

Ipertermia in fisioterapia

di Antonello Borrani Fabio Ricci

Lipertermia è una terapia fisica innovativa che consiste nell'imporre a una determinata parte del corpo un ciclo termico accurato e specifico per quella parte e per quel tipo di patologia, a scopo terapeutico.

In termini meno termodinamici e più espliciti, "imporre un ciclo termico accurato" significa eseguire una termoterapia avendo il controllo non solo della temperatura della sorgente o della potenza erogata dal generatore, oltre al numero, la frequenza e la durata delle sedute, ma anche – e soprattutto – della distribuzione della temperatura in tutto il sito interessato e per tutta la durata della seduta.

Il calore è un principio terapeutico che trova indicazione in numerose patologie, con risultati talvolta buoni, talvolta deludenti a causa del modo approssimativo con cui viene applicato. Ipertermia significa riscaldamento più efficace, accurato e riproducibile di quanto previsto dalle metodiche tradizionali, con un netto aumento statistico dei risultati positivi. Inoltre, per lo stesso motivo, si stanno profilando nuove applicazioni in cui il calore è tradizionalmente considerato poco utile o addirittura controindicato.

Il problema tecnico

Al fine di produrre un ciclo termico così accurato come richiesto dall'ipertermia, in ogni seduta devono essere soddisfatti i seguenti requisiti.

- Efficacia di riscaldamento, anche a notevole profondità se occorre (capacità di raggiungere il livello termico ottimale).
- Omogeneità del riscaldamento in tutta la zona interessata.
- Assenza di zone surriscaldate.
- Mantenimento della condizione ipertemica stabilita per tutto il tempo necessario.
- Invio dell'energia (e quindi del calore) limitatamente alla zona voluta (quindi anche basso inquinamento dell'ambiente circostante).
- Riproducibilità, cioè ripetibilità delle stesse condizioni di trattamento fra seduta e seduta.

La soluzione del problema non è immediata, tant'è

che nessuna delle apparecchiature per termoterapia tradizionali vi si avvicina sufficientemente. Una delle difficoltà principali è la forte interconnessione fra i requisiti, che perciò non possono essere affrontati e risolti separatamente.

Certamente la soluzione non è neppure unica, poiché è possibile esaltare alcune prestazioni a scapito di altre, in funzione di particolari obiettivi. Quella presentata rappresenta a nostro avviso il miglior punto di equilibrio, mantenendo un'elevata efficacia senza andare incontro a problemi o effetti collaterali indesiderati, difficili da gestire in una normale seduta di fisioterapia.

Una soluzione innovativa

Il sistema proposto è il risultato di anni di studio e affinamento sperimentale le cui radici hanno origine dalla ricerca in ipertermia oncologica, dove la terapia impone requisiti ancora più impegnativi. Pur essendo una macchina semplificata rispetto a quelle oncologiche, rappresenta la soluzione per una vastissima gamma di applicazioni. Si avvale dei seguenti elementi:

- una sorgente di calore endogeno costituita da un generatore di onde elettromagnetiche alla frequenza di 433,92 MHz (l'energia elettromagnetica, propagandosi attraverso i tessuti, si converte gradualmente in calore, che viene quindi generato all'interno dei tessuti stessi);
- una sorgente di termoregolazione esogena costituita da un modulo ad acqua circolante termostata (l'energia, già in forma di calore, viene trasmessa ai tessuti dall'esterno, attraverso meccanismi di conduzione e convezione);
- un applicatore capace di trasferire entrambi i tipi di energia, endogena per radiazione elettromagnetica ed esogena per conduzione e convezione termica, sulla zona desiderata;
- un modulo termometrico a due punti di misura per il controllo indipendente delle due sorgenti;
- un *controller* che gestisce i parametri della seduta in base alle rilevazioni termometriche e a modelli elettromagnetici e termici del corpo umano elaborati in seguito all'esperienza oncologica (figura 1).

I motivi di queste scelte

Le scelte dell'energia elettromagnetica (sorgente endogena), della frequenza e del particolare applicatore permettono di ottenere un'ottima profondità di penetrazione e di evitare il surriscaldamento indesiderato di punti interni o superficiali non previsti.

La massima deposizione di energia si ha infatti in superficie e su un'area nota e prevedibile, perciò il surriscaldamento è facilmente eliminato dal contatto con l'acqua circolante termostata (sorgente esogena) che tende a stabilizzare la temperatura superficiale, sot-

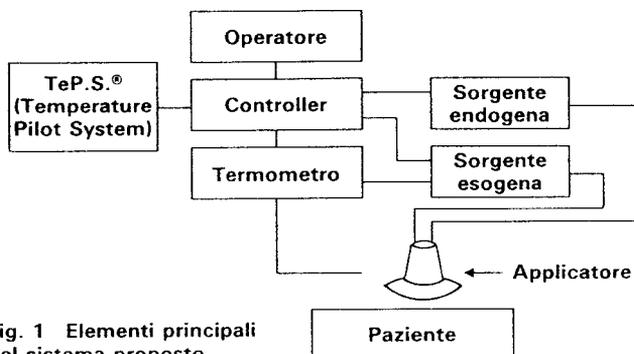


Fig. 1 Elementi principali del sistema proposto.

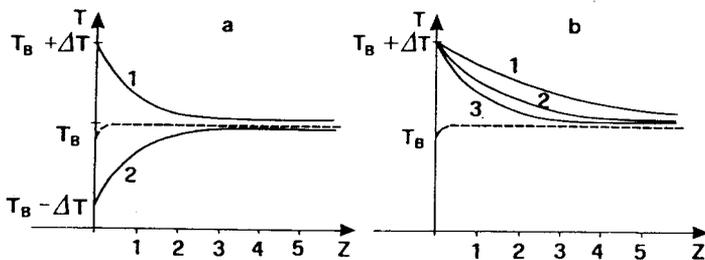


Fig. 2 Andamento delle temperature dei tessuti sottoposti all'azione di sorgenti esogene (a) o endogene (b) in funzione della profondità z nei tessuti.

a. Una sorgente esogena può riscaldare (1) o raffreddare (2), secondo che la sua temperatura sia più alta o più bassa di quella dei tessuti. Viene utilizzata per stabilizzare la temperatura superficiale, mantenendola ad un livello ipertermico di sicurezza.

b. Una sorgente endogena può solo scaldare ma può dare il suo effetto a profondità maggiori. Le tre curve illustrate danno un confronto qualitativo, a parità di temperatura raggiunta in superficie, per: (1) sorgente endogena ad alta penetrazione; (2) sorgente endogena a bassa penetrazione; (3) sorgente esogena.

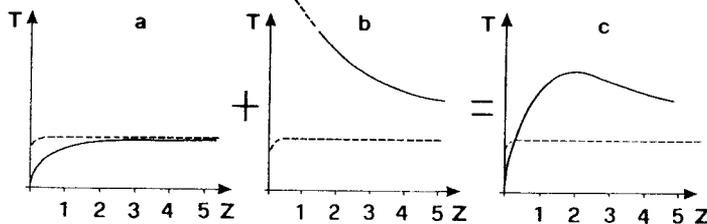


Fig. 3 Somma degli effetti di una sorgente esogena "raffreddante" (a) e una endogena riscaldante (b). Come si vede (c), la sorgente esogena abbassa la temperatura in prossimità della superficie, dove ha un forte potere stabilizzante; quindi, a parità di temperatura superficiale, la sorgente endogena può essere fatta operare a potenza molto maggiore che in assenza di raffreddamento. Così il calore viene portato più in profondità e la curva ipertermica risultante è molto più dolce e prevedibile di quanto si può ottenere con una sola sorgente.

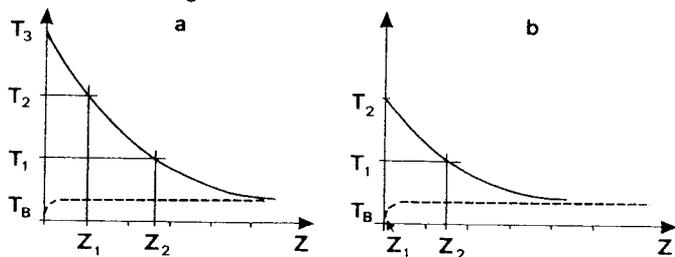


Fig. 4 Spessore di trattamento effettivo con una sola sorgente, esogena o endogena (le curve ovviamente non saranno uguali, ma le definizioni e le conclusioni sono analoghe). Se le temperature utili alla terapia sono quelle comprese fra T_1 e T_2 , lo spessore di trattamento effettivo è quello compreso fra le profondità Z_1 e Z_2 ($T_B = T$ basale).

a. Nel caso illustrato il trattamento non può aver luogo per la presenza di surriscaldamento (temperature maggiori di T_2) nel tratto compreso fra Z_1 e la superficie.

b. L'unica soluzione è far coincidere T_3 con T_2 , cioè ridurre l'apporto di calore per mantenere il massimo accettabile in superficie. Con la sorgente endogena si raggiungeranno profondità maggiori ma in ogni caso il riscaldamento rimarrà sostanzialmente confinato negli strati superficiali.

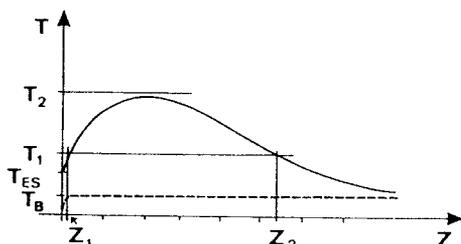


Fig. 5 Spessore di trattamento effettivo con due sorgenti, una esogena e una endogena ad alta penetrazione ($T_B = T$ basale, $T_{ES} = T$ sorgente esogena, $T_1 - T_2 =$ intervallo temperature terapeutiche). Questa è la condizione che si realizza con il sistema proposto e quindi lo spessore di trattamento, compreso fra Z_1 e Z_2 è molto più ampio che nei casi a singola sorgente: inoltre il "baricentro" del riscaldamento non è più confinato in superficie, ma è possibile spostarlo variando i pesi delle due sorgenti.

traendo calore ove occorre, con una perturbazione minima del riscaldamento in profondità.

Infatti, l'effetto termico (raffreddante o riscaldante che sia) della sorgente esogena si estingue in profondità molto più rapidamente di quello della sorgente endogena utilizzata (figure 2 e 3).

Poiché viene "smussato" l'unico surriscaldamento di rilievo, che è superficiale, e poiché si ha un'elevata profondità di penetrazione, viene raggiunto l'*optimum* anche per quanto riguarda l'omogeneità del riscaldamento.

Infatti una delle conseguenze più importanti dell'impiego di due sorgenti, come descritto, è l'elevato "spessore di trattamento effettivo" che si ottiene rispetto a tutti i metodi di riscaldamento che utilizzano una sola sorgente (endogena o esogena che sia).

Lo spessore di trattamento effettivo è la distanza, nel senso della profondità, fra il primo e l'ultimo strato che si trovano a temperature ipertermiche terapeutiche, essendo tutti gli strati intermedi ancora a temperature ipertermiche terapeutiche e nessun punto del corpo in condizioni di surriscaldamento.

Questo concetto, che esprime l'estensione dell'omogeneità di riscaldamento nella direzione dove è più difficile raggiungerla (cioè secondo la profondità), si intuisce facilmente dal confronto fra le figure 4 e 5.

Dosando opportunamente le due sorgenti endogena ed esogena sulla base delle misure termometriche e dei modelli matematici, il *controller*, programmato dall'operatore, fa raggiungere ai tessuti il livello ipertermico stabilito e lo mantiene compensando anche il naturale tentativo dell'organismo di riportare la temperatura a livelli normali attraverso un aumento della perfusione.

Agendo sugli stessi parametri è anche possibile spostare il baricentro termico del riscaldamento in un punto desiderato, a una profondità variabile da zero (superficie) a circa 2 cm. In tal modo si può "portare" il baricentro del volume riscaldato nella zona ritenuta più utile ai fini dell'efficacia del trattamento.

Al di là del baricentro termico, la temperatura degrada uniformemente fino a 37°C , mantenendosi a livelli terapeutici fino a profondità dell'ordine di 4-7 cm.

Infine, il particolare applicatore, che utilizza l'acqua non solo ai fini del contributo esogeno ma anche come "guida dielettrica" per trasferire con alta efficienza l'energia elettromagnetica ai tessuti, fa sì che l'energia venga inviata con precisione sulla zona interessata e dispersa solo in quantità trascurabile nell'ambiente.

Quest'ultimo è un fattore di ulteriore sicurezza in particolare per l'operatore.

Soddisfatti i primi cinque requisiti, il sistema fornisce dunque gli elementi base per eseguire i cicli termici richiesti dai protocolli terapeutici e riprodurli da seduta a seduta. Ma la riproducibilità non si esaurisce nella "macchina". Essa dipende quasi in egual misura dall'operatore, che deve aver recepito almeno a livello qualitativo i principi di funzionamento per essere in grado di applicarli al meglio per mezzo dell'apparecchiatura di cui dispone.

Antonello Borrani

Fisico

Fabio Ricci

Ingegnere elettronico, Firenze