

V. Marsico<sup>1</sup>, B. Moretti<sup>2</sup>, V. Patella<sup>2</sup>, S. De Serio<sup>1</sup>, C. Simone<sup>2</sup>

## Analisi baropodometrica del passo in soggetti sani anziani ed in pazienti gonartrosici prima e dopo intervento di artroprotesi di ginocchio

<sup>1</sup> Fondazione "S. Maugeri" - Pavia - I.R.C.C.S. - Centro di Cassano M. (Ba); Divisione di Recupero e Rieducazione Funzionale ad Indirizzo Ortopedico  
<sup>2</sup> Istituto di Clinica Ortopedica e Traumatologica II, Università degli Studi - Bari

**RIASSUNTO.** La stazione eretta e la deambulazione sono attività complesse che richiedono l'integrità del sistema muscolo-scheletrico e del sistema nervoso. Nella norma la distribuzione del peso corporeo viene ripartita equamente tra i due arti e, su ognuna delle superfici plantari, viene a distribuirsi per il 40% sull'avampiede e per il restante 60% sul retro piede: pertanto la proiezione del baricentro corporeo cade all'interno del poligono di appoggio in corrispondenza delle interlinee articolari di Chopart. Alcune condizioni morbose possono influenzare la stazione eretta e la deambulazione e tra queste si annoverano cause cardiovascolari (edemi cronici, claudicatio, cardiopatia, etc.), cause neurosensoriali (cataratta, S. di Menière, malattia di Parkinson, etc.) e cause ortopediche (cifosi, scoliosi, alluce valgo, metatarsalgie, osteoartrosi, etc.). In questo studio abbiamo preso in considerazione, quale causa predisponente un'alterazione della postura e del cammino, quella artrosica. Per tale scopo ci siamo avvalsi di un Baropodometro Elettronico a pedana modulare di 240 cm di lunghezza per 40 cm di larghezza che ci ha fornito le informazioni pressorie di ogni singolo piede nelle tre distinte fasi: statica, dinamica e posturografica ed abbiamo sottoposto ad analisi baropodometrica del passo soggetti sani anziani e soggetti anziani affetti da gonartrosi, questi ultimi prima e dopo il trattamento chirurgico di artroprotesi di ginocchio. Dai dati ottenuti è emerso che i dieci soggetti sani anziani non presentavano importanti asimmetrie di distribuzione del carico in confronto ai dieci soggetti affetti da gonartrosi che presentavano prima dell'intervento un'asimmetria di distribuzione del carico dal lato malato che è andata via via riequilibrandosi dopo l'intervento chirurgico.

**Parole chiave:** analisi baropodometrica, artrosi, artroprotesi ginocchio.

**ABSTRACT.** *www.gimle.fsm.it - Standing and walking are complex activities which require integral skeletal-muscular and central nervous systems. Body is usually, evenly distributed between both the lower limbs with 40% on the ball of the foot and 60% on the heel, therefore, the body's centre of gravity falls between the feet in correspondence to Chopart's articulation. Some diseases can influence standing and walking including cardiovascular diseases (chronic edema, claudication, cardiopathies etc.) neurosensory ones (cataract, Menière's disease, Parkinson's disease etc.) and orthopedic ones (kyphosis, scoliosis, hallux valgus, metatarsalgia, osteoarthritis etc.). In this study arthritis was considered the main cause of changes in posture and deambulation. An electric baropodometer with a modular platform 240 cm long and 40 cm wide was used which provided the pressure information for each in three distinct phases: static, dynamic and postural Baropodometric step analysis was performed on ten healthy, elderly subjects and ten elderly subjects with arthritis of the knee. The latter group was evaluated both pre-and post prosthetic knee surgery. The data revealed that the ten healthy subjects with arthritis who, prior to surgery presented unequal weight distribution on the diseased side which was slowly redistributed after surgery.*

**Key words:** baropodometric analysis, arthritis, prosthetic knee.

### Introduzione

La stazione eretta si configura come "posizione di riposo o di equilibrio" favorito dal perfetto sinergismo tra i muscoli agonisti ed antagonisti che con le loro fini contrazioni mantengono il corpo in uno stato di quiete dinamico.

Il mantenimento della stazione eretta e la deambulazione sono pertanto attività complesse che richiedono l'integrità del sistema muscolo-scheletrico e del sistema nervoso.

L'esatta cooperazione tra i due succitati sistemi fa sì che la distribuzione del carico, soprattutto durante la stazione eretta, venga ripartita in maniera più o meno simmetrica tra i due arti e, per ognuna delle superfici plantari, venga a distribuirsi per il 40% sull'avampiede e per il 60% sul retro piede.

Durante la deambulazione, atto volontario in risposta a stimoli provenienti sia dall'interno del nostro corpo che dall'ambiente, si assiste al trasferimento del carico prima su di un arto e poi sull'altro che, in condizioni ottimali, rimane ripartito, più o meno in egual misura, tra i due emisomi.

Durante la stazione eretta, il *baricentro corporeo* si proietta centralmente all'interno del poligono di appoggio, a livello delle interlinee articolari di Chopart (Fig. 1). Topograficamente il baricentro corporeo è situato a livello della II° vertebra sacrale, mentre la sua proiezione verticale può immaginarsi come una linea che partendo all'altezza del trago passa al davanti delle vertebre cervicali e toraciche, incrocia la II° vertebra lombare e passando posteriormente alle ultime vertebre lombari si proietta in corrispondenza della interlinea di Chopart (Fig. 2) (1).

Numerose sono le condizioni morbose che possono influenzare, in maniera negativa, la stazione eretta e la deambulazione. Tra queste si annoverano cause cardiovascolari (edemi cronici, claudicatio, cardiopatie, etc.), cause neurosensoriali (cataratta, S. di Menière, malattia di Parkinson, etc.), e cause ortopediche (cifosi, scoliosi, metatarsalgie, osteoartrosi, etc.).

Risulta pertanto evidente che la superficie plantare funge da carta copiativa per quanto riguarda eventuali variazioni nella distribuzione del peso corporeo.

In questo studio abbiamo preso in considerazione, quale causa predisponente un'alterazione della stazione

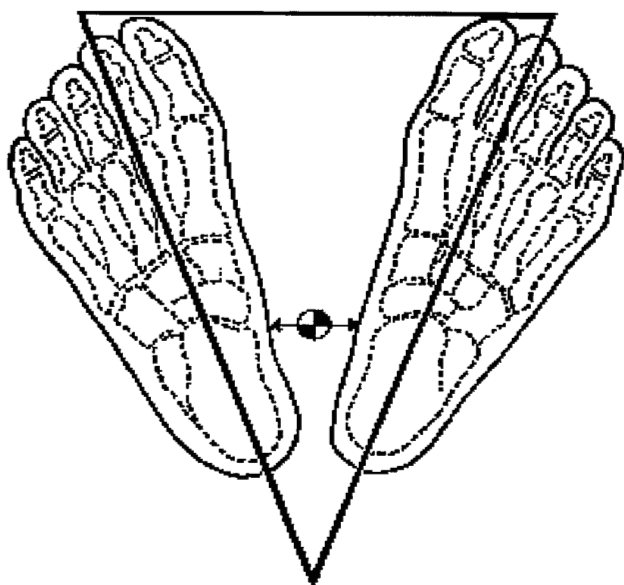


Figura 1. Base e triangolo di appoggio, proiezione della linea di gravità del corpo

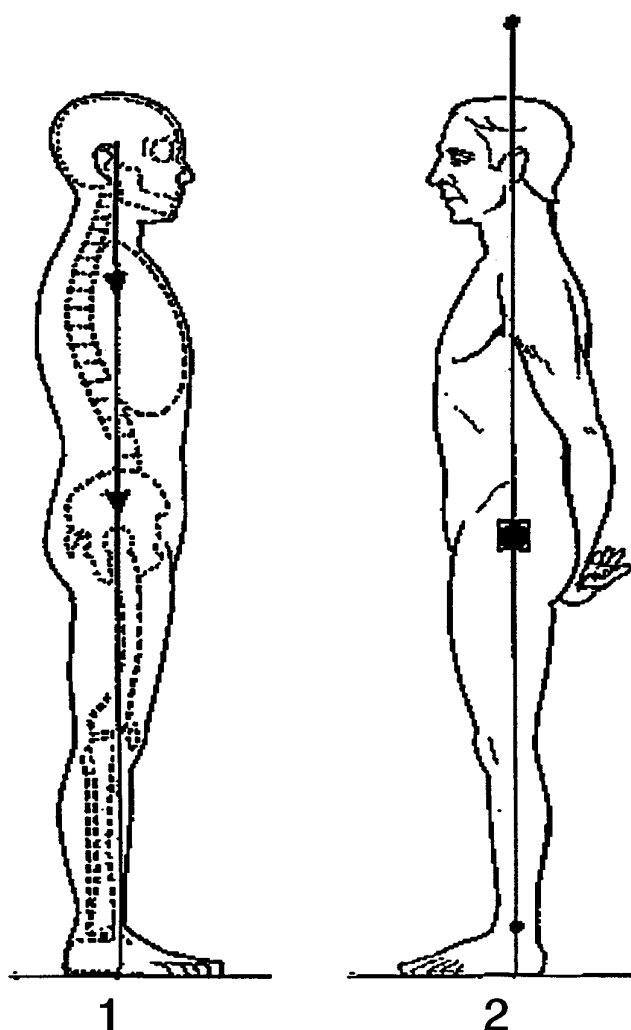


Figura 2. 1. Linea di gravità: reperi osteoarticolari. 2. Linea di gravità: evidenziazione clinica

eretta e del cammino, quella legata al naturale e fisiologico invecchiamento delle cartilagini articolari, cioè quella artrosica.

Nella pratica clinica lo studio delle alterazioni posturali e di distribuzione del carico viene condotto mediante l'ausilio di apparecchiature computerizzate in grado di analizzare ogni singola variazione di carico che si trasmette a livello della superficie plantare (2).

Pertanto abbiamo sottoposto all'analisi baropodometrica soggetti sani anziani e soggetti anziani, questi ultimi prima e dopo il trattamento chirurgico di artroprotesi di ginocchio, nell'intento di verificare la presenza di eventuali asimmetrie di distribuzione del carico prima dell'intervento chirurgico e le eventuali correzioni di distribuzione del carico verificatesi dopo il trattamento chirurgico di protesi articolare.

### Materiali e metodi

L'analisi del passo, condotta mediante l'ausilio di apparecchiature computerizzate quali i baropodometri, rappresenta una metodica di indagine delle pressioni riscontrate in ogni punto della superficie plantare sia in fase statica che dinamica.

Mediante questa metodica è possibile visualizzare, in tempo reale, sia la superficie di carico che la linea risultante dal centro di spinta corporea durante lo svolgimento del passo, inoltre rappresenta una metodica di indagine strumentale non invasiva e pertanto ripetibile senza danno sia per l'operatore che per il paziente.

Per tale scopo ci siamo avvalsi di un Baropodometro Elettronico a pedana modulare della Physical Support-Italia costituito da una piattaforma barosensibile di 240 cm di lunghezza per 40 cm di larghezza che, attraverso 9600 sensori elettronici in platino rivestiti da un captore in caucciù alveolare, fornisce le informazioni pressorie di ogni singolo piede ad un elaboratore elettronico che mediante una serie di procedimenti trasforma le informazioni numeriche in immagini nelle due distinte fasi: **statica e dinamica**.

Ne deriva così la misura della distribuzione delle pressioni, la definizione dei centri di spinta di ciascun piede, la proiezione del centro di gravità, il calcolo delle pressioni massimali e della superficie di pressione.

In **Fase Statica** il Baropodometro acquisisce l'immagine statica risultante dalla media di otto impronte consecutive.

Si procede così alla valutazione dei seguenti parametri:

a) nella visualizzazione dell'impronta plantare il baricentro "C" ed i centri di pressione dei singoli arti, "D" per il piede destro e "S" per il piede sinistro, corrispondenti alla proiezione a terra dei centri articolari di ciascun arto, devono essere allineati fra loro e posizionati centralmente rispetto al mesopiede. Un loro disallineamento sta ad indicare un'eventuale rotazione del bacino, un paradismorfismo del rachide o una eterometria.

L'appoggio a terra dei due arti deve necessariamente essere uniforme con distribuzione del carico in maniera equa fra le due superfici plantari;

b) la ripartizione del carico fra le due superfici d'appoggio deve essere equa e dovrà gravare, su ognuna delle superfici plantari, per il 40% sull'avampiede e per il 60% sul retro piede;

c) per una chiara e semplice visione delle aree di iperipoggio appoggio del piede durante la fase statica, l'impronta derivante viene elaborata sotto forma di isobare in maniera tale da ottenere una mappa puntiforme delle singole aree di pressione a vari livelli di carico.

La **Fase Dinamica** rappresenta l'aspetto più significativo ed innovativo dell'analisi strumentale in quanto ci permette di visualizzare, in registrazioni consecutive ed in funzione del tempo, tutti i dati relativi al piede durante il normale svolgimento del passo. L'esame viene espletato facendo deambulare il paziente sulla pedana per acquisire la pressione esercitata da ciascun piede su ogni singolo sensore in modo da ottenere una successione di appoggi plantari con rappresentazione del baricentro pressorio per tutte le fasi di registrazione. Il punto di massima pressione "M" deve localizzarsi lungo il margine mediale del calcagno e, successivamente, lungo il 1° metatarso, zone che corrispondono ai punti di massima pressione esercitata durante la fase di attacco al suolo e di spinta (3). Durante la fase dinamica è inoltre possibile controllare altri parametri, quali:

- la superficie (cm<sup>2</sup>) impegnata durante il passo;
- la pressione massima (g/cm<sup>2</sup>) esercitata in ogni singola fase durante lo svolgimento del passo;
- la velocità (mm/s) di movimento del piede in ogni singola fase;
- la forza (Kg) esercitata dal peso durante la fase di attacco al suolo, appoggio e spinta.

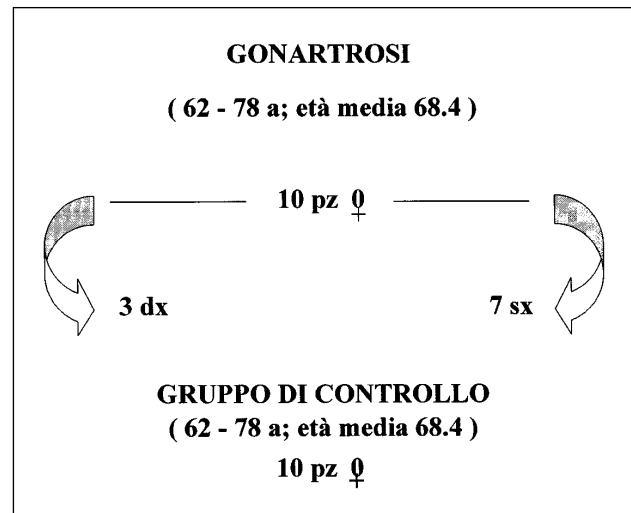
In questo studio abbiamo preso in considerazione 20 soggetti, tutti di sesso femminile, di età compresa tra i 62 e 78 anni (età media 68.4) di cui 10 considerati sani, cioè non affetti da patologie alteranti la postura e 10 affetti da patologia artrosica invalidante a carico delle ginocchia, pertanto in attesa di intervento chirurgico per artroprotesi di ginocchio sottoponendoli, tutti indistintamente, all'Esame Baropodometrico statico e dinamico, prendendo in considerazione, come parametri in fase statica, il carico, la superficie di appoggio, la pressione massima e media, la dislocazione del baricentro corporeo; in fase dinamica la superficie, la pressione massima e media, il carico, la forza ed il numero dei fotogrammi compresi fra le fasi di attacco al suolo e di spinta di ogni singolo piede.

I 10 soggetti affetti da gonartrosi sono stati sottoposti ad intervento chirurgico di artroprotesi totale di ginocchio mediante "protesi Genesis" con decorso post-operatorio privo di complicanze; di questi 7 presentavano una gonartrosi sx e 3 una gonartrosi dx (Tab. I).

Il peso dei suddetti pazienti, classificati tutti come normotipo, variava entro il range 60 e 87 Kg; l'altezza variava tra i 150 e 165 cm; il numero della calzatura variava tra il 36 e il 41.

Tutti i soggetti trattati mediante artroprotesi di ginocchio sono stati sottoposti all'esame baropodometrico prima e dopo l'intervento chirurgico e successivamente monitorizzati nel post-operatorio con follow-up a 3 mesi e ad 1 anno dall'intervento.

Tabella I.



## Risultati

Dall'analisi dei risultati è emerso che:

a) in tutti i 20 soggetti esaminati non si è mai riscontrata una suddivisione nella percentuale di carico, in ogni singolo piede, del 40% sull'avampiede e 60% sul retro piede;

b) i 10 soggetti considerati sani, all'esame baropodometrico in fase statica, non presentavano significative variazioni di carico tra i due arti; il baricentro corporeo si dislocava in prossimità del centro del poligono di appoggio e all'esame dinamico non si evidenziavano significative variazioni di superficie d'appoggio e carico fra i due arti (Fig. 3, 4, 5);

c) in 9 soggetti affetti da gonartrosi la Baropodometria Elettronica ha messo in evidenza, all'Esame Statico e Dinamico effettuato in fase pre-operatoria, una difformità della superficie di appoggio e di carico fra i due arti, con prevalenza dal lato opposto a quello considerato patologico; inoltre, all'esame dinamico in 6 soggetti si è riscontrata una riduzione del numero dei fotogrammi necessari alla composizione globale del semipasso dx-sx dal lato patologico, in 2 una parità e nei restanti 2 lieve un aumento. In 6 soggetti si è riscontrata una dislocazione del baricentro corporeo verso il lato sano mentre i restanti 4 soggetti presentavano una centralizzazione del baricentro corporeo all'interno del poligono di appoggio;

d) nella fase post-operatoria, all'esame statico è emerso che in 4 soggetti si è riscontrata una riduzione della superficie di appoggio e di carico del lato operato rispetto al lato sano e rispetto allo stesso lato nel pre-operatorio; in 6 soggetti si è riscontrato un aumento della superficie di appoggio e di carico dal lato operato rispetto allo stesso lato nel pre-operatorio.

All'esame dinamico è emerso che in 4 soggetti si è avuto un aumento della superficie di appoggio e di carico dal lato operato rispetto allo stesso lato nel pre-operatorio mentre in 6 soggetti si è riscontrata una riduzione della superficie di appoggio e di carico rispetto al lato sano e

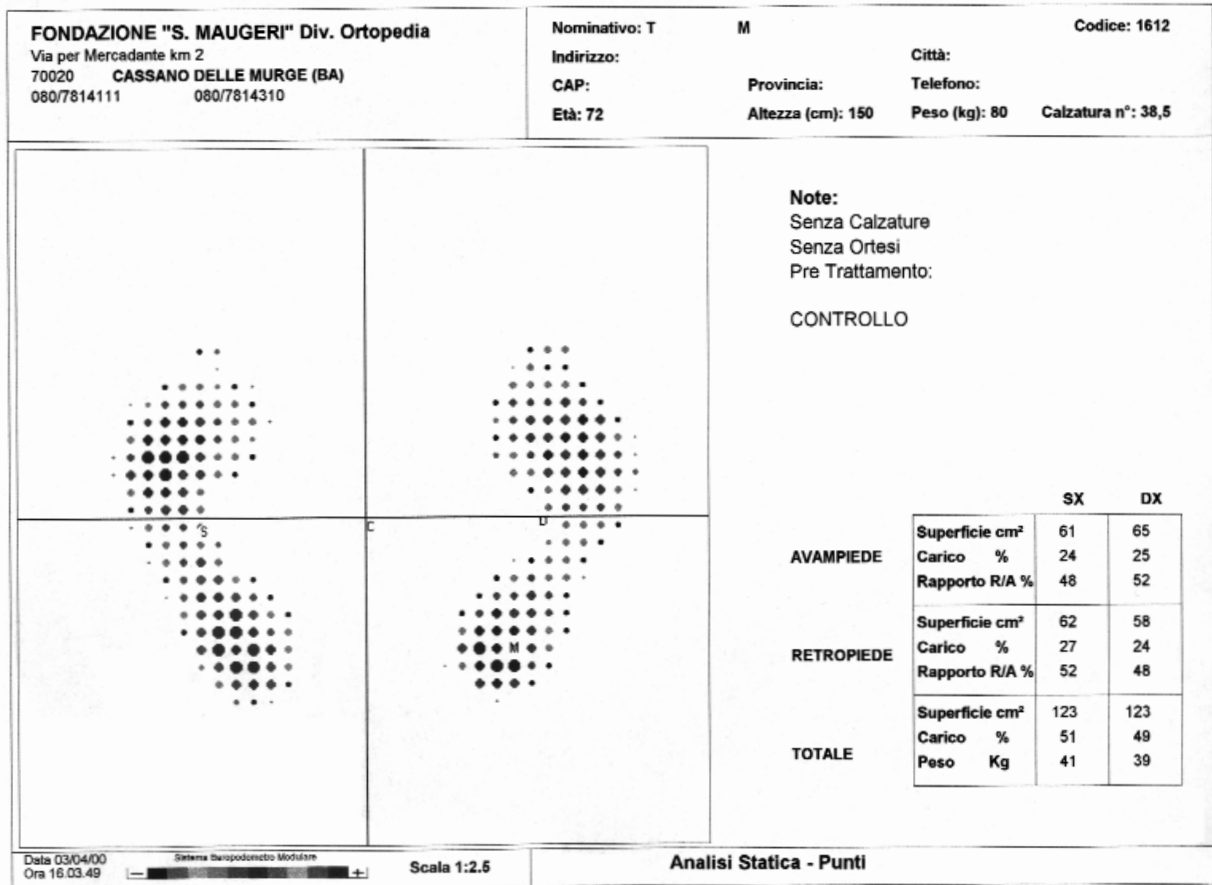


Figura 3.

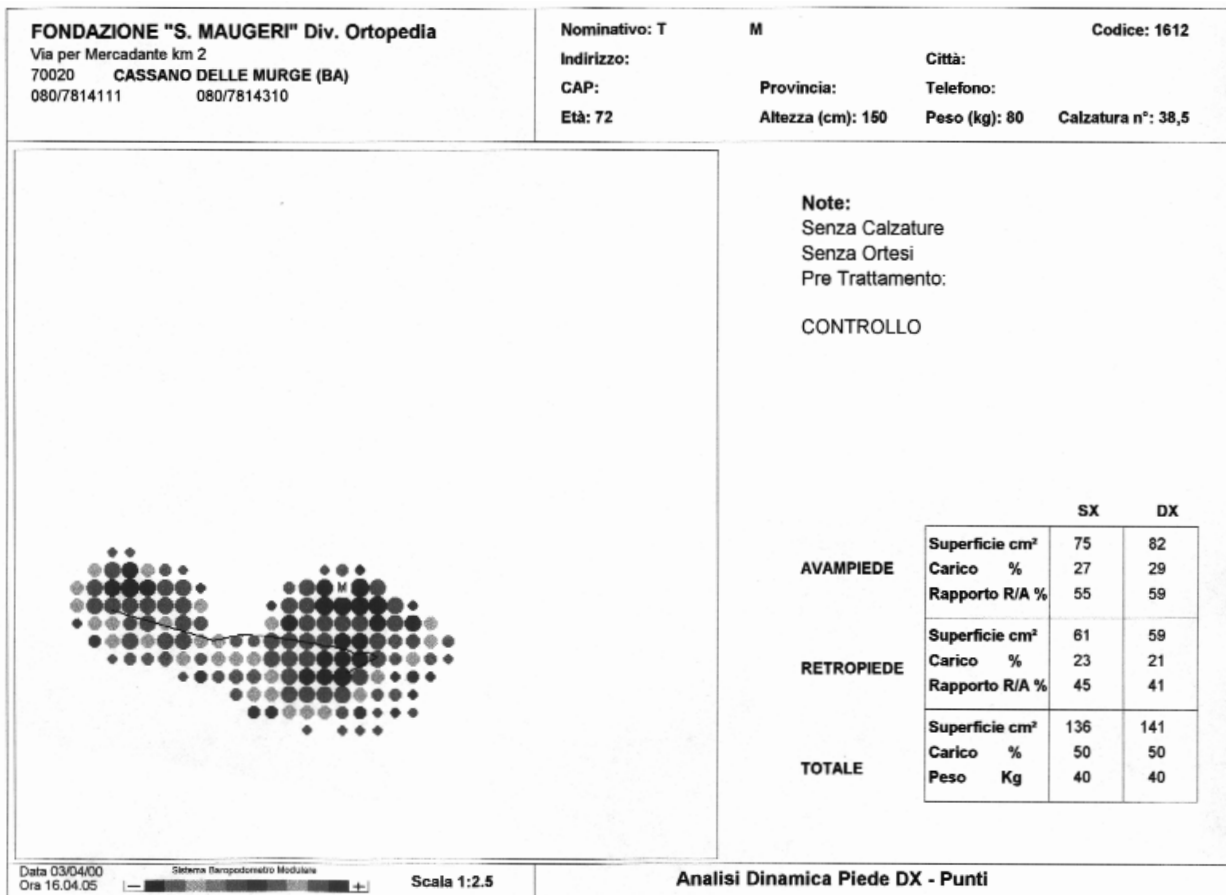


Figura 4.

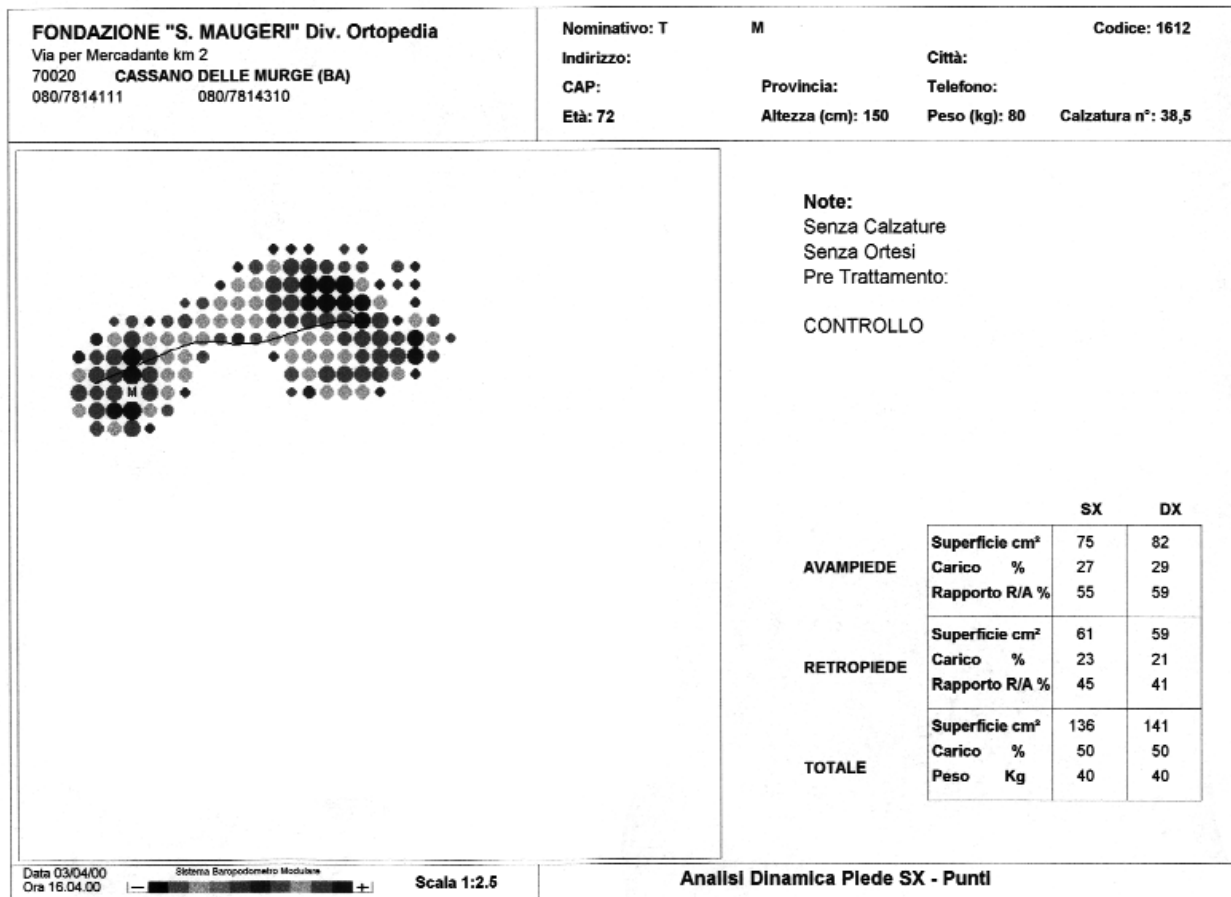


Figura 5.

rispetto allo stesso lato nel pre-operatorio. Questo quadro è giustificato dal fatto che in fase statica, durante l'appoggio in stazione bipodolica, è più facile ripartire i carichi sui due arti in quanto la scomparsa della gonalgia, presente prima dell'intervento, favorisce l'azione propriocettiva e pertanto consente di trasferire un maggior carico sulla superficie plantare dal lato operato rispetto allo stesso nel pre-operatorio. Al contrario la caduta libera dell'arto operato, propria della fase dinamica, si traduce in risposta alla paura del dolore in uno stimolo negativo tanto da indurre il soggetto a sottrarre al carico l'arto operato.

In 4 soggetti si è riscontrata una riduzione del numero dei frames necessari alla composizione globale del semipasso dx-sx dal lato operato, in 3 una eguaglianza di frames tra il dx ed il sx mentre nei restanti 3 si è riscontrato un aumento.

Il baricentro corporeo in 6 soggetti era dislocato dal lato opposto a quello operato;

e) al follow-up effettuato dopo circa 3 mesi non si riscontravano differenze significative rispetto al post-operatorio sia in fase statica che dinamica;

f) al controllo dopo circa 1 anno dall'intervento di artroprotesi di ginocchio è emerso che all'esame statico, in tutti i soggetti si è verificato un aumento della superficie di appoggio dal lato operato rispetto allo stesso nel pre e post operatorio, con una migliore redistribuzione del carico fra i due arti; in 6 soggetti si è ottenuta una migliore di-

stribuzione del carico ripartito fra il 49% e il 51% fra i due arti mentre in 2 soggetti il carico si è distribuito equamente al 50% fra i due arti.

In 6 soggetti si è verificato un aumento dei frames necessari al completamento globale del semipasso dx-sx dal lato operato rispetto allo stesso nel pre-operatorio, quadro compatibile con la scomparsa della zoppia da "fuga".

Inoltre in 8 soggetti si è ottenuta una centralizzazione del baricentro corporeo all'interno del poligono di appoggio.

All'esame dinamico, in 8 soggetti, si è riscontrata una lieve differenza della superficie di appoggio tra i due arti (Fig. 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17).

## Conclusioni

Alla luce dei risultati ottenuti è emersa l'utilità di tale metodica strumentale nello studio dei pazienti affetti da gonartrosi tenuto conto di come tale patologia può influenzare la distribuzione del carico sulla superficie plantare durante la stazione eretta e la deambulazione. Inoltre i risultati positivi, ottenuti con il trattamento chirurgico di protesizzazione, quali aumento della superficie di appoggio e di carico riscontrati sul lato patologico, hanno messo in luce come la correzione di una patologia invalidante si traduce, nella maggior parte delle volte, in una più equa distribuzione del carico fra i due arti.

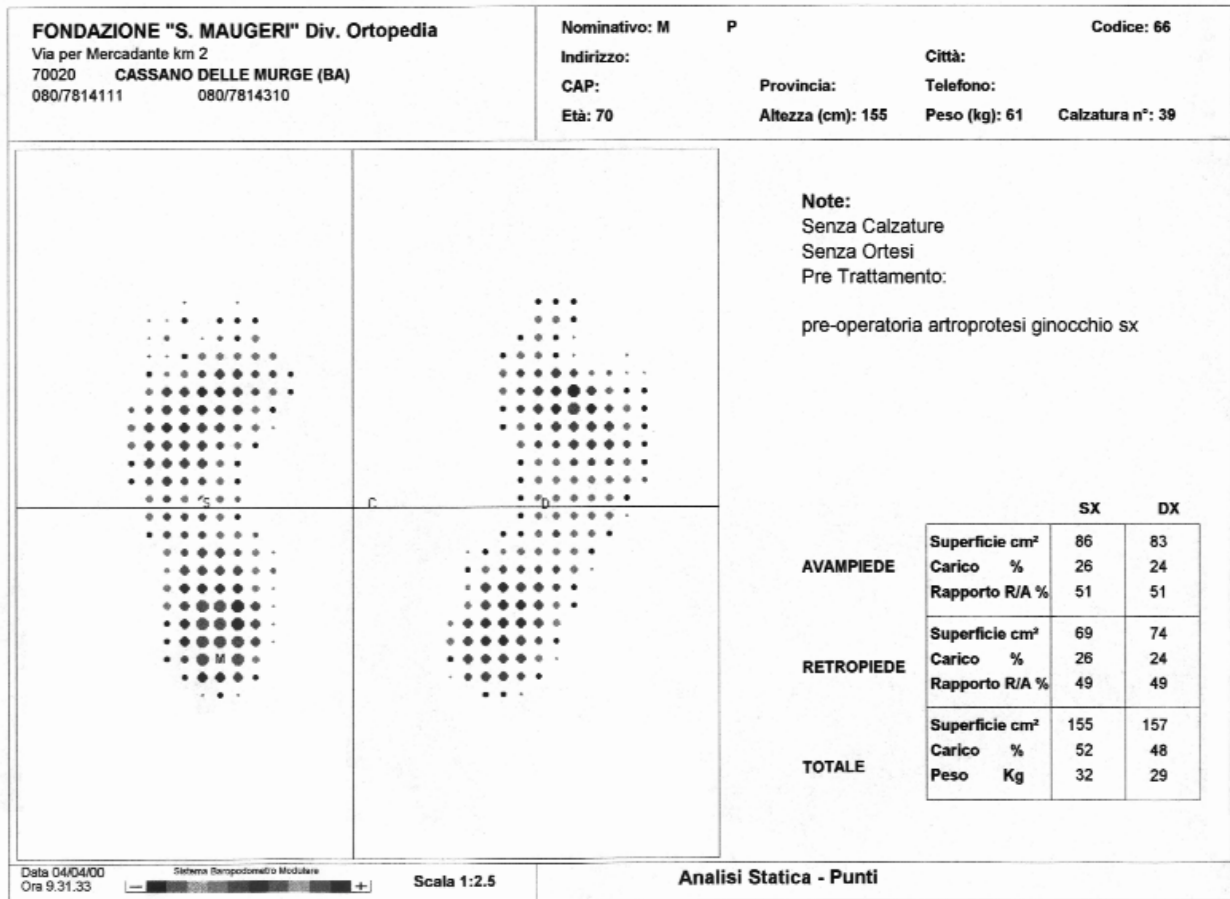


Figura 6.

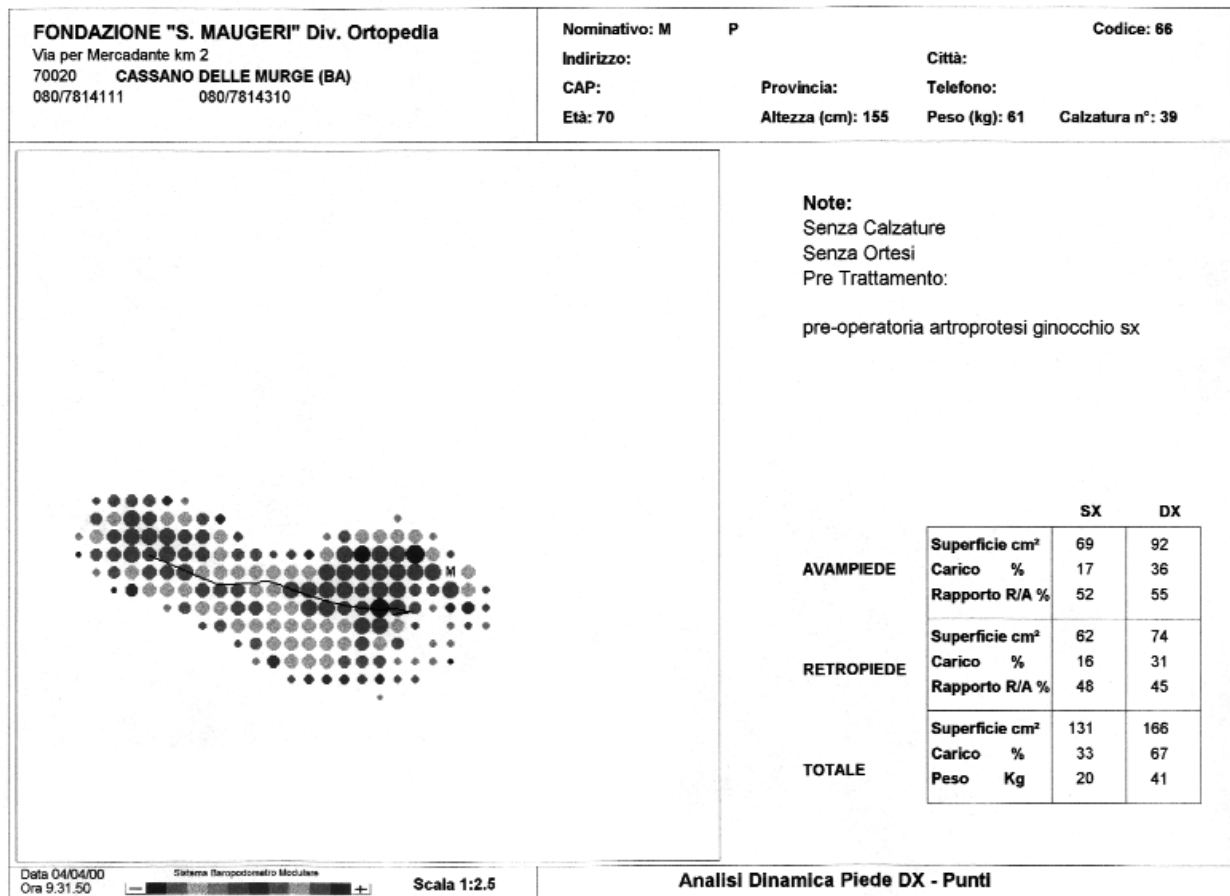


Figura 7.

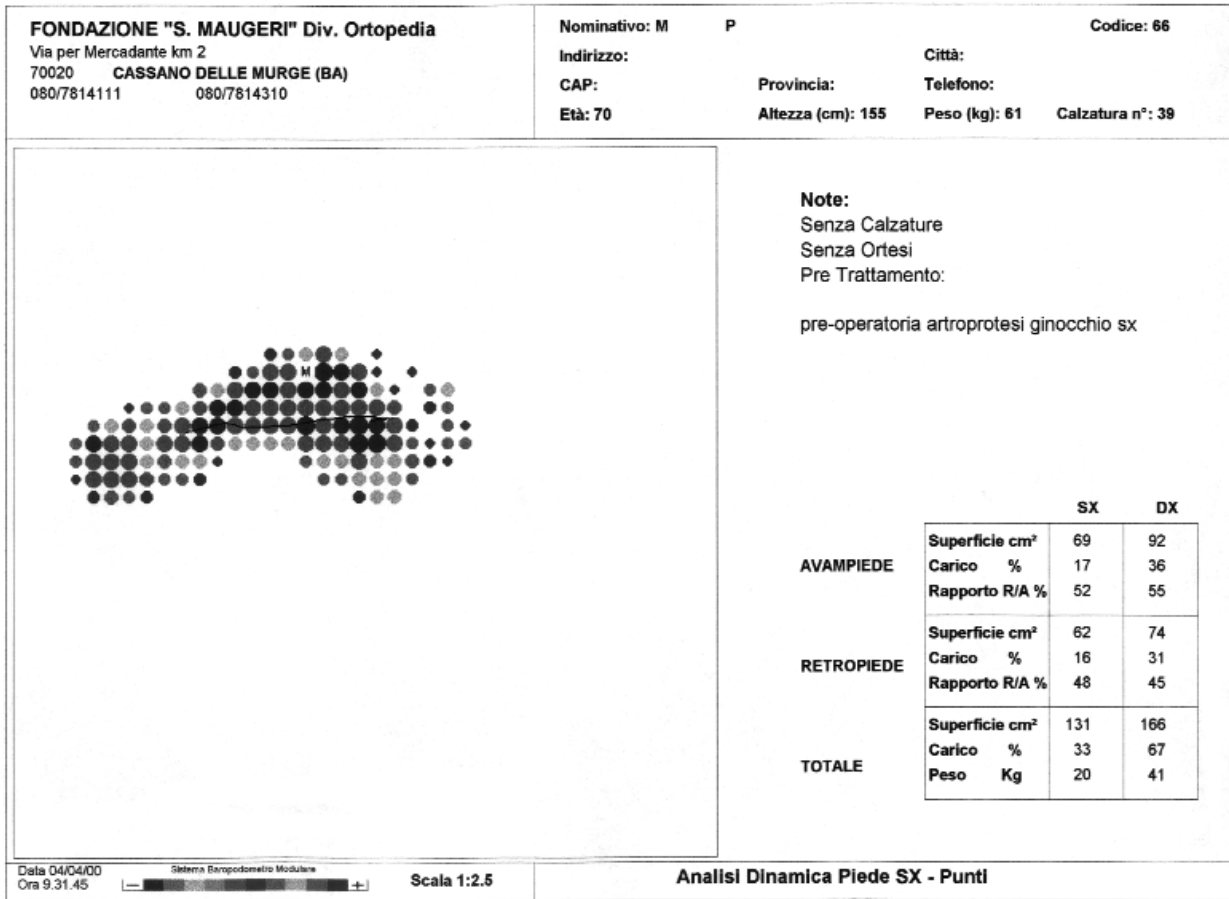


Figura 8.

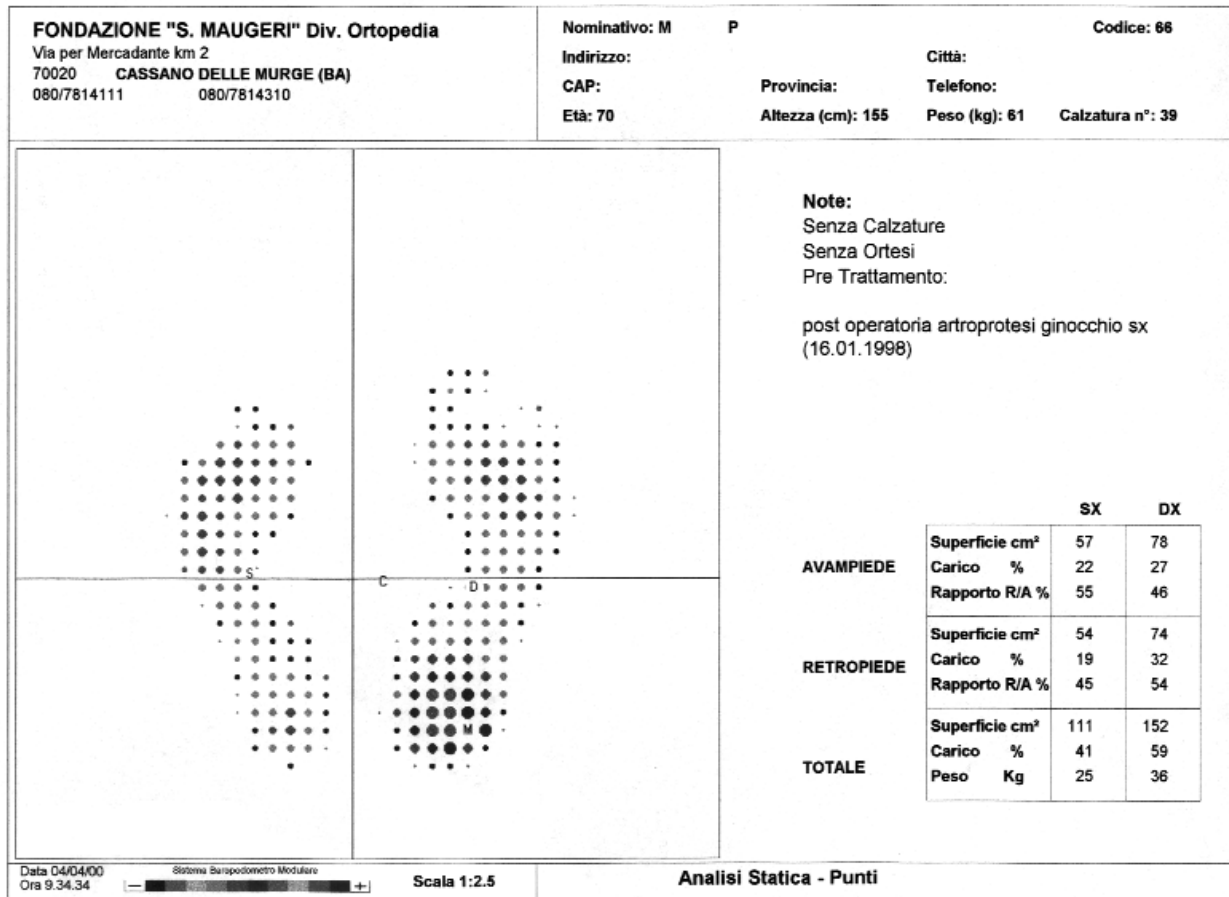


Figura 9.



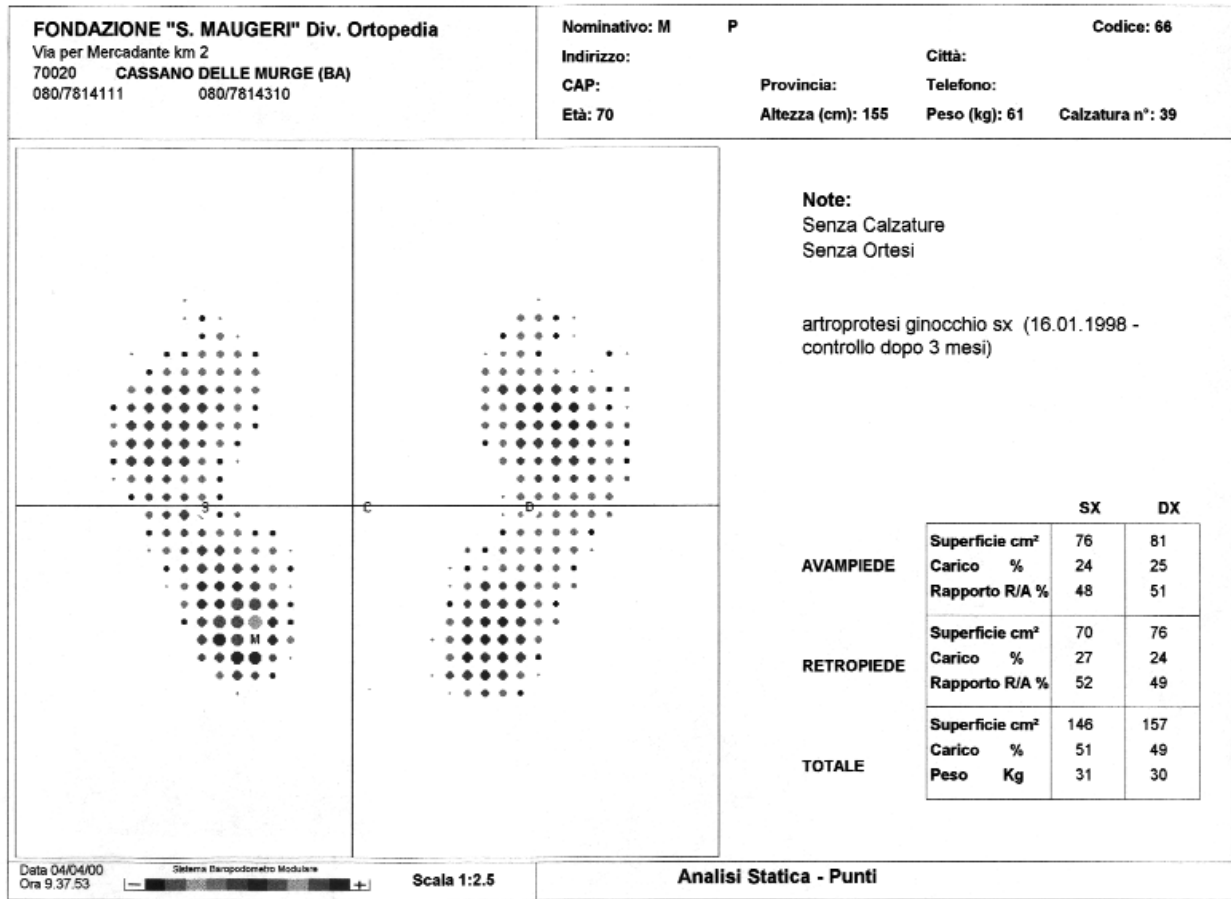


Figura 12.

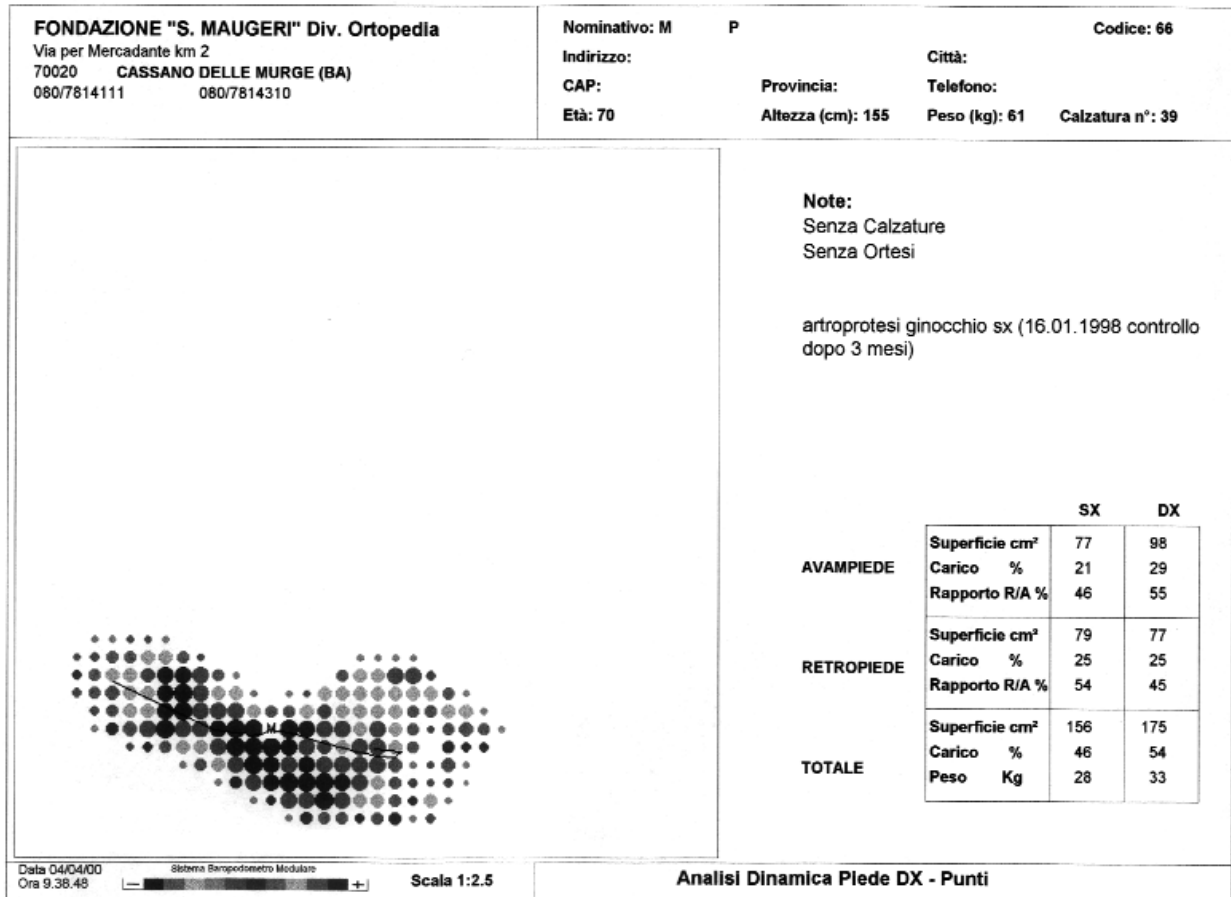


Figura 13.

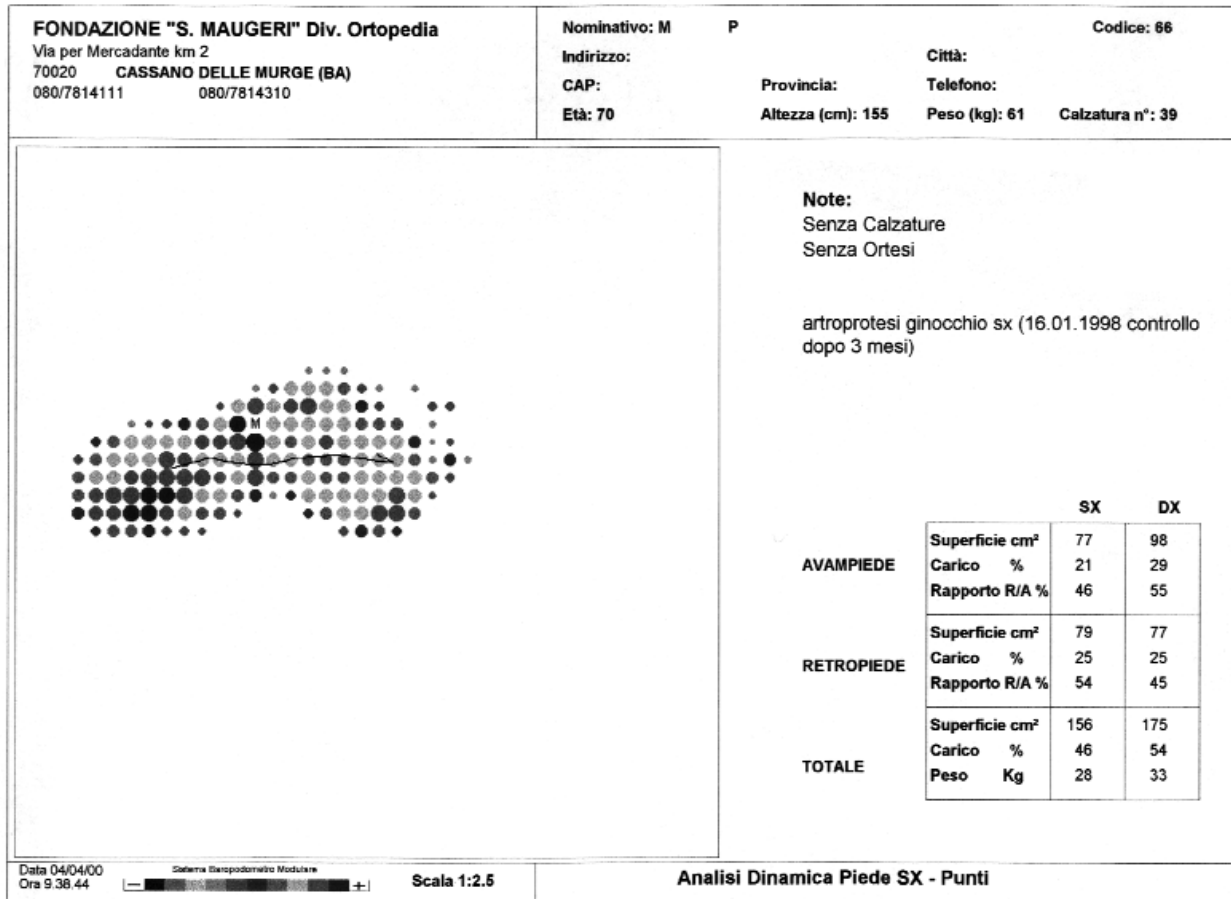


Figura 14.

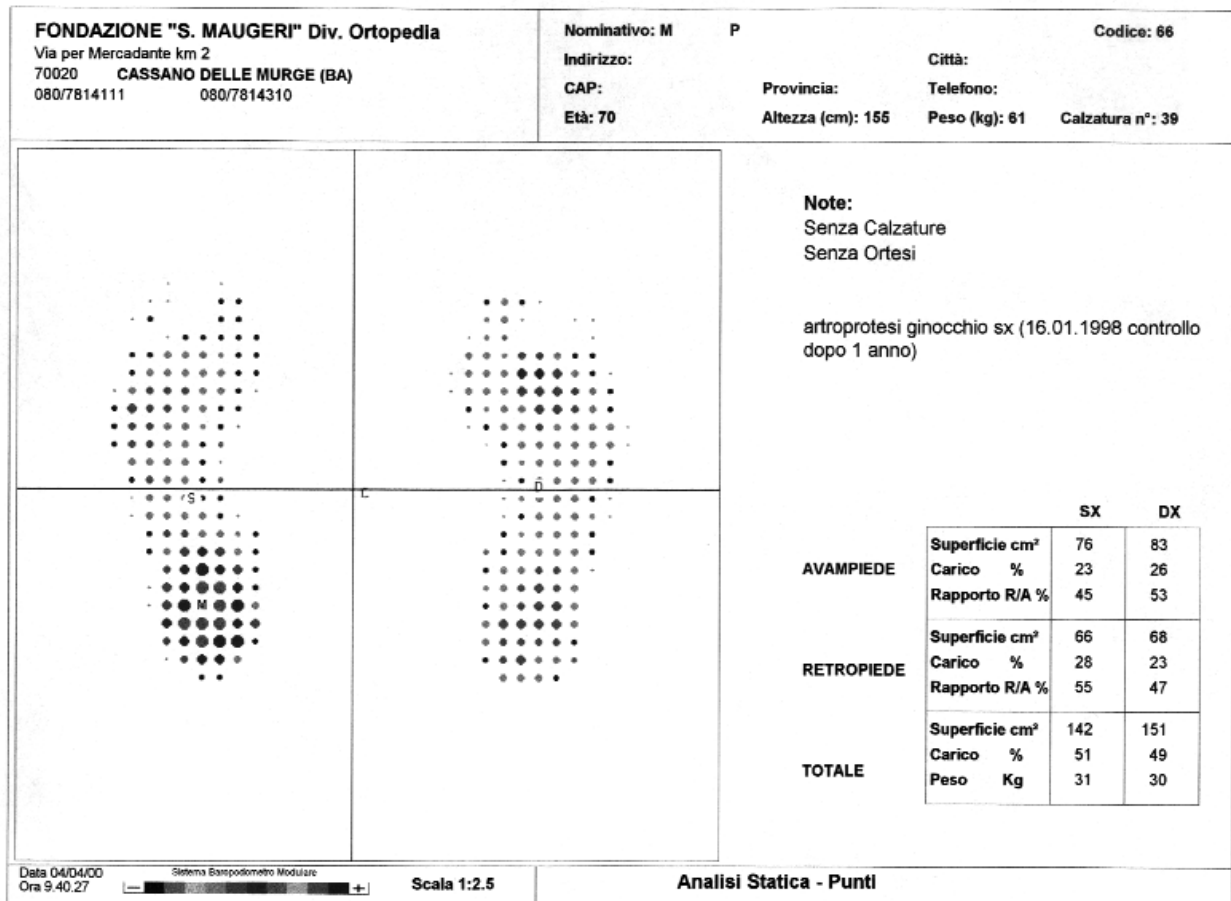


Figura 15.

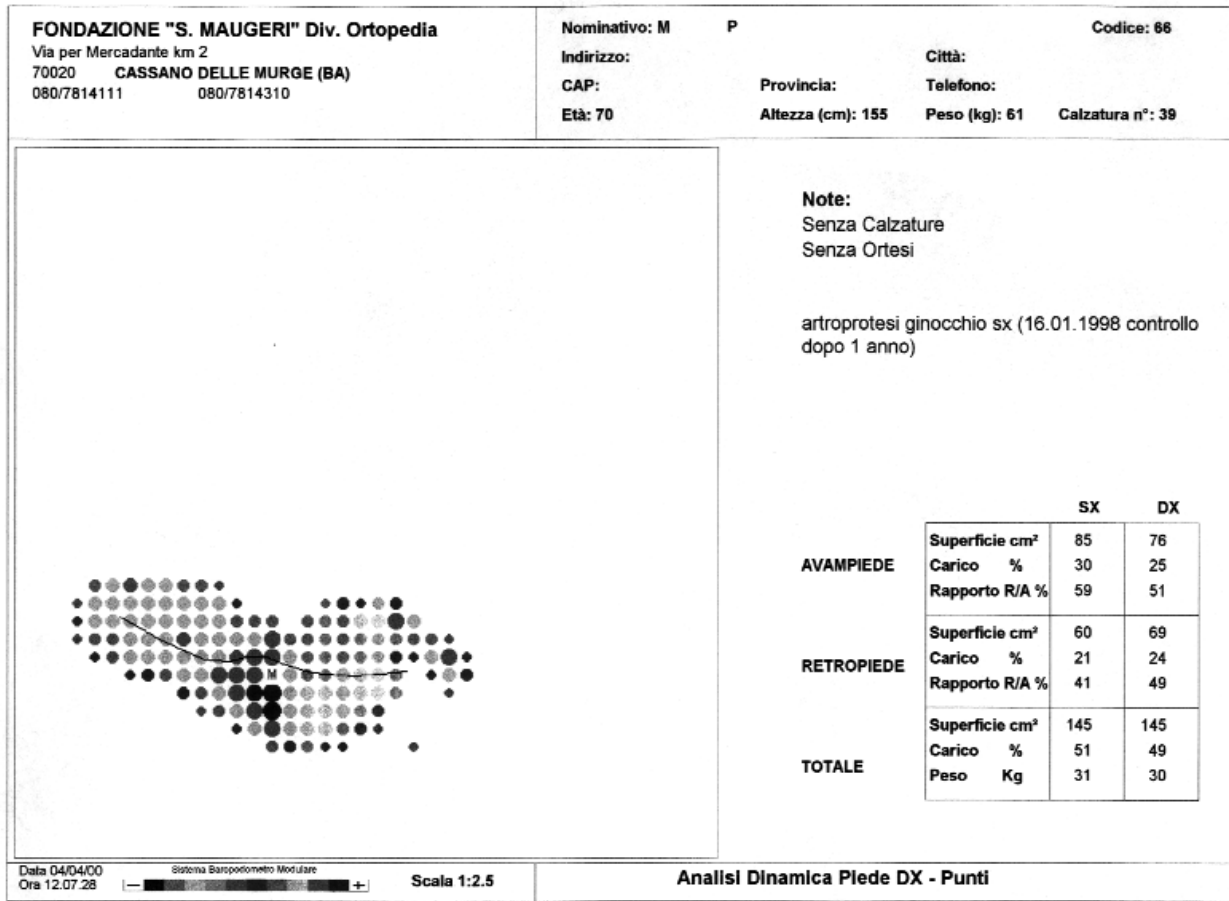


Figura 16.

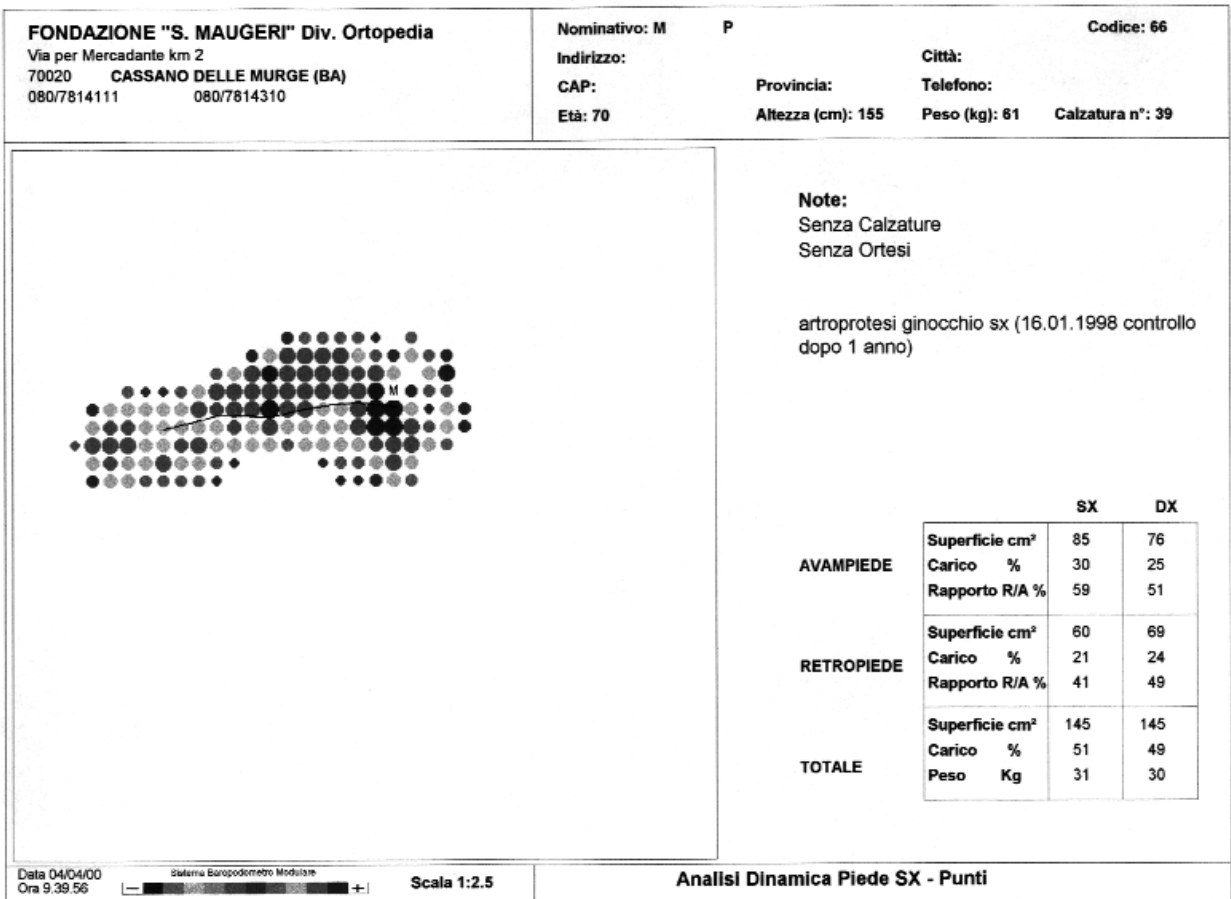


Figura 17.

Si ritiene, pertanto, che la Baropodometria Elettronica rappresenti un valido strumento diagnostico per il monitoraggio dei pazienti affetti da patologie artrosiche invalidanti a carico degli arti inferiori soprattutto in virtù della metodica di indagine che rappresenta un valido supporto di valutazione post-operatoria fra il sistema protesico articolare e la cinematica dell'arto operato in rapporto allo schema corporeo dell'individuo in esame.

---

### Bibliografia

- 1) Gras P, Casillas JM et al. Il cammino - EMC, Medicina Riabilitativa 1996; 26-013-A-10.
- 2) Moretti B, De Campi M, Cafolla M, Marsico V, Patella V, Simone C. The pre and post - operatory baropodometric analysis in subjects operated of hip arthroprosthesis. Orthop Surg 1997; Vol. 10, suppl. 3: 649-650.
- 3) Simone C, Bardoscia A et al. Valutazione baropodometrica nelle deformità del rachide in trattamento ortopedico. Arch Ortop Reumatol 1996; Vol. 109 - Fasc. II.

**Richiesta estratti:** Dott. V. Marsico - Fondazione " S. Maugeri " - Pavia - I.R.C.C.S. - Centro di Cassano M. (BA) - Divisione di Recupero e Rieducazione Funzionale ad Indirizzo Ortopedico - Via per Mercadante km. 2 - 70020 Cassano M. (BA), Italy