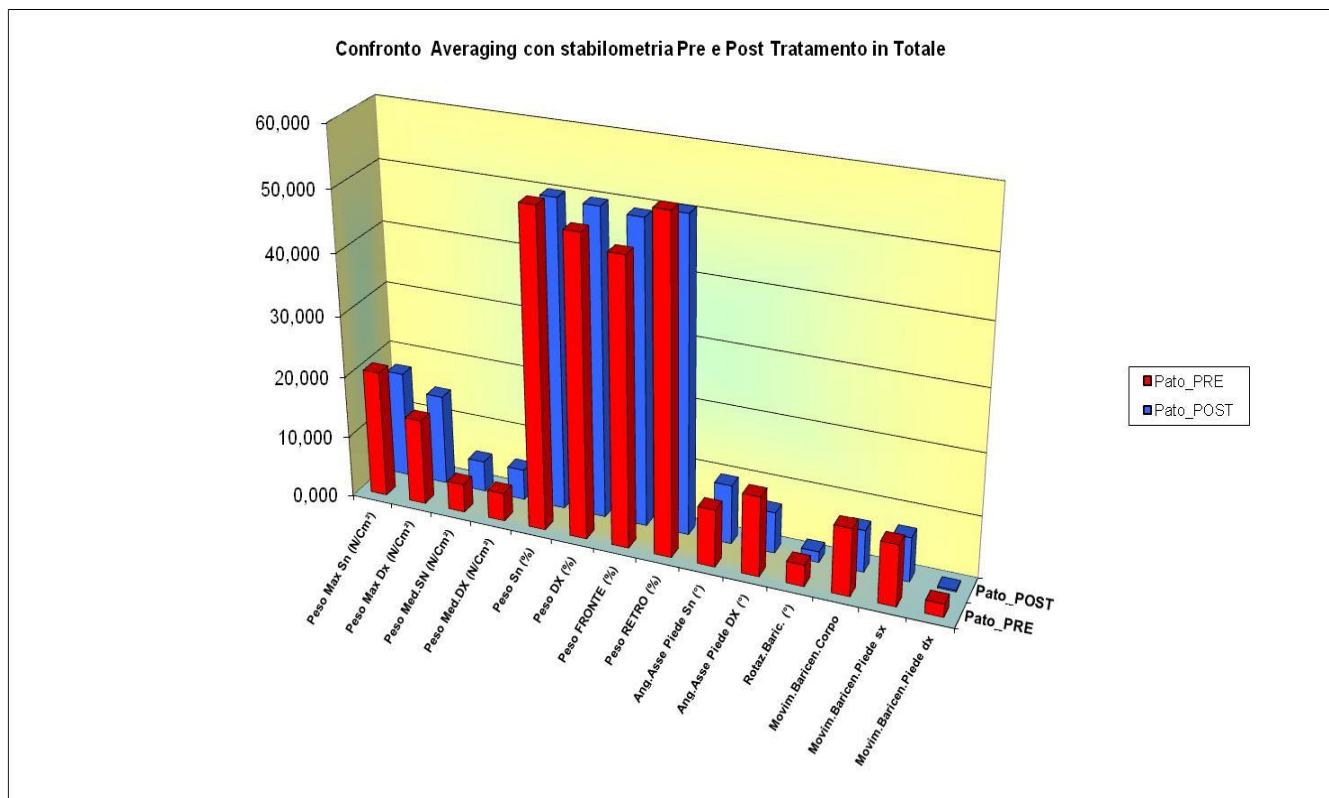


Fig.95

Si è proceduto in ultimo, ad analizzare la deambulazione dei soggetti con sclerosi multipla confrontandola con i dati di cui già eravamo in possesso prima del trattamento. Come sempre trattandosi di un campione piccolo e composto dagli stessi soggetti, si è provveduto ad effettuare una media delle differenze di tutti i valori esaminati. Si è provveduto, poi, ad effettuare un T-Student (Fig. 96). I valori presi in considerazione nell' esecuzione del *Pedoscans Dinamico* erano pressione media piede sn e dx, pressione massima piede sn e dx, tempo di esecuzione di ogni semipasso dx e sn e in ultimo, superficie di distribuzione del piede dx e sn al suolo.

	P media sx	P media dx	P max sx (N/cm <sup>2</sup> )	P max dx (N/cm <sup>2</sup> )	T semipasso sx	T semipasso dx (ms)	Superficie sx	Superficie dx
H1_1_Coda.Se : PATOLOGICI PRE < PATOLOGICI POST (Coda Destra), Scrivi +1 Altrimenti +1 ( Coda Sinistra)								
H1 :	1	1	1	1	2	3	4	5
Numerosità	8	8	8	8	8	8	8	8
Media	0,2500	0,1250	6,5875	3,4375	-4,8750	18,6250	-1,6875	-5,3250
VariCorr(n-1)	0,1114	0,1593	83,6813	18,2484	30524,4107	30882,5536	101,6984	398,4707
T-Student	5,2425	2,1924	5,0409	5,6329	0,1953	0,7419	1,1713	1,8673
Signif.2 code	0,0012	0,0645	0,0015	0,0008	0,8507	0,4823	0,2798	0,1041
Signif.1 code	0,0006	0,0322	0,0007	0,0004	0,5747	0,7588	0,8601	0,9480

Fig.96

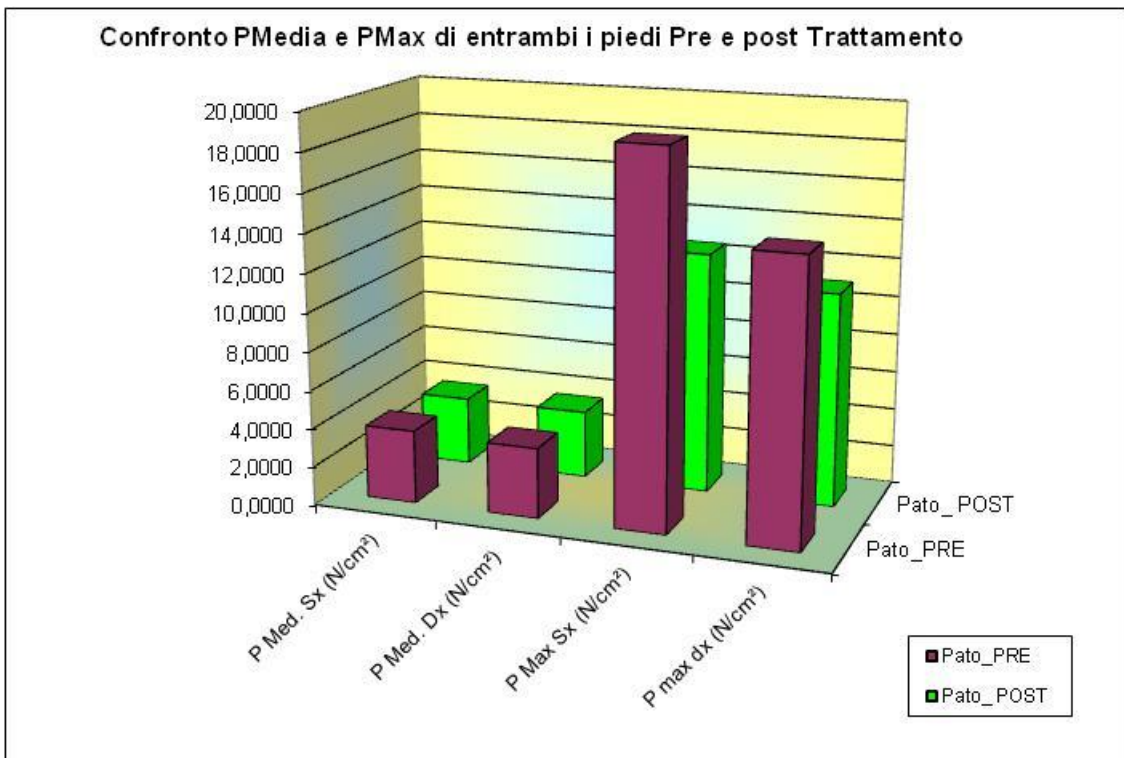
	P Med. Sx (N/cm <sup>2</sup> )	P Med. Dx (N/cm <sup>2</sup> )	P Max Sx (N/cm <sup>2</sup> )	P max dx (N/cm <sup>2</sup> )
Pato_PRE	3,8000	3,6500	19,0875	14,4750
Pato_POS	3,5500	3,5250	12,5000	11,0375

Fig. 97

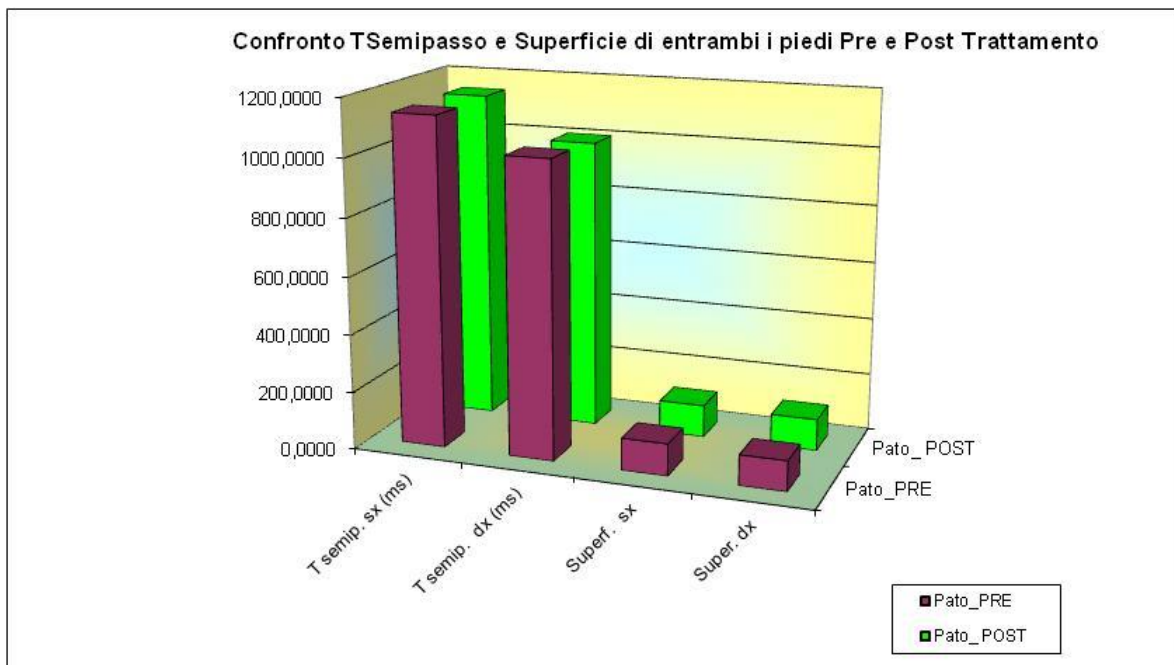
	T semip. sx (ms)	T semip. dx (ms)	Superf. sx	Super. dx
Pato_PRE	1138,8750	1021,8750	110,8500	104,4750
Pato_POST	1143,7500	1003,2500	112,5375	109,8000

Fig.98

Dall'esame dei risultati i pazienti, dopo il trattamento di 2 mesi mostrano una riduzione della pressione media di ambedue i piedi, la stessa cosa si verifica per la pressione massima di entrambi i piedi, che, da un punto di vista funzionale appare far pensare ad un appoggio monopodalico con una latenza inferiore rispetto all' esecuzione prima del trattamento. Per quanto concerne i tempi di esecuzione del passo non si apprezzano sostanziali diversità di esecuzione. Tale risultato appare più chiaro nella rappresentazione dei grafici sottostanti (Fig.99-Fig.100).



**Fig.99**



**Fig. 100**

## Capitolo VI: CONCLUSIONI

In questo studio, che si è configurato come indagine pilota, abbiamo provato, per la prima volta in ambito neurologico, a testare l'utilità e le possibili applicazioni dello strumento di rilevazione ottica noto come Formetric. Ulteriore particolarità del nostro studio riguarda la tipologia dei pazienti selezionati per la ricerca: si è trattato di soggetti affetti da sclerosi multipla con una variabilità multisindromica e con profili assolutamente diversi tra di loro, sia per espressione che per insorgenza e decorso clinico. Il fine, pertanto, è stato quello di comprendere l'effettiva funzionalità e le potenzialità legate all'utilizzo del Formetric nel quadro di un approccio complesso ed integrato con le diverse tecniche di riabilitazione neuromotoria. I risultati a cui siamo giunti ci consentono senz'altro di formulare alcune possibili ipotesi di intervento riabilitativo. Più nello specifico, infatti, dallo studio è emerso come gli esiti delle sequele, intervenienti nei pazienti con sclerosi multipla, possano indurre modificazioni nell'assetto posturale, principalmente nel piano della flessione laterale del corpo, andando ad influenzare parametri relativi soprattutto alla *linea centrale*, ovvero al tronco. Tutti i valori, relativi al piano sagittale, non sono risultati significativi e ciò ha permesso di escludere un intervento su di essi. L'esame stabilometrico non ha dato importanti elementi di identificazione del disturbo. L'esecuzione della prova dinamica ha mostrato ciò che, intuitivamente, appare palese in questi pazienti affetti da precoce "faticabilità", ovvero tempi più lunghi nell'esecuzione della prova, legati alla latenza che contraddistingue tale patologia; una pressione massima di entrambi i piedi, intesa come fase di appoggio monopodalico lievemente aumentata rispetto al normativo, correlata, probabilmente, alle "scarse" risorse dell'arto inferiore come sistema di reazione e organizzazione al carico.

In ogni caso, lo studio empirico condotto ha confermato l'utilità della spinometria Formetric 4D e il suo possibile utilizzo nel campo della neuroriabilitazione. Anche se è bene ribadire che il Formetric rimane uno "strumento" e non può sostituire in alcun modo le competenze necessarie e l'esperienza del riabilitatore/operatore che è chiamato ad operare delle scelte, spesso, in condizioni di razionalità limitata. In altre parole, il Formetric si è rivelato un utile strumento di indagine da integrarsi all'interno del percorso riabilitativo come metodica di valutazione preliminare e, successivamente, di validazione del trattamento riabilitativo.

In futuro, ci riserviamo, senz'altro, di validare ulteriormente le nostre inferenze ampliando lo studio ad un campione di pazienti rappresentativo al fine di ricavarne ulteriori indicazioni più generalizzabili.

Il trattamento riabilitativo appare, in quest'ottica, uno dei fattori basilari di questo complesso lavoro di gruppo finalizzato a migliorare l'aspetto centrale del problema, quello motorio, che peraltro porta

con sé un miglioramento anche delle condizioni psicologiche generali del paziente.

La scelta, l'impostazione e l'esecuzione di una condotta terapeutica che cerchi di essere efficace, non può prescindere da uno studio accurato di tutti gli elementi che sono intervenuti a modificare il normale stato di salute in cui si trovava l'individuo, prima del manifestarsi della patologia, ed esaminare attentamente, eventualmente cogliendone le potenziali modifiche nel tempo, tutte quelle sequele che la condizione patologica ha strutturato nell'organismo. L'individuo infatti, torniamo a ripetere, deve essere necessariamente osservato in un'ottica di globalità, esaminato così come esso si presenta. Lo studio scrupoloso delle sue condizioni globali, può in ultimo offrire la possibilità di compiere un processo di astrazione degli elementi più invalidanti e quindi offrire un inquadramento più analitico. La necessità di essere analitici è dovuta al fatto che la riabilitazione è diretta sempre, o quasi sempre, al recupero funzionale di deficit specifici. L'approccio per problemi, si tiene a precisare, è terapeuticamente opportuno soprattutto lì dove, come nel caso della sclerosi multipla, ci si trovi di fronte ad un'enorme variabilità negli stessi quadri clinici, se però poi ricondotto e inserito in un discorso più ampio.

Conseguentemente, le nuove proposte riabilitative si indirizzano verso un approccio di tipo *integrato* che, pur non avendo in alcun modo la pretesa di rappresentare la soluzione conclusiva, va tenuto in considerazione come una delle possibili vie da percorrere.

## BIBLIOGRAFIA

- Loeb C., Favale E., *Neurologia*, SEU Roma, 2003
- Mutani R., Lopiano L., Durelli L., Chiò A., "Il Bergamini di Neurologia", Edizioni Libreria Cortina, Torino, 2011
- Cazzullo C.L., Ghezzi A., Zaffarani M., Zibetti A., *Sclerosi multipla aspetti eziopatogenetici e clinici*, 2° edizione, pagg.1-22: Epidemiologia della Sclerosi Multipla, Masson 1994
- Perry Jacqueline, *Analisi del movimento*, Elsevier, 2005
- Kandell Eric, Schwartz James H., Jessell Thomas M., *Principi di Neuroscienze*, Cea Edizioni, 2003
- Magee David J., *Orthopedic physical assessment*, Elsevier, 2008
- Whittle Michael, *Gait Analysis: an Introduction*, Butterworth-Heinemann, 2007
- Basmajian John V., *Muscles alive, their functions revealed by electromyography*, Williams and Wilkins, 1978
- Bonaiuti Donatella, *Le scale di misura in riabilitazione*, SEU, 2011
- Kendall F, McCreary E, coll., *I muscoli: Funzioni e test con postura e dolore*, Verduci Editore, Roma 2006.
- Lazzari E., *La postura: I fondamenti*, Edizioni Martina, 2006
- Kapandji I.A., *Anatomia funzionale*, Monduzzi, 2011
- Gagey P.M., *Posturologia: Regolazione e perturbazioni della stazione eretta*, Marrapese Editore, Roma 2000.
- Souchar P., *RPG: Principi e originalità della rieducazione posturale globale*, Marrapese Editore, Roma 2004.
- Lastrico M., *Biomeccanica muscolo-scheletrica e metodica Mézières*, Marrapese Editore, Roma 2009.