

CASO CLINICO

L'esame baropodometrico computerizzato e sue applicazioni medico - legali

G. Basile*, R. Bellerò**, A. Passeri*, F. Monteleone*, R. M. Gaudio*, G. Lorenzini*, M. Ferrara*, L. Polo*

*Dipartimento di scienze biomediche e terapie avanzate, Sezione di Medicina Legale, Università di Ferrara

**Medico legale

La misura delle pressioni plantari, durante la stazione eretta e la deambulazione, costituisce un elemento fondamentale per l'analisi della postura e dello svolgimento del passo in soggetti di ogni età.

Da diversi anni è stato introdotto nella pratica clinica l'esame baropodometrico computerizzato, metodica che permette una "mappatura" plantare in fase statica (stazione eretta) e dinamica (deambulazione). L'esame baropodometrico computerizzato, generalmente utilizzato nella gestione riabilitativa di pazienti affetti da patologie di tipo ortopedico-traumatologico e/o oto-neurologico, trova potenziale applicazione anche nell'ambito accertativo e valutativo medico-legale, in tutte quelle condizioni la cui conseguenza finale risiede in una perturbazione dell'assetto posturale.

In tale ottica, lo scopo del presente lavoro è quello di fornire, attraverso uno studio preliminare della casistica giunta

alla personale osservazione, una coerente proposta applicativa, quale elemento di confronto nell'ambito della disciplina medico-giuridica.

Biomeccanica della stazione eretta e della deambulazione

La postura, come noto, è l'atteggiamento assunto in condizioni statiche e dinamiche dal corpo umano nel rapporto tra le sue parti mobili, per effetto di una attiva contrazione della compagine muscolo-scheletrica.

Il controllo posturale è realizzato attraverso un complesso sistema di vie e centri nervosi, gerarchicamente ordinato, che comprende *recettori*, *centri nervosi di controllo* ed *effettori* in grado di coordinare la cenestesi corporea.

La proiezione verticale del *centro di gravità del corpo* (baricentro corporeo) nella stazione eretta, è localizzata approssima-

tivamente e simmetricamente tra i piedi, 2 cm. avanti al malleolo laterale, all'interno della base di sostegno, e prende il nome di *centro di massa del corpo o centro di pressione*.

È possibile definire il controllo posturale come l'abilità di plasmare l'equilibrio nel campo gravitazionale attraverso il mantenimento del centro di massa del corpo sopra una piccola porzione della superficie d'appoggio, grazie a continue micro-oscillazioni in tutte le direzioni (sway).

Gli uomini in stazione eretta si trovano quindi in uno stato d'equilibrio instabile, poiché la forza di gravità deve essere contrastata continuamente dall'energia muscolare.

Con il termine cammino, si intendono movimenti specifici del corpo ripetuti in schemi ciclici, il cui scopo, dal punto di vista biomeccanico, è quello di trasferire il *centro di gravità del corpo* (Cgc) da un punto all'altro nello spazio, utilizzando movimenti ritmici e alternati degli arti e del tronco.

Il singolo evento, che si ripete costantemente durante il cammino o la corsa, è il ciclo del passo, ovvero il periodo compreso tra due successivi contatti al suolo dello stesso piede.

Questo periodo, nel cammino normale è suddiviso in una prima fase, detta d'appoggio, che rappresenta circa il 60% di tutto il ciclo, e una seconda, detta fase oscillante del passo (o di sospensione), che costituisce il rimanente 40%.

La **fase di appoggio** può essere suddivisa in 5 stadi: contatto iniziale, risposta

al carico, stadio intermedio, stadio di appoggio terminale e stadio di pre-oscillazione.

a) *Contatto iniziale*: questa fase inizia con il contatto al suolo del tallone (*heel strike*); in questo momento l'arto inferiore viene preparato al carico successivo, mentre l'arto opposto sta preparandosi allo stacco dal suolo; in questo primo 10% del passo abbiamo un periodo di doppio appoggio.

Nel momento del contatto del tallone al suolo troviamo l'anca in flessione di circa 30°, il ginocchio quasi completamente esteso, la caviglia in posizione neutra o leggermente in flessione plantare; immediatamente dopo il contatto, avviene l'abbassamento del piede al suolo (flessione plantare della caviglia), controllato da una contrazione eccentrica del muscolo tibiale anteriore.

L'astragalo, appena caricato dal peso corporeo, tende a traslare medialmente sul calcagno, poiché la contropinta del suolo che si esercita sul calcagno stesso agisce lateralmente all'asse della caviglia, determinando inizialmente una eversione, quindi la pronazione del piede e, infine, l'abbassamento della volta plantare (controllato dalla contrazione eccentrica del muscolo tibiale posteriore).

La pronazione conferisce una maggiore flessibilità al piede, incrementandone la capacità di assorbimento dei carichi e l'adattabilità al suolo.

b) *Risposta al carico*: trascorso il 20% della fase del passo, inizia il contatto completo del piede al suolo: l'anca si arresta a 30° di

flessione, il ginocchio a 15-20° e prosegue la pronazione a livello del piede, associata alla rotazione interna della tibia, con tibio-tarsica in flessione di circa 15°.

c) *Stadio intermedio*: in questa fase il peso del corpo si sposta completamente sull'arto inferiore in appoggio. L'anca si porta in posizione neutra, leggera adduzione e inizia l'extrarotazione. Il ginocchio arriva quasi all'estensione completa. La caviglia, già in flessione plantare, si dorsiflette di circa 10° (movimento controllato dalla contrazione eccentrica del tricipite surale). Il piede inizia a supinare al fine di sostenere meglio il carico e prepararsi alla fase di spinta.

d) *Stadio d'appoggio terminale*: rappresenta il momento in cui il tallone si stacca dal suolo, seguito immediatamente dal contatto del tallone controlaterale e quindi al trasferimento di carico fra i due arti. Il ginocchio e la caviglia sono in una posizione simile alla precedente e le articolazioni metatarsali iniziano l'estensione, arrivando a circa 30°.

Ne deriva un *tensionamento* della fascia plantare che, inserendosi alla base delle prime falangi, si avvolge attorno alle teste metatarsali, contribuendo – sinergicamente alla supinazione e all'attività dei muscoli intrinseci – alla stabilizzazione del piede.

e) *Stadio di pre-oscillazione*: è la parte finale della fase di appoggio, che si conclude con il distacco delle dita dal suolo. La caviglia raggiunge i 20° di flessione e le metatarso-falangee i 60° di estensione. La fase oscillante del passo si può suddividere in tre parti:

a) *oscillazione iniziale*: inizia dal momento in cui il piede si è staccato dal suolo e si conclude quando oltrepassa l'asse verticale del corpo. L'anca si flette per circa 20°, il ginocchio raggiunge i 60° di flessione, la caviglia si porta in posizione neutra;

b) *oscillazione intermedia*: è il momento di passaggio dell'arto sull'asse verticale. Il ginocchio si muove in estensione e si porta a 30° di flessione e la caviglia mantiene la posizione precedente.

c) *oscillazione terminale*: l'anca raggiunge i 30° di flessione, il ginocchio si porta quasi in completa estensione, frenato dagli ischio-crurali, e la caviglia mantiene la posizione precedente.

MATERIALI E METODI

Casistica

Nel periodo compreso tra il 2001 e il 2010 sono giunti alla nostra osservazione 947 casi relativi a persone affette da patologie post-traumatiche (656), flogistico-artrosico-degenerative (214) o neurologiche (77), prevalentemente agli arti inferiori, condizionanti modifiche biomeccanico-strutturali plantari e conseguenti turbe dell'assetto posturale globale.

Si sono, quindi, preliminarmente selezionati quattro casi clinici tra quelli osservati per finalità assicurative in ambito di responsabilità civile: 2 pazienti sottoposti a intervento chirurgico ortopedico cui è residuo un peggioramento della condizione clinica (cosiddetta menomazione "iatrogena"), 1 paziente esaminato per esiti di politraumatismo con lesioni neu-

rologiche maggiori, 1 paziente con postumi di complessa frattura dell'avampiede.

Strumentazione

Per l'analisi strumentale è stato impiegato il Baropodometro Elettronico Modulare Clinico della Physical Support Italia, sistema Sport, composto da piattaforma modulare 240x40 cm in pelle artificiale, cavo collegamento, scheda interfaccia, software Physical Gait per l'acquisizione delle pressioni statiche, dinamiche di passi consecutivi e posturografici, un sistema computerizzato predisposto alla rilevazione delle forze di carico e degli atteggiamenti di equilibrio in posizione statica e dinamica nonché a studi di tipo posturografico.

La piattaforma di rilevazione baropodometrica modulare, ricoperta da uno speciale rivestimento di colore nero finalizzato all'aumento della sensibilità, è costituita da 4.800 sensori elettronici resistivi in platino attivi su 120 cm. Sono i sensori a raccogliere le informazioni dell'appoggio plantare con naturale mobilità.

Tale pedana è collegata a un Personal Computer in cui è installato il software d'acquisizione denominato Physical Gait Software per l'elaborazione in automatico dei dati.

La strumentazione è inoltre integrata da un sistema optoelettronico composto da videocamera digitale collegata al computer che permette di videoregistrare l'intero periodo valutativo: ciò permette di analizzare e monitorare eventuali compensi adottati dal paziente in fase statica ma soprattutto durante la deambulazione sui diversi piani di movimento.

Protocollo di procedura per la valutazione baropodometrica

Analisi Statica

Il paziente viene fatto salire sulla piattaforma in posizione bipodalica; prima di iniziare la valutazione, si controlla mediante la telecamera dedicata che i piedi abbiano una base di appoggio "normale" (ossia si chiede al paziente di mantenere le punte dei piedi leggermente divergenti e i talloni staccati tra loro di qualche centimetro e in perfetto allineamento). Si presta particolare attenzione, inoltre, alla corretta posizione del soggetto che dovrà essere comoda, rilassata, con braccia lungo il corpo e sguardo in avanti.

Al termine dell'acquisizione dei dati, si otterrà via monitor l'immagine digitale (nelle modalità Punti, Isobare, Numerica e Hi-Res) dell'appoggio statico, visualizzato dopo aver calcolato la media di otto impronte consecutive di 60 ms ciascuna, e rappresentata sotto forma di punti di differente grandezza e colore, ognuno dei quali è espresso in percentuale del valore di massima pressione rilevata (p. Max).

Dinamica

L'indagine dinamica segue quella statica dopo 30-60 s di rilevazioni; nella fattispecie il paziente verrà invitato a deambulare sulla pedana, per favorire l'acquisizione degli input ambientali (ossia le caratteristiche della pedana) da parte del Snc, e, successivamente, l'elaborazione delle informazioni con i rispettivi adattamenti muscolo-scheletrici come risposta alla superficie di appoggio; il tutto al fine di rendere quanto più spontanea possibile la deambulazione.

Dopo aver dato il via alla registrazione dei

dati, l'acquisizione inizierà quando il piede toccherà la piattaforma e, memorizzati almeno due appoggi (destro e sinistro), l'esame potrà essere definito concluso.

Terminata l'acquisizione è possibile visualizzare l'immagine nelle varie modalità (Punti, Isobare, Numerica e Hi-res). Durante lo svolgimento del passo vengono, quindi, elaborati i centri di pressione di ciascun piede, suddivisi in 100 fasi dell'appoggio; ciascun fotogramma evidenzia i momenti temporali d'appoggio (dall'impatto calcaneare all'uscita sull'alluce) descrivendo il carico esercitato, la superficie impegnata e la direzione del passo. L'impronta ottenuta può essere anche riprodotta in un'unica immagine che raccoglie globalmente le successioni di ogni singola fase, i valori di superficie e quelli di pressione.

Valori standard di normalità

I parametri analizzati e considerati ai fini valutativi sono di seguito riportati:

- valori delle pressioni a colori;
- punto di massima pressione M (espresso in gr/cm^2);
- superficie di appoggio;
- baricentro corporeo o centro di pressione proiettato all'interno del poligono d'appoggio C (dato dai due podogrammi);
- baricentro passante sulla perpendicolare di ogni singolo arto;
- baricentro dinamico.

L'appoggio bipodalico statico mostra le pressioni plantari esercitate dal paziente, e le differenti intensità di carico sono registrate secondo una scala suddivisa in dieci livelli, sulla base della percentuale della pressione massima rappresentata



➤ Fig. 1: Percentuale di carico espressa dai punti di pressione rappresentate da una scala cromatica

Colore	P.Max %
Rosso	100-91
Arancio	90-81
Verde chiaro	80-71
Verde scuro	70-61
Blu scuro	60-51
Blu chiaro	50-41
Azzurro	40-31

➤ Tabella 1

dal punto di massimo carico M (gr/cm^2). Le percentuali di carico espresse dai punti di pressione sono quindi rappresentate con una scala cromatica (fig. 1). Il centro delle pressioni dell'appoggio bipodalico, rappresentato con la lettera C, corrisponde al baricentro corporeo del soggetto proiettato sulla perpendicolare al suolo.

I centri delle pressioni di ciascun arto (S e D) e il baricentro corporeo (C) devono essere allineati ed equidistanti tra loro e passare approssimativamente all'altezza dell'articolazione mediotarsica, o *interlinea di Chopard* (apice della volta plantare).

Il baricentro corporeo può essere anteposto o retroposto sul piano sagittale (anteposto se la massa è spostata in avanti, retroposto se spostata indietro).

Valori numerici della prova statica

Per quanto riguarda i valori numerici relativi alla statica ottenuti con l'analisi, i parametri di normalità sono riportati in tabella 2:

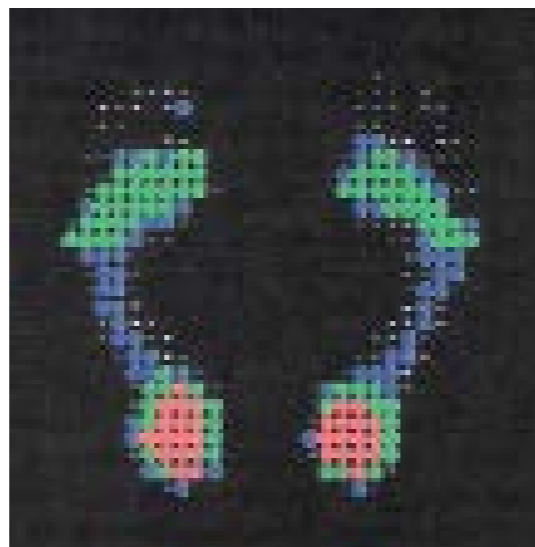
Distribuzione comparativa carico	ARTO SX	ARTO SX
Valori normali	50%	50%
Tolleranza	+/- 3%	+/- 3%
Media retro-avampodalica	RETROPIEDE	AVAMPIEDE
Valori normali (senza calzature)	60%	40%
Valori normali (con calzature)	55%	45%
Tolleranza	+/- 4%	+/- 4%

➤ Tabella 2

In statica le superfici dei singoli piedi devono essere comparabili tra di loro (massima differenza +/- 10%). Di norma, il piede che presenta maggior numero di punti d'appoggio, è quello che sostiene la preponderante quota di carico.

Analisi isobarica statica

Le isobare rappresentano tutti i punti ove si esercita la medesima intensità di carico,



➤ Fig. 2: analisi isobarica statica

Colore	Livello superficie %
Rosso I	10-14
Verde II	30-35
Blu III	50-55

➤ Tabella 3

suddivisi in tre livelli pressori: carichi forti, medio-forti, medi (fig 2; tab.3).

- Il I livello di carico è caratterizzato da punti rossi, i quali dovranno essere localizzati nel solo retro piede;
- il II livello è caratterizzato dai punti verdi, localizzati trasversalmente sull'avampiede, in corrispondenza dei raggi metatarsali dal I° al V°;
- il III livello è evidenziato dai punti blu, presenti sul bordo laterale del mesopiede, intorno alle zone Verde e rosso.

Valori numerici della prova dinamica

I valori di normalità dell'indagine dinami-

ca si riferiscono all'immagine globale, ossia la rappresentazione della media dei carichi evidenziati in ogni singola fase d'appoggio. Nella fase dinamica, il grafico del normale baricentro corporeo proiettato al suolo prevede la partenza dal 1/3 posteriore del retro piede, l'avanzamento in direzione del V° metatarsale, e il sequenziale passaggio dal IV° al II° fino a giungere sull'alluce.

Infine, il punto di massima pressione M è di norma posizionato sul retro piede, centralmente (fase di attacco tallone-suolo). Può trovarsi comunque sull'alluce (fase di stacco). Anche per la dinamica, verranno di seguito riportati i valori numerici di normalità (tab. 4)

Distribuzione comparativa carico	ARTO SX	ARTO SX
Valori normali	50%	50%
Tolleranza	+/- 3%	+/- 3%
Media retro-avampodalica	RETROPIEDE	AVAMPIEDE
Valori normali (senza calzature)	40%	60%
Valori normali (con calzature)	45%	55%
Tolleranza	+/- 4%	+/- 4%

➤ Tabella 4

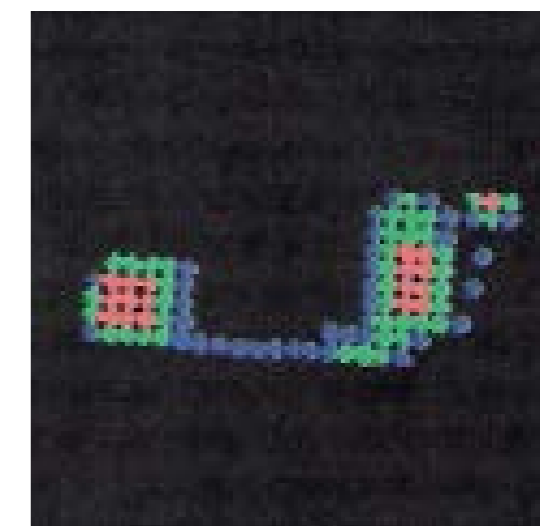
Un soggetto normale presenta una superficie d'appoggio dinamica maggiore del 10% circa rispetto a quella statica.

Analisi isobarica dinamica

Nel *piede dinamico normale* (fig. 3) le isobare rosse si trovano solo nel retro piede, centralmente nell'avampiede e sull'alluce (svincolo). Quelle verdi, invece, si trovano

trasversalmente sull'avampiede dal I° al V° metatarsale, attorno alle isobare rosse di retro piede, avampiede e alluce.

Le isobare blu risultano su tutto il bordo laterale del mesopiede (incrementate rispetto alla statica), sulle dita e intorno al perimetro d'appoggio.



➤ Fig. 3: Aspetto NORMALE dell'analisi dinamica - isobare

PRESENTAZIONE CASI CLINICI

CASO 1

Soggetto di sesso maschile, di 17 anni, scivolato accidentalmente da un muretto, da un'altezza di 4-5 metri. In sede ospedaliera si poneva diagnosi di "Frattura 1/3 distale tibia gamba destra con 3° frammento", inizialmente tutelata in emistivaletto gessato, sostituito da apparecchio gessato femoro-podalico. I successivi controlli clinici e radiologici evidenziavano un vizio torsionale tibiale in lieve varismo-intrarotazione con modesto disassamento tibio-tarsico, con conseguente conflitto tibio-astragalico

posteriore e segni di sofferenza del legamento tibio-astragalico anteriore (accertati con indagine RM).

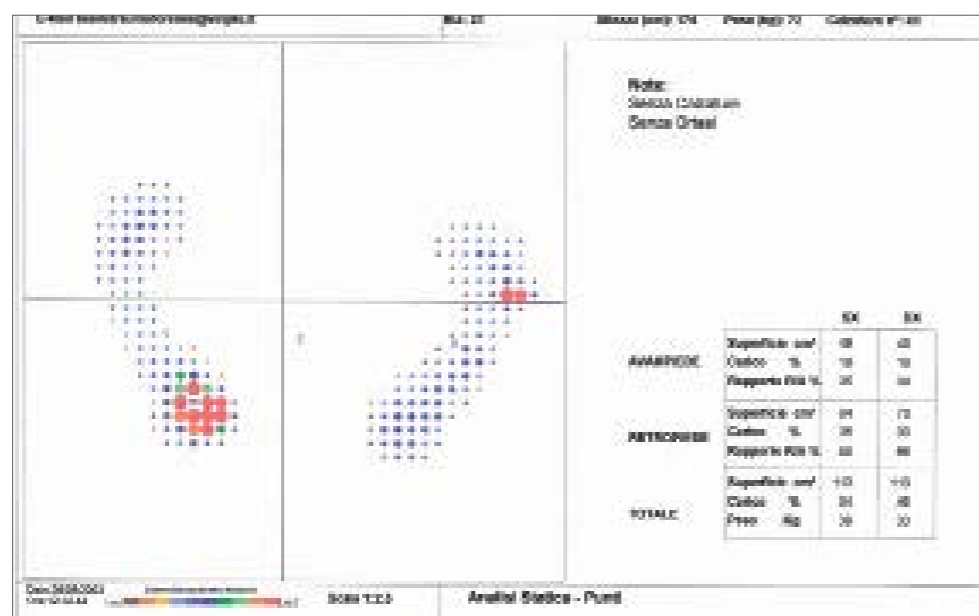
Nel corso dell'accertamento medico-legale, esperito a due anni dall'evento traumatico, si obiettivava: arto inferiore destro in modico varismo tibiale (plus di 5°, rispetto al controlaterale), lieve accorciamento con ipometria attuale di 0,5 cm, conservata articularità di anca e ginocchio in assenza di segni di lassità capsulo-ligamentosa. L'articularità della tibio-tarsica e sotto-astragalica registrava un deficit della flessione dorsale di circa 10°, flessione plantare -20°, inversione completa ed eversione del piede ridotta di 15° circa, in assenza di franchi coinvolgimenti capsulo-ligamentosi. Si apprezzava un "minus" perimetrico di 1 cm al terzo medio di coscia e alla sura, con accosciamento limitato ai gradi estremi e modico impaccio

deambulatorio in talismo e in equinismo.

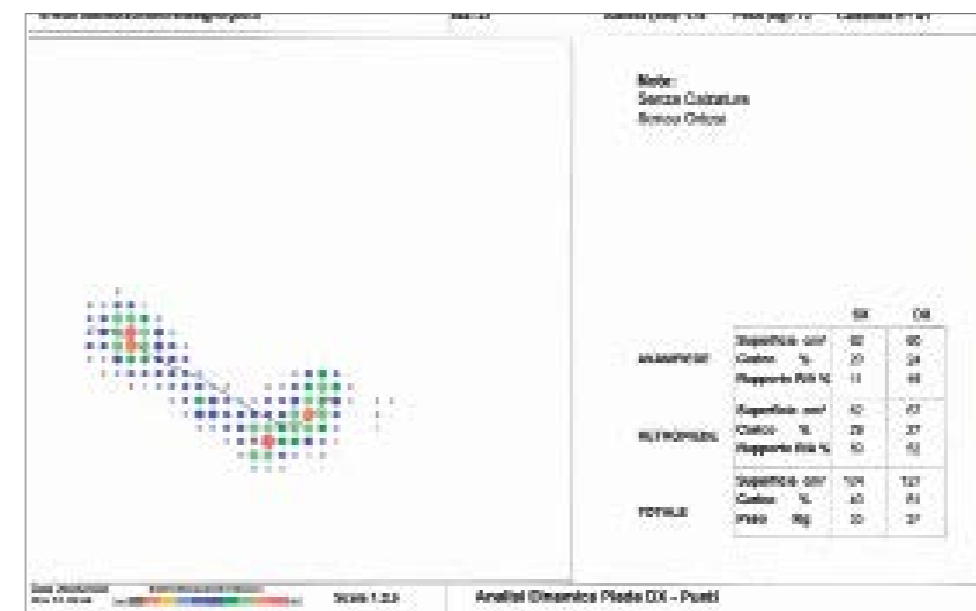
L'esame baropodometrico rilevava:

Analisi Statica (fig. 4): baricentro corporeo (C) nel poligono di appoggio centrato; centri di pressione degli arti sinistro (S) e destro (D) allineati tra di loro secondo la norma; punto di massima pressione M posizionato nella parte avampodalica di destra (non conformemente alla norma). Distribuzione del carico fra arto sinistro e destro nella norma. Eccessivo iper carico avampodalico tra avampiede e retro piede a sinistra; eccessivo iper carico avampodalico controlateralmente. Le superfici dei due piedi apparivano simili fra di loro. Tra i due avampiedi e i due retro piedi rilevabili una lieve differenza di superficie, maggiore a destra.

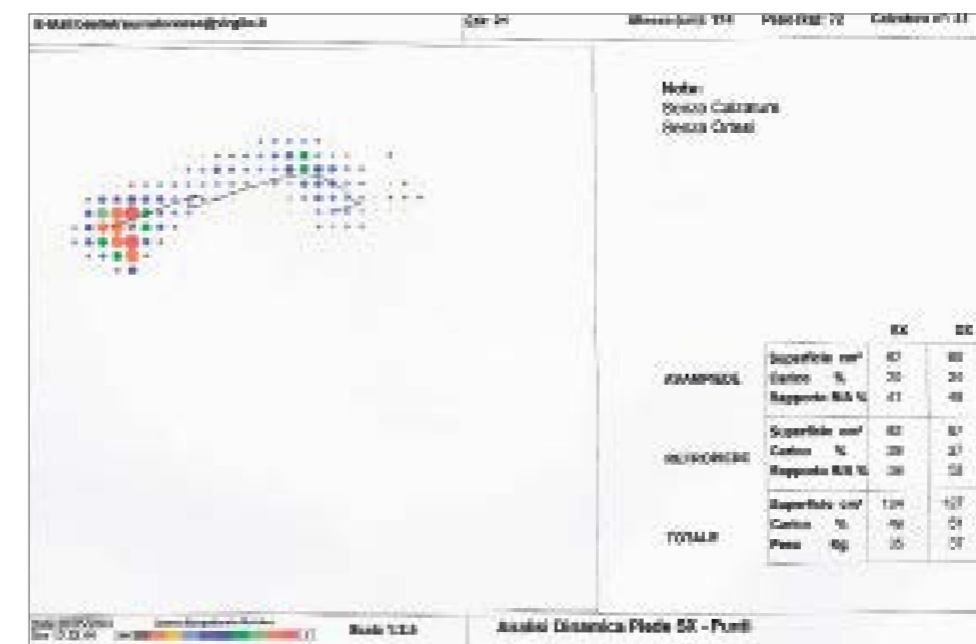
Analisi Statica Isobarica: punti di massimo carico (rossi) presenti posteriormente in



➤ Fig. 4 caso 1: analisi statica a punti



➤ Fig. 5 caso 1: analisi dinamica a punti – piede destro



➤ Fig. 6 - caso 1: analisi dinamica a punti - piede sinistro

entrambi i piedi, ma in maggior numero a sinistra; presenti anteriormente a destra a evidenziare aree di ipercarico.

I punti di medio carico presenti anteriormente in entrambi i piedi, ma in maggior numero a destra.

Analisi Dinamica (figg. 5 e 6): punto di massima pressione M posizionato, secondo la norma, nella parte retropodolica di destra, a differenza dell'indagine statica; lieve ipercarico a sinistra differente condizione rispetto alla statica. Il valore del carico tra avampiede e retropiede a sinistra indicava un lieve ipercarico retropodamico, a destra un moderato ipercarico retropodamico. Le superfici dei due piedi erano difformi fra di loro con appoggio maggiore a sinistra; differenza di superficie tra i due avampiedi e i due retro-piedi a favore del sinistro. Tra i due avampiede e i due retro-piedi era rilevabile una eccessiva differenza di superficie, maggiore a sinistra. Dall'esame della risultante delle forze del piede sinistro si rilevavano instabilità anteriori; nessuna instabilità al controlaterale. Dall'esame della risultante delle forze del piede destro non instabilità.

Analisi Dinamica Isobarica: punti di massimo carico (rossi) presenti posteriormente bilateralmente; punti di medio carico (verdi) presenti anteriormente in entrambi i piedi, per quanto in maggior misura a sinistra.

CASO 2

Persona di sesso femminile, 46 anni, impiegata, con un quadro di metatarsalgia bilaterale ingravescente, per cui era eseguito intervento di capsulotomia metatarso-falangea del 2°, 3°, 4°, 5° raggio, tenotomia

dell'estensore comune delle dita, osteotomia interfalangea prossimale del 2° dito, potenziamento del primo raggio secondo Villadot, tenolisi dell'estensore proprio dell'alluce, bilateralmente. Il decorso post-operatorio era caratterizzato dalla persistenza di sintomatologia algico-disfunzionale, per cui eseguiva approfondimento diagnostico identificativo di una condizione di lussazione mediale del primo dito del piede destro, con reazioni osteofitiche e osteocondritiche metatarso-falangee, condizionante un dislocamento dell'estensore proprio dell'alluce. Veniva pertanto sottoposta a nuova cruentazione consistente nella revisione e correzione della I° metatarso-falangea con osteotomie multiple, allungamento dell'estensore proprio dell'alluce, tenolisi del flessore, plastica della capsula articolare, revisione dell'osteotomia interfalangea prossimale al secondo dito.

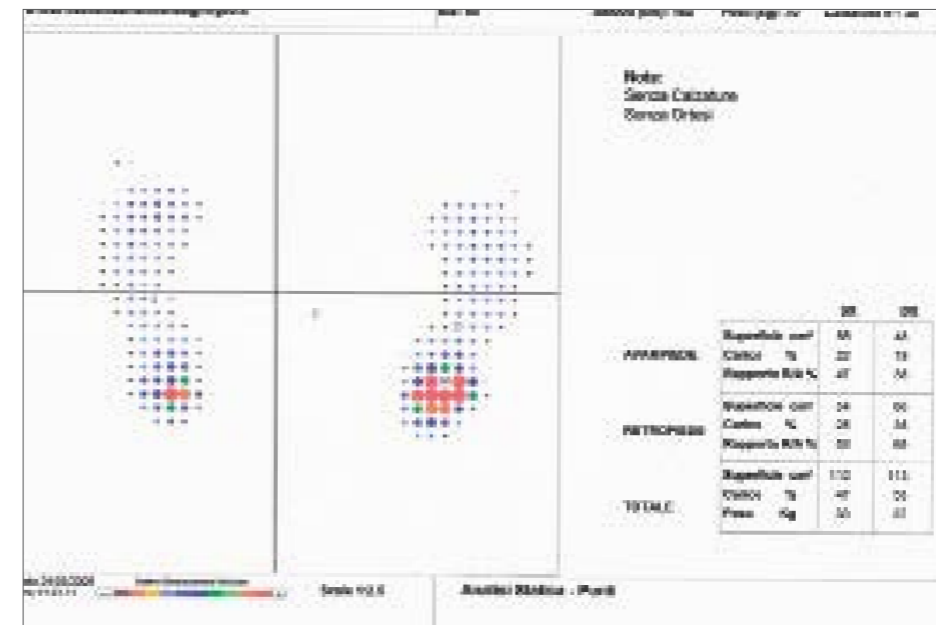
All'atto dell'accertamento medico-legale si evidenziava:

- piede destro: alluce modicamente iperesteso e intraruotato, in posizione di lieve varismo; plurimi screzi cicatriziali, dislocazione ad latus dell'articolazione interfalangea del II dito, "appoggiato" al III dito; viva dolorabilità digitopressoria sul colletto del I e del II metatarsale; riduzione del range escursorio metatarso-falangeo del I raggio di circa il 50%.

- piede sinistro: evidente valgismo dell'alluce; esiti cicatriziali in ordine in sede di accesso chirurgico.

L'esame baropodometrico documentava:

Analisi Statica (fig. 7): baricentro corporeo (C) nel poligono di appoggio spostato a destra; centri di pressione degli arti sinistro



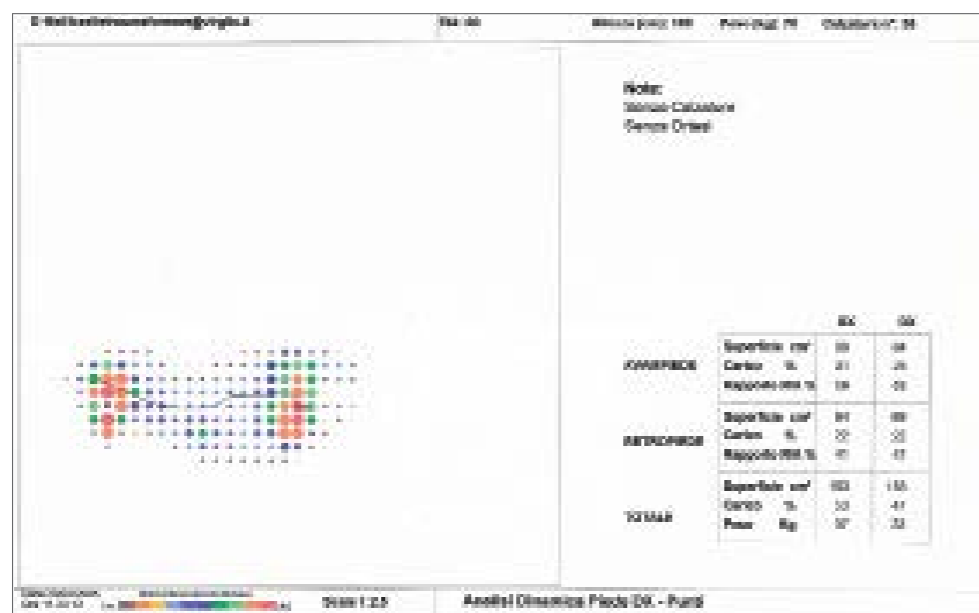
➤ Fig. 7 - caso 2: analisi statica a punti

(S) e destro (D) non in linea tra loro (sinistro anteposto e destro retroposto rispetto al baricentro corporeo). Il punto di massima pressione M appariva posizionato, secondo la norma, nella parte retropodolica di destra. La distribuzione del carico fra arto sinistro e destro, evidenziava un lieve ipercarico a destra. Il valore del carico tra avampiede e retropiede a sinistra indicava un eccessivo ipercarico avampodamico e a destra un moderato ipercarico retropodamico. Le superfici dei due piedi erano simili fra di loro e tra i due avampiedi era rilevabile una eccessiva differenza di superficie, maggiore a sinistra. Tra i due retro-piedi si evidenziava una eccessiva differenza di superficie, maggiore a destra.

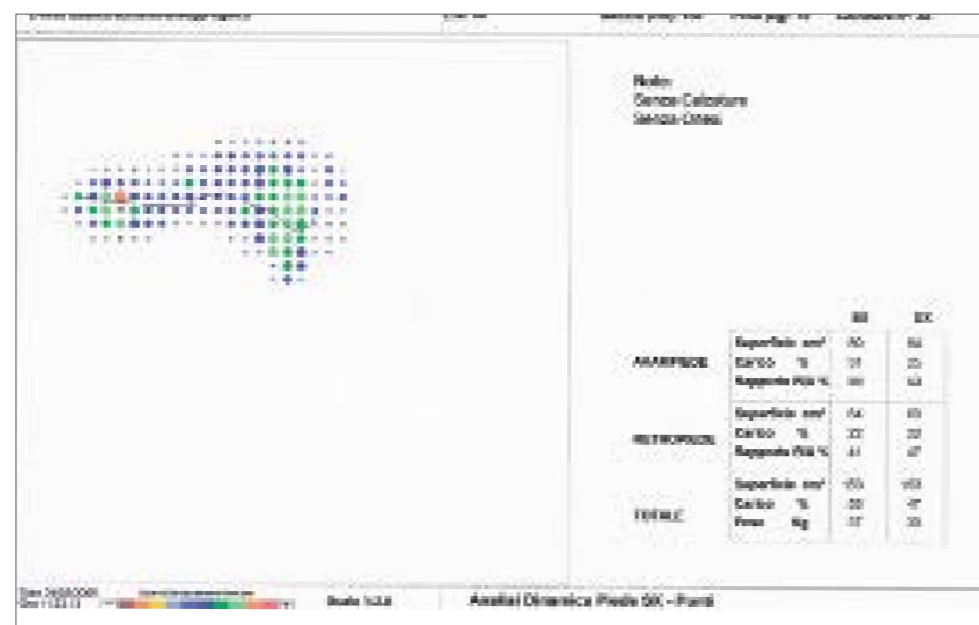
Analisi Statica Isobarica: punti di massimo carico (rossi) presenti posteriormente in entrambi i piedi, ma in maggior numero a

destra. I punti di medio carico (verdi) erano presenti anteriormente in entrambi i piedi, ma in maggior numero a sinistra.

Analisi Dinamica (figg. 8 e 9): punto di massima pressione M posizionato, secondo la norma, nella parte retropodolica di sinistra, differente condizione rispetto alla statica; lieve ipercarico a sinistra, differente condizione rispetto alla statica. Il valore del carico tra avampiede e retropiede a sinistra indicava un lieve ipercarico retropodamico, a destra un eccessivo ipercarico retropodamico. Le superfici dei due piedi erano uguali fra di loro e tra i due avampiedi era rilevabile una moderata differenza di superficie, maggiore a sinistra, mentre tra i due retro-piedi la differenza di superficie, per quanto moderata, era a favore del piede destro. Dall'esame della risultante delle forze del piede sinistro si rilevavano instabilità ante-



➤ Fig. 7 - caso 2: analisi dinamica a punti- piede destro



➤ Fig. 8 caso 2: analisi dinamica a punti - piede sinistro

riori; dall'esame della risultante delle forze del piede destro si rilevavano instabilità sia anteriori sia posteriori.

Analisi Dinamica Isobarica: punti di massimo carico (rossi) presenti posteriormente in entrambi i piedi, ma più numerosi a destra. I punti di medio carico (verdi) erano presenti anteriormente in entrambi i piedi, ma in maggior numero a sinistra.

CASO 3

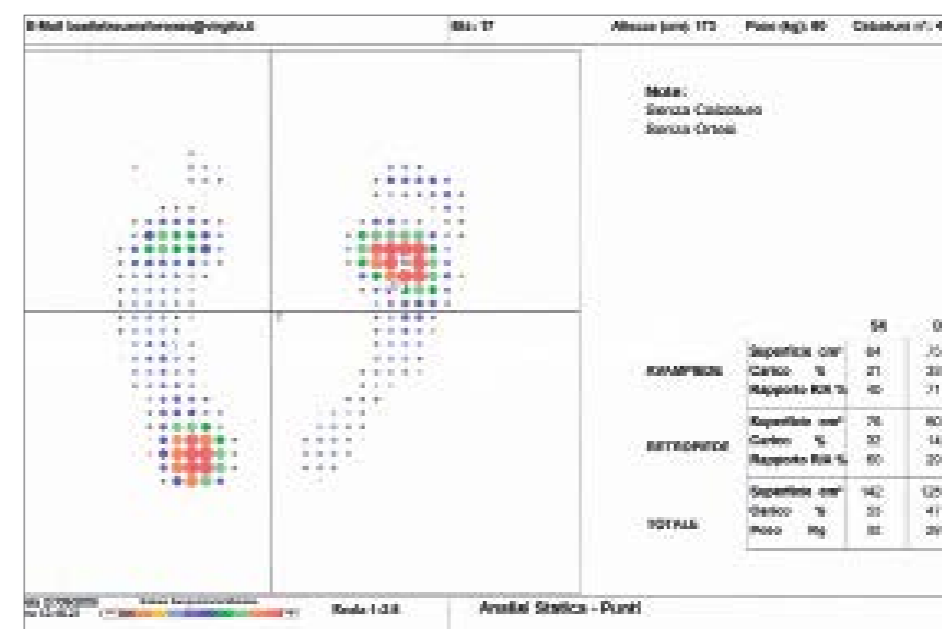
Soggetto giovane, di 16 anni di età, apprendista operaio, che a seguito di sinistro del traffico riportava trauma cranico non commotivo e contusioni multiple; veniva successivamente riscontrato un voluminoso ematoma intracerebrale temporo-parietale sinistro con effetto massa e deviazione verso destra delle strutture della linea mediana,

per cui era sottoposto a duplice craniotomia evacuativa fronto-temporale sinistra, con residua emiplegia flaccida a destra.

Dopo intenso trattamento riabilitativo si registrava un miglioramento della fine manualità della mano e dell'utilizzo dell'arto superiore destro in compiti funzionali, paresi di grado 4 all'arto inferiore destro, con discreto recupero della deambulazione (autonoma senza ausilio e possibile anche su terreni irregolari; in grado di salire e scendere le scale senza appoggio).

L'esame baropodometrico eseguito a completamento dell'accertamento medico-legale evidenziava:

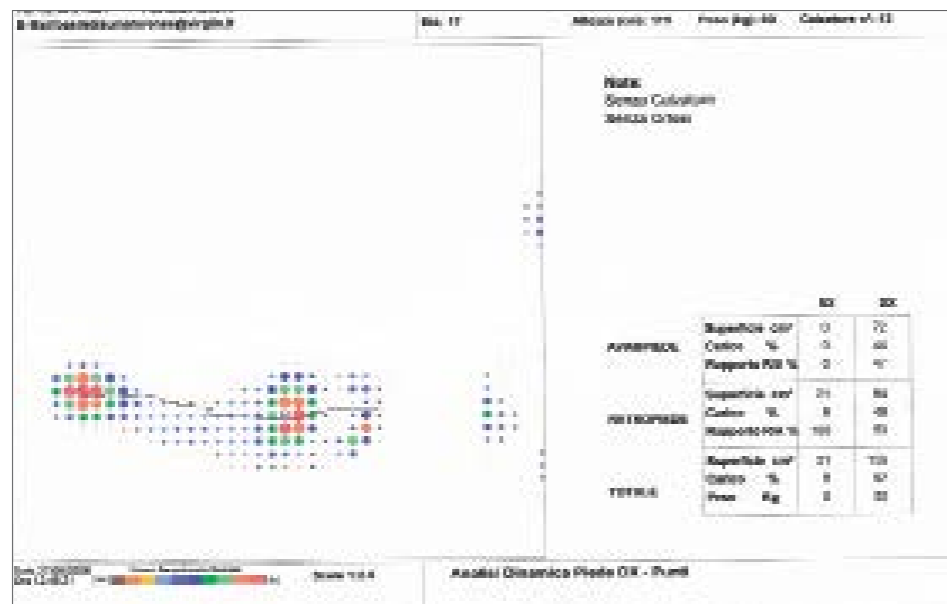
Analisi Statica (fig. 9): baricentro corporeo (C) lievemente spostato a sinistra; centri di pressione degli arti sinistro (S) e destro (D) non in linea tra loro (sinistro retropo-



➤ Fig. 9 - caso 3: analisi statica a punti

sto e destro anteposto). Il punto di massima pressione M appariva posizionato nella parte avampodalica di destra, non conformemente alla norma. La distribuzione del carico evidenziava un lieve ipercarico a sinistra. Il valore del carico tra avampiede e retropiede a sinistra rientrava nei valori fisiologici, con eccessivo ipercarico avampodalico a destra. Le superfici dei due piedi erano difformi con appoggio maggiore a sinistra. Tra i due avampiedi era rilevabile una eccessiva differenza di superficie, maggiore a destra, così come tra i due retropiedi, per predominanza a sinistra. Analisi Statica Isobarica: punti di massimo carico (rossi) assenti nel retropiede destro, selettivamente localizzati sull'avampiede a evidenziare aree di ipercarico. I punti di medio carico (verdi) erano presenti anteriormente in entrambi i piedi, ma in maggior

numero a destra. Analisi Dinamica (figg. 10 e 11): punto di massima pressione M posizionato nella parte avampodalica di destra, come in fase statica. Distribuzione del carico fra arto sinistro e destro con eccessivo ipercarico a destra, diversamente dalla fase statica. Il valore del carico tra avampiede e retropiede indicava un eccessivo ipercarico retropodalico bilateralmente. Le superfici dei due piedi erano difformi con appoggio maggiore a destra. Sia tra gli avampiedi che i retropiedi, si rilevava eccessiva differenza di superficie, maggiore a destra. Dall'esame della risultante delle forze di entrambi i piedi non si rilevano instabilità. Analisi Dinamica Isobarica: punti di massimo carico (rossi) assenti posteriormente nel piede sinistro. I punti di medio carico (verdi) assenti anteriormente a sinistra a evidenziare aree di ipoappoggio.



➤ Fig. 10 caso 3: analisi dinamica a punti – piede destro

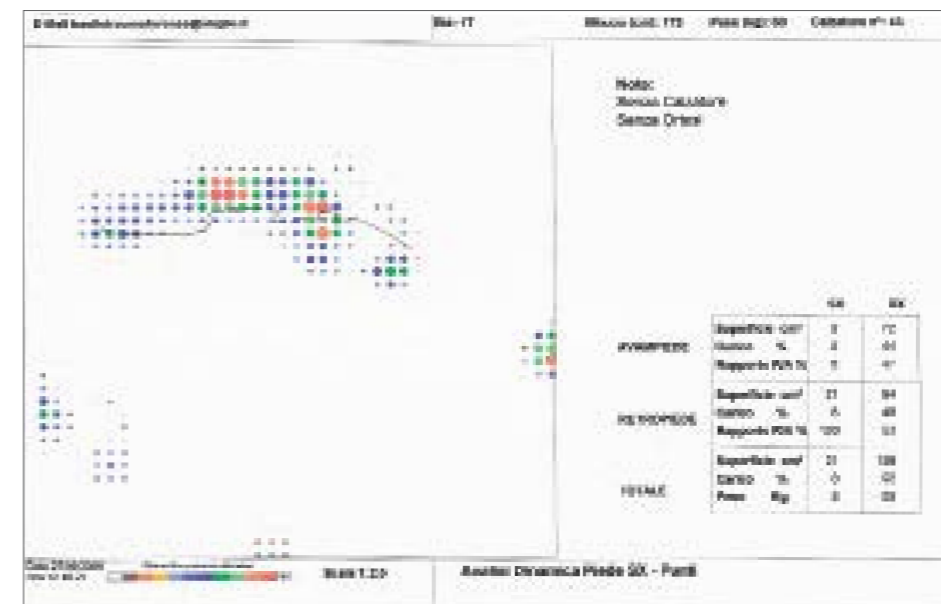
CASO 4

Persona di 49 anni, immobiliare, vittima di trauma da schiacciamento al piede sinistro, produttivo di frattura della base del 3°, 4° e 5° metatarsale (foto 1), trattata con stivaletto gessato mantenuto per 45 giorni e successivo trattamento riabilitativo. All'epoca della personale osservazione, l'esaminato lamentava persistenti algie a carico del piede sinistro, associate a limitazione della funzionalità articolare e facile stancabilità attuale. Obiettivamente, si apprezzava un evidente piede piatto-valgo bilaterale (di 2° grado a destra e 3° grado a sinistra), con lieve limitazione delle escursioni articolari tibio-tarsiche e sotto-astragaliche (flessione dorsale completa; flessione plantare ridotta di 15°; inversione ridotta di 10°; eversione completa). All'esame baropodometrico computerizzato, si apprezzava una evidente alterazione dell'e-



➤ Foto 1: RX eseguita in pronto soccorso

quilibrio posturale statico-dinamico plantare. In particolare, nella fase statica (fig. 12, a; b) la distribuzione del carico fra arto sini-



➤ Fig. 11 caso 3: analisi dinamica a punti - piede sinistro

stro e destro evidenziava un moderato iper-carico a destra, mentre il valore del carico fra avampiede e retropiede indicava un eccessivo ipercarico retropodalico a sinistra, ove la superficie d'appoggio risultava concretamente maggiore.

L'angolo dell'asse podalico nella fase statica era pari a 11° a sinistra e 15° a destra, mentre l'angolo del piede risultava di 10° a sinistra e di 18° a destra.



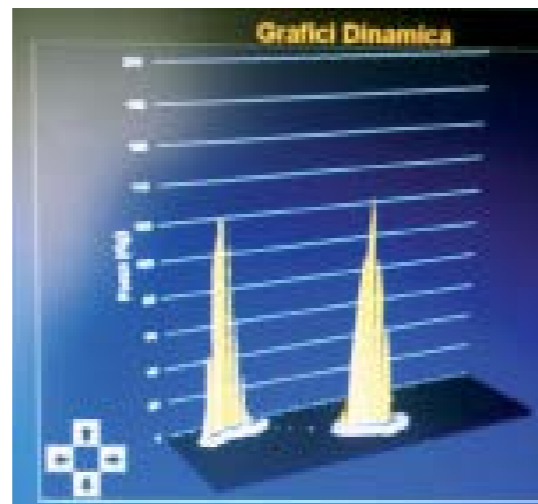
➤ Fig. 12 . caso 4: analisi statica a punti

L'analisi dinamica evidenziava un maggiore "appiattimento" della volta plantare, specie a livello meso e retro-podalico, tale da determinare una eccessiva differenza di superficie, maggiore a sinistra.

Tutti i principali parametri risultavano alterati nella fase dinamica, per predominanza di carico in eversione a sinistra e maggiore riduzione dell'asse podalico e dell'angolo del piede a sinistra (cfr. fig. 13).

Discussione

Per quanto concerne la casistica riportata, l'esito della valutazione clinica integrata dall'esame baropodometrico è stato tradotto



➤ Fig. 13 caso 4: sintesi grafica dell'analisi dinamica

in termini numerici, coerentemente con la criteriologia medico-legale.

Nel **caso n. 1** l'oggetto della valutazione medico-legale concerneva l'individuazione di eventuali profili di responsabilità professionale nonché la quantificazione dei relativi postumi permanenti.

Appurata la non congruità del trattamento ortopedico adottato, doveva quindi essere adeguatamente stimata la quota di danno "differenziale" iatrogeno, ovvero il "plus" menomativo ascrivibile all'operato dei sanitari. Dall'esame baropodometrico risultava una prevedibile condizione di sovraccarico sull'arto inferiore sinistro, con alterazione della distribuzione del carico a destra in posizione statica; tuttavia, in fase dinamica si registrava un parziale compenso della situazione, con lieve ipercarico a sinistra e correzione del punto di massima pressione a destra.

Quindi, a fronte di evidenti menomazioni oggettivamente constatabili dal punto di vista anatomico, quali accertate nel corso

dell'iter clinico e della visita medico-legale, la prova funzionale mostrava una condizione relativamente meno grave.

Considerando la severità intrinsecamente connessa al quadro traumatico originario, per sé suscettibile di determinare apprezzabili conseguenze menomative, si optava dunque in fase valutativa per un esiguo "plus" di danno iatrogeno.

Più specificamente, valutando i postumi che sarebbero comunque derivati dal trauma fratturativo nella misura del 6-7%, e considerando il "danno biologico" permanentemente attuale pari all'8% circa, si è ritenuto equo indicare il "quantum iatrogeno" nella misura dell'1-2%.

Anche nel **caso n. 2** l'oggetto della valutazione era costituito dalla rilevazione di eventuali profili di responsabilità professionale, con particolare riferimento alle indicazioni e alla concreta esecuzione tecnica dell'intervento cui la paziente fu originariamente sottoposta.

Anche in questa vicenda, la valutazione specialistica medico-legale individuava una inadeguata condotta terapeutica, dovendosi quindi definire il "quantum" risarcitorio ascrivibile all'operato degli specialisti ortopedici.

A fronte di un esame clinico che accertava prevalenti esiti incidenti sull'efficienza estetica di entrambi i piedi, con moderata disfunzionalità confinata all'articolazione metatarso-falangea del primo raggio del piede destro, l'esame baropodometrico rilevava una significativa compromissione della statica posturale e della dinamica deambulatoria, risiedente in una modificazione peggiorativa del baricentro, eccessivo carico avam-

podalico a sinistra e retropodalico a destra in fase statica, con instabilità anteriori al piede sinistro e instabilità sia anteriori sia posteriori al piede destro. In sintesi, l'esame attestava una significativa instabilità plantare bilaterale associata a importante sintomatologia algico-disfunzionale ed evidente deficit statico-dinamico plantare, difficilmente correggibile con ulteriori procedure chirurgiche riparative.

Dunque, è stato possibile riconoscere un significativo ruolo peggiorativo svolto dall'inadeguata esecuzione dell'intervento chirurgico, meritevole di adeguata considerazione medico-legale.

Rapportati ai prevedibili esiti di un intervento correttamente eseguito, si è concluso per un "danno biologico iatrogeno" orientativamente quantificabile tra il 5% e il 10%.

Nel dettaglio, il valore indicato rappresentava la differenza tra la prevedibile menomazione secondaria al regolare esito post-chirurgico (non superiore al 2%), e l'attuale quadro di instabilità plantare, incidente in misura non inferiore al 10% in termini di "danno biologico". Oggetto di valutazione del **caso n. 3** era la condizione menomativa residuata al trauma cranico con tardiva emorragia intraparenchimale temporo-parietale sinistra. Dal punto di vista clinico, le periodiche osservazioni deponevano per un sensibile miglioramento raggiunto a distanza di otto mesi dall'evento ("*... paresi di grado 4 all'arto inferiore dx, riduzione della spasticità agli arti di destra, evidente miglioramento della deambulazione sia rispetto al bilanciamento di carico sui due arti inferiori, sia rispetto alla dorsiflessione del piede*"), a indicare un soddisfacente recupero in termi-

ni funzionali. Di converso, l'esame baropodometrico rilevava una sensibile compromissione dell'efficienza posturale e deambulatoria, con profonda alterazione dell'equilibrio propriocettivo statico e dinamico, alterazione del baricentro corporeo, notevole deviazione dell'angolo dell'asse podalico, alterazione della distribuzione dei carichi.

Si è ritenuto, pertanto, di collocare la condizione patologica relativa all'arto inferiore destro nell'ambito di una condizione di "paresi moderata", a fronte di reperti clinici neurologici deponenti per una condizione di paresi "lieve-moderata", con conseguente valutazione percentualistica - pur ritenendo il quadro non ancora stabilizzato e necessitante di ulteriori controlli a distanza - orientativamente pari al 25%.

Nel **caso 4**, si trattava di valutare gli esiti menomativi ormai stabilizzati di una frattura a carico del terzo, quarto e quinto metatarsale, trattata conservativamente.

A fronte di una lieve alterazione dei "classici" reperti anatomici e funzionali (appiattimento della volta plantare, tuttavia in prima istanza "mascherato" dalle caratteristiche costituzionali del soggetto; lieve limitazione articolare tibio-tarsica e sotto-astragalica), l'esame baropodometrico mostrava significative alterazioni soprattutto in fase dinamica, affidabilmente riconducibili al "decalage" strutturale della superficie scheletrica mesopodalica - in morfotipo piatto-valgo - con obbligato "scarico" compensatorio retropodalico omolaterale e meso-avampodalico controlaterale.

Ciò in maniera del tutto coerente con il sovvertimento dell'integrità del cosiddetto "piede dinamico", cioè quella struttura ana-

tomo-funzionale, costituita dall'astragalo, dallo scafoide, dai primi tre ossi cuneiformi e dai primi tre metatarsali ("piede astragalico"), che conferisce al piede la necessaria rigidità nella fase di spinta propulsiva nel corso della deambulazione.

Ne derivava una maggiore predominanza di carico in eversione, probabile causa della disfunzionalità dolorosa lamentata dal soggetto (peraltro in evidente sovrappeso corporeo e morfotipo piatto-valgo plantare).

Si è quindi ritenuto di indicare per il caso del quo, un "quantum" valutativo apprezzabilmente superiore rispetto a ciò che sarebbe derivato dalla mera rilevazione dei parametri escursori tibio-tarsici e sotto-astragalici, ovvero da quanto generalmente attribuito alle fratture metatarsali dai riferimenti tabellari (5% circa), inquadrando la menomazione complessiva ai limiti superiori delle cosiddette "micro-permanenti" (7-8%), "personalizzando" l'esito valutativo fino a incrementarlo del 50%, rispetto a quanto atteso sulla base dei reperti clinici e dei comuni barèmes.

Conclusione

Un attento esame clinico, integrato dall'ausilio del baropodometro computerizzato, è in grado di valutare direttamente l'assetto posturale globale, nonché - indirettamente - la funzionalità articolare e l'efficienza neuro-muscolare.

La metodica presentata, in particolare, permette di rilevare elementi non desumibili clinicamente, e che possono quindi essere sottostimati in fase accertativa e valutativa.

Di contro, lo studio baropodometrico può evidenziare una minore incidenza "funzionale"

del quadro menomativo, rispetto a quanto lecitamente attendibile in ordine alla tipologia della lesione, per la possibile compensazione da parte dei meccanismi alla base del complesso sistema posturale e deambulatorio.

È quindi opinione degli scriventi che il baropodometro computerizzato costituisca un utile strumento per lo specialista in medicina legale, nell'ottica di un percorso valutativo fondato sia su elementi clinici sia su parametri oggettivi e facilmente riproducibili, consentendo altresì di operare una effettiva "personalizzazione" del quantum menomativo.

Bibliografia

1. Mancini A., Morlacchi C.: "Clinica Ortopedica" Manuale-Atlante, Padova: Piccin 1985
2. Geuna S., Giacobini G. e altri: "Apparato Locomotore Anatomia Funzionale". Torino: Edizioni Minerva Medica 2004.
3. Hoppenfeld S.: "L'esame obiettivo dell'apparato locomotore". Bologna: Aulo Gaggi Editore 1985.
4. Reider B.: "Esame obiettivo in ortopedia". Roma: Verduci Editore 2001.
5. Cattaneo L.: "Ossa, articolazioni e muscoli dell'uomo". Bologna: Monduzzi Editore, 1985.
6. Kapandji I.A.: "Fisiologia articolare". Bologna: Monduzzi Editore, 1999.
7. Casonato O., Poser A.: "Riabilitazione integrata delle patologie della caviglia e del piede". Milano: Masson, 2000.
8. Brunello E., Fiaschi A., Smania N.: "Utilizzo e significato clinico della podobarometria, metodi a confronto". Riabilitazione Oggi, 2002; num 5.
9. Ayyappa E., "Normal human locomotion, part 1: basic concepts and terminology. Journal of prosthetics and orthotics", 1997; vol 9, num 1.

10. Ayyappa E., "Normal human locomotion, part 2: Motion, ground reaction force and muscle activity". Journal of prosthetics and orthotics, vol 9, num 2.

11. Fusco M. A.: "Impronta podalica: valutazioni morfologica e funzionale". Ortho 2000, 2002

12. Gianninoni R., Sacchetti A.: "Analisi del movimento". Aggiornamento nazionale Simfir, 1996.

13. Scoppa F.: "Posturologia e schema corporeo". Attualità in terapia manuale e riabilitazione, 2001

14. De Sanctis N.: "Ortopedia e traumatologia pediatrica". Bologna: Aulo Gaggi Editore, 1987.

15. Carlino G., Muratore M.: "Manuale di podologia". Ancona: Edizioni Minerva Medica, 1998.

16. Hervèou C., Mèssèan L.: "Tecnica di rieducazione e di educazione propriocettiva del ginocchio e del collo-piede". Roma: Marrapese Editore, 1982.

17. Luvoni R., Mangili F., Bernardi L.: "Guida alla valutazione medico-legale del danno biologico e dell'invalidità permanente". Milano: Giuffrè Editore, 2002.

18. Bargagna M., Canale M., Consigliere F., Palmieri L., Umani Ronchi G.: "Guida orientativa per la valutazione del danno biologico permanente". Milano: Giuffrè Editore 1996.

19. Cimaglia G., Rossi P.: "Danno biologico Le Tabelle di Legge". Milano. Giuffrè Editore 2000.

20. Cocchiarella L., Gunnar B.J. Andersson: "Guida alla valutazione dell'invalidità permanente American Medical Association". Torino: Centro Scientifico Editore 2004.

21. Tabella delle menomazioni alla integrità psico-fisica comprese tra 1 e 9 punti di invalidità. Attuazione dell'art. 5, comma 5, della legge n. 57/2001.

22. Palmieri L., Umani Ronchi G., Bolino G., Fedeli P., "La valutazione medico-legale del danno biologico in responsabilità civile": 73-94; Giuffrè Ed.; Milano, 2006.