

Studio e Sviluppo di strumentazione biomedica e metodi diagnostici per impieghi in teranostica

- Studio e sviluppo di algoritmi STATICI di elaborazione spettrale del segnale ecografico a radiofrequenza per la caratterizzazione dei tessuti.
- Studio e sviluppo di algoritmi DINAMICI di elaborazione spettrale del segnale ecografico a radiofrequenza per il monitoraggio e la guida della terapia laser.

Studio e sviluppo di algoritmi STATICI di elaborazione spettrale del segnale ecografico a radiofrequenza per la caratterizzazione dei tessuti.

Per quanto riguarda i tessuti biologici molli, il segnale ultrasonico retrodiffuso nella sua versione grezza, a radiofrequenza (RF), contiene dettagli d'ampiezza e di fase che sono legati, per quanto riguarda l'ampiezza, ai valori di impedenza meccanica ovvero di densità e di caratteristiche elastiche del mezzo retrodiffondente oltre che alle dimensioni dei costituenti gli agglomerati riferite alla lunghezza d'onda. Per quanto riguarda l'interferenza, ovvero le fasi, esse dipendono dalle distanze reciproche dei diffusori delle microstrutture del tessuto e dalla loro organizzazione geometrica.

L'elaborazione del segnale a radiofrequenza consente di estrarre informazioni legate alle caratteristiche del tessuto biologico in termini di proprietà meccaniche puntuali e di dimensioni e tipo di agglomerazioni delle particelle costituenti la microstruttura. In altri termini si può pensare che un'efficiente raccolta delle informazioni portate dal segnale a radiofrequenza fornisca dati sulla grana o la trama della struttura retrodiffondente, cioè dell'immagine ecografica grezza; ricordiamo infatti che già nelle immagini tradizionali B-mode, se pur ottenute impiegando l'involuppo del segnale, il medico raccoglie elementi dalla trama locale per una sua interpretazione sulle differenze strutturali dei tessuti biologici, soprattutto per quanto riguarda il parenchima e le patologie che modificano la struttura del parenchima stesso. Un'efficiente estrazione e quantificazione dell'informazione del segnale a radiofrequenza consente di arricchire la potenzialità che il medico può raggiungere per una differenziazione dei tessuti molli, allo scopo di individuare le porzioni patologiche all'interno degli organi.

Il nuovo algoritmo nominato **HyperSPACE** (*Hyper SPectral Processing Algorithm for Characterization in Echography*) si basa sul segnale ultrasonico RF che viene decomposto con un banco di filtri di numero variabile e i coefficienti risultanti e appartenenti al dominio delle frequenze vengono rappresentati ed analizzati in uno iperspazio la cui dimensione è legata al numero di filtri impiegato.

All'interno dell'iperspazio multifrequenza è possibile definire dei raggruppamenti di coefficienti spettrali (Clusters), identificati da un baricentro e da una forma.

È stato rilevato che a differenti tessuti o strutture è possibile associare degli ipervolumi spettrali contenenti più cluster denominati CONFIGURAZIONI.

L'algoritmo si sviluppa in due fasi: una di Addestramento (TRAINING) e una di Classificazione (CLASSIFICATION).

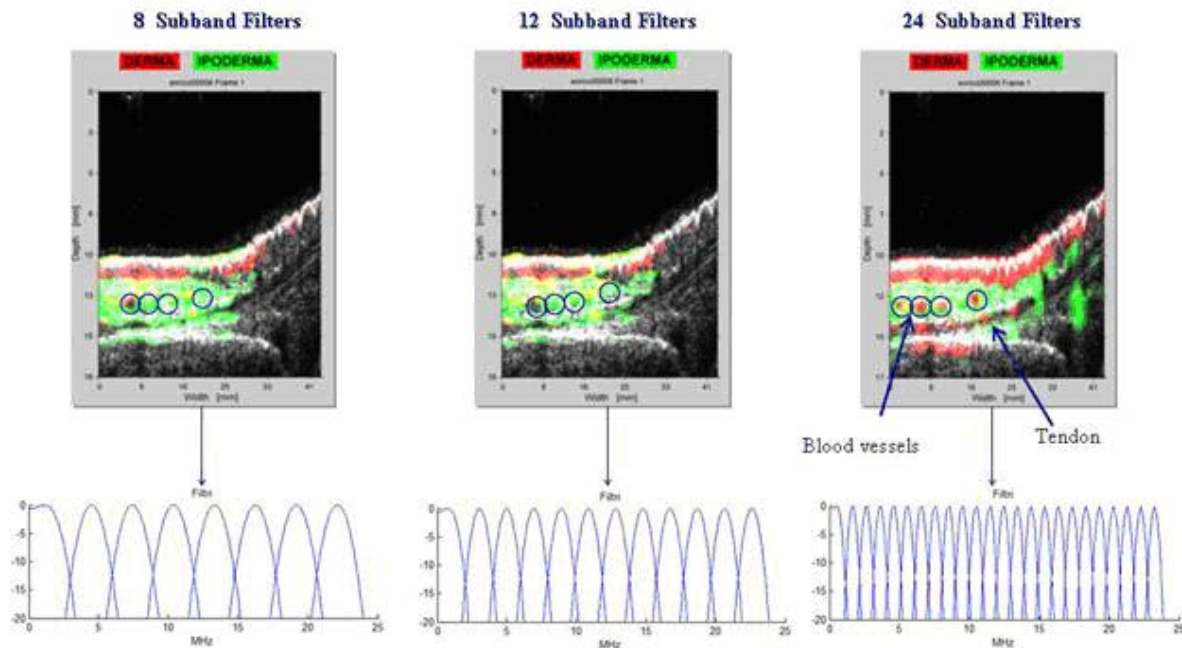
In fase di Addestramento vengono selezionate sui frame RF delle Regioni di Interesse (ROI) sulle quali vengono messe a punto in modo automatico le Configurazioni, nella fase successiva di Classificazione si elabora l'intero frame, senza condizionare il metodo con nessuna preinformazione. Per rendere indipendenti i risultati dall'ampiezza del segnale e dalle differenti risposte in banda delle sonde, l'algoritmo prevede sia una procedura di normalizzazione sia una di calibrazione. Preliminari elaborazioni eseguite su un numero ridotto di pazienti per la caratterizzazione del Carcinoma e del fibroadenoma mammari, hanno fornito interessanti risultati.

Si pensa inoltre di aumentare notevolmente l'efficienza dell'analisi tissutale in termini di SPECIFICITA' cercando di applicare il principio del microscopio ottico agli ultrasuoni. Stiamo cercando di mettere a punto un algoritmo che partendo sempre dall'elaborazione spettrale del segnale a radiofrequenza realizzi una sorta di microscopio acustico **MUV (Microscope Ultrasonic View)** per fornire diversi "ingrandimenti acustici" dei tessuti sotto osservazione.

Se un tessuto viene investigato con molteplici lunghezze d'onda cioè con diverse larghezze di banda, otterremo informazioni molteplici e differenti perché legate alle diverse componenti delle strutture con cui il segnale ultrasonico interagisce.

MUV dovrà essere in grado di fornire una caratterizzazione dei tessuti a differenti gradi di risoluzione. La possibilità di decomporre lo spettro del segnale RF con un numero variabile di filtri a differente larghezza implica analizzare il tessuto con diverse scale e quindi tali da fornire informazioni diverse e complementari delle strutture biologiche con cui i segnali ultrasonici interagiscono

Tissue characterization: MUV (Microscope Ultrasonic View)



Multi resolution images related to human skin, processed by using different numbers of decomposition filters are represented. Two different Configurations were determined: the red one for dermis and the green one for hypodermis. Using 24 filters, the red Configuration also marks blood vessels and tendon, while using 8 or 12 filters the red Configuration doesn't mark them. On the other side, using 24 filters dermis and hypodermis are well characterized by their respective Configurations, while using 8 or 12 filters they aren't well differentiated, because several areas in hypodermis are marked by both green and red Configurations (yellow regions). It's worth to note that different spectral resolutions reveal different details and information.

Studio e sviluppo di algoritmi DINAMICI di elaborazione spettrale del segnale ecografico a radiofrequenza per il monitoraggio e la guida della terapia laser.

Il buon esito del trattamento con ipertermia locale laser è legato alla difficoltà di controllare "real time" lo stato del tessuto per evitare la vaporizzazione o denaturazione o lesioni a parti sane. Inoltre il controllo "real time" permette anche di testare l'affidabilità di funzionamento dei diversi tipi di erogatore del fascio laser.

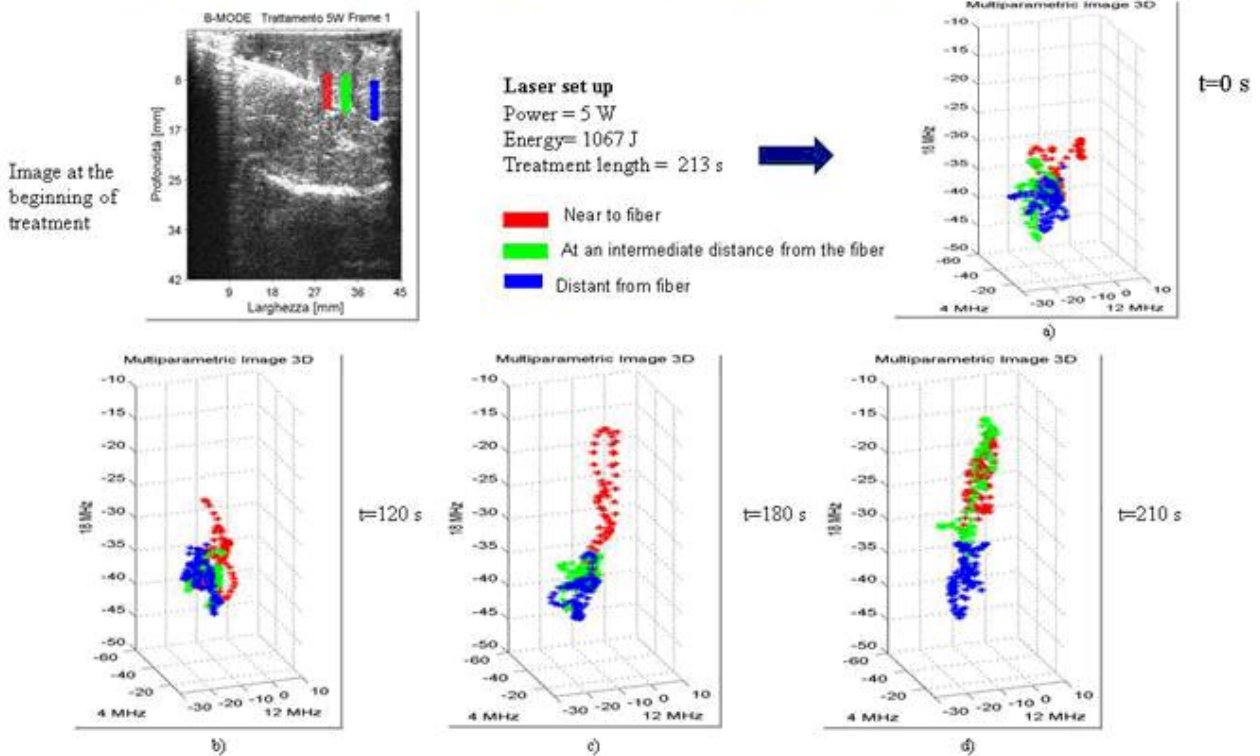
Il monitoraggio del trattamento è necessario per avere informazioni precise circa l'entità del danno termico dei tessuti causato dalla coagulazione laser interstiziale. Risulta quindi necessario un modello od uno strumento che aiuti a prevedere o monitorare l'evoluzione del fronte termico durante il trattamento. Sulla base dell'esperienza acquisita negli anni, che rende il nostro gruppo competente conoscitore delle problematiche e risorse legate al segnale RF, sono stati messi a punto algoritmi di analisi spettrale sempre più raffinati e in grado di estrarre informazioni sempre più specifiche delle diverse strutture biologiche. La metodica di elaborazione del segnale ecografico proposta dalla nostra unità, **TUV (Temperature Ultrasonic View)** per il raggiungimento di questo specifico obiettivo è rappresentata da un algoritmo che pur partendo dalla medesima rappresentazione dei coefficienti spettrali all'interno di un iperspazio multidimensionale

(HyperSPACE), è in grado di seguire DINAMICAMENTE le variazioni sia di temperatura sia strutturali che il trattamento di ipertermia laser induce sui tessuti.

Durante l'erogazione di energia il tessuto trattato subisce delle modifiche rilevabili nell'iperspazio spettrale e che quindi potrebbero costituire uno strumento di valutazione per controllare il trattamento, regolando l'energia da erogare in base al danno e al volume che si desidera ottenere.

TUV (Temperature Ultrasonic View):

The proposed method for a dynamic monitoring of laser ablation treatment



3D-Representation of the Clusters related to the three Regions of Interest (red, green, blue) at different time instants a)-d). It's worth to note the progressive elongation of red cluster and at t=180s the red cluster changes its shape and green cluster begins to modify. At t=210s Green cluster also changes its shape. Blue Cluster doesn't change its position and shape during all the treatment.