

**TRATTAMENTO DELLA FASCITE PLANTARE ATTRAVERSO DUE
DIFFERENTI TECNOLOGIE DI ONDE D'URTO.
STUDIO PILOTA.**

Dott. Simone Basile

INDICE

1. GENERALITA'

2. EZIOLOGIA

3. EPIDEMIOLOGIA

4. ANATOMIA

4.1 La fascia plantare: anatomia e fisiologia

4.2 Funzionalità biomeccanica della fascia plantare

5. ASPETTI CLINICI

5.1 Sintomatologia

5.2 Diagnosi

6. TRATTAMENTO

7. OBIETTIVI

8. METODI

8.1 Pazienti

8.2 Protocollo di valutazione

8.3 Protocollo di trattamento

8.3.1 Protocollo onde d'urto diamagnetiche

8.3.2 Protocollo onde d'urto elettroidrauliche

9. MATERIALI

9.1 La terapia ESWT

9.2 Onde d'urto elettroidrauliche

9.3 Onde d'urto diamagnetiche

9.3.1 Meccanismi ed effetti biologici

9.3.2 Aspetti innovativi

9.3.3 Descrizione del dispositivo

9.3.4 Utilizzo del dispositivo

10. RISULTATI

10.1 Risultati con scala VAS

11. CONCLUSIONI

BIBLIOGRAFIA

1. GENERALITA'

La fascite plantare è una sindrome dolorosa del piede che colpisce più frequentemente adulti attivi tra i 30 e i 50 anni. Essa è la più frequente causa del dolore calcaneare in sede ambulatoriale.[1]

Sebbene il termine “fascite” faccia pensare ad un’infezione, essa è un disordine caratterizzato da alterazioni degenerative dell’aponeurosi plantare; sarebbe quindi più corretto definirla come fasciosi plantare.[2] La fascite plantare si presenta bilateralmente in 1/3 dei pazienti e nel 50% dei casi è associata alla presenza di uno sperone calcaneare.[6]

2. EZIOLOGIA

La causa della fascite plantare è ancora poco conosciuta, ma si pensa abbia un'etiologia multifattoriale; vi sono quindi diversi fattori che combinati tra loro possono portare all'instaurarsi di questa patologia.

In particolare, si distinguono dei fattori intrinseci e dei fattori estrinseci.

Fattori intrinseci:

- Età.
- Eccessiva pronazione del piede.
- Obesità.
- Piede piatto, cavo.
- Ridotta dorsiflessione di caviglia. [1,6,8-12]

Fattori estrinseci:

- Attività sportive o lavorative che comportino una prolungata posizione sottocarico (attività lavorativa) e continui traumatismi alla fascia plantare (corsa, ballo, camerieri).
- Calzature inadeguate (troppo larghe o troppo strette, troppo alte o troppo basse, troppo morbide o troppo rigide).
- Allenamenti sportivi errati (rapido aumento del carico di lavoro, superfici non idonee). [1,8,12]

Questi fattori, combinati tra loro, portano ad un patologico sovraccarico della fascia plantare, in particolare nella sua zona di inserzione calcaneare, causando dei veri e propri microtraumi che, in seguito, possono portare alla formazione di un edema perifasciale e ad un aumento dello spessore del cuscinetto calcaneare.[2,13,14]

Queste alterazioni dell'ispessimento fasciale, in particolare nel tratto prossimale della fascia plantare fino alla sua inserzione calcaneare, e la presenza di edema nell'adiacente cuscinetto adiposo e nei tessuti molli, sono tipicamente visibili attraverso studi di Risonanza Magnetica.[15]

La ridotta flessibilità delle strutture posteriori del piede, combinata ad una debolezza dei flessori plantari durante il push-off, altera la normale biomeccanica del piede, portando ad un'inefficienza della forza di assorbimento degli urti.[14]

Questo decremento contribuisce ad un maggior sovraccarico a livello dell'aponeurosi plantare e quindi ad un aumento delle alterazioni degenerative. Dal punto di vista istologico si può notare: necrosi del collagene, iperplasia degli angiofibroblasti, metaplasia condroide, calcificazione della matrice.[2]

Nei corridori, in particolare, si crede che la fascite plantare sia dovuta ad una lesione da sovraccarico combinata con allenamenti errati, superfici di allenamento inadeguate, allineamento biomeccanico alterato e disfunzioni e rigidità muscolari. Ad esempio un'eccessiva pronazione del piede porta ad un aumento della tensione della fascia durante la fase di appoggio nella corsa. [18] In atleti che hanno appena iniziato il loro programma di allenamento, invece, i muscoli degli arti inferiori potrebbero non aver ancora sviluppato la forza e l'elasticità necessarie, condizionando così negativamente la capacità di assorbimento degli urti.[17]

3. EPIDEMIOLOGIA

La fascite plantare è una patologia di rilievo per la salute pubblica, in quanto è la causa più comune di dolore al tallone in pazienti ambulatoriali.[1] Per esempio, negli USA circa il 10% della popolazione è afflitto da dolore al tallone nel corso della vita, di questo l'83% è rappresentato da adulti attivi, lavoratori, con un'età compresa tra i 25-65 anni.[3,4]

Due grandi insiemi di dati ambulatoriali negli Stati Uniti hanno rivelato circa 1 milione di visite l'anno per fascite plantare; in oltre, secondo un recente studio, essa è la condizione patologica più trattata nelle cliniche podiatriche.[19]

All'interno della letteratura corrente, è dimostrato invece che, il tasso di prevalenza della fascite plantare in una popolazione di corridori è compreso tra il 4% e il 22%.[20,21]

Metheson ed i suoi collaboratori, in una revisione retrospettiva di 1407 pazienti provenienti da una clinica ambulatoriale di medicina sportiva, hanno trovato però che gli atleti giovani avevano una minore prevalenza di fascite plantare, più precisamente il 2,5% rispetto agli atleti più vecchi, per i quali si registrava una percentuale del 6,6%.[17]

L'associazione tra l'instaurarsi della patologia e l'aumento dell'età è coerente con i risultati istopatologici di alterazioni degenerative, infiammatorie e non, all'interno della fascia plantare.[2]

Questi risultati supportano l'ipotesi che la fascite plantare sia secondaria a microtraumi ripetuti, causati da una prolungata attività sotto carico.[13]

Il sovraccarico costante inibisce il normale processo di riparazione, con conseguente degenerazione di collagene, che provoca alterazioni strutturali ed edema perifasciale.[15,22]

Alcuni studi hanno individuato una grande varietà di cambiamenti cellulari e tessutali avversi, come la necrosi dei fibroblasti, la degenerazione del collagene (caratterizzato dalla perdita della continuità delle fibre), l'aumento del collagene di tipo III rispetto a quello di tipo I, l'incremento di fibroblasti anormali con difetti mitocondriali e la formazione di nuovi vasi vascolari anormali, privi di cellule del sangue, che non sono connessi agli altri vasi preesistenti (Kraushaar and Nirschl, 1999).[2]

Queste alterazioni, quindi, causano un aumento dello spessore del cuscinetto calcaneare, il quale spesso risulta essere doloroso in pazienti con fascite plantare[12,13] e porta ad una perdita di elasticità, fattori entrambi associati all'aumentare dell'età e del BMI (indice di massa corporea).[23]

La minore elasticità della fascia, all'aumentare dell'età, è associata ad una diminuita capacità di assorbimento degli urti, che potrebbe essere il risultato dell'incapacità della fascia di resistere al carico di tensione normale.[22,23]

Per quanto riguarda l'associazione tra fascite plantare e il sesso, la letteratura corrente è incoerente, in quanto vi sono studi che mostrano una maggior prevalenza negli uomini[18,24], altri, invece, mostrano maggior prevalenza nelle donne.[11,25] Infatti, in uno studio retrospettivo effettuato su atleti corridori, Taunton ed i suoi collaboratori hanno trovato una differenza significativa all'interno della loro popolazione di studio: il 54% delle persone colpite da fascite plantare erano maschi e il 46% femmine. Al contrario uno studio prospettico di atleti di vario livello di abilità, condotto da di Rano ed i suoi collaboratori [11], ha mostrato una più alta percentuale di donne con dolore al tallone rispetto al gruppo controllo.

Non ci sono inoltre, nella letteratura attuale, teorie che ipotizzino il motivo di una differente prevalenza di fascite nei due sessi, sia che essa attenga a differenze strutturali che ormonali.

Lutter (1997) ha evidenziato che il 65% della popolazione che non pratica sport è in sovrappeso e tra questi il 70% risulta affetta da fascite plantare.

L'aumento di peso e un maggior indice di massa corporea, quindi, come è stato dimostrato, sono dei fattori di rischio molto significativi per la fascite plantare. [6,8,9,10,11]

Ad esempio, Frey e Zamora [9] hanno dimostrato che in pazienti in sovrappeso o obesi vi è una probabilità superiore di 1,4 volte che venga diagnosticata una fascite plantare.

Riddle ed i suoi collaboratori [8], invece, hanno ipotizzato che una ridotta dorsiflessione della caviglia è il più importante fattore di rischio per lo sviluppo della fascite plantare, in quanto maggiore è la limitazione in dorsiflessione, maggiore sarà la pronazione compensatoria del piede e quindi il livello di carico sulla fascia plantare.

Uno studio condotto da Scott e Coll [26] ha evidenziato come in pazienti anziani, mediamente di 80 anni con una riduzione del range di movimento della tibio-tarsica rispetto ai soggetti più giovani, comporti un'esponenziale relazione tra la diminuzione di dorsiflessione e il rischio di sviluppare fascite plantare.

Inoltre è stato mostrato che in pazienti sofferenti di dolore cronico al tallone o plantare, vi è una pronazione significativamente maggiore.[6]

Come già detto in precedenza, in aggiunta a questi fattori di rischio intrinseci, vi sono poi diversi fattori estrinseci.

La fascite plantare è stata individuata in una porzione vasta della società, in particolare in soggetti che svolgono lavori in cui è necessario portare dei pesi, come operai e magazzinieri, oppure in persone impegnati in attività lavorative che prevedono il mantenimento prolungato di posizioni sotto carico (camerieri, cuochi ecc).[8,24,28,29]

Oltre che in operatori impiegati in lavori pesanti, la più alta distribuzione della patologia è stata registrata negli atleti, dove è stata riscontrata nel 10% dei corridori. Nella corsa, infatti, durante la fase di appoggio del tallone al suolo viene a determinarsi una compressione del cuscinetto calcaneare con una forza pari circa al 200% del peso corporeo. Pertanto in sportivi che non hanno un'adeguata resistenza o flessibilità muscolare, che quindi hanno una ridotta capacità di assorbimento degli urti, l'avvio di un nuovo programma di allenamento potrebbe portare a un sovraccarico della fascia plantare.[30]

Incrementi del carico, così come un aumento dell'intensità o frequenza della corsa o un cambio o un utilizzo di calzature non adeguate, sono stati associati a sovraccarichi della fascia plantare, e quindi all'insorgenza di microtraumi [14]. In particolare l'utilizzo di calzature non idonee, come calzature aziendali, possono esacerbare una fascite plantare in via di sviluppo in questi pazienti.[28]

Nonostante la fascite plantare sia più frequente negli sport che richiedono la corsa e il cammino per lunghe distanze, essa è stata associata anche ad individui giovani che praticano attività sportive

inclusive del salto[15]. Infatti la patologia è frequente anche tra i ballerini, i tennisti e i giocatori di pallacanestro.

Infine, la fascite plantare, sebbene nella fase acuta possa essere abbastanza debilitante, raramente permane per tutta la vita. E' stato stimato, infatti, che pur affetti da vera fascite plantare, i pazienti guariscono nel 90-95% dei casi a seguito del solo trattamento conservativo, anche se si tratta di un trattamento relativamente lungo (da 6 mesi ad 1 anno), che necessita di molta costanza, pazienza e diligenza da parte dei pazienti, nell'osservanza del programma riabilitativo e terapeutico.

Nel caso in cui questo tipo di trattamento dovesse fallire, e in altri particolari casi, si può ricorrere al trattamento chirurgico, con un tasso di successo, però, compreso solo tra il 50% e l'85%.[32]

4. ANATOMIA

4.1 LA FASCIA PLANTARE: ANATOMIA E FISIOLOGIA

La fascia plantare, meglio definita aponeurosi plantare o legamento arcuato, è una spessa banda fibrosa di tessuto connettivo che ha origine dalla tuberosità mediale del calcagno e si estende lungo l'arco longitudinale mediale, andandosi ad inserire alla base di ciascuna falange prossimale delle dita del piede (vedi figura1). Originariamente essa costituiva la parte terminale (tendine) del muscolo plantare, funzionando quindi come flessore della pianta, ma con l'evoluzione del piede da organo prensile a organo di sostegno, il muscolo si è atrofizzato e l'aponeurosi si è fissata al calcagno.

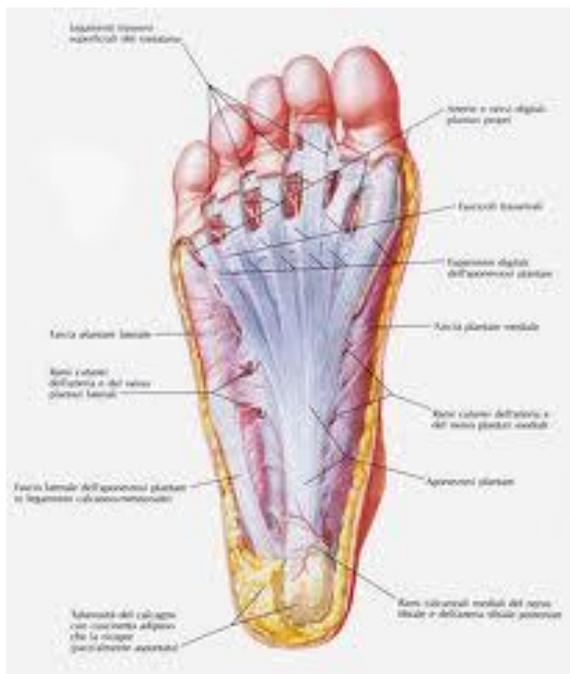


Figura 1

Essa occupa il piano superficiale della pianta, al di sotto dello strato sottocutaneo, e da un punto di vista anatomico si possono distinguere tre parti che vanno poi a ricoprire i tre gruppi muscolari plantari corrispondenti: una componente intermedia (o centrale), una laterale ed una mediale.

La componente intermedia é la componente più estesa, più spessa e più resistente. Essa, svolge un ruolo importante nel mantenimento delle volte plantari antero-posteriori [33]; risulta nettamente isolata da quella mediale e laterale da due solchi che si estendono in direzione antero-posteriore, occupati da tessuto adiposo. Essendo di forma triangolare, è possibile individuare due lati che proseguono nelle aponeurosi plantari laterale e mediale, un apice tronco, largo dai 15 ai 20 mm, che si inserisce nella tuberosità del calcagno e una base che si fissa sulle articolazioni metatarso-falangee, dividendosi in avanti, poco prima delle teste metatarsali, in cinque bendellette digitali. Anatomicamente è costituita da fibre longitudinali molto resistenti che formano in avanti delle bendellette pretendinee e da fibre trasversali, soprattutto abbondanti nella parte anteriore, che formano a livello delle metacarpo-falangee un legamento trasverso superficiale, a sostegno della volta plantare anteriore.[33]

Le altre due componenti sono molto più sottili della precedente. Quella mediale è più spessa avanti che dietro e quella laterale, al contrario è più spessa dietro che avanti. Infatti nello sviluppo del passo, durante la fase di appoggio, il carico si distribuisce prima sulla parte esterna del calcagno e poi, man mano che si appoggia il piede, il carico aumenta maggiormente nella sua parte interna. Hanno origine entrambe a livello delle tuberosità calcaneari per poi estendersi in avanti, inviando ciascuna delle espansioni sagittali:

- la mediale, dallo scafoide al primo cuneiforme e alla faccia inferiore del primo metatarso;
- la laterale, sulla guaina del peroneo lungo e sul quinto metatarso[33].

Al di sopra della fascia plantare, troviamo il muscolo flessore breve delle dita che ha la propria inserzione prossimale a livello della tuberosità mediale del calcagno. É importante ricordare la presenza di questo muscolo perché il punto di inserzione sul calcagno è spesso sede di formazione dello sperone calcaneare, che si trova circondato dal muscolo stesso, e non a livello della fascia plantare, come erroneamente si crede.

Al di sotto, invece, la fascia plantare è separata dalla cute da un tessuto adiposo, chiamato cuscinetto adiposo plantare, il quale assume poi un ruolo fondamentale nella funzione di assorbimento degli urti a cui è costantemente sottoposto il piede.

Nei soggetti giovani si nota una continuità con il tendine d'Achille che si riduce con l'età fino ad essere costituita da poche fibre. Ciò nonostante, rimane comunque un rapporto indiretto tra le due strutture, tanto è vero che una rigidità del tendine di achille può causare un maggiore stress a livello dell'aponeurosi plantare, a tal punto da essere considerato come un fattore di rischio per lo sviluppo di una fascite plantare.

4.2 FUNZIONALITA' BIOMECCANICHE DELLA FASCIA PLANTARE

L'aponeurosi plantare, come già accennato precedentemente, svolge una funzione fondamentale dal punto di vista meccanico nel mantenimento dell'arco longitudinale-mediale e nella trasmissione delle forze dalla zona calcaneare prossimale a quella distale delle dita. Si tratta sia di forze statiche che si generano in posizione eretta sia delle forze dinamiche proprie del cammino, della corsa e del salto (Aquino, et al., 1999).

La funzione biomeccanica della fascia plantare è da considerarsi dunque in due condizioni distinte: il carico statico e la deambulazione. La funzione di supporto, in carico statico, dell'arco longitudinale mediale, esercitata dall'aponeurosi plantare, è un meccanismo passivo di sostegno del carico per trazione sulla stessa fascia. In questa condizione la muscolatura intrinseca ed estrinseca del piede è relativamente inattiva. La fascia esercita quindi una funzione passiva di stabilizzazione, coadiuvata dai legamenti plantari e dallo spring ligament [34]. Durante la deambulazione la fascia plantare rimane rilassata in tutte le fasi del passo, tranne nel "toe-off", quando le dita si dorsiflettono e l'aponeurosi plantare entra in tensione. nel momento in cui il tallone viene staccato da terra, l'angolo tra le dita ed i metatarsi aumenta sino a raggiungere i 50-60° e la fascia plantare viene stirata (vedi figura 2 riquadro B).

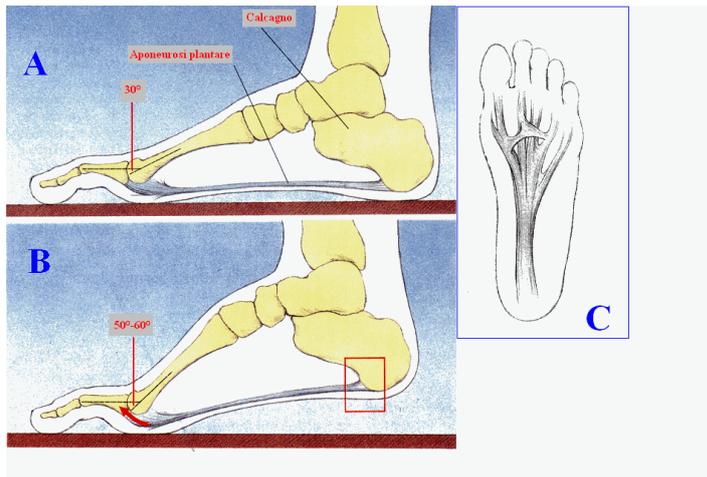


Figura 2

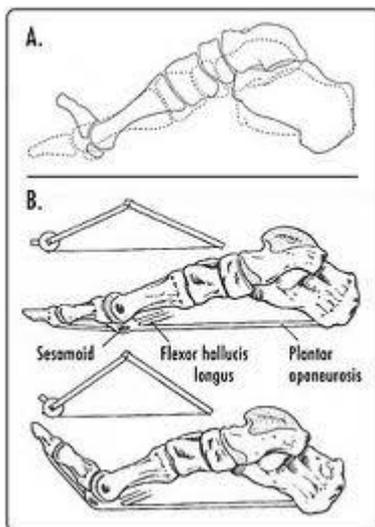


Figura 3

Quanto maggiormente le dita vengono piegate, tanto più la fascia viene sollecitata in stiramento.[36] Nella dorsiflessione delle metatarso falangee, l'aponeurosi plantare, tendendosi, si comporta come un verricello che provocando una trazione sulla sua inserzione prossimale solleva l'arco longitudinale e inverte il retro piede(figura 3).[34,35]

Un'aponeurosi plantare eccessivamente tesa ed iper-sollecitata diviene, quindi, automaticamente il sito di una possibile lesione. Infatti, durante movimenti particolarmente violenti, come ad esempio la fase di stacco durante il salto, oppure in situazioni nelle quali venga fortemente aumentato il carico sulla pianta del piede, come ad esempio correndo velocemente in curva, si può verificare una rottura dell'aponeurosi plantare alla sua origine calcaneare o nei flessori brevi delle dita. Anche gli atleti che presentano un piede

eccessivamente pronato sono maggiormente esposti ad incorrere in lesioni da sovraccarico a livello dell'aponeurosi plantare, come appunto la fascite plantare, in quanto l'eccessiva pronazione provoca una maggior tensione sull'aponeurosi plantare stessa. La fascia plantare, infine, agisce anche come superficie di scivolamento al di sotto delle teste metatarsali, utile alla distribuzione delle pressioni plantari. e come fascia di protezione delle strutture profonde dell'avampiede.

5. ASPETTI CLINICI

5.1 SINTOMATOLOGIA

La fascite plantare è una patologia di frequente riscontro e al contempo di non rapida e non facile guarigione. Clinicamente il sintomo fondamentale è il dolore, abitualmente localizzato sulla faccia plantare del tallone, nel punto di inserzione dell'aponeurosi plantare.

L'entità del dolore è molto variabile da paziente a paziente; quando il dolore è particolarmente intenso il paziente non riesce a caricare sul tallone. Comunemente il dolore è più acuto al mattino, al risveglio, e si accentua con il carico. Di notte i piedi assumono una posizione rilassata (con le punte verso il basso), in questo modo il tendine d'Achille si "accorcia" e con questo anche la fascia plantare. Se è in atto un'inflammatione delle fibre, esse, alla ripresa della posizione a 90° del piede, non riescono a stendersi e ne deriva un dolore molto forte. Il dolore raggiunge poi la sua massima intensità alla sera, dopo lunga stazione eretta: si può aggravare nel salire le scale o alzandosi sulla punta dei piedi, ma non è un sintomo costante, si alternano periodi più o meno lunghi di dolore ad altri di relativo benessere[37].

Anche l'andamento temporale del dolore può essere molto diverso. Nei casi più leggeri è un dolore non acuto che permane, ad esempio, per tutta la durata della corsa, ma che, essendo a bassa intensità, permette comunque di correre. Altre volte è così intenso o localizzato da impedire non solo la corsa, ma anche la camminata. Anche le modalità di insorgenza sono diverse: può apparire in forma acuta (specie dopo uno sforzo intenso ai limiti delle proprie possibilità) o essere progressivo. Anche nei casi meno dolorosi, trascurare la fascite plantare e continuare a correre può essere molto deleterio.

All'ispezione, il piede è ricoperto da cute integra; nei casi particolarmente acuti si può rilevare un arrossamento ed un gonfiore sulla pianta del tallone. La palpazione è finalizzata alla ricerca di punti dolorosi a livello del tubercolo mediale, della tuberosità calcaneare e sulla pianta del piede, lungo il decorso dell'aponeurosi. La valutazione della motilità dell'articolazione tibio-tarsica consente di capire se vi è una brevità del tendine di Achille.

Dal punto di vista istologico invece i campioni esaminati dai reperti chirurgici dimostrano che le microlesioni della fascia sono caratterizzate da necrosi dei fibrociti, metaplasma condroide, proliferazione angiofibroblastica e degradazione delle fibre di collagene tipo I. Questo quadro microscopico è caratteristico della trasformazione degenerativa cronica dovuta alle sollecitazioni meccaniche ripetitive sui tessuti molli [38].

La fascite plantare può essere classificata in base alla sede del dolore (figura 4):

- fascite plantare prossimale, il dolore si manifesta a livello del tubercolo calcaneare mediale (80% dei casi);
- fascite plantare distale, più rara, il dolore è diffuso anche sulla pianta del piede lungo il decorso dell'aponeurosi plantare e sulla faccia mediale del piede (20%) (fare riferimento alla figura).

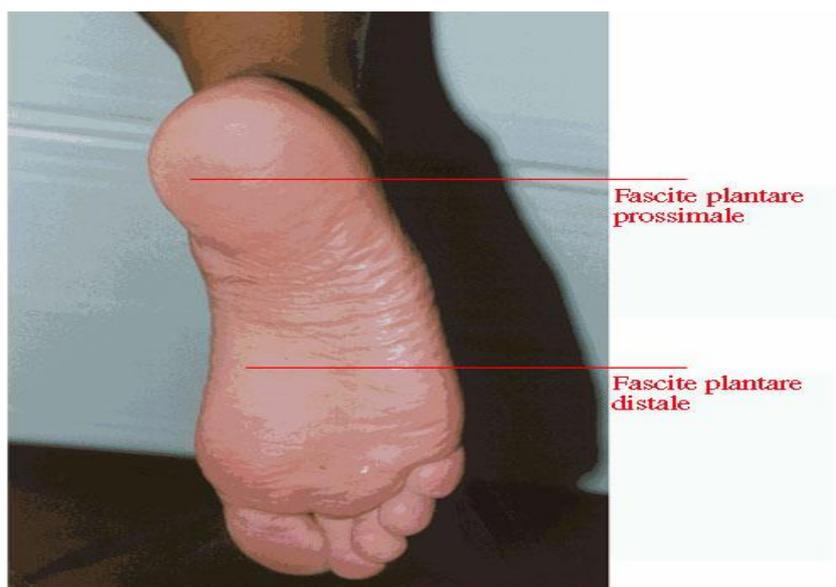


Figura 4

5.2 DIAGNOSI

Per quanto riguarda la diagnosi, essa può essere fatta con ragionevole certezza basandosi sull'anamnesi, sulla storia del dolore e sull'esame obiettivo.

I pazienti, tipicamente, riportano un'insorgenza graduale del dolore, inferiormente al calcagno, che peggiora durante i primi passi la mattina o dopo un periodo di inattività, tende poi a diminuire con l'aumento delle attività, per poi peggiorare nuovamente a fine giornata, dopo una lunga attività sotto carico.

I pazienti potrebbero riferire l'insorgenza dei sintomi, ad esempio, in seguito ad un aumento di intensità della loro camminata, oppure in seguito ad un aumento del regime di corsa o ancora ad un cambiamento di scarpe o all'esecuzione di esercizi su una superficie diversa.[39,40]

L'esame obiettivo potrebbe invece mostrare una limitazione nella dorsiflessione di caviglia, un'eccessiva pronazione del piede o una rigidità del tricipite surale.

La diagnostica per immagini, invece, svolge un ruolo limitato nella pratica clinica, anche se può essere utile in casi specifici per escludere altre cause di dolore al tallone, per effettuare, quindi, una diagnosi differenziale, o confermare la diagnosi di fascite plantare quando è in dubbio. A volte, ad esempio, può essere difficile distinguere una fascite plantare da una frattura da stress del calcagno. La radiografia in questo caso può essere utile ad escludere una frattura al calcagno e altre lesioni ossee rare.

Anche se la rilevazione di uno sperone calcaneare (figura 5) non risulta molto utile sia per la conferma che per l'esclusione della diagnosi di fascite plantare, una "periostite leggera" con bordi indefiniti può suggerire un spondiloartropatia sottostante.



Figura 5

Quando la radiografia appare normale, la scintigrafia ossea può essere utile nel distinguere la fascite plantare da una frattura da stress del calcagno. Risultati positivi per fascite plantare, dopo scansione del tessuto osseo, sono stati riportati in 60-98 per cento dei casi, anche se il tasso di falso positivo è sconosciuto. [41]

Anche l'ecografia può essere utile alla diagnosi, sebbene, come altre tecniche di imaging, non è abitualmente utilizzata. In questo caso la fascia plantare è facilmente riconoscibile dal cuscinetto adiposo calcaneare superficiale, iperecogeno e dal calcagno sottostante, presentando normalmente uno spessore di 2-4 mm .[42]

Molti studi hanno trovato un marcato aumento dello spessore della fascia plantare nella fascite plantare (per un totale di circa 5 - 7 mm) e hanno dimostrato una locale ipoecogenicità diffusa all'inserimento calcaneare della fascia plantare, con una perdita di definizione all'interfaccia tra la fascia plantare e i tessuti circostanti e presenza di edema perifasciale.[41,42]

Anche la risonanza magnetica può essere utilizzata per visualizzare la fascia plantare, con immagini sagittali e coronali.[43]

Normalmente, la fascia plantare è caratterizzata da un segnale omogeneo a bassa intensità su tutte le sequenze di impulsi. In presenza di fascite plantare, può essere rilevato un aumento dello spessore della fascia insieme a caratteristiche variabili di un lieve aumento di densità del segnale della fascia su T2. Infine, un intensità di segnale marcatamente aumentata nel calcagno può essere indicativo di fascite plantare associata a una spondiloartropatia sottostante.[44]

La diagnosi differenziale solitamente viene eseguita nei confronti di altre patologie che causano un dolore calcaneare e alla pianta del piede quali:

- Rottura della fascia plantare
- Entesiti: spondiloartropatie
- Infezioni
- Frattura calcaneare da stress o contusione ossea
- Atrofia del cuscinetto adiposo
- Neuropatie da compressione di un ramo nervoso, quali:

- sindrome del tunnel Tarsale
- compressione della branca calcaneare mediale del nervo tibiale posteriore
- compressione del nervo del muscolo abducente del quinto dito
- Radiculopatia S1
- Tumore dei tessuti molli
- Tumore primario o metastatico del tessuto osseo
- Morbo di paget a carico dell'osso.[45]

6. TRATTAMENTO

La fascite plantare difficilmente ha una risoluzione spontanea e necessita, quindi, di un trattamento terapeutico e riabilitativo precoce. La precocità d'intervento permette, infatti, una prognosi migliore e una risoluzione della patologia in tempi minori; al contrario, trascurare la sintomatologia e ritardare i tempi d'intervento possono portare ad una cronicizzazione della patologia. In particolare, nel caso in cui la sintomatologia dovesse comparire a causa o durante l'attività sportiva sarà molto importante interromperla immediatamente ed osservare un tempo di riposo e di astensione dall'attività, cominciando il trattamento.

Come già detto nel capitolo 2, nel 90-95% dei casi i pazienti affetti da fascite plantare guariscono in seguito ad un trattamento di tipo conservativo, e solo qualora esso dovesse fallire, o in altri casi particolari, è necessario ricorrere all'intervento chirurgico.[46]

Il trattamento conservativo è quello d'elezione, consiste nel riposo e nell'impiego di diverse terapie. Il dolore locale di solito si risolve spontaneamente entro alcuni mesi e può essere alleviato con l'utilizzo di plantari o bendaggi funzionali. A ciò deve seguire una ripresa graduale dell'attività sportiva, programmando adeguatamente l'aumento dei carichi di lavoro, ritardando nel tempo l'attività di salti, evitando inizialmente la corsa su superfici dure, ma preferendo, ad esempio, la corsa sul prato o sabbia. Infine è molto importante la corretta scelta del tipo di scarpa e l'eventuale adozione di plantari ortopedici che correggano i difetti biomeccanici. La terapia conservativa deve essere attuata sempre e protratta anche a lungo; qualora il risultato, dopo almeno 12 mesi di terapia conservativa adeguata e correttamente eseguita, non sia soddisfacente, si può porre un'indicazione chirurgica.[47]

Nel trattamento conservativo, come già detto, sono utilizzate varie terapie; tuttavia ci sono pochi dati, qualitativamente affidabili, a supporto della loro efficacia.[48]

Si ritiene comunemente, per esempio, che un inizio del trattamento conservativo entro sei settimane dalla comparsa dei sintomi possa accelerare il recupero, ma anche questo non è stato provato.[49,50]

Terapie conservative comprendono l'utilizzo di ortesi, splint notturni, stretching, immobilizzazione, taping, farmaci topici con o senza ionoforesi, farmaci anti-infiammatori per via orale, onde d'urto, laser e iniezioni percutanee con corticosteroidi o tossina botulinica di tipo A.

TERAPIA FISICA

Per il trattamento della fascite plantare sono stati proposti molti tipi di terapia fisica[50]

L'utilizzo del ghiaccio, del calore, del massaggio e il rinforzo dei muscoli intrinseci del piede risultano predominanti dai dati aneddotici.

STRETCHING E TAPING

Lo stretching dei muscoli del polpaccio e della fascia plantare (figura 6), così come l'utilizzo del taping, sono comunemente raccomandati, ma questi tipi di terapia sono stati generalmente valutati in combinazione con altri interventi, rendendo difficile interpretare i risultati di ogni singola terapia.

Lo stretching aiuta ad allungare i tessuti che circondano il calcagno, favorendo una minore sollecitazione tissutale e quindi un minore stress tensivo, facilitando i processi di guarigione. Lo stretching si deve fare per l'aponeurosi plantare, il tendine di Achille e la muscolatura del polpaccio, non solamente sull'arto lesa ma, sotto forma preventiva, anche su quello sano.

L'applicazione del Taping Kinesiologico, in fase riabilitativa e di riposo, con "traiettorie" specifiche, può essere utile nel favorire il rilassamento dell'aponeurosi plantare, nella ripresa dell'attività fisica e nel sostenere la struttura aponeurotica sotto carico.[51]

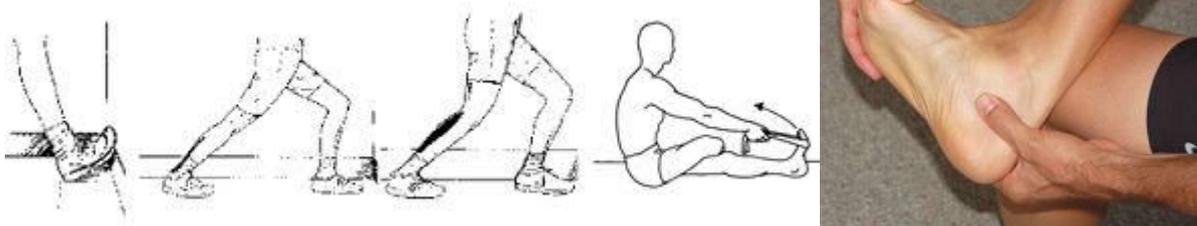


Figura 5

ORTESI

C'è una vasta gamma di ortesi, dalle prefabbricate a quelle su misura, compresi i rilievi per il tallone, variamente progettati per elevare e ammortizzare il tallone, fornire sostegno all'arco plantare mediale, o entrambe le cose(figura 7). Esse sono usate per correggere le disfunzioni statiche e dinamiche del piede e trattare la fascite plantare. Non vi sono dati sull'efficacia di questi dispositivi rispetto al placebo o a nessun trattamento e i dati disponibili sulla loro efficacia sono limitati o contraddittori ove confrontati con altro tipo di intervento.[51]



Figura 6. Tallonette.

SPLINT NOTTURNI E WALKING CASTS



L'uso di tutori notturni (figura 8), progettati per mantenere la caviglia in una posizione neutra durante il sonno, con o senza dorsiflessione delle articolazioni metatarso-falangee, è stata valutata in due studi randomizzati e controllati, con risultati contrastanti.[52,53]

Non vi sono invece dati pubblicati da studi clinici controllati per quanto riguarda l'immobilizzazione con casts o con altro tipo di dispositivo. Un esame retrospettivo ha riportato una recidiva di dolore, di solito entro un mese dopo la cessazione dell'uso di un calco in gesso, in 11 pazienti su 24 (46 per cento) per i quali erano disponibili i dati di follow-up.[54]

Figura 7

AGENTI ANTINFIAMMATORI

I farmaci antinfiammatori non steroidei sono spesso utilizzati nella pratica clinica per il trattamento della fascite plantare , ma non sono mai stati condotti studi randomizzati per valutare la loro effettiva prestazione.[51] Un altro trattamento molto comune nel dolore calcaneare è l'iniezione di corticosteroidi, di solito mescolati con anestetico locale e iniettato attraverso un approccio mediale.

I dati in letteratura evidenziano, però, che questo trattamento fornisce solo un sollievo limitato dal dolore limitato.[48]

Nell'impiego delle iniezioni di corticosteroidi esistono delle perplessità sulla possibilità che esse possano essere associate ad un aumento del rischio di rottura della fascia plantare[55,56], sebbene, anche in questo caso, i dati a supporto di questa tesi siano ancora limitati e non conclusivi.[55]

TERAPIA A ONDE D'URTO

La terapia extracorporea con onde d'urto è stata proposta come un approccio alternativo, grazie ai suoi effetti benefici nello stimolare la guarigione dei tessuti molli e nell'inibire i recettori del dolore.

Molti studi hanno indagato sull'effetto delle onde d'urto nel trattamento della fascite plantare, riportando un tasso di successo che varia dal 34% al 88% [57-74]. La maggioranza dei lavori pubblicati ha riportato un effetto positivo e benefico di ESWT (terapia extracorporea con onde d'urto) nei confronti di tale patologia. Rompe ed i suoi collaboratori suggeriscono affermano che tre trattamenti settimanali con 1.000 impulsi di onde d'urto a bassa energia, $0,06 \text{ mJ} / \text{mm}^2$, possano costituire una terapia efficace per la fascite plantare, con un significativo alleviamento del dolore e miglioramento della funzionalità [70]. Wang ed i suoi collaboratori hanno trattato con la terapia ad onde d'urto 79 pazienti affetti da fascite plantare, di cui 59 donne e 20 uomini, con un'età media di 47 anni (range 15-75 anni). Ad un anno di follow-up i risultati complessivi sono stati: nel 75,3% dei pazienti si è avuta una risoluzione completa dei sintomi, con assenza di dolore , nel 18,8% si è avuto un miglioramento significativo, invece nel 5,9% solo lieve o nessun miglioramento se non addirittura, un peggioramento. Il tasso di recidiva invece è stato del 5% [72]. Si è concluso quindi che la terapia ad onde d'urto è una modalità sicura ed efficace nel trattamento della fascite plantare prossimale.

PERCENTUALE	EFFETTO
75,3	RISOLUZIONE COMPLETA
18,8	MIGLIORAMENTO SIGNIFICATIVO
5,9	LIEVE/NESSUNO MIGLIORAMENTO, PEGGIORAMENTO

Tabella 1

Al contrario, pochi studi hanno riportato risultati opposti nel trattamento di fascite plantare con ESWT. [75,76,77,78,79]

I differenti risultati sono probabilmente dovuti alla diversa metodologia di studio, ai criteri di selezione dei pazienti, all'uso di dispositivi diversi, ai livelli di energia, energia totale e misure di outcome diversi.

Le complicanze nell'impiego delle onde d'urto nella fascite plantare sono basse e trascurabili. Tra le possibili complicanze troviamo: locali arrossamenti, ecchimosi, lieve ematoma ed emicrania. Queste ultime possono essere gestite però con successo, in maniera conservativa, favorendo un recupero spontaneo.

Riassumendo, dunque, in letteratura vi sono diverse discrepanze e discussioni sugli effetti del ESWT nel trattamento della fascite plantare. Molti fattori possono influenzare tali effetti. Nonostante la maggior parte dei lavori pubblicati siano a favore di ESWT, sono comunque necessari ulteriori studi per convalidarne definitivamente l'efficacia.

INTERVENTO CHIRURGICO

Come già detto in precedenza, la chirurgia può essere presa in considerazione per un piccolo sottogruppo di pazienti accuratamente selezionati che hanno una grave e persistente sintomatologia nonostante l'intervento conservativo si sia protratto per almeno 6 - 12 mesi.

Il ricorso all'intervento chirurgico, che può essere svolto in endoscopia o con le tecniche chirurgiche tradizionali, va quindi effettuato soltanto dopo un'attenta valutazione da parte dello specialista.

Lo scopo delle procedure di release della fascia plantare è di diminuire la tensione della parte prossimale della fascia che è tesa e fibrotica.

Questo può servire a decomprimere le strutture profonde, specialmente la muscolatura intrinseca e i vari nervi della regione plantare.

Le tecniche chirurgiche tradizionali, a cielo aperto, prevedono una incisione mediale longitudinale di alcuni centimetri a livello della tuberosità calcaneare plantare per esporre la fascia alla sua inserzione prossimale ed eseguire la sezione a tutto spessore. Alcune tecniche prevedono anche l'asportazione di una porzione di tessuto fasciale e l'asportazione dello sperone plantare calcifico.

La tecnica endoscopica, invece, prevede la possibilità di eseguire la fasciotomia attraverso una o due piccole incisioni, medialmente e lateralmente alla porzione plantare del tubercolo calcaneare, attraverso queste incisioni si introducono l'ottica e gli strumenti.

La fasciotomia plantare, sia con tecnica tradizionale a cielo aperto che con tecnica endoscopica, è un tipo di trattamento discusso perché a fronte di un remissione rapida della sintomatologia può provocare importanti problemi a distanza di alcuni anni, in particolare al mesopiede, con la perdita della funzione di sostegno della fascia plantare e conseguente riduzione della volta e sovraccarico della porzione dorsale delle articolazioni di Chopard e di Lisfranc. [80]

7. OBIETTIVI

L'obiettivo della tesi è mettere a confronto la nuova tecnologia di onde d'urto diamagnetiche con i vecchi strumenti terapeutici che emanavano essenzialmente onde acustiche ad alta energia. Più precisamente, tale confronto è stato effettuato con una classica apparecchiatura a tecnologia elettroidraulica, LoBim, OMNIA 1000 ®. Il principio di tale terapia si basa sul meccanismo d'azione del martello pneumatico stradale. L'azione espletata dalle onde create consiste nel martellare la cute del paziente, pressando temporaneamente e ripetutamente su strati di derma, di grasso, di muscoli e sui vasi sanguigni, nella speranza che una parte di tutta l'energia rilasciata arrivi anche sulla parte interessata. (si veda Sito web: <http://www.lobim.com>.)

Il meccanismo d'azione delle onde d'urto elettroidrauliche è già stato testato in letteratura in termini di risultati clinici, ma tale terapia risulta assai dolorosa per il paziente in fase di somministrazione.

Ovviamente, nel confronto tra le due tecniche, non sarà valutato solamente il dolore accusato dai pazienti durante la somministrazione della terapia, ma anche e soprattutto la loro efficacia risolutiva.

8. METODI

8.1 PAZIENTI

Per questo studio pilota randomizzato, sono stati scelti venti pazienti, 12 donne e 8 uomini. Il rapporto F – M è di 1,5 :1.

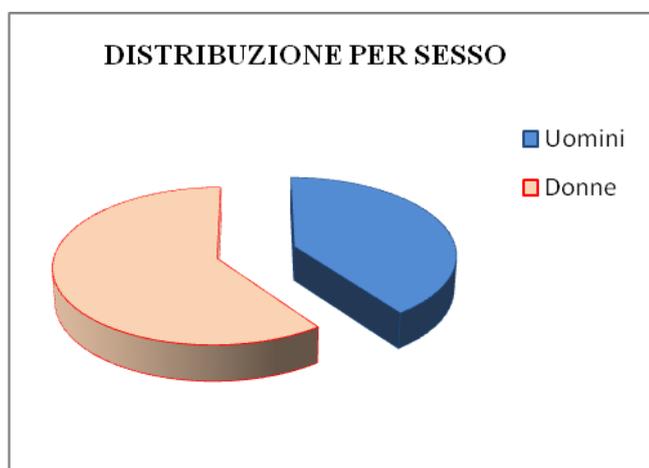


Tabella 2.

La media aritmetica dell'età dei pazienti è di **56,35** anni. Il valore minimo d'età è di 43 anni, mentre il massimo è di 70.

La deviazione standard calcolata è di **8,106**.

CRITERI D'INCLUSIONE:

- Diagnosi comune di fascite plantare, con o senza la presenza di sperone calcaneare; diagnosticata mediante esami clinici e radiografici di routine.
- Età compresa tra i 40 e i 70 anni, di entrambi i sessi.
- Presenza di dolore sotto-calcaneare o plantare alla palpazione.
- Presenza di dolore sotto carico col piede in appoggio.
- Presenza di dolore durante la deambulazione o corsa.
- Diminuzione dell'elasticità del tricipite surale e dell'aponeurosi plantare.
- Diminuzione del range di movimento fisiologico di dorsi-flessione della articolazione tibio-tarsica.

CRITERI D'ESCLUSIONE:

- Patologie sistemiche associate.
- Pazienti con pacemaker cardiaco.
- Pazienti oncologici.
- Pazienti affetti da convulsioni.

I pazienti scelti per lo studio sono stati divisi in due gruppi in modo casuale.

GRUPPO A: i dieci pazienti inseriti nel primo gruppo sono stati trattati con la nuova tecnologia ad onde d'urto diamagnetiche. A tal fine abbiamo utilizzato l'apparecchiatura ad Onde d'Urto TSEM, DSW18®. La media delle età è di **55**. Il valore più basso riscontrato è di 43 anni, mentre il più alto è di 67 anni. La deviazione standard è di **7,745**.

GRUPPO B: i dieci pazienti inseriti nel secondo gruppo sono stati trattati attraverso la tradizionale terapia ESWT, con l'utilizzo dell'apparecchiatura LoBim, OMNIA 1000®, a tecnologia elettroidraulica. La media delle età è di **57,7**. Il valore di età più basso riscontrato è di 45 anni, mentre il più alto è di 70 anni. La deviazione standard è di **8,641**.

GRUPPO A (onde d'urto diamagnetiche)		GRUPPO B (onde d'urto elettroidrauliche)	
PAZIENTI	ETA'	PAZIENTI	ETA'
1	43	1	61
2	53	2	45
3	51	3	61
4	61	4	52
5	64	5	49
6	60	6	50
7	67	7	69
8	50	8	56
9	54	9	70
10	47	10	64

Tabella 3

Mettendo a confronto i due gruppi, il P-value risulta essere non significativo (**P=0,23**). Possiamo pertanto affermare che, nei due gruppi di studio, le età sono omogenee.

8.2 PROTOCOLLO DI VALUTAZIONE

Il protocollo di valutazione ha previsto tre misurazioni, avvenute in tre diversi momenti di valutazione, al fine di raggiungere un risultato esauriente e valido. Tutti i pazienti sono stati valutati nel corso della prima seduta, all'inizio del trattamento, alla fine del trattamento e al momento del follow-up, un mese dopo l'ultima applicazione di onde d'urto. Ciascun paziente è stato sottoposto ad un ciclo di quattro sedute di onde d'urto e, allo stesso paziente, subito dopo ogni applicazione, è stata fatta completare la VAS (Visual Analogue Scale), per valutare il grado di dolore avvertito durante l'esecuzione del trattamento.

Abbiamo ritenuto opportuno rivedere i pazienti di entrambi i gruppi ad un follow-up, dopo un mese dall'ultima seduta, nel quale è stata riproposta la scala VAS, al fine di valutare l'eventuale scomparsa del dolore, nonché per osservare e confrontare i risultati clinici di entrambe le terapie. I pazienti che hanno partecipato allo studio sono stati sottoposti a controllo ecografico, prima e dopo il trattamento. Non è stato possibile riportare l'esito di tutti gli esami diagnostici eseguiti, per diversi motivi, quali il tempo, la prenotazione ecc...

VAS (SCALA ANALOGICO VISIVA)

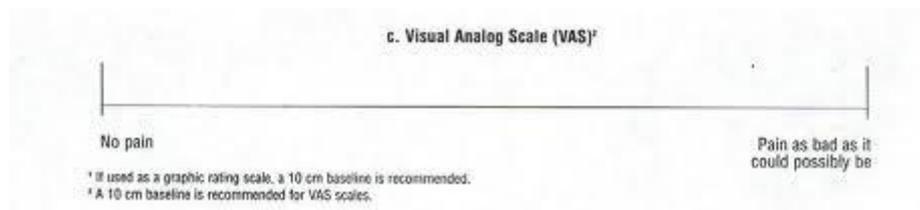


Figura 8

Questa scala lineare è la rappresentazione visiva dell'ampiezza del dolore che un paziente crede di avvertire. Essa può assumere diverse forme, sia come scala del dolore sia come scala di sollievo del dolore. L'ampiezza è rappresentata da una linea, solitamente lunga 10 cm, con o senza tacche in corrispondenza di ciascun centimetro (vedi figura 9).

La lunghezza ottimale per misurare il dolore sembra essere 10 cm. Un'estremità indica l'assenza di dolore, mentre l'altra rappresenta il maggiore dolore immaginabile.

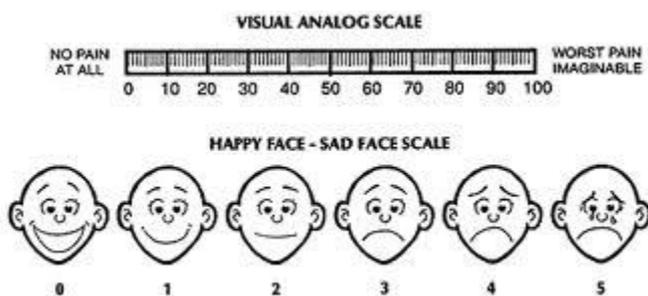


Figura 9

Altre varianti di VAS (figura 10) comprendono una linea numerata e calibrata lunga 10 cm, una serie di riquadri adiacenti, numerati da 0 a 10, oppure una rappresentazione grafica simile a un termometro. La scala viene compilata dal paziente, al quale viene chiesto di tracciare sulla linea un segno che rappresenti il livello

di dolore provato.

La distanza misurata in millimetri, partendo dall'estremità che indica l'assenza di dolore, rappresenta la misura della particolare modalità da quantificare.

Questa prova può essere facilmente ripetuta nel tempo.[81]

Questo tipo di stima offre il vantaggio della semplicità. E' ampiamente utilizzata ed è indipendente dal linguaggio. Viene facilmente compresa dalla maggior parte dei pazienti e può essere facilmente ripetuta. Anche i bambini di età superiore a 7 anni possono comprenderla. La VAS può essere utilizzata per valutare il dolore in momenti specifici, ma fornisce risultati più attendibili quando è limitata all'esperienza del dolore in corso piuttosto che al ricordo di un'esperienza precedente.

È noto infatti che la nostra capacità di ricordare esattamente i fatti del passato è limitata e soprattutto, nel caso di sensazioni fisiche soggettive come il dolore, ancor di più condizionata da situazioni emotive. In questo contesto è stato condiviso che misurare prospetticamente i valori assoluti della VAS per l'intensità del dolore e calcolarne lo scarto a ogni controllo successivo sia l'unico modo per "oggettivare" tale misurazione. [82]

8.3 PROTOCOLLO DI TRATTAMENTO

Il ciclo riabilitativo di onde d'urto, a cui abbiamo sottoposto ogni paziente, ha avuto una durata di quattro sedute. Il trattamento, in entrambi i gruppi di studio, è stato effettuato con una frequenza settimanale. Ogni singola terapia ha avuto una durata di circa 5-10 minuti. Ogni trattamento può definirsi cumulativo ed i risultati sono spesso avvertiti dopo 3-4 sedute.

8.3.1 ONDE D'URTO DIAMAGNETICHE

Per eseguire il trattamento con onde d'urto diamagnetiche, abbiamo utilizzato l'apparecchiatura DSW18 GENERATORE DIAMAGNETICO®.

Per l'applicazione della terapia è stato scelto il programma preimpostato, specifico per la fascite plantare.

Protocollo fascite plantare

La procedura per l'esecuzione del trattamento ad onde d'urto prevede quattro passaggi:

- I. Localizzazione, in base alla patologia, della zona dove effettuare il trattamento.
- II. Montaggio, sulla testa del manipolo manuale o dei due manipoli automatici, dei dischi focali di riferimento.

- III. Selezione dei parametri di trattamento, utilizzando i protocolli preimpostati nella sezione **PATOLOGIE**, oppure i protocolli autogestiti della sezione **MECCANISMI DI AZIONE**.
- IV. Applicazione della giusta quantità di gel sulla zona da trattare e sui dischi focali del manipolo.

PARAMETRI DI TERAPIA

MODALITA' OPERATIVA:	Disgregante
FRONTE D'ONDA:	Medium
APPLICAZIONE:	Manuale
PWR:	18
DIA:	18
N° IMPULSI:	30
POSIZIONE DEL PAZIENTE:	sdraiato prono o supino



Il manipolo veniva posizionato a livello della pianta del piede, nella zona di maggior dolore per il paziente, che spesso coincideva con la zona di inserzione dell'aponeurosi plantare sul calcagno (vedi figura 11).

Abbiamo iniziato il trattamento con una fase di *STIMOLAZIONE* con fronte d'onda Medium, PWR: 15 e DIA: 20, per un numero di 10 colpi. La fase di stimolazione consente di andare a lavorare anche sui tessuti circostanti la fascite, per renderli maggiormente recettivi alle fasi successive

Figura 10

di trattamento. Per concludere il trattamento, in seguito alla *DISGREGANTE*, abbiamo eseguito una fase di lavoro *DRENANTE*, con fronte d'onda Medium, PWR: 15 e DIA: 15 per un numero di 10 colpi. La fase drenante stimola la microcircolazione e la decontratturazione dei tessuti impegnati nella patologia. (come suggerito dal Manuale d'uso: DSW DIAMAGNETIC SHOCK WAVE®, Saccolongo, Padova, Italia)

9. MATERIALI

L'intento dello studio, come già detto in precedenza, è quello di valutare e mettere a confronto i risultati clinici e riabilitativi ottenuti attraverso la terapia con due diverse apparecchiature di onde d'urto, una elettroidraulica e una diamagnetica, nel trattamento di due gruppi di pazienti randomizzati, affetti da fascite plantare.

Il trattamento ad onde d'urto è stato introdotto in medicina già negli anni 80 e utilizzato nella terapia della calcolosi renale, tecnicamente definito come litotrissia. Dall'impiego in ambito urologico si è passati poi ad un utilizzo simile in ambito ortopedico.

L'applicazione delle onde d'urto in campo ortopedico ha inizio nel 1988 con le prime sperimentazioni di Valchanov (Bulgaria) sulle pseudoartrosi.

Nel 1992 Dahmen e Loew (Germania) hanno effettuato il primo trattamento della tendinopatia calcifica di spalla, successivamente delle epicondiliti ed epitrocleiti, dello sperone calcaneare e di altre entesopatie.

La terapia ad onde d'urto, chiamata anche terapia ESWT (Extracorporeal Shock Wave Terapy), è una terapia non invasiva ed estremamente efficace, tanto da comportare tempi minimi per il trattamento di alcune patologie a carico delle ossa e dei tessuti molli. La terapia ad onde d'urto rappresenta una valida alternativa ai trattamenti tradizionali più o meno invasivi (terapia farmacologica, terapia fisica, trattamento chirurgico).

Da un punto di vista fisico sono definite come onde acustiche ad alta energia. Sono impulsi pressori con un fronte di salita rapidissimo (circa 10 miliardesimi di secondo), con brevissimi tempi di salita e discesa dello spike (tra 2 e 5 milionesimi di secondo) e tempi complessivi di durata del ciclo d'onda inferiori a 10 millesimi di secondo. Questi impulsi generano

una forza meccanica diretta che può essere indirizzata sulle parti del corpo da trattare. L'onda d'urto non va confusa con l'onda ultrasonora che viene frequentemente utilizzata sia a scopo diagnostico (nell'ecografia), sia a scopo terapeutico (in terapia fisica con ultrasuoni). A differenza dell'onda ultrasonora, che ha un andamento sinusoidale, l'onda d'urto, come detto, ha un andamento ad impulso e valori di pressione generati molto più elevati, mediamente 1000 volte superiori (circa 500 bar contro 0,5 bar).

Riassumendo, quindi, un'onda d'urto è caratterizzata da:

- 1) Elevata pressione di picco (>500 bar)
- 2) Breve durata (<10 μ s)
- 3) Rapido innalzamento della pressione (<10 ns)
- 4) Ampio spettro di frequenza (16HZ – 20 HZ).

Di seguito un grafico esplicativo delle predette caratteristiche (figura 12):

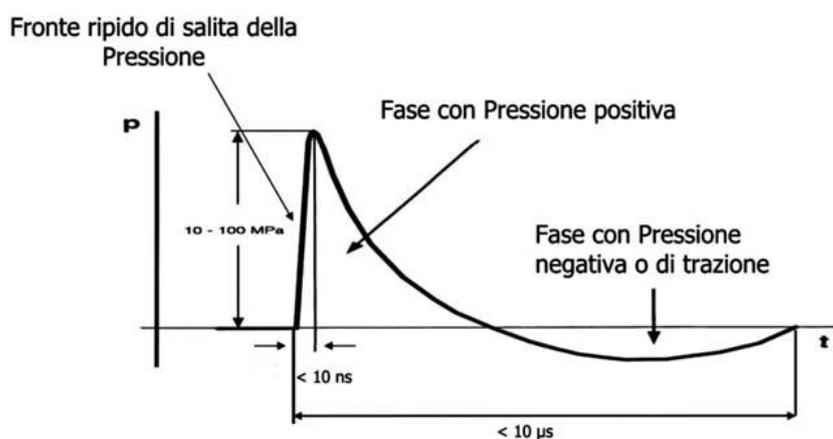


Figura 11.

Il tempo di salita (rise time) viene indicato in 10 ns, mentre tutto l'impulso viene indicato come largo 10 μ s, quindi mille volte più lungo. In realtà il rise time, tipograficamente, dovrebbe apparire quasi verticale.

Lo stesso grafico indica la fase discendente con una "caduta" abbastanza insolita. Si nota facilmente, infatti, che è disegnato un arco di circonferenza. Ciò è una profonda inesattezza. La

curva corretta è invece il prodotto di due termini: una funzione sinusoidale (tipica risposta di un sistema del secondo ordine) ed un termine dissipativo di tipo esponenziale. Questa precisazione è molto importante, non solo per comprendere esattamente come si sviluppa un'onda d'urto, ma soprattutto perché ciò sottende alle caratteristiche funzionali ed applicative dell'energia generale e agli effetti di dolorosità ed efficacia degli impulsi stessi.

La diffusione dell'onda nei tessuti segue le leggi fisiche delle onde acustiche della trasmissione, della riflessione e dell'assorbimento, che risultano legate alle caratteristiche proprie del mezzo e risentono inevitabilmente delle diversità di densità e di impedenza della cute, del grasso, dei muscoli e dell'osso.

Maggiore è l'energia assorbita dai tessuti e maggiore è la stimolazione dei processi biologici degli stessi. Nella tabella 3 sono riportate le caratteristiche acustiche di diversi tessuti (tratto da Dahmen G.P. e coll. Attempto Tubingen, 1955: 175-86).

Tessuto	Densità (g/cm ³)	velocità del suono (m/s)	impedenza acustica (g/cm ² s)10 ⁻⁵
acqua	1	1492	1,49
grasso	0,9	1476	1,37
muscolo	1,06	1630	1,72
osso corticale	1,8	4100	7,38

Tabella 4.

Per consentire delle misurazioni attendibili e utili ai fini della terapia e della ricerca, sono stati scelti i parametri più rappresentativi del campo acustico.

I parametri coinvolti, durante l'impatto dell'onda d'urto con i tessuti biologici, dipendono essenzialmente da:

1. **pressione**, misurata in MPa (1 MPa = 10 bar = circa 10 atmosfere);
2. **densità di Flusso di Energia**, misurata in mJ/mm² (energia per unità di superficie dell'area focale);
3. **dimensioni** x, y, z del volume focale, definite per convenzione al 50% della pressione massima;

4. tempo di salita pari a 5-10 nanosecondi ($1\text{ns} = 1 * 10^{-9}$, ovvero la miliardesima parte di un secondo);

5. durata dell'impulso di pressione positiva = 250 – 350 nanosecondi.

L'andamento della pressione, dall'inizio alla fine dell'onda d'urto, determina i tempi caratteristici della curva Pressione/Tempo.

MECCANISMO ED EFFETTI BIOLOGICI

Il meccanismo d'azione è molto complesso e ancora in fase di studio approfondito. Le onde d'urto agiscono in modo diverso a seconda del tessuto patologico che vanno a trattare (ossa, tessuti molli, cute).

Possiamo però affermare che stimolano l'attivazione dei naturali processi biologici di riparazione:

- aumento del metabolismo e della microcircolazione
- dissoluzione di fibroblasti calcificati
- aumento del riassorbimento dei depositi di Calcio
- incremento di produzione di collagene
- diminuzione della tensione muscolare
- effetto anti edemigeno
- angiogenesi del tessuto trattato, attraverso la produzione di monossido di azoto (NO).

Tali effetti sono solo in parte dovuti ad un meccanismo d'azione diretto, dal momento che sono soprattutto mediati da alcuni fenomeni fisici conseguenti al passaggio dell'onda nel tessuto colpito.

Quando un'onda d'urto attraversa un fluido genera molteplici differenze pressorie responsabili della formazione di bolle di gas e del fenomeno della "cavitazione"; infatti, la ridotta pressione che si produce sul lato interno della semionda consente un rapido passaggio dell'acqua alla fase gassosa con formazione di una vera e propria bolla di dimensioni variabili a seconda dell'energia sprigionata. Una successiva onda d'urto colpisce la bolla così formata dando luogo ad una violenta implosione che forma un getto d'acqua, il cosiddetto "jet stream", che è notevolmente accelerato dal campo di bassa pressione esistente all'interno della bolla (velocità di 2700-3000 km/h). Tale getto d'acqua direzionale, colpendo i tessuti vicini, determina microlesioni la cui entità è in funzione del numero degli impulsi e della loro energia. [83]

La membrana cellulare è la più sensibile e sono sufficienti livelli d'energia pari a $0,2 \text{ mJ/ mm}^2$ per alterarne le proprietà di permeabilità. Più resistenti invece sono il citoscheletro, i mitocondri e la membrana nucleare, nei quali le alterazioni si cominciano a notare per valori d'energia pari a $0,5 \text{ mJ/ mm}^2$.

Alcuni studi sperimentali hanno dimostrato che le alte energie sprigionate dai jet streams cavitazionali, generati nei tessuti attraversati dalle onde d'urto, producono alterazioni biomolecolari tali da spiegare le molteplici risposte biologiche-tissutali che si osservano in corso di trattamento e vale a dire quelle angiogenetiche, citotossiche e neuromodulanti. Da questi studi sembra che il punto d'innescò principale sia rappresentato dalla molecola di nitrossido d'azoto (NO), molecola assai instabile, che fisiologicamente è prodotta in condizioni di stress dalle cosiddette sintetasi. Essa rappresenta il vero mediatore chimico nelle onde d'urto ed è considerata la molecola starter della neoangiogenesi come anche della risposta antinfiammatoria, neuromodulante, citotossica (per le più alte concentrazioni) e probabilmente anche di una risposta immunitaria. E' stato dimostrato, in laboratorio, che l'energia sprigionata dai jet streams è in grado di portare a rottura talune molecole, quali la L-Arginina e l'acqua ossigenata presente nelle aree d'infiammazione; dal riassetto molecolare derivante sarebbe possibile giungere direttamente alla produzione di NO, saltando quindi il fisiologico meccanismo enzimatico a cascata. [84]

Nel tessuto osseo è stata osservata una reazione di tipo osteogenetico ed una di tipo vascolare; nei tessuti molli, invece, oltre ad una risposta vascolare si verifica anche un effetto antinfiammatorio ed antalgico. La risposta osteogenetica è stata dimostrata nelle aree di pseudoartrosi, dove è possibile ottenere la rottura di cristalli di idrossiapatite e la liberazione di microcristalli che determina un'espansione del numero dei nuclei d'aggregazione calcifica e quindi una riattivazione ed un ampliamento della risposta osteogenetica. Infatti, la pseudoartrosi riconosce tra l'altro, come fattore eziopatogenetico, la formazione di cristalli di idrossiapatite lungo la rima di frattura che impedisce l'avanzamento delle gemme vascolari provenienti dai capi di frattura provocando, di conseguenza, un ridotto apporto ematico che non permette al callo fibroso di trasformarsi in tessuto osseo. Le onde d'urto inducono da una parte la frammentazione dei cristalli di idrossiapatite, provocando una riattivazione e un ampliamento della risposta osteogenetica attraverso la liberazione di fattori di crescita attivi sull'osteogenesi (BMP) e, dall'altra, l'innescò di un'attività neoangiogenetica conseguente alla perforazione della membrana cellulare dell'endotelio capillare ed alla migrazione

di cellule endoteliali nello spazio interstiziale con rilascio di E.S.A.F. (Endothelial Stimulating Angiogenetic Factor).

Recenti studi dimostrano che l'azione delle onde d'urto, da un punto di vista istopatologico, si tradurrebbe nell'induzione di fratture trabecolari a livello della lesione con conseguenti fenomeni microemorragici e formazione di trombi; ciò renderebbe la lesione più recettiva allo stimolo dei fattori piastrinici. Le piastrine infatti, se attivate, rilasciano numerosi fattori di crescita, capaci di stimolare la replicazione delle cellule di origine mesenchimale come fibroblasti, osteoblasti e cellule endoteliali, esercitando peraltro un'azione chemiotattica verso macrofagi, monociti e polimorfonucleati.

Per quanto riguarda l'effetto vascolare, sono stati evidenziati due tipi di risposte. La prima, precoce e transitoria, è dovuta all'effetto delle onde d'urto sulle terminazioni nervose simpatiche, con conseguente simpaticoplegia che induce l'apertura del letto capillare (effetto "wash out"). A distanza di alcuni giorni, segue una seconda risposta legata all'incremento del numero dei capillari nel distretto irradiato.

Per quanto riguarda l'effetto analgesico sono state avanzate diverse teorie:

- 1) le onde d'urto modificano l'eccitabilità della membrana cellulare; i nocicettori, non potendo generare così alcun potenziale, impediscono l'insorgenza del dolore;
- 2) le onde d'urto stimolano i nocicettori a generare un'alta quantità di impulsi nervosi che bloccano la trasmissione del segnale ai centri cerebrali, perciò la soglia del dolore s'innalza (teoria del Gate Control);
- 3) le onde d'urto aumentano il livello dei radicali liberi presenti nell'ambiente cellulare e questi generano sostanze inibitorie del dolore.

Studi sperimentali, condotti in questi anni, hanno dimostrato una chiara relazione dose/effetto del microdanno cellulare, dove per dose si intende non solo la potenza delle onde d'urto, ma anche il numero totale di colpi applicati. Infatti, la risposta cellulare dose-dipendente varia dal semplice incremento della permeabilità cellulare per le potenze più basse [85], alle lesioni del reticolo endoplasmatico, della parete nucleare [86] e a quelle del citoscheletro, fino alla rottura cellulare completa per quelle più elevate. [87]

Da quanto detto, si può ritenere che gli effetti delle onde d'urto sui tessuti sono strettamente correlati ai dosaggi utilizzati. Se intensità troppo basse possono essere insufficienti a determinare risposte biologiche significative, queste cominciano a manifestarsi con una precisa gradualità al crescere della potenza e/o del numero dei colpi; secondo il meccanismo biologico che si intende evocare per la risposta terapeutica ricercata, il rapporto dose/colpi va attentamente prevalutato. Una semplice risposta antidolorifica ed antiflogistica può richiedere potenze basse e medie (tra 0,1 e 0,3 mJ/mm²) sufficienti a determinare un wash-out della regione trattata ed un incremento della vascolarizzazione, tale da portare ad un più fisiologico metabolismo locale. Quando sono presenti delle calcificazioni, le potenze richieste sono senz'altro più elevate, ma la valutazione pre-trattamento deve tener conto della sede oltre che delle dimensioni delle stesse. (si consulti <http://www.ondedurto.net>).

INDICAZIONI

La terapia ad onde d'urto (ESWT) è uno dei più efficaci trattamenti per il dolore associato al sistema muscolo-scheletrico. Le onde d'urto sono onde acustiche che trasportano alta energia alla zona del dolore, come tessuti fibrosi o mioscheletrici in condizioni subacute, subcroniche e croniche. Provocano calore, processi rigeneranti e processi recuperativi.

I maggiori ambiti d'intervento sono:

- ripristino dei processi di riparazione ossea, ove si registri un ritardo di consolidazione o pseudoartrosi;
- nel caso di esiti fibrotici e/o calcifici delle lesioni muscolari, quali strappi e lesioni da schiacciamento o da taglio;
- nelle patologie tendinee o nelle patologie da sovraccarico, in particolare nelle tendinopatie croniche.

INDICAZIONI STANDARD:

- Pseudoartrosi / mancato consolidamento delle fratture
- Fratture da stress
- Tendinopatia o borsite calcifica della spalla
- Tendinopatie inserzionali croniche
- Fascite plantare (con e senza spina calcaneale)
- Osteonecrosi in stadi precoci

- Osteocondrite dissecante in stadi precoci dopo la maturità scheletrica
- Distrofie ossee simpaticoriflesse

INDICAZIONI RELATIVE:

- Sindrome miofasciale
- Lesioni muscolari senza discontinuità
- Ulcere cutanee
- Spasticità

(si veda sito www.sitod.it)

L'efficacia nel trattamento sui tessuti tendinei ha portato l'utilizzo delle onde d'urto anche nel trattamento delle fibrotizzazioni delle fasce e dei tendini, come nel caso delle rigidità postraumatiche o nel morbo di Dupuytren. Per analogia, l'uso delle onde d'urto avviene anche in andrologia (ipertrofia penoplastica), in odontoiatria (impiantologia), in veterinaria, chirurgia plastica (trattamento delle ulcere cutanee) e medicina estetica (PEFFS).

Inoltre, è importante evidenziare che la terapia con onde d'urto può essere inserita all'interno di un processo terapeutico più ampio che valuti l'aspetto patologico nell'insieme della condizione clinico-funzionale del soggetto, così che, integrata con altri interventi terapeutici e fisiokinesiterapici, possa portare alla risoluzione del quadro clinico e, contestualmente, intervenire sulle cause originarie. Si può quindi affermare che, nei casi in cui vi è una corretta indicazione clinica, le onde d'urto assumono importanza rilevante:

- nel ritardo del ricorso al trattamento chirurgico;
- nella riduzione dell'uso dei farmaci;
- nella relativa assenza di effetti collaterali;
- nella precoce evidenza della risposta positiva;
- nel numero estremamente ridotto dei trattamenti necessari.

CONTROINDICAZIONI/CRITERI DI ESCLUSIONE

In talune situazioni, l'utilizzo del trattamento terapeutico in questione è comunque sconsigliato o addirittura da escludere. Ciò, in particolare, in presenza di:

- Infezione acuta dei tessuti molli/ossa
- Malattie primarie perniciose
- Nuclei di accrescimento nel punto focale (qualorasi utilizzassero energie elevate)

- Malattie della coagulazione del sangue
- Gravidanza
- Pazienti con pacemaker
- Tessuto polmonare nel punto focale
- Encefalo, midollo spinale, grandi nervi nel punto focale (neurocranio, colonna vertebrale, costole)

È inoltre necessario escludere la presenza di corpi ferromagnetici nelle zonesoggette al trattamento.

Inoltre, le onde d'urto non possono essere utilizzate su qualsiasi parte del corpo. In particolare, non devono essere utilizzare a livello della colonna vertebrale, del cranio e del torace (si veda sito www.sitod.it)

EFFETTI COLLATERALI

Le onde d'urto, in generale, non provocano intolleranza. Eventuali problemi possono sorgere dall'abbinamento del dispositivo con medicinali inopportuni o con sovradosaggi del medicinale stesso. L'uso improprio del dispositivo e/o l'eccessiva esposizione del paziente al trattamento oltre i tempi e le modalità adeguatamente adattate dall'operatore in base alle caratteristiche della patologia e del soggetto in esame, può causare danni cellulari oltre ad effetti non termici di natura ad oggi non specificatamente nota.

DOLORABILITA'

Come già enunciato nello specificare gli obiettivi di questo lavoro, va tenuta presente la possibilità che la terapia possa risultare dolorosa e quindi spiacevole per il paziente. Infatti quando l'onda d'urto va a colpire la zona da trattare può giungere a impattare la porzione superficiale dell'osso. Questa porzione "corticale" dell'osso è particolarmente ricca di recettori e sensibile alla stimolazione pressoria. E' inevitabile la sua sollecitazione quando si va a trattare una sofferenza tendinea molto prossima ai capi ossei o quando si vuole trattare una sofferenza al suo passaggio osteo-tendineo. Il dolore suscitato per ogni onda d'urto è legato al numero di recettori stimolati e quindi all'ampiezza della zona trattata, ma soprattutto alla quantità di energia somministrata, più che alla semplice densità di flusso di energia somministrata. La conseguenza di ciò è che alcune apparecchiature risultano più dolorose altre meno. Nella maggior parte dei casi anche questa sensazione dolorosa, seppur fastidiosa, è ben tollerata.

Solo raramente si ricorre ad un'anestesia locale. Quando si tratta l'osso è inevitabile colpire direttamente la zona corticale, tra l'altro ad un'intensità elevata. In questi casi il dolore provocato è significativo, tanto da consigliare l'utilizzo di una blanda forma di anestesia, con una sedazione del paziente in quanto l'anestesia locale non risulta congrua.

9.1 LA TERAPIA ESWT (Extracorporeal Shock Wave Therapy)

Le caratteristiche fin qui descritte definiscono le onde d'urto cosiddette focalizzate. Esiste un'altra tipologia di onde d'urto, di più recente diffusione, denominate radiali (o balistiche). Pertanto, prima di passare alla distinzione delle onde d'urto focalizzate in base al principio fisico utilizzato per la loro generazione, appare utile soffermarsi anche su quelle radiali e sulle differenze tra le due (figura 13).

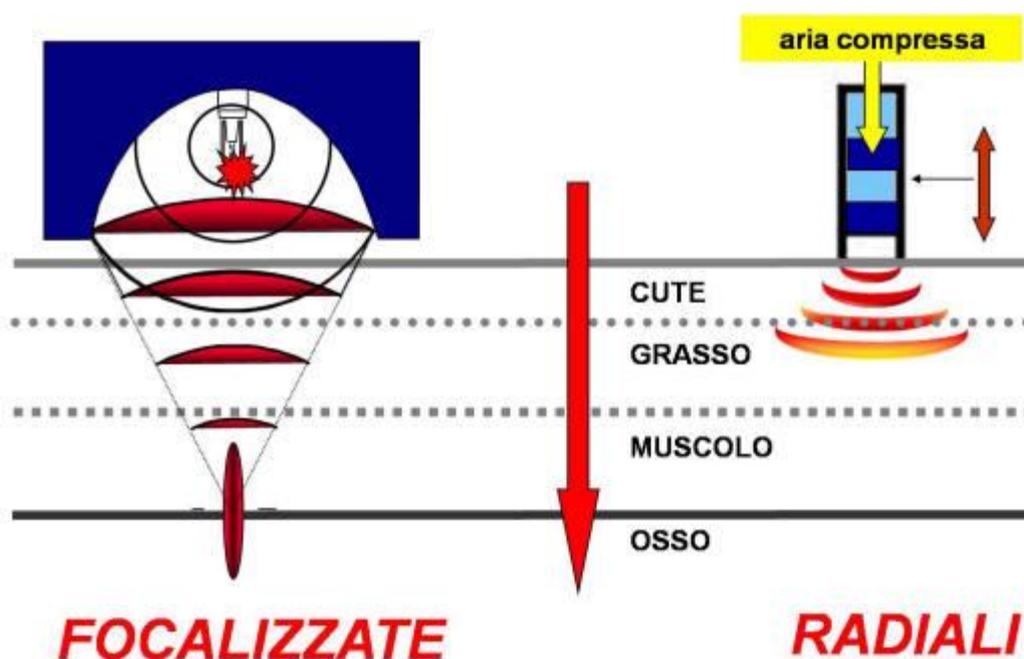


Figura 12.

ONDE D'URTO RADIALI

Nei sistemi ad onde d'urto radiali, l'onda d'urto viene generata mediante uno speciale manipolo a forma di pistola, la cui canna è chiusa all'estremità da un tappo metallico contro il

quale viene lanciato, mediante aria compressa a 4-5 bar di pressione, un proiettile d'acciaio. Dalla collisione si genera un'onda d'urto che, attraverso il tappo metallico, si diffonde espandendosi radialmente nella cute e nel primo strato sottostante di tessuto.

Il principio fisico qui utilizzato, balistico, non genera onde d'urto focalizzate e pertanto l'energia, non può essere concentrata alla profondità desiderata durante il trattamento, e si disperde radialmente attraverso la cute.

Con le onde d'urto focalizzate, invece, normalmente ottenute con sistemi elettroidraulici o elettromagnetici o piezoelettrici, è possibile regolare esattamente la profondità di penetrazione e focalizzare l'energia direttamente sull'area patologica da trattare. Questo è impossibile con le onde d'urto radiali che vengono utilizzate in genere per patologie muscolo tendinee-superficiali. Oltre al limite rappresentato dall'impossibilità di focalizzare l'energia dell'onda d'urto "radiale" alla giusta profondità del tessuto biologico, essa presenta caratteristiche fisiche (andamento della pressione nel tempo) differenti da quelle "focalizzate": i tempi di salita delle forme d'onda sono risultati essere intorno al microsecondo e pertanto troppo lunghi perchè gli impulsi di pressione possano essere considerati delle vere onde d'urto (figura 14).

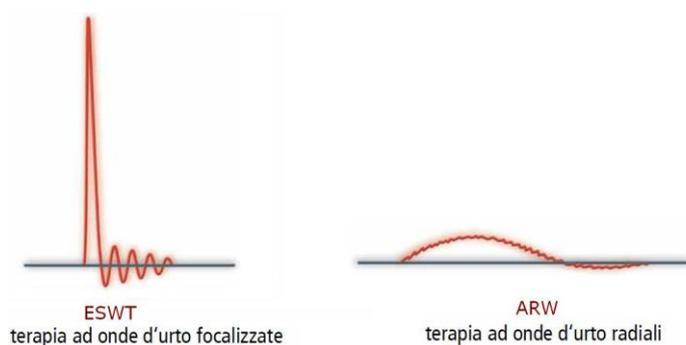


Figura 13

ONDE D'URTO FOCALIZZATE

Negli ultimi anni, la terapia extracorporea ad onde d'urto focalizzate è diventata una forma terapeutica di prima scelta per un numero sempre più crescente di indicazioni. Come già evidenziato, la ESWT si dimostra un'alternativa valida alla terapia chirurgica e a quella

farmacologica, spesso lunghe e complicate. Il trattamento viene effettuato ambulatorialmente e di norma senza anestesia.

L'impulso onda d'urto si compone di una prima fase di pressione positiva seguito da un picco di pressione negativa (onda di trazione).

L'energia acustica è definita per mezzo della pressione positiva e negativa. Il parametro decisivo per gli effetti collaterali come dolori o danni ai tessuti è la componente di pressione negativa (onda di trazione) di un'onda d'urto. [88]

Dalle linee guida della Società Internazionale per la Terapia ad Onde d'Urto e da quanto emerge dalla letteratura scientifica [89] sono stati evidenziati i seguenti limiti di densità di flusso di energia, superati i quali si possono verificare danni ai tessuti:

- da 0,04 a 0,28 mJ/mm²: costituisce il range di trattamento dei tessuti molli o muscolo-tendinei;
- oltre 0,28 mJ/mm²: si possono verificare danni ai tessuti muscolo-tendinei;
- fino a 0,5 mJ/mm²: si può trattare il tessuto osseo (pseudoartrosi, ritardi di consolidazione ecc.);
- oltre 0,5 - 0,6 mJ/mm²: si possono verificare fenomeni di morte cellulare per tutti i tessuti.

Riassumendo, per ottenere maggiore efficacia dalla terapia ad onde d'urto, è necessario conoscere attentamente il target terapeutico e quindi le caratteristiche del tessuto da energizzare, affinché si possa generare un impulso adeguato alle caratteristiche d'impedenza acustica. Tale processo è necessario per garantire un elevato assorbimento energetico e di conseguenza un'elevata biostimolazione delle componenti cellulari. Inoltre, è fondamentale stabilire la sezione del tessuto da energizzare, perché solo così è possibile stabilire una pressione atta a stimolare in maniera specifica, senza che parte dell'energia vada interferire con strutture adiacenti non interessate al trattamento. In tal senso non è desiderato un effetto cavitazionale con potenziale distruttivo, bensì un effetto di biostimolazione selettivo dei tessuti. (si consulti sito web: <http://www.hitechas.com>).

SISTEMI DI GENERAZIONE DELLE ONDE D'URTO FOCALIZZATE

Esistono diversi tipi di apparecchiature per la terapia con onde d'urto focalizzate. Si distinguono principalmente per le modalità tecnologiche con le quali le onde d'urto vengono generate.

Le onde d'urto per applicazioni cliniche sono prodotte artificialmente tramite un forte e repentino aumento di pressione all'interno di una camera d'acqua ottenuto in base ad un principio fisico che, come accennato, può essere: elettroidraulico, elettromagnetico e piezoelettrico.

In generale un generatore di onde d'urto è composto da:

- **un dispositivo che provoca il colpo di pressione:** elettrodo, matrice di cristalli piezoelettrici, bobina elettrica (piatta o cilindrica) più membrana ferromagnetica (piatta o cilindrica);
- **una camera d'acqua con riflettore interno** per concentrare l'energia dell'onda d'urto nel volume focale terapeutico (ellissoide, sferico, a lente acustica, paraboloidale);
- **Una membrana in gomma a cupola**, per chiusura della finestra di uscita delle onde d'urto e per accoppiamento con la cute del paziente.

Generatore Elettroidraulico

I generatori elettroidraulici sfruttano l'alto voltaggio applicato a due elettrodi, posti a distanza

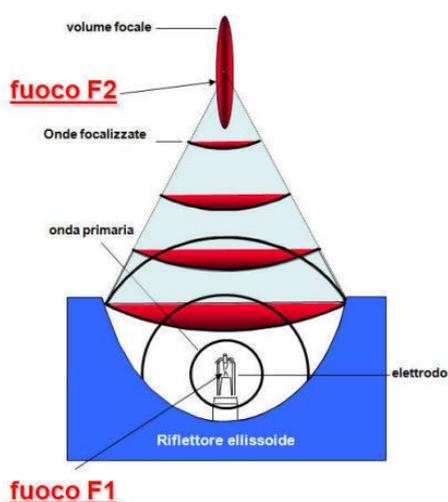


Figura 14

reciproca di un millimetro all'interno dell'acqua (figura 15). L'arco voltaico generato provoca l'evaporazione dell'acqua circostante e la conseguente formazione di un'onda sferica di pressione indotta dalla rapida crescita della bolla di vapore. L'onda d'urto così generata viene riflessa successivamente da un ellissoide nel suo secondo fuoco, il target. Uno dei principali svantaggi del sistema è rappresentato dall'incostanza dell'onda d'urto dovuta alla scarica irregolare degli elettrodi, problema, questo, che si aggrava con il passare del tempo di utilizzo a causa del consumo degli elettrodi;

per questo motivo si è costretti a cambiare gli elettrodi spesso, con conseguente aumento dei costi.

Generatore Elettromagnetico

I generatori elettromagnetici generano onde d'urto con un meccanismo simile all'altoparlante. Un impulso elettrico si propaga attraverso una bobina, generando un campo magnetico che

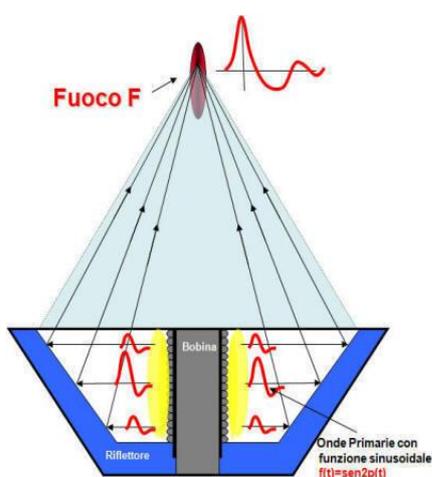


Figura 15

colpisce una membrana metallica (figura 16). L'onda sonora, così creata, viene focalizzata da una lente acustica per formare un'onda d'urto. I generatori elettromagnetici richiedono un sistema di raffreddamento idraulico. Di qualità superiore sembrano essere quelli a bobina cilindrica e paraboloidale focalizzante, soprattutto per le finalità terapeutiche che ci interessano.

I generatori elettromagnetici di ultima generazione sono di dimensioni contenute e flessibili, per permettere all'operatore di raggiungere i diversi punti del corpo sottoposti al trattamento. La sorgente elettromagnetica è

rappresentata da un cilindro montato su di un braccio articolato, connesso con il cuore dell'apparecchio in modo tale che è agevole il posizionamento su ogni parte del corpo, senza costringere il paziente a posture obbligate e quindi scomode.

Generatore piezoelettrico

Con il termine piezoelettrico si definisce la proprietà di alcuni cristalli di produrre differenza

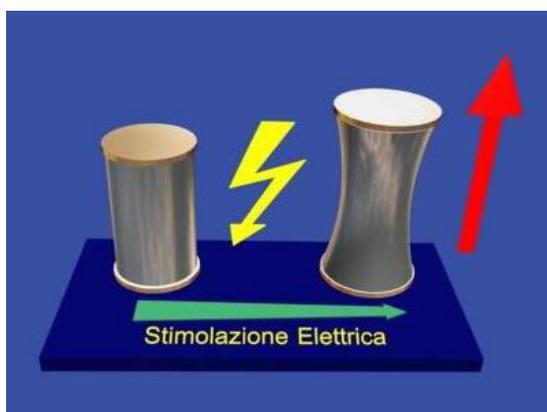


Figura 16

di potenziale quando sono soggetti ad una deformazione meccanica e viceversa. Il funzionamento di un cristallo piezoelettrico è abbastanza semplice: quando viene applicata una pressione (o decompressione) esterna, si posizionano, sulle facce opposte, cariche di segno opposto. Il cristallo, così, si comporta come un condensatore al quale è stata applicata una differenza di potenziale. Viene quindi generata una

corrente elettrica, detta corrente piezoelettrica, tra le facce opposte del cristallo. Al contrario, quando si applica una differenza di potenziale al cristallo, esso si espande o si contrae provocando una vibrazione anche violenta. L'espansione volumetrica è facilmente pilotabile ed è strettamente dipendente dalla stimolazione elettrica (figura 17).

La vibrazione contemporanea di centinaia di elementi piezoceramici disposti su una superficie concava, o su layer concentrici, genera un'onda d'urto di potenza dipendente dalla curvatura

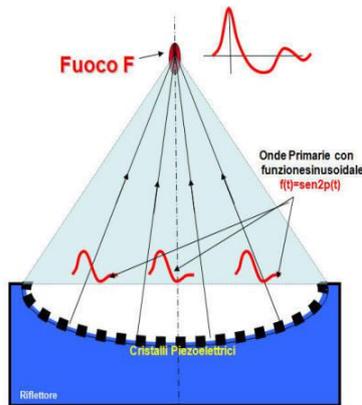


Figura 17

della superficie e dal numero di elementi impiegati (figura 18).

Grazie all'estrema modularità dell'impulso ottenibile, alcuni litotritori piezoelettrici possono anche variare la dimensione focale permettendo di selezionare volumi efficaci più adatti alla patologia in trattamento.

Disponendo layer piezoelettrici concentrici vengono raggiunte densità di energia di oltre 1,6 mj/mm² e valori assai superiori nei litotritori piezoelettrici dedicati all'urologia.

I cristalli di nuova generazione assicurano una longevità del generatore che supera di norma i 6.000.000 di colpi, senza decrescere di potenza o richiedere l'utilizzo di materiale di consumo.

La versatilità della distribuzione dei cristalli ha permesso, inoltre, di ottenere volumi focali non solo di dimensioni differenti, ma anche con morfologie dedicate (vedi figura 19):

- Onde focalizzate a volume ellissoidale
- Onde focalizzate a volume lineare
- Onde defocalizzate o planari

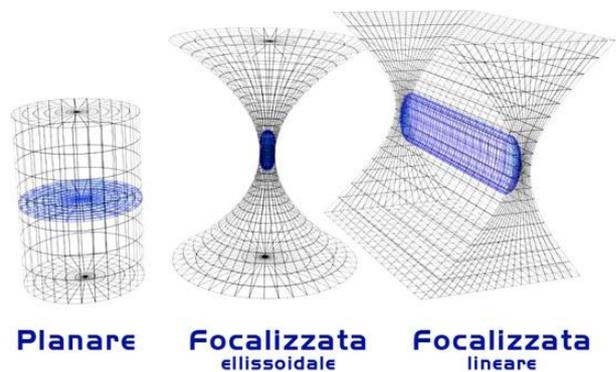


Figura 18

Le tre tecnologie sopra descritte producono impulsi ad onda d'urto focalizzata con andamento nel tempo, come riportato in Figura 20. La differenza fondamentale degli impulsi nelle tre tecnologie consiste nella dimensione dell'area focale (area in cui arriva l'energia terapeutica).

	Lunghezza (L)	D x L (mm)	Sezione (D)	Area (mm ²)	Volume (mm ³)
ELETTROIDRAULICO ULTIMA GENERAZIONE LOBIM		14,2 X 44		158,2	3067
ELETTROIDRAULICO		6,9 X 40,5		37,4	1009
ELETTROMAGNETICO		2,2 X 24		3,8	61
PIEZOELETRICO		1,3 X 4,2		1,3	3,7

Figura 19

Come evidenziato, l'area focale del generatore elettroidraulico ha dimensioni notevolmente più grandi rispetto alle altre due tecnologie. Questo consente di stimolare una maggiore superficie di tessuto biologico, aumentando l'effetto di angiogenesi (rivascolarizzazione) del tessuto trattato.

(si veda il sito www.sitod.it)

9.2 ONDE D'URTO ELETTROIDRAULICHE

La tecnologia elettroidraulica esalta le caratteristiche dell'impulso a cui la Società internazionale terapia ad onde d'urto (ISMST) attribuisce il fondamento dei processi che portano alla rivascolarizzazione del tessuto trattato. Le sorgenti elettroidrauliche sviluppano onde di pressione focalizzate, composte da un'ampia banda di frequenze armoniche. Alla base di questa risposta in frequenza vi è un andamento nel tempo caratterizzato da un rapido fronte di salita dell'impulso (figura 21).

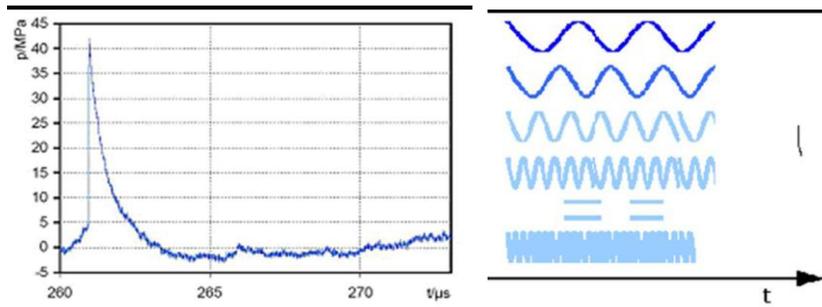


Figura 20

Le ultime applicazioni della tecnologia elettroidraulica hanno ulteriormente aumentato le dimensioni dell'area focale del proprio generatore, raggiungendo un diametro di 14 mm e hanno ridotto, inoltre, la pressione negativa (onda di trazione) causata, come abbiamo detto, dal dolore durante il trattamento.

Le caratteristiche fondamentali dell'apparecchiatura ad onde d'urto elettroidrauliche sono le seguenti:

- Gamma di energia dinamica (da 0,05 mJ/ mm² a 0,35 mJ/ mm²), che si imposta automaticamente in funzione della sonda innestata;
- Diversa profondità di penetrazione;
- Calcolo dell'energia complessiva rilasciata;
- Possibilità di usare diverse tipologie di sonde specialistiche, variabili in base al diametro e alla profondità da raggiungere.

La terapia ad onde d'urto può essere dolorosa, in particolare quando agisce sull'osso e va a stimolare il periostio, che è particolarmente sensibile. Infatti, nel trattamento di muscoli o tendini risulta decisamente meno dolorosa. E' ben tollerata, inoltre, se l'ovulo pressorio, sviluppato dall'impulso, resta confinato all'interno del cuscinetto adiposo.

Le sorgenti ad onde d'urto elettroidrauliche sviluppano l'impulso terapeutico in un volume ovoidale (Fig). Associando l'aspiratore alla sonda ad onde d'urto, si riesce a stimolare un volume di tessuto anche tre volte superiore rispetto a quello trattato con la sola sonda tradizionale, con la sicurezza di non colpire né strutture cartilaginee né il periostio dell'osso.

LA TECNOLOGIA VACUUM

Negli ultimi generatori d'onda d'urto elletroidaulici, oltre ad aver ottimizzato l'impulso, è applicata anche la tecnologia Vacuum che consente di confinare l'impulso terapeutico solo nello strato del derma, permettendo il rilascio d'impulsi ad energia maggiore, con una buona tollerabilità del paziente. La tecnologia Vacuum consiste essenzialmente in una sonda capace di aspirare derma ed epidermide in un volume, dove viene focalizzato l'ovulo di pressione del trasduttore ad onde d'urto. (si consulti sito Web: <http://www.lobim.com>).

9.3 ONDE D'URTO DIAMAGNATICHE

Il DSW 18 Diamagnetic shockwave rappresenta il più innovativo dispositivo per la terapia ad



onde d'urto (figura 22). Grazie ad una nuova tecnica, che vede l'utilizzo dei campi magnetici pulsanti ad alta intensità e bassa frequenza, il DSW 18 è in grado di sfruttare la repulsione diamagnetica per generare onde d'urto modulate sia nello spazio sia nel tempo, rendendo il trattamento molto più efficace in quasi totale assenza di dolore.

Competenze richieste

Il dispositivo, oltre che da personale medico, può essere utilizzato anche da fisioterapisti, con addestramento nell'uso dell'apparecchiatura di trattamento.

Figura 21

9.3.1 MECCANISMI ED EFFETTI BIOLOGICI

Il DSW18 Onda d'urto Diamagnetica®, sfruttando campi magnetici ad alta intensità e bassa frequenza con elevati gradienti, permette di indurre meccanismi di positiva modificazione nei tessuti molli e nei tessuti resistenti, senza indurre meccanismi di cavitazione distruttiva, come invece già descritto per i normali generatori di onde d'urto. Invece di indurre “lesioni volontarie” dei tessuti per indurne effetti riparativi, i processi, indotti a livello ultrastrutturale con le onde diamagnetiche, sono di diretta riparazione biocostruttiva dei tessuti soggetti a patologie muscolo scheletriche, nelle quali si rende necessaria la riduzione della flogosi locale, la neoformazione di vasi sanguigni e la riattivazione dei processi riparativi.

9.3.2 ASPETTI INNOVATIVI

Il DSW 18 può essere, quindi, definito come un GENERATORE DIAMAGNETICO®. Esso utilizza, per la generazione dell'onda d'urto acustica, la repulsione diamagnetica. L'effetto della repulsione diamagnetica, ottenuta con l'utilizzo dei campi magnetici ad alta intensità e a bassa frequenza ed elevati gradienti (intensità superiore ai 2T), determina la spinta in avanti delle lenti utilizzate per la terapia. L'effetto repulsivo diamagnetico si combina con una particolare tecnica di focalizzazione che utilizza lenti acustiche di Fresnel. Le geometrie specifiche e caratteristiche delle lenti realizzate consentono una focalizzazione con estrema precisione e senza aberrazioni delle onde acustiche. In tal modo tale apparecchio è in grado di generare sotto la lente un'area di energizzazione tridimensionale (metodica olografica), con forme e dimensioni specifiche (focalizzazione spaziale e focalizzazione temporale).

Le lenti utilizzate sono state costruite, come anticipato, secondo le leggi delle ottiche di Fresnel. Esse permettono di collimare l'energia luminosa, l'energia elettromagnetica e l'energia acustica, costituendo fuochi a differenti profondità e con differente apertura. Le lenti di Fresnel permettono la costruzione di lenti di arbitraria apertura e di breve lunghezza focale, risparmiando una grande quantità di materiale e riducendone drasticamente le dimensioni: esse, infatti, sono piatte. L'utilizzo di tali lenti speciali consente di generare onde d'urto, per le quali è possibile modificare anche la geometria spaziale.

Regolazione della focalizzazione spaziale

Una delle particolari caratteristiche del generatore d'onde d'urto diamagnetiche è la possibilità di controllare l'emissioni dell'onda d'urto sia nello spazio che nel tempo. L'efficacia del trattamento con onda d'urto e anche il danneggiamento del tessuto conseguente dipendono da come l'energia acustica viene focalizzata nello spazio e da come viene erogata nel tempo. Se, ad esempio, concentriamo l'energia in un punto molto piccolo, avremo una densità di energia così elevata (energia per unità di volume) tale da determinare il danneggiamento del tessuto, anche se di tipo molle. È chiaro, quindi, che l'energia non deve essere concentrata in un punto molto piccolo, ma neanche molto grande, altrimenti si avrà una perdita di efficacia della terapia. Allo stesso modo, un altro elemento fondamentale, oltre al volume da energizzare, è la geometria del fuoco. Questo perché spesso il target delle onde d'urto ha forme, dimensioni e posizioni particolari, e quindi una geometria più opportuna determina una maggiore capacità di colpire efficacemente il bersaglio terapeutico. Se, ad esempio, dobbiamo andare ad energizzare a profondità molto elevate, è evidente che il fuoco non dovrà essere molto piccolo, almeno lungo l'asse della profondità, diversamente rischieremmo di mancare il nostro target

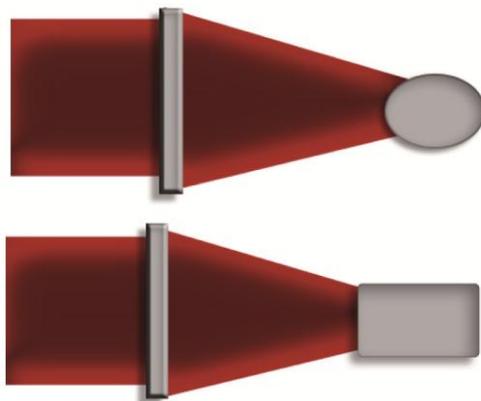


Figura 22

terapeutico. La focalizzazione spaziale è determinante nella misura in cui si ha un particolare volume che dipende dalla patologia e una determinata geometria che dipende della posizione del target terapeutico.

Dunque, la focalizzazione spaziale, possibile da modificare con la nuova tecnologia diamagnetica, permette di adeguare l'emissione energetica esattamente al volume e alla geometria

del tessuto da trattare, potendolo modificare attraverso l'interposizione di differenti lenti adeguatamente costruite in base alle necessità terapeutiche.

Regolazione della focalizzazione temporale

Anche la focalizzazione temporale è determinante. Infatti, a parità di energia complessiva, se questa viene erogata in un tempo breve, si rischia di avere potenze specifiche così elevate da danneggiare il tessuto sottostante, ma se viene erogata in tempi troppo lunghi perde la sua efficacia. È possibile modificare e identificare sempre la corretta focalizzazione temporale per ottenere sempre il massimo vantaggio terapeutico.

Quindi, i vantaggi della terapia ad onde d'urto diamagnetiche sono:

- riduzione del dolore per la maggiore precisione del target terapeutico in termini spaziali e temporali;
- nessuna parte consumabile da sostituire nel tempo;
- effetto diamagnetico della terapia in termini di riduzione del dolore, della riabilitazione e dei tessuti sottoposti alla terapia.

FEATURES	Diamagnetiche	Elettroidrauliche	Elettromagnetiche	Piezolettriche
Focalizzazione temporale	Presente	Assente	Assente	Assente
Focalizzazione spaziale	Presente	Presente	Presente	Presente
Ergonomia	Ottima	Buona	Media	Media
Dolorabilità	Molto bassa	Alta	Media	Alta
Attenuazione rumorosità	Ottima	Scarsa	Media	Scarsa
Trattamento radiale	Presente	Assente	Assente	Presente
Trattamento focalizzato	Presente	Presente	Presente	Assente
Gestione automatica	Presente	Assente	Assente	Assente

Tabella 5. Comparazione tra modelli di generatore di onde d'urto.

Terapia in totale assenza del dolore

Tutti i generatori di onde d'urto non permettono di interagire con la geometria dell'impulso generato, il quale si caratterizza per essere particolarmente rigido e doloroso per il paziente che si sottopone alla terapia. Il dolore suscitato per ogni onda d'urto è legato non solo alla

stimolazione di recettori sensibili alla pressione esercitata, ma anche all'ampiezza della zona trattata e soprattutto alla quantità e alle caratteristiche geometriche dell'onda somministrata.

Con i normali generatori di onde d'urto (sia esse piezoelettrici, balistici, elettroidraulici o elettromagnetici) l'impulso di onda d'urto generato ha caratteristiche geometriche fisse, che non possono essere modulate in funzione dei tessuti da trattare e questo rappresenta un inevitabile limite. Al contrario, l'utilizzo della tecnologia diamagnetica con campi magnetici ad alta intensità, consente invece di poter gestire, a seconda delle necessità terapeutiche e del tratto anatomico, le caratteristiche geometriche spaziali e temporali di ciascun impulso emesso. Il maggior vantaggio è una riduzione sensibile del dolore e, in alcuni casi, la completa assenza dello stesso. In questa condizione, i tessuti acquisiscono maggiore recettività e capacità d'impiego dell'energia erogata. La terapia diventa più efficace e i tempi di recupero notevolmente più brevi.

Un'ulteriore caratteristica innovativa delle onde d'urto diamagnetiche è la capacità di sfruttare l'intensità del campo magnetico all'interno dei tessuti, con effetti di biostimolazione endogena ed isotropa. Questo processo rende più rapida la riabilitazione dei tessuti superficiali e profondi, con una specifica azione anche sulla matrice intra ed extracellulare.

9.3.3 DESCRIZIONE DEL DISPOSITIVO

Il DSW 18 ONDA D'URTO DIAMAGNETICA ® dispone di:

Manipolo con attivazione manuale



Figura 24.

Manipoli con attivazione automatica



Figura 25.

1. Il manipolo con attivazione manuale viene utilizzato per trattamenti in modalità *DISGREGANTE*.
2. I manipoli con attivazione automatica vengono utilizzati per eseguire trattamenti in modalità *STIMOLANTE O DRENANTE*.

I manipoli con attivazione automatica sono collegati da un unico connettore. Essi possono essere collocati in due differenti punti del corpo e funzionare utilizzando per ciascun punto una differente lente focale.

Utilizzo dei manipoli operativi

La testina emittente del manipolo viene applicata a diretto contatto della cute del paziente, interponendo un disco (lente) per la propagazione acustica. Tra la lente e il tessuto va interposta un'adeguata quantità di gel. Successivamente si dovrà iniziare la fase di lavoro vera e propria, applicando il manipolo operativo mobile nella zona da trattare. La scelta delle lenti è dipendente dalla profondità del fuoco e quindi della patologia da trattare.

Le lenti sono numerate:



Figura 26. Le lenti di Fresnel.

Da sinistra a destra della figura:

- a) 00= radiale
- b) 20= 2 cm di profondità
- c) 30= 2,5-3,5 cm di profondità
- d) 40= 3,5-4,5 cm di profondità
- e) 65= 5,5-7 cm di profondità

9.3.4 UTILIZZO DEL DISPOSITIVO

È possibile selezionare fra tre specifiche funzioni, a seconda della patologia da trattare:

1. **EFFETTO DISGREGANTE:** nei casi di patologia ossificante o calcificazioni;
2. **EFFETTO STIMOLANTE:** in presenza di tessuti lacerati o quando vi è, in associazione, necessità di stimare i processi riabilitativi di tessuti nervosi concomitanti nella patologia;
3. **EFFETTO DRENANTE:** in presenza di un forte processo anche infiammatorio che comporta la presenza di edema.

Durante lo stesso trattamento è possibile utilizzare uno o più effetti: per preparare il tessuto ad essere maggiormente recettivo (effetto *STIMOLANTE*) alla eventuale disgregazione di corpi calcificati o irrigidimenti articolari (effetto *DISGREGANTE*) e a velocizzare i processi riparativi e riequilibranti dei tessuti (effetto *DRENANTE*).

Una volta acceso, il dispositivo permette di scegliere attraverso quale modalità operativa si desidera effettuare il trattamento. Le modalità operative sono due:

-modalità operativa con pre-impostazioni: accedendo a questa modalità si entra nella sezione operativa con protocolli già impostati.

-modalità operativa per meccanismo d'azione: accedendo a questa modalità si entra in una sezione libera in cui è necessario impostare tutti i parametri di lavoro, prima d'iniziare il trattamento.

I parametri di lavoro sono:

Potenza: il valore indica l'energia immagazzinata nella macchina per gestire l'energia di ciascun colpo emesso.

CE: numero dei Colpi Eseguiti. Il dispositivo riporta i colpi residui da effettuare, sulla base dell'impostazione iniziale del trattamento.

PWR: potenza di ciascun colpo da emettere.

CP: numero di colpi per effettuare la terapia. Nei programmi preimpostati il numero di colpi è già fissato. Il dispositivo permette di eseguire un massimo di 40 colpi, anche cumulativi, oltre i quali il trattamento termina e bisogna effettuare una nuova programmazione della terapia.

TENDINOPATIE	Numero di colpi consigliati oltre quelli già impostati	Potenza consigliata oltre quella impostata
Tendinopatia calcifiche di spalla	25	16
Epicondilita laterale gomito	25	16
Tendinopatia trocantere	25	16
Tendinopatia post traumatica del ginocchio	25	16
Fascite plantare	25	16
Tendine rotuleo	25	16
Tendine di Achille	25	16

Tabella 6

Fronte: fronte d'onda dell'impulso generato. La sua caratterizzazione ne consente l'ottimizzazione nei confronti dei tessuti trattati.

In tal senso, a seconda del grado di calcificazione o all'irrigidimento dei tessuti, è possibile modulare un *EFFETTO DISGREGANTE* molto o poco intenso o progressivo, finalizzato ad una maggiore precisione di azione nei tessuti. Anche nel caso della stimolazione o del drenaggio è possibile modificare il fronte dell'onda, consentendo una specifica modulazione dell'impulso a seconda della patologia, della sua posizione, dell'intensità e del grado di assorbimento energetico da parte dei tessuti impegnati nella terapia.

Dia: per un maggiore o minore effetto antalgico diamagnetico. È consigliato utilizzare un valore alto di DIA quando si lavora in effetto *DISGREGANTE* o quando si è in presenza di dolore acuto. La parametrizzazione dell'effetto DIA consentirà di modulare una quantità di energia maggiore sui tessuti da trattare, garantendo un maggiore effetto antalgico, senza danni, ai tessuti non impegnati nel trattamento. In tal senso è possibile eseguire trattamenti in tutta sicurezza, evitando sia danni ai tessuti muscolo- tendinei, sia fenomeni di morte cellulare. [si veda Manuale d'uso: DSW DIAMAGNETIC SHOCK WAVE®, Saccolongo, Padova, Italia]

DIA	EFFETTI
01-05	Effetto antiedematico
06-10	Aumento del metabolismo e della microcircolazione
11-15	Incremento della produzione di collagene
16-20	Effetto sulla dissoluzione delle calcificazioni

Tabella 7. Schema di riferimento DIA

10. RISULTATI

I risultati riportati sono stati ottenuti mediante valutazioni effettuate in quattro differenti tempi:

1. All'inizio dell'intero ciclo riabilitativo;
2. alla fine di ogni singola applicazione di onde d'urto;
3. al termine del ciclo di trattamento, della durata di quattro sedute;
4. al follow-up, dopo un mese dalla fine del trattamento.

I controlli ecografici effettuati da ogni paziente, all'inizio del ciclo di riabilitazione e successivamente al termine del trattamento, sono stati esaminati dal medico specialistico di riferimento.

10.1 RISULTATI VAS

Mettendo a confronto la scala di valutazione VAS, somministrata ad ogni paziente del GRUPPO A, all'inizio del ciclo riabilitativo, alla fine e al follow-up, si nota una decisiva diminuzione del sintomo del dolore. Nei grafici che seguono possiamo osservare l'andamento del sintomo dolore, nelle tre principali fasi valutative.

VAS GRUPPO A			
PZ	INIZIO CICLO RIAB.	FINE CICLO RIAB.	FOLLOW-UP
1	8	4	2
2	5	1	1
3	7	1	1
4	8	2	3
5	9	4	2
6	6	3	1
7	5	2	2
8	8	5	3
9	8	6	3
10	7	3	2
Media aritmetica	7,1	3,1	2,0

Tabella 8.

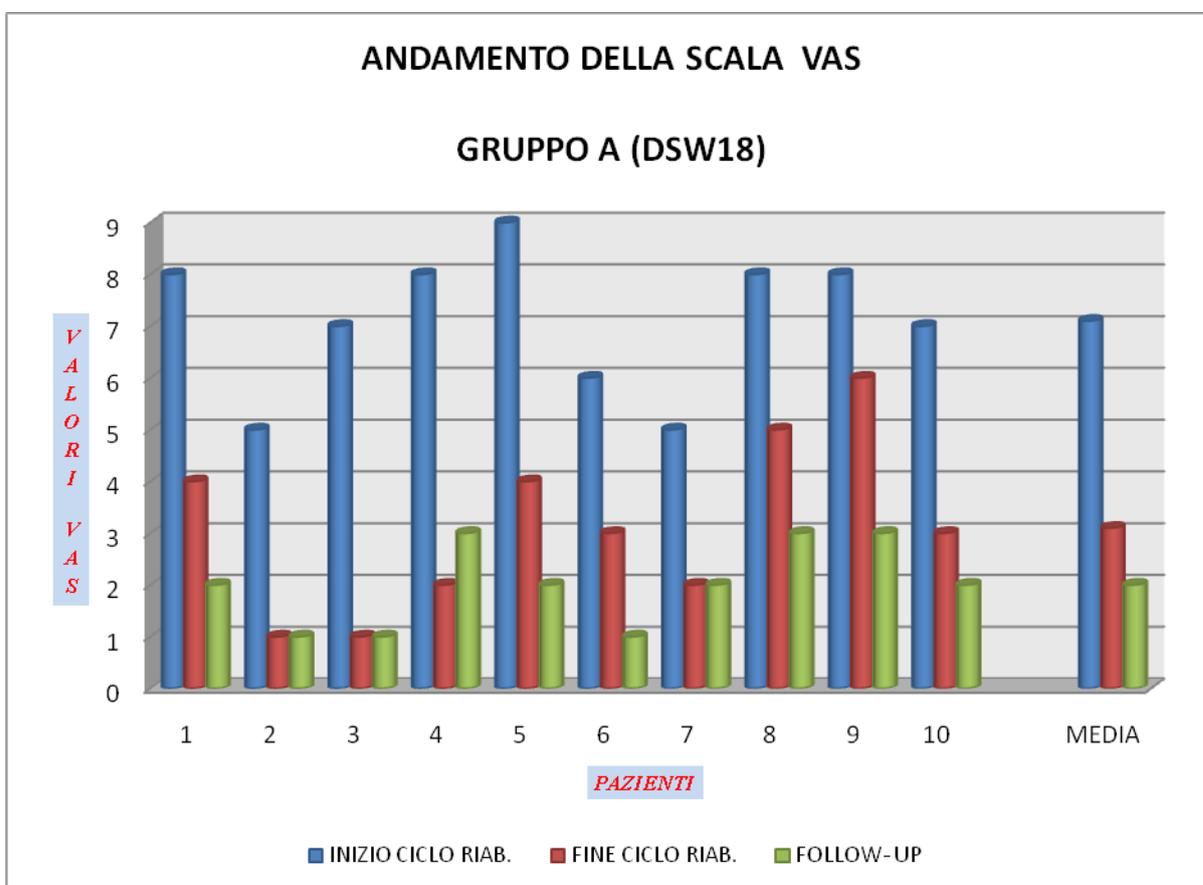


Tabella 9.

Dalle tabelle si può notare che in un primo momento, cioè prima di cominciare la terapia ad onde d'urto, i valori della scala VAS riscontrati erano decisamente alti, quindi i pazienti presentavano una sintomatologia dolorosa non trascurabile. La media aritmetica dei valori osservati prima dell'inizio del ciclo riabilitativo è di **7,1**. In seguito alle applicazioni di onde d'urto, la rilevazione alla fine del trattamento riabilitativo dimostra che la sintomatologia del dolore è decisamente diminuita. La media aritmetica al termine del ciclo riabilitativo è di **3,1**. Infine, al momento del follow-up, è stato riscontrato che il sintomo del dolore è diminuito ulteriormente. Ciò è dimostrato dalla media aritmetica che ha raggiunto il valore di **2,0**.

Nella tabella seguente sono riportate le differenze sostanziali tra i tre diversi momenti di somministrazione della scala VAS, comprensive di media e deviazione standard.

VAS GRUPPO A	Media	Deviazione standard	Errore deviazione standard	P-value Inizio/fine trattamento
VAS inizio trattamento	7,1	1,370	0,43	<0,05
VAS fine trattamento	3,1	1,663	0,52	
VAS follow-up	2,0	0,816	0,25	

Tabella 10.

Dalla tabella si nota che, confrontando i valori di deviazione standard e di errore di deviazione standard all'inizio trattamento, con quelli al follow-up di un mese, vi è un calo evidente dei valori. La differenza dei valori VAS, tra inizio trattamento e follow-up, risulta essere significativa (**P <0,05**), pertanto si può affermare un oggettivo miglioramento del sintomo dolore tra i pazienti appartenenti al GRUPPO A.

Sempre utilizzando la VAS, abbiamo registrato i dati del dolore percepito da ogni paziente del gruppo A, durante l'applicazione della terapia ad onde d'urto diamagnetiche.

Nella seguente tabella sono riportati tali valori:

PAZIENTI	Dati VAS durante il trattamento
1	0
2	0
3	0
4	1
5	1
6	0
7	0
8	0
9	0
10	0
MEDIA	0,2

Tabella 11.

Osservando la tabella possiamo notare che, per quanto riguarda il GRUPPO A, sul campione di dieci pazienti, solamente due di essi hanno provato una sensazione di dolore molto lieve durante la somministrazione della terapia, mentre i restanti otto non hanno avvertito alcun dolore.

GRUPPO DI CONTROLLO

Mettendo a confronto i dati ricavati dalla scala di valutazione VAS somministrata ai pazienti appartenenti al gruppo di controllo (GRUPPO B), all'inizio del ciclo riabilitativo, alla fine e al follow-up, si nota una diminuzione decisa della sintomatologia dolorosa, con un andamento analogo ai valori osservati nel gruppo di studio. Attraverso le seguenti tabelle, possiamo osservare l'andamento e la diminuzione del sintomo del dolore.

VAS GRUPPO B			
PZ	INIZIO CICLO RIAB.	FINE CICLO RIAB.	FOLLOW-UP
1	7	4	2
2	8	2	2
3	6	2	1
4	8	4	3
5	6	3	3
6	8	3	2
7	6	2	3
8	8	4	2
9	7	3	1
10	9	5	3
Media aritmetica	7,3	3,2	2.2

Tabella 12.

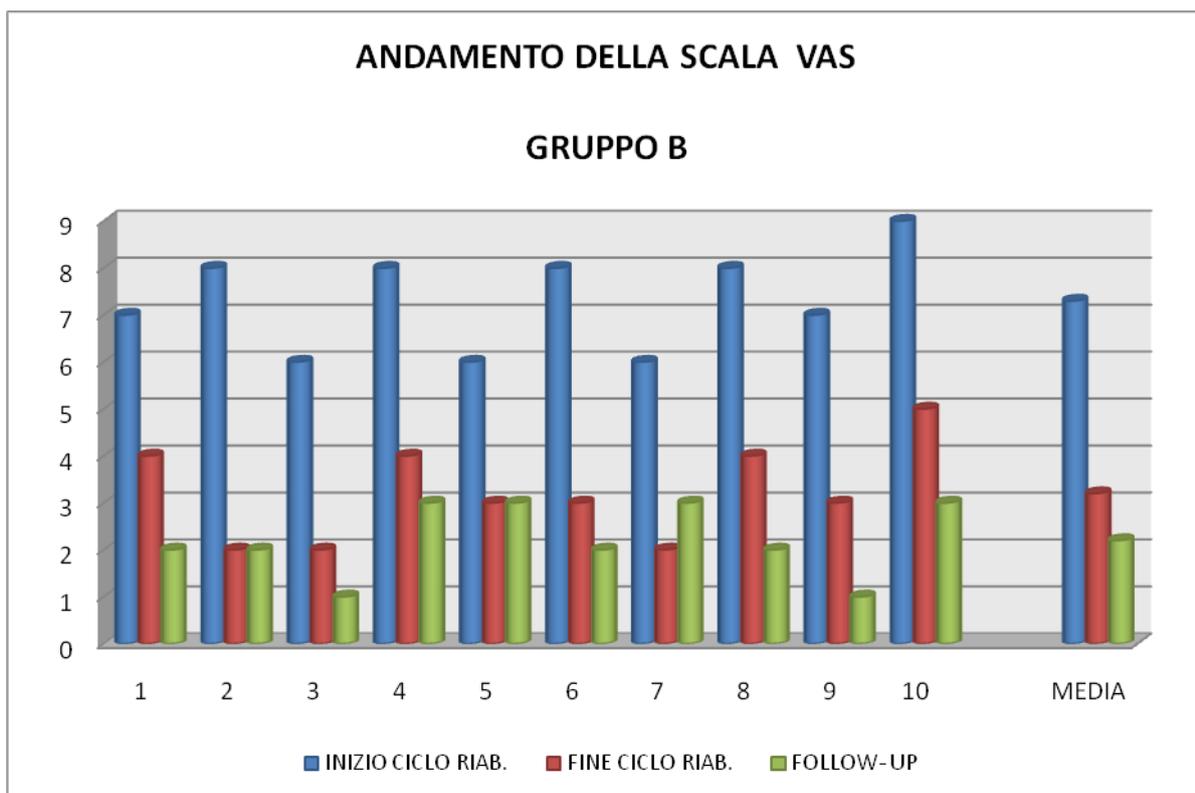


Tabella 13.

Anche per il gruppo di controllo abbiamo confrontato le principali differenze riscontrate nei tre diversi momenti di valutazione, comprensive di media e deviazione standard:

VAS GRUPPO B	Media	Deviazione standard	Errore deviazione standard	P value
VAS inizio trattamento	7,3	1,059	0,334	<0,05
VAS fine trattamento	3,2	1,032	0,326	
VAS follow-up	2,2	0,788	0,249	

Tabella 14.

La media aritmetica dei valori registrati all'inizio e alla fine del trattamento subisce un calo evidente. La situazione si ripete in modo analogo confrontando i dati relativi alla fine del trattamento con quelli del follow-up. Ciò testimonia che, a seguito della terapia, anche i pazienti del GRUPPO B hanno riscontrato una notevole diminuzione della sensazione di dolore.

Confrontando i dati a inizio trattamento e al follow-up, possiamo affermare che il P- value risulta essere significativo (**P<0,05**), anche per quanto riguarda il gruppo di controllo.

Sempre utilizzando la VAS, abbiamo registrato i dati relativi al dolore percepito da ogni paziente del gruppo di controllo, durante l'applicazione della terapia ad onde d'urto a tecnologia elettroidraulica. Nella seguente tabella sono riportati tali valori:

PAZIENTI	Dati VAS durante il trattamento
1	9
2	9
3	8
4	8
5	10
6	10
7	7
8	9
9	10
10	8
MEDIA	8,8

Tabella 15.

Osservando la tabella si nota che, a differenza della terapia ad onde d'urto diamagnetiche, con la tecnologia elettroidraulica, durante la somministrazione delle terapia i pazienti hanno provato una sensazione di dolore molto forte e fastidiosa, esattamente sul punto di applicazione del manipolo. La media aritmetica riscontrata tra questi valori è di **8,8**: un dato effettivamente molto alto.

È opportuno specificare che, durante il periodo del nostro studio, alcuni pazienti, che sarebbero potuti rientrare nel gruppo di controllo del presente studio, hanno deciso di terminare il loro ciclo riabilitativo, sospendendo la terapia anticipatamente, proprio a causa del forte dolore provato durante la terapia.

11. CONCLUSIONI

A seguito dei risultati ottenuti dalla VAS e basandoci sui riferimenti numerici, quali le medie, la deviazione standard ed il P-value, possiamo affermare che:

- ❖ Nel **GRUPPO A**, i pazienti sono stati trattati con onde d'urto diamagnetiche, all'inizio del trattamento il valore medio del punteggio VAS era di 7,1, siamo arrivati a fine trattamento, dopo quattro sedute di terapia, ad un valore medio della VAS di 3,1. Abbiamo ottenuto pertanto un significativo miglioramento, con una riduzione del dolore pari al **43,6%**.
- ❖ Nel **GRUPPO B**, i pazienti sono stati trattati con onde d'urto elettroidrauliche, all'inizio del trattamento il punteggio VAS medio era di 7,3, fino ad arrivare alla fine del trattamento ad un valore medio della VAS di 3,2. Abbiamo notato quindi un evidente miglioramento, sempre dato dalla riduzione del dolore del **43,8%**.

Utilizzando sempre come metodo valutativo la scala VAS, abbiamo esaminato i dati di tale scala misurati durante l'esecuzione della terapia ad onde d'urto, in entrambi i gruppi:

- ❖ Nel **GRUPPO A**, trattato con onde d'urto diamagnetiche, è risultato che il valore medio misurato con la VAS era di 0,2. Sull'intero gruppo di dieci pazienti, soltanto due hanno accusato una leggerissima sensazione di fastidio (VAS 1), mentre gli altri otto pazienti non hanno avvertito alcun sintomo di dolore.
- ❖ Nel **GRUPPO B**, trattato con onde d'urto elettroidrauliche, abbiamo avuto un valore medio della scala VAS che risultata essere di 8,8: un valore significativamente molto alto.

Tutti i pazienti di questo gruppo hanno avvertito forti sensazioni di dolore durante la somministrazione di onde d'urto.

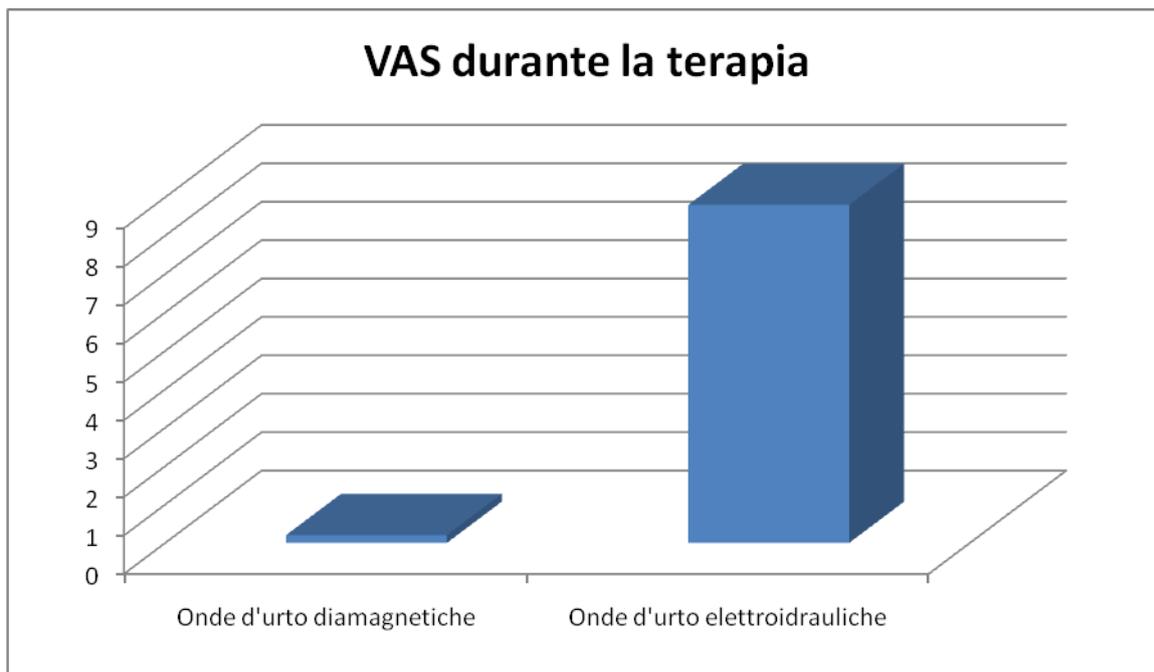


Tabella 16.

Alcuni pazienti che avevano iniziato la terapia ad onde d'urto elettroidrauliche e che, secondo i criteri, sarebbero potuti rientrare nel nostro gruppo di studio, hanno preferito terminare il ciclo riabilitativo anticipatamente, proprio per il dolore lancinante che provavano durante l'esecuzione del trattamento.

FOLLOW-UP

Osservando ora i valori misurati al follow-up, si notano piccole differenze tra i due gruppi di studi. Soffermandoci sull'analisi dei valori VAS misurati un mese dopo l'ultima applicazione di onde d'urto:

- ❖ Il **GRUPPO A**, a distanza di un mese, riferisce un'ulteriore diminuzione del sintomo del dolore. La media aritmetica risulta essere di 2,0.
- ❖ Il **GRUPPO B**, a distanza di un mese, riferisce una diminuzione del sintomo del dolore, molto simile a quella del primo gruppo, pari a un valore medio di 2,2.

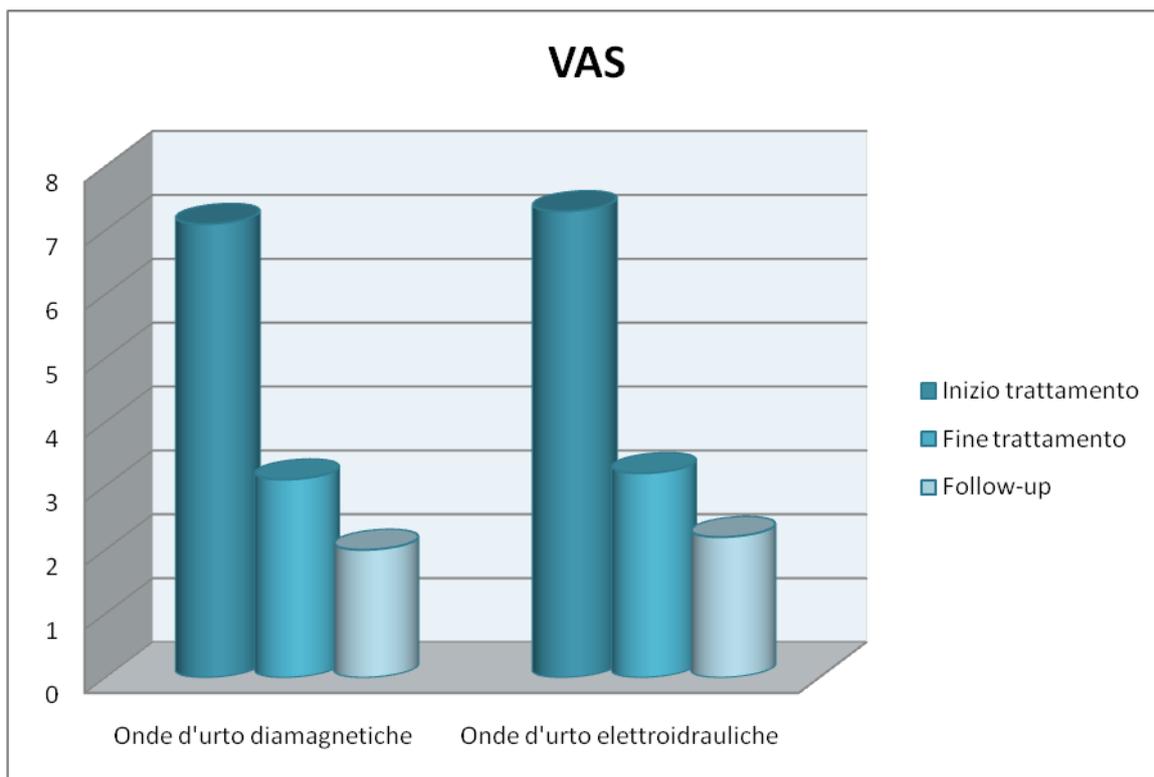


Tabella 17.

Questi dati ci aiutano notevolmente a capire che le due metodiche portano a risultati decisamente analoghi per quanto riguarda la riduzione della sintomatologia dolorosa del piede trattato e la risoluzione clinica della fascite plantare.

Pertanto, nel trattamento della fascite plantare, la terapia con onde d'urto diamagnetiche risulta sovrapponibile a quella con onde d'urto elettroidrauliche.

Inequivocabilmente diversi invece gli effetti delle due tecniche in termini di dolore percepito durante la somministrazione della terapia.

Le onde d'urto diamagnetiche hanno rivelato un'eguale efficacia nella riduzione della sintomatologia algica e soprattutto un' importante riduzione del dolore durante la somministrazione della terapia, a differenza delle onde d'urto elettroidrauliche, che prevedevano tale sintomo come principale effetto collaterale.

La riduzione del dolore ottenuta, persiste anche dopo la fine del trattamento, con conseguente miglioramento della condizione patologica, influenzando positivamente sulla normale attività di vita quotidiana (AVQ).

BIBLIOGRAFIA

1. Singh D, Angel J, Bentley G, Trevino SG. Fortnightly review. Plantar fasciitis. *BMJ* 1997;315(7101):172-175.
2. Lemont H, Ammirati KM, Usen N. Plantar fasciitis. A degenerative process (fasciosis) without inflammation. *J Am Podiatr Med Assoc* 2003;93(3):234-237.
3. Crawford F, Atkins D, Edwards J. Interventions for treating plantar heel pain. *Cochrane Database Syst Rev* 2000;(3):CD000416.
4. Riddle DL, Schappert SM. Volume of ambulatory care visits and patterns of care for patients diagnosed with plantar fasciitis: A national study of medical doctors. *Foot Ankle Int* 2004;25(5):303-310.
5. Wolgin M, Cook C, Graham C, Mauldin D. Conservative treatment of plantar heel pain: long-term follow-up. *Foot Ankle Int* 1994;15(3):97-102.
6. Irving DM, Cook JL, Young MA, Menz HB. Obesity and pronated foot type may increase the risk of chronic heel pain: a matched case-control study. *BMC Musculoskelet Disord* 2007;8:41.
7. Buchbinder R. Clinical practice. Plantar fasciitis. *N Engl J Med* 2004;350(21):2159-2166.
8. Riddle DL, Pulisic M, Pidcoe P, Johnson RE. Risk factors for plantar fasciitis: A matched case-control study. *J Bone Joint Surg Am* 2003;85(5):872-877.
9. Frey C, Zamora J. The effects of obesity on orthopaedic foot and ankle pathology. *Foot Ankle Int* 2007;28(9):996-999.
10. Hill Jr. JJ, Cutting PJ. Heel pain and body weight. *Foot Ankle* 1989;9(5):254-256.
11. Rano JA, Fallat LM, Savoy-Moore RT. Correlation of heel pain with body mass index and other characteristics of heel pain. *J Foot Ankle Surg* 2001;40(6):351-356.
12. Amis J, Jennings L, Graham D, Graham CE. Painful heel syndrome: radiographic and treatment assessment. *Foot Ankle* 1988;9(2):91-95.

13. Rome K, Campbell R, Flint A, Haslock I. Heel pad thickness—a contributing factor associated with plantar heel pain in young adults. *Foot Ankle Int* 2002;23(2):142-147.
14. Kibler WB, Goldberg C, Chandler TJ. Functional biomechanical deficits in running athletes with plantar fasciitis. *Am J Sports Med* 1991;19(1):66-71.
15. Narvaez JA, Narvaez J, Ortega R, et al. Painful heel: MR imaging findings. *Radiographics* 2000;20(2):333-352.
16. Furey JG. Plantar fasciitis. The painful heel syndrome. *J Bone Joint Surg Am* 1975;57(5):672-673.
17. Matheson GO, Macintyre JG, Taunton JE, et al. Musculoskeletal injuries associated with physical activity in older adults. *Med Sci Sports Exerc* 1989;21(4):379-385.
18. Taunton JE, Ryan MB, Clement DB, et al. A retrospective case-control analysis of 2002 running injuries. *Br J Sports Med* 2002;36(2):95-101.
19. Fischer Associates. 2002 podiatric practice survey. Statistical results. *J Am Podiatr Med Assoc* 2003;93(1):67-86.
20. Rome K, Howe T, Haslock I. Risk factors associated with the development of plantar heel pain in athletes. *The Foot* 2001;11(3):119-125.
21. Ballas MT, Tytko J, Cookson D. Common overuse running injuries: diagnosis and management. *Am Fam Physician* 1997;55(7):2473-2484.
22. Wearing SC, Smeathers JE, Yates B, et al. Sagittal movement of the medial longitudinal arch is unchanged in plantar fasciitis. *Med Sci Sports Exerc* 2004;36(10):1761-1767.
23. Prichasuk S, Mulpruek P, Siriwongpairat P. The heel-pad compressibility. *Clin Orthop Relat Res* 1994;(300):197-200.
24. Lapidus PW, Guidotti FP. Painful heel: Report of 323 Patients with 364 painful heels. *Clin Orthop Relat Res* 1965;39:178-186.
25. Davis PF, Severud E, Baxter DE. Painful heel syndrome: results of nonoperative treatment. *Foot Ankle Int* 1994;15(10):531-535.
26. Scott G, Menz HB, Newcombe L. Age-related differences in foot structure and function. *Gait Posture* 2007;26(1):68-75.
27. Redmond AC, Crosbie J, Ouvrier RA. Development and validation of a novel rating system for scoring standing foot posture: the Foot Posture Index. *Clin Biomech* 2006;21(1):89-98.
28. Sadat-Ali M. Plantar fasciitis/calcaneal spur among security forces personnel. *Mil Med* 1998;163(1):56-57.
29. Pfeffer G, Bacchetti P, Deland J, et al. Comparison of custom and prefabricated orthoses in the initial treatment of proximal plantar fasciitis. *Foot Ankle Int* 1999;20(4):214-221.
30. Bencardino J, Rosenberg ZS, Delfaut E. MR imaging in sports injuries of the foot and ankle. *Magn Reson Imaging Clin N Am* 1999;7(1):131-149.
31. Scher DL, Belmont PJ Jr, Bear R, et al. The incidence of plantar fasciitis in the United States military. *J Bone Joint Surg Am* 2009;91(12):2867-2872.
32. Brotzman S, Wilk K. *La riabilitazione in ortopedia*. 2° edizione ed, 2004.

33. Paoletti S, Le fasce- Il ruolo dei tessuti nella meccanica umana, 2003
34. Kitaoka HB, Luo ZP, Growney ES, Berglund LJ, An KN. Material properties of the plantar aponeurosis. *Foot & ankle international*, 1994; 15 (10): 557–560.
35. Arangio GA, Chen C, Kim W. Effect of cutting the plantar fascia on mechanical properties of the foot. *Clinical orthopaedics and related research* 1997; (339): 227–231..
36. Gefen A. The in vivo elastic properties of the plantar fascia during the contact phase of walking. *Foot & ankle international*, 2003; 24 (3): 238–244
37. Andreasi A., Ceschi M.: Fascite plantare. *Progressi in Medicina e Chirurgia del Piede, Il dolore calcaneare*, 2003, 12, pp 59-64
38. Pfeffer G.B.: Plantar heel pain. *Instr Course Lect.* 2001;50:521-31.
39. Singh D, Angel J, Bentley G, Trevino SG. Plantar fasciitis. *BMJ* 1997;315:172-5.
40. Young CC, Rutherford DS, Niedfeldt MW. Treatment of plantar fasciitis. *Am Fam Physician* 2001;63:467-78. [Erratum, *Am Fam Physician* 2001;64:570.]
41. Groshar D, Alperson M, Toubi A, Gorenberg A, Liberson A, Bar-Meir E. Plantar fasciitis: detection with ultrasonography versus bone scintigraphy. *Foot* 2000;10:164-8.
42. Gibbon WW, Long G. Ultrasound of the plantar aponeurosis (fascia). *Skeletal Radiol* 1999;28:21-6.
43. Berkowitz JF, Kier R, Rudicel S. Plantar fasciitis: MR imaging. *Radiology* 1991;179: 665-7.
44. McGonagle D, Marzo-Ortega H, O'Connor P, et al. The role of biomechanical factors and HLA-B27 in magnetic resonance imaging-determined bone changes in plantar fascia enthesopathy. *Arthritis Rheum* 2002;46:489-93.
45. Josè Alvarez-Nemegyei, Juan J. Canoso The heel pain: Diagnosis and treatment, step by step *CLEVELAND CLINIC JOURNAL OF MEDICINE VOLUME 73 • NUMBER 5 MAY 2006.*
46. Lynch DM, Goforth WP, Martin JE, Odom RD, Preece CK, Kotter MW. Conservative treatment of plantar fasciitis: a prospective study. *J Am Podiatr Med Assoc* 1998;88:375-80.
47. Mc Garvey WC Heel pain and plantar fasciitis. In Ferkel RD (eds) *Sports medicine of the foot & ankle AOFAS*, Palm Springs, 2001; pp 59-67
48. Crawford F, Thomson C. Interventions for treating plantar heel pain. *Cochrane Database Syst Rev* 2003;3:CD000416.
49. Singh D, Angel J, Bentley G, Trevino SG. Plantar fasciitis. *BMJ* 1997;315:172-5.
50. Young CC, Rutherford DS, Niedfeldt MW. Treatment of plantar fasciitis. *Am Fam Physician* 2001;63:467-78. [Erratum, *Am Fam Physician* 2001;64:570.]
51. Rachele B. Plantar fasciitis. *N Engl J Med* 2004;350:2159-66.
52. Powell M, Post WR, Keener J, Wearden S. Effective treatment of chronic plantar fasciitis with dorsiflexion night splints: a crossover prospective randomized outcome study. *Foot Ankle Int* 1998;19:10-8.
53. Probe RA, Baca M, Adams R, Preece C. Night splint treatment for plantar fasciitis: a prospective randomized study. *Clin Orthop* 1999;368:190-5.

54. Tisdell CL, Harper MC. Chronic plantar heel pain: treatment with a short leg walking cast. *Foot Ankle Int* 1996;17:41-2.
55. Acevedo JI, Beskin JL. Complications of plantar fascia rupture associated with corticosteroid injection. *Foot Ankle Int* 1998;19:91-7.
56. Sellman JR. Plantar fascia rupture associated with corticosteroid injection. *Foot Ankle Int* 1994;15:376-81.
57. Chen HS, Chen LM, Huang TW: Treatment of painful heel syndrome with shockwaves. *Clin Orthop* 2001, 387:41-6.
58. Chuckpaiwong B, Berkson EM, Theodore GH: Extracorporeal shock wave for chronic proximal plantar fasciitis: 225 patients with results and outcome predictors. *J Foot Ankle Surg* 2009, 48(2):148-55.
59. Gerdesmeyer L, Frey C, Vester J, Maier M, Weil L Jr, Weil L Sr, Russlies M, Stienstra J, Scurran B, Fedder K, Diehl P, Lohrer H, Henne M, Gollwitzer H: Radial extracorporeal shock wave therapy is safe and effective in the treatment of chronic recalcitrant plantar fasciitis: results of a confirmatory randomized placebo-controlled multicenter study. *Am J Sports Med* 2008, 36(11):2100-9.
60. Gollwitzer H, Diehl P, von Korff A, Rahlfs VW, Gerdesmeyer L: Extracorporeal shock wave therapy for chronic painful heel syndrome: a prospective, double blind, randomized trial assessing the efficacy of a new electromagnetic shock wave device. *J Foot Ankle Surg* 2007, 46(5):348-57.
61. Hammer DS, Adam F, Kreutz A, Kohn D, Seil R: Extracorporeal shock wave therapy (ESWT) in patients with chronic proximal plantar fasciitis: a 2-year follow-up. *Foot Ankle Int* 2003, 24(11):823-8.
62. Hyer CF, Vancourt R, Block A: Evaluation of ultrasound-guided extracorporeal shock wave therapy (ESWT) in the treatment of chronic plantar fasciitis. *J Foot Ankle Surg* 2005, 44(2):137-43.
63. Ibrahim MI, Donatelli RA, Schmitz C, Hellman MA, Buxbaum F: Chronic plantar fasciitis treated with two sessions of radial extracorporeal shock wave therapy. *Foot Ankle Int* 2010, 31(5):391-7.
64. Kudo P, Dainty K, Clarfield M, Coughlin L, Lavoie P, Lebrun C: Randomized, placebo-controlled, double-blind clinical trial evaluating the treatment of plantar fasciitis with an extracorporeal shockwave therapy (ESWT) device: a North American confirmatory study. *J Orthop Res* 2006, 24(2):115-23.
65. Metzner G, Dohnalek C, Aigner E: High-energy Extracorporeal Shock-Wave Therapy (ESWT) for the treatment of chronic plantar fasciitis. *Foot Ankle Int* 2010, 31(9):790-6.
66. Norris DM, Eickmeier KM, Werber BR: Effectiveness of extracorporeal shockwave treatment in 353 patients with chronic plantar fasciitis. *J Am Podi Med Asso* 2005, 95(6):517-24.
67. Ogden JA, Alvarez RG, Levitt RL, Johnson JE, Marlow ME: Electrohydraulic highenergy shock-wave treatment for chronic plantar fasciitis. *J Bone Joint Surg - Am* 2004, 86(10):2216-28.

68. Rajkumar P, Schmitgen GF: Shock waves do more than just crush stones: extracorporeal shock wave therapy in plantar fasciitis. *Int J Clin Pract* 2002, 56(10):735–7.
69. Rompe JD, Decking J, Schoellner C, Nafe B: Shock wave application for chronic plantar fasciitis in running athletes. A prospective, randomized, placebo-controlled trial. *Am J Sports Med* 2003, 31(2):268–75.
70. Rompe JD, Schoellner C, Nafe B: Evaluation of low-energy extracorporeal shockwave application for treatment of chronic plantar fasciitis. *J Bone Joint Surg- Am* 2002, 84(3):335–41.
71. Wang CJ, Chen HS, Chen WS, Chen LM: Treatment of painful heels using extracorporeal shock wave. *J Formosan Med Asso* 2000, 99(7):580–3.
72. Wang CJ, Chen HS, Huang TW: Shockwave therapy for patients with plantar fasciitis: a one-year follow-up study. *Foot Ankle Int* 2002, 23(3):204–7.
73. Wang CJ, Wang FS, Yang KD, Weng LH, Ko JY: Long-term results of extracorporeal shockwave treatment for plantar fasciitis. *Am J Sports Med* 2006, 34(4):592–6.
74. Weil LS Jr, Roukis TS, Weil LS, Borrelli AH: Extracorporeal shock wave therapy for the treatment of chronic plantar fasciitis: indications, protocol, intermediate results, and a comparison of results to fasciotomy. *J Foot Ankle Surg* 2002, 41(3):166–72.
75. Buchbinder R, Green SE, Youd JM, Assendelft WJ, Barnsley L, Smidt N: Systematic review of the efficacy and safety of shock wave therapy for lateral elbow pain. *J Rheum* 2006, 33(7):1351–63.
76. Buchbinder R, Ptasznik R, Gordon J, Buchanan J, Prabakaran V, Forbes A: Ultrasoundguided extracorporeal shock wave therapy for plantar fasciitis: a randomized controlled trial. *JAMA* 2002, 288(11):1364–72.
77. Speed CA, Nichols D, Wies J, Humphreys H, Richards C, Burnet S, Hazieman BL: Extracorporeal shock wave therapy for plantar fasciitis. A double blind randomized controlled trial. *J Orthop Res* 2003, 21(5):937–40.
78. Greve JM, Grecco MV, Santos-Silva PR: Comparison of radial shockwaves and conventional physiotherapy for treating plantar fasciitis. *Clinics (Sao Paulo, Brazil)* 2009, 64(2):97–103.
79. Haake M, Buch M, Schoellner C, Goebel F, Vogel M, Mueller I, Hausdorf J, Zamzow K, Schade-Brittinger C, Mueller HH: Extracorporeal shock wave therapy for plantar fasciitis: randomised controlled multicentre trial. *BMJ* 2003, 327(7406):75.
80. Daly PJ, Kitaoka HB, Chao YS. Plantar fasciotomy for intractable plantar fasciitis: clinical results and biomechanical evaluation. *Foot Ankle* 1992;13: 188-95.
81. Dixon JS. Agreement between horizontal and vertical visual analogue scales. *Br J Rheumatol* 1986; 24:415-416. Letter.
82. Streiner D, Norman G. Health measurement scales. A practical guide to their development and use. 2° edizione ed: New York: Oxford University Press, 1989.
83. Delius M, Ueberle F, Eisenmenger W. Extracorporeal shock waves act by shock wave-gas bubble interaction. *Ultrasound Med Biol.* 1998;24:1055-1059.

84. Hagelauer U, Russo S, Gigliotti S, de Durante C, Corrado EM. Interactive navigation system for shock wave applications. *Comput Aided Surg.* 2001;6:22-31.
85. Lauer U, Burgelt E, Squire Z, Messmer K, Hofschneider PH, Gregor M, et al. Shock wave permeabilization as a new gene transfer method. *Gene Ther.* 1997;4:710-715.
86. Hauer B, Seidl K, Senges J. The T-wave shock: a new reliable method for induction of ventricular fibrillation in ICD testing. *Z Kardiol.* 1995;84:284-288.
87. Brummer F, Suhr D, Hulser DF. Standardized in vitro models for the characterization of shockwaves. *Biomed Tech (Berl).* 1990;35 Suppl 3:237-238.
88. Vogel J, Rompe JD, Hopf C, Heine J, Burger R. High-energy extracorporeal shock-wave therapy (ESWT) in the treatment of pseudarthrosis. *Z Orthop Ihre Grenzgeb.* 1997;135:145-149.
89. Rompe JD, Burger R, Hopf C, Eysel P. Shoulder function after extracorporeal shock wave therapy for calcific tendinitis. *J Shoulder Elbow Surg.* 1998;7:505-509.