

TECNICHE IPERSPETTRALI APPLICATE ALL'ANALISI DELLE EMISSIONI CORPOREE E BIORISONANZE SPETTRALI CON MULTISPECTRAL THERMAL BIOSCANNER®

di
Daniele Gullà

METODOLOGIA APPLICATA

Ogni superficie esterna di un corpo, in virtù della sua temperatura e delle sue caratteristiche chimico-fisiche, emette radiazioni elettromagnetiche proprie, mentre riflette, assorbe o si lascia attraversare dalle radiazioni elettromagnetiche provenienti dall'esterno.

È perciò possibile costruire un grafico, detto firma o risposta spettrale, che rappresenta la riflessione o l'emissione elettromagnetica di quel corpo o della superficie terrestre (nelle ricerche satellitari) in funzione della radiazione incidente. Questa considerazione è alla base delle tecniche sviluppate per il riconoscimento delle superfici con metodi di telerilevamento, per cui è possibile individuare la natura dell'oggetto investigato esaminando il suo comportamento spettrale. I satelliti geofisici, militari e non, si occupano, appunto, della registrazione e catalogazione degli elementi terrestri con fotografie aeree di tipo iperspettrale (figura 1).

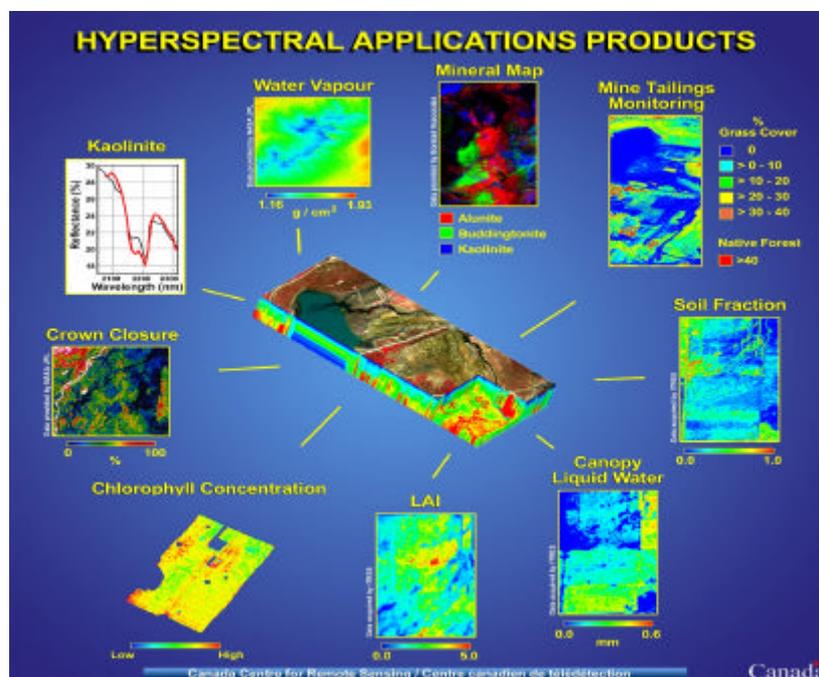


fig.1. Esempi di classificazione iperspettrale da satellite, nelle quali è possibile riconoscere i diversi tipi di vegetazione o mineralizzazione del territorio o reperire informazioni circa la natura del sottosuolo.

A tale scopo sono stati sviluppati ed applicati metodi chemiometrici per analizzare la risposta corporea di un essere vivente ripresa da un sensore CCD iperspettrale di tipo

pireolettico che registra la radianza in 18 canali, in un intervallo di lunghezze d'onda IR comprese tra 7 e 14 micron¹. L'obiettivo del lavoro svolto è quello di ottenere delle valutazioni preliminari sulla capacità e sull'efficienza di alcuni metodi di selezione delle variabili e di classificazione, per studiare immagini iperspettrali al fine di riconoscere al meglio i diversi tipi di risposta e di comportamento della cute e degli organi più interni dopo sollecitazioni con radiazioni biospettrali (Biospectrum Medicine). Per raggiungere tale risultato sono stati sviluppati software in Visual Basic (figura 2).

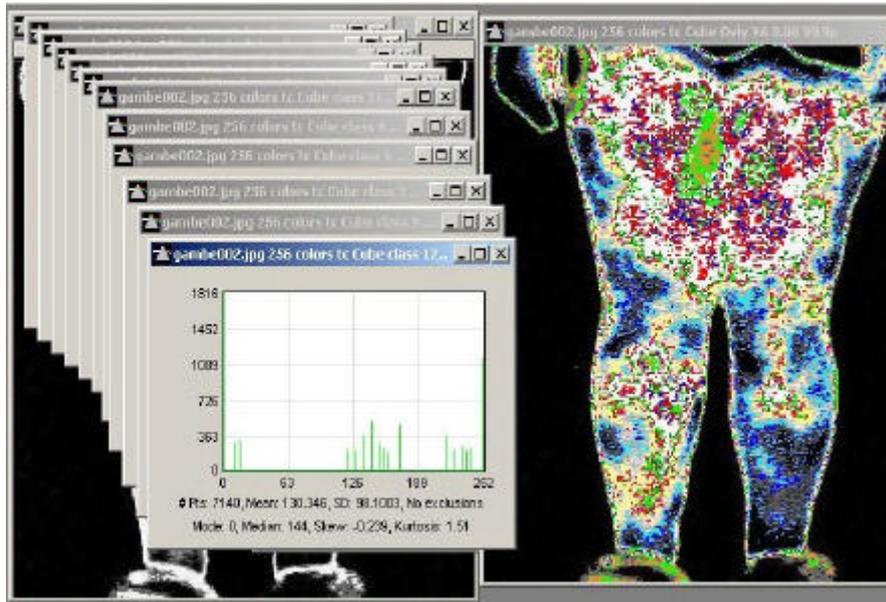


fig.2. Esempio di analisi iperspettrale degli arti inferiori e relativi spettri per bande in frequenza eseguita dallo scrivente durante alcune sessioni di sperimentazione con il biospettro. Si notano diverse colorazioni, ognuna delle quali associate a differenti emissioni in frequenza. A sinistra i picchi relativi ad ogni banda compresa tra 7 e 14 micron.

Per utilizzare in modo ottimale le informazioni contenute nei dati (firma spettrale), riducendo così la ridondanza delle informazioni, il rumore presente ed i tempi di calcolo delle analisi, si è proceduto ad una selezione delle bande significative confrontando i risultati ottenuti con i metodi tradizionali, come l'Analisi dei Componenti Principali (PCA) e la Matrice di Correlazione, con quelli ottenuti tramite l'indice KIF. Quest'ultimo è basato sull'indice di correlazione multivariata K, che valuta la correlazione totale presente nel set di dati in esame. Una volta definite le bande più ricche di informazione si possono ricercare, tramite algoritmi di classificazione, le classi di appartenenza, o classificare nuove firme spettrali di sostanze, aggiornando il database di quelle note, o disporre di un database di classi spettrali delle varie tipologie comportamentali di radianza dei tessuti ed organi in relazione a patologie, disfunzioni o caratteristiche specifiche ed individuali. Per la determinazione delle firme spettrali rappresentative delle classi sopra citate,

¹ Vedi descrizione a pag.18
Daniele Gullà
Consulente Tecnico

costituenti il training set ed impiegate come riferimenti nella classificazione, si sono utilizzati: metodi standard che individuano aree campione tramite riprese teletermografiche sul soggetto a riposo, prima, durante e dopo sollecitazioni esterne tali da indurre fenomeni di biorisonanza; metodi di disegno sperimentale per la ricerca degli oggetti che presentano maggiore diversità spettrale nello spazio investigato (tecnica *unsupervised*, che prescinde dalla conoscenza della realtà dei fenomeni indotti nella biorisonanza).

Per classificare l'immagine iperspettrale della risposta del soggetto sono stati utilizzati algoritmi con supervisore basati sia sulle distanze vettoriali sia sulle reti neurali in Counter-Propagation. Per i primi è stato studiato il comportamento di diverse distanze (la distanza euclidea di correlazione, di correlazione normalizzata e di Camberra) allo scopo di identificare quale tra di esse fosse la migliore per l'analisi di immagini corporee telerilevate termicamente; per i secondi è stato implementato l'algoritmo esistente con una lettura sequenziale dei dati per l'analisi di questo tipo di immagini. Per entrambi è stato studiato un indice di accuratezza della classificazione (Pk) in grado di valutare contemporaneamente tutti i valori di distanza, o di similarità, tra l'oggetto da classificare e le classi definite.

Si sono ottenute infine immagini a colori (figura 2), ognuna delle quali corrisponde ad una tipologia di sostanza biochimica presente, a partire da bande selezionate, distanze, algoritmi di classificazione ed indici di accuratezza differenti. Con il presente studio si sono raggiunti i seguenti risultati:

- messa a punto di una metodologia in grado di fornire il numero e le bande significative per l'analisi dell'immagine telerilevata in esame;
- individuazione di alcune delle firme spettrali standard di riferimento, avvalendosi sia di tecniche *unsupervised* (disegno sperimentale) sia di tecniche miste; riconoscimento di composti o sostanze che presentino una risposta spettrale "particolare" rispetto a quella di altre già note al sottoscritto; visualizzazione attraverso immagini a colori delle differenze riscontrate tra l'uso di metodi di classificazione e di indici di accuratezza proposti e quelli più tradizionali, il tutto senza contaminare od alterare in alcun modo il comportamento e la risposta di base dell'individuo.

Ulteriori sviluppi di questo lavoro potrebbero consistere - nella ricerca di una distanza ottimale per distinguere classi differenti - nella ricerca e classificazione di un ricco database di risposte tessutali ed organiche differenti - nell'analisi di ulteriori potenzialità del disegno sperimentale per l'individuazione del training set e di oggetti "particolari", con una sua applicazione, ad esempio, al monitoraggio dei diversi tipi di risposte del flusso microcircolatorio in relazione a patologie in atto od in via di consolidamento e verifica della presenza di funghi o sostanze batteriologiche, oppure rintracciamento di componenti estranei all'organismo in sede sottocutanea senza interventi invasivi - nella sperimentazione di altri algoritmi di classificazione basati sulle reti neurali - nel calcolo dell'accuratezza dei risultati di classificazione.

TECNICHE DI ANALISI E RIEQUILIBRIO BIOCIBERNETICO

Il termine BFS (Bio-Frequency Spectrum), così definito dai Medici Cinesi, nasce con l'intento di riunire le diverse emissioni energetiche delle strutture biologiche viventi, riorganizzandole secondo una visione olistica in un sistema poli-fenomenico di risonanze e risonatori armonici.

Prima di addentrarci nell'aspetto teorico di tali meccanismi, il quale ha ispirato lo sviluppo di nuove tecnologie biomediche, quali la BSM (Bio-Spectrum Medicine), cercherò di illustrare sinteticamente quali sono le emissioni energetiche a cui si fa riferimento quando si parla di BFS. Tutta la materia, animata od inanimata, quando è sopra lo zero assoluto (-273,16 °C), emette ed assorbe radiazioni elettromagnetiche in determinate regioni spettrali, in dipendenza dal proprio ordine atomico relativo e dallo stato di "agitazione". Per i sistemi biologici, come l'uomo, la maggior parte dell'energia radiante è emessa nello spettro infrarosso, a partire da 2 micron fino a oltre 50 micron, essendo queste le bande normalmente interessate ai processi di vibrazione e rotazione molecolare. Ad una temperatura di 36 °C, come quella del corpo umano, il picco energetico d'emissione infrarossa è intorno ai 9÷9,5 micron. L'emissione poi decade secondo una configurazione gaussiana sui due lati opposti, fino a raggiungere il minimo a circa 2 micron nell'infrarosso vicino ed a circa 50 micron nell'infrarosso lontano. In tempi recenti si è avuta conferma che questa curva d'emissione in realtà si estende in una zona più ampia dello spettro elettromagnetico, comprendendo gli ultravioletti da un lato e le microonde dall'altro.

L'energia emessa in queste regioni estreme dello spettro è tuttavia d'intensità infinitesimale, infatti è definita "ultradebole". Le ricerche svolte in questa direzione si protraggono da più di mezzo secolo, dal *Gurwitsch* (radiazione mitogenetica) al *Protti* ed al *Cremonese* (luce del sangue), al *Tomasetti* (radioattività umana), fino agli studi recenti del *Colli* (radiazione ottica ultradebole) e soprattutto del *Popp* in Germania (teoria dei biofotoni).

Quest'ultimo, unitamente ad un collega olandese, ha scoperto che, irradiando delle cellule tumorali con la luce, queste aumentano di numero e, misurando la luce riflessa, risulta che, a seconda della malignità, le cellule hanno un riflesso diverso. Si vede ad esempio che le cellule sane, aumentando di numero, restituiscono più luce e la riflettono in modo un po' diverso, ma il fatto più sorprendente ed imprevedibile è che, sebbene siano presenti più cellule, viene irradiata meno luce: si tratta quindi di un assorbimento indotto. In pratica irradiando di luce un tessuto aumenta la capacità di assorbimento del tessuto stesso: è un tipico effetto non lineare. Gli effetti lineari funzionano in modo tale per cui, aumentando l'irradiazione, aumenta anche l'effetto; in questo caso, nelle cellule sane, avviene esattamente il contrario. Nel caso delle cellule tumorali si ha il risultato opposto: aumentando il numero delle cellule, l'intensità della luce riflessa è sempre maggiore ed aumenta in un modo non lineare. In sostanza le cellule tumorali riflettono molta più luce, mentre il tessuto normale mostra un assorbimento indotto; maggiore è l'intensità della luce, più forte è la capacità di assorbimento, come se metabolizzassero la luce stessa.

In laboratori statali della Cina ed, in modo più approfondito, in un Centro di Ricerca in Giappone sponsorizzato dalla *Sony Corporation* in collaborazione con la *Denki University* di Tokyo, negli ultimi dieci anni sono state svolte ricerche importanti per confermare tali osservazioni. Con la collaborazione di scienziati europei, statunitensi e dell'Istituto Nazionale di Scienze Radiologiche si è costituito "ISLIS" (*International Society of Life Information Science*), dal quale stanno emergendo numerose conferme scientifiche sull'esistenza dei *biofotoni*. Tali studi confermerebbero l'importanza che questa debolissima radiazione riveste nello scambio di bio-informazioni vitali tra cellule ed anche un loro presunto ruolo funzionale d'indicatori di alterazioni fisiologiche correlati ad indici di varianza di emissività e coerenza (vedi figg. 4, 5, 6 e 7). Per quanto riguarda lo spettro infrarosso e le microonde sono stati monitorati diversi soggetti nelle più svariate condizioni fisico-emozionali, come, per esempio, durante le pratiche del *Qi-gong* (antica disciplina taoista) o la terapia *Moxa* (vedi fig. 8 e 9), ottenendo strabilianti risultati mai documentati prima in ambienti accademici (anche se in realtà in molti altri paesi, quali la Cina e la Russia, si sono già compiuti da qualche tempo studi simili). Si è per esempio documentata l'attivazione di determinate aree cutanee con uno stimolo bersaglio, come un mantra emesso da un maestro taoista in corrispondenza di *hot-spot* termici, relazionabili ai punti conosciuti in medicina cinese come il *Dan-Tien*.

In Cina si studiano da molti anni, anche in ambienti accademici, le radiazioni emesse dai sistemi viventi, dette anche BFS (*Bio-Frequency Spectrum*). Da diversi anni la Commissione di Stato per la Scienza e la Tecnologia, unitamente all'Associazione dei Medici Cinesi, organizza Simposi scientifici sull'argomento ed è proprio dagli studi condotti da un'equipe di scienziati e medici come il Prof. Zhou Lin e il Prof. Chen Kun, rispettivamente dell'Istituto di Energia Biomedica di Yunan e dell'Istituto di Fisica delle Alte Energie di Sinica, che si sono avuti importanti sviluppi conoscitivi del BFS, con lo sviluppo di nuove tecnologie biomediche. Dai loro studi sono emersi importanti dati conoscitivi sull'ampiezza spettrale del BFS e sull'omogeneità delle curve emesse in relazione agli stati fisiologici. Le curve (che sono sempre di tipo gaussiano) sono variabili di soggetto in soggetto in relazione alle differenze individuali ed alle condizioni ambientali. Di norma, in un soggetto in buone condizioni fisiche, si osserva una certa linearità nell'andamento crescente e decrescente della curva, anche se il picco può trovarsi ad una frequenza diversa, generalmente tra 9 e 9,5 micron.

Stando alle conoscenze attuali, soggetti con importanti alterazioni fisiologiche mostrano, al contrario, una campana spettrale del BFS alquanto distorta (non lineare) o con una evidente variazione di lunghezza d'onda del picco d'emissione, per esempio tra 8 e 8,5 o tra 10 ed 11 micron.

L'organismo umano, essendo un sistema aperto, interagisce facilmente con altri organismi simili, o meglio con BFS somiglianti. Da queste interazioni, con susseguente scambio d'informazioni, gli individui possono estrapolare le bio-informazioni più idonee in quel momento. Generalmente, come accade negli oscillatori liberi, uno dei due, di solito il meno stabile in frequenza, si accorderà con

l'altro ed entrambi entreranno in risonanza reciproca, ammesso che gli spettri dei due soggetti non siano troppo differenti come frequenza, fase e tipologia spettrale. Questo concetto troverebbe conferma nella straordinaria sensazione di benessere che due innamorati sperimentano restando vicini. In ogni modo, essendo il campo energetico di un individuo molto debole, l'interazione potrà essere solo marginale o relativa a particolari stati fisiologici e neurofisiologici di entrambi.

Nell'intento di migliorare queste conoscenze, basate sull'ipotesi della bio-risonanza spettrale, alcuni biofisici cinesi, ed in particolare le equipe dei Professori prima citati, hanno realizzato un'apparecchiatura innovativa per la scienza bio-medica: il B.S.M. (Bio-Spectrum Medicine). Il BSM consta essenzialmente in un generatore di frequenze elettromagnetiche su ampia base spettrale (vedi fig. 3), che simula l'intero spettro che avrebbe un essere umano (BFS) in perfette condizioni fisiche. Lo strumento è basato sull'energia spettrale erogata da un amalgama composto da 33 ossidi di minerali differenti, dosati in maniera opportuna. La differenza sostanziale rispetto ad altri generatori simili consiste nella produzione dell'intero BFS con onde in relazione armonica e di fase tra loro, creando il massimo assorbimento e rendendo quindi disponibili fenomeni di transizione degli elettroni, vibrazione e rotazione molecolare, interessando al processo di risonanza l'intera struttura biochimica dell'organismo, il quale, accordando le bio-frequenze allo spettro del BSM, regola gli sbilanciamenti energetici e migliora il flusso complessivo.

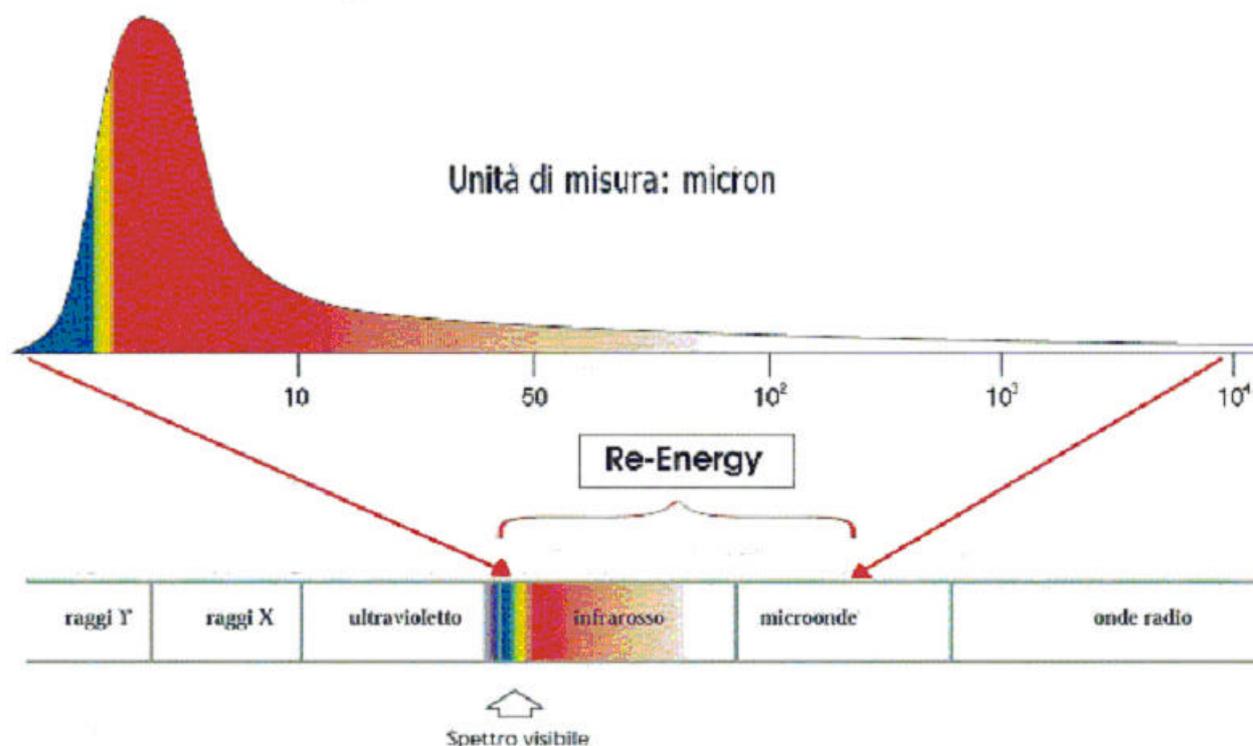


fig. 3. Curva spettrale dell'apparecchiatura B.S.M. (Bio-Spectrum Medicine)

Lo spettro del BSM simula quasi interamente l'intero BFS, con il picco della campana spettrale centrato a 7 micron; la differenza nella lunghezza d'onda di picco

non è casuale ed è correlata alle caratteristiche di assorbimento e di emissione del corpo umano, secondo la legge di *Stokes*. Gli effetti del BSM sono stati provati sperimentalmente nei laboratori e negli ospedali cinesi in un gran numero di pazienti e di patologie, correlando i dati ottenuti con quelli d'altri generatori (per esempio gli infrarossi) e ricavandone curve di risposta. I dati ottenuti sono, a detta dei medici cinesi, nettamente a favore del BSM, perché non si limita ad un effetto calorico stimolando la microcircolazione come gli infrarossi, ma penetra, interagendo, nei tessuti più interni e stimola la produzione di nuovi canali ionici.

Una delle applicazioni possibili, oltre a quelle a scopo terapeutico, consiste, come elaborato dal sottoscritto, in una tipologia applicativa di tipo diagnostico-energetico, utilizzando l'ampio spettro di frequenze del BSM come sorgente radiante (*emittente*) ed una particolare telecamera a lettura spettrale e ad ampia larghezza di banda come rilevatore (*ricevente*); in altre parole un sistema di lettura tipo "radar" a scansione, trasmittente + ricevente. Le risposte dell'organismo vengono registrate in tempi diversi ed analizzate al computer usando un applicativo software *hyperspectral* usato dalla NASA per le ricerche spaziali. La necessità di riprendere immagini in tempi diversi scaturisce dal fatto che ci siamo accorti, in questi ultimi anni di sperimentazione, che il corpo rilascia in modo diverso ed in tempi diversi l'energia assorbita. Prima vengono evidenziate le caratteristiche superficiali e sottocutanee ed in un secondo tempo, si vedono le "firme spettrali" delle parti più interne, come gli organi. Tale metodologia è denominata M.T.B. (Mutispectral Thermal Bioscanner)®. Le differenze di colore associate alle frequenze e le misure spettro-fotometriche danno un'idea approssimativa dello stato energetico e funzionale degli organi e dell'intero organismo. È possibile visualizzare anche i punti o i meridiani di agopuntura interessati dalla biorisonanza spettrale, qualora vi sia un sbilanciamento energetico (vedi fig. 10).

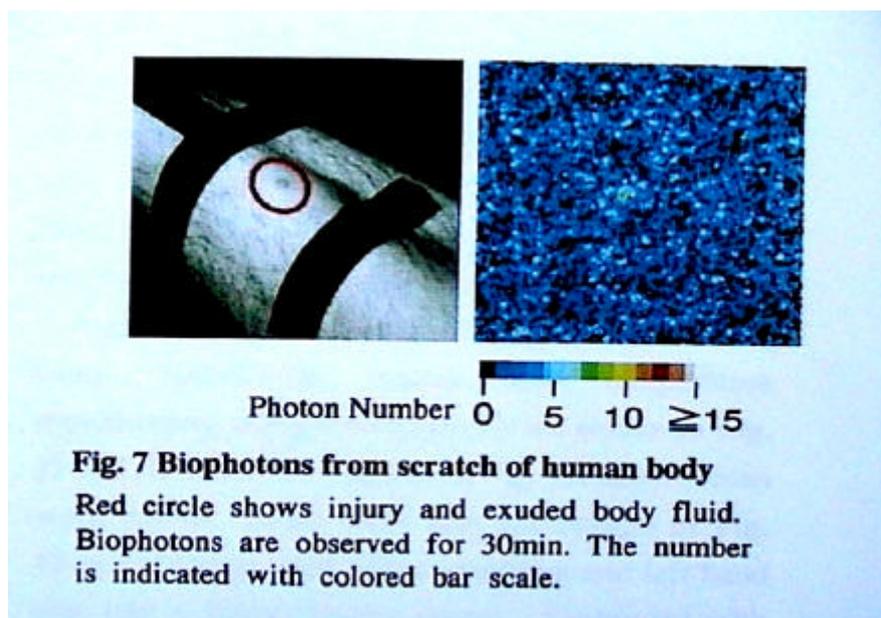


fig. 4. Fotografia ripresa nei laboratori ISLIS della Denki University (Tokyo).

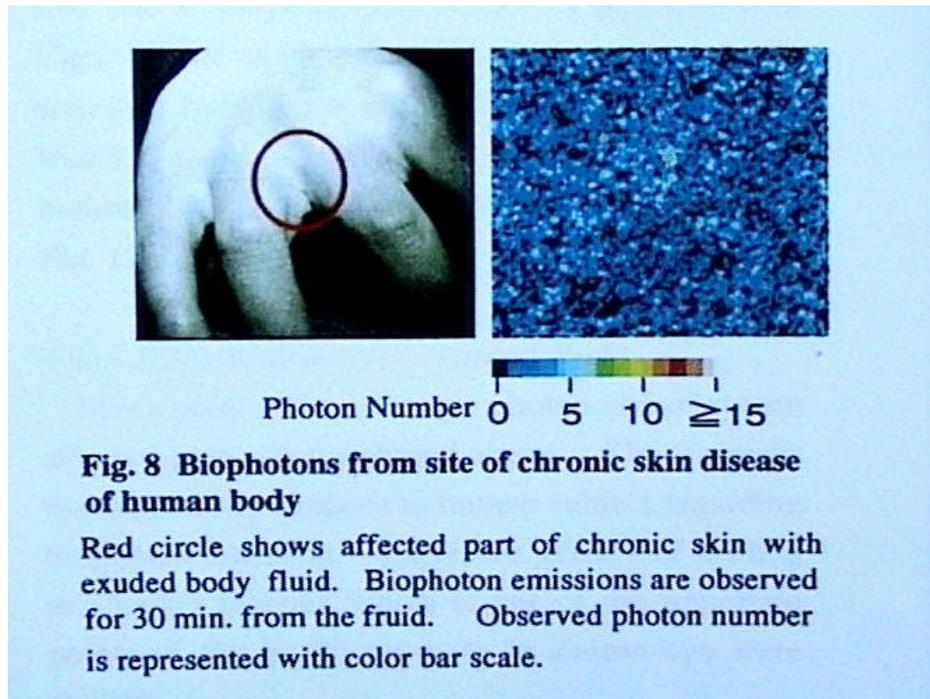


fig. 5. Fotografia ripresa nei laboratori ISLIS della Denki University (Tokyo).

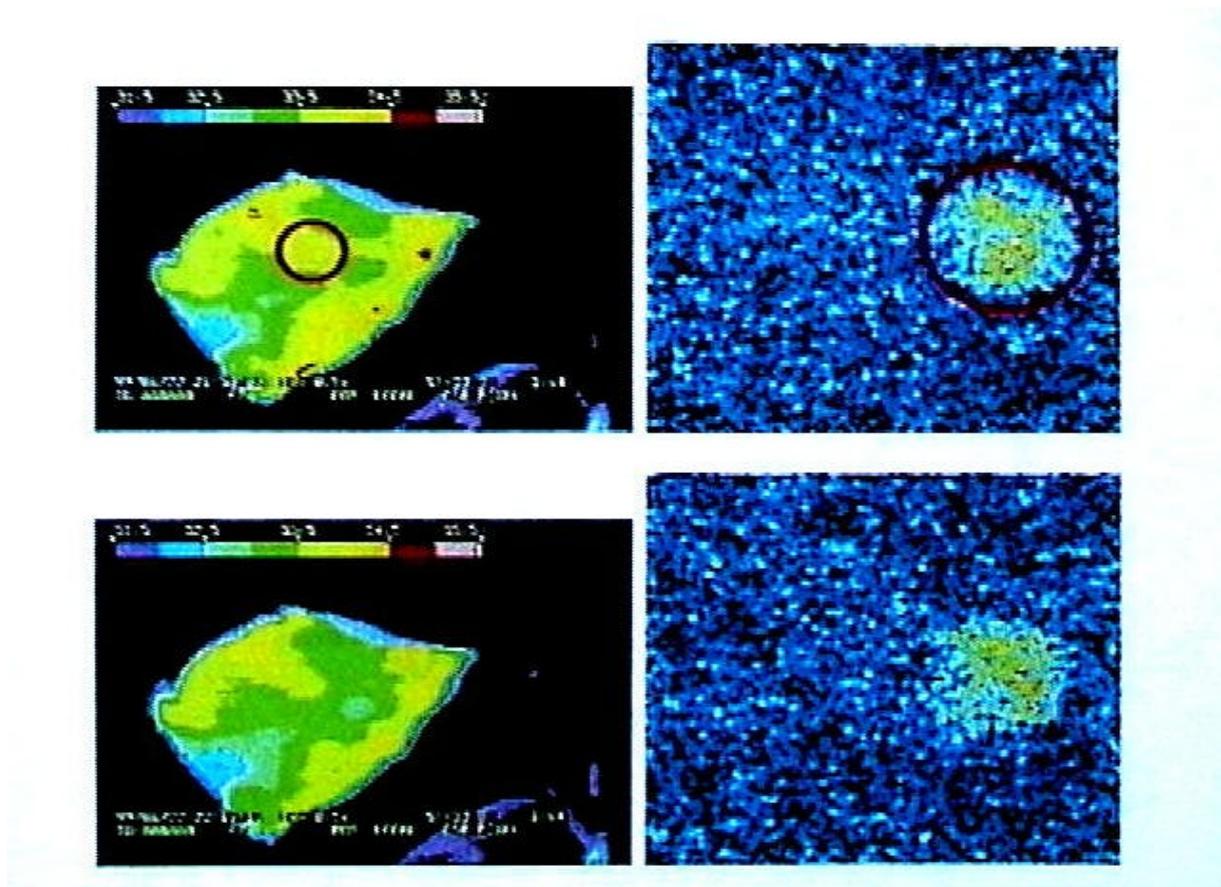


fig. 6. Fotografia ripresa nei laboratori ISLIS della Denki University (Tokyo).

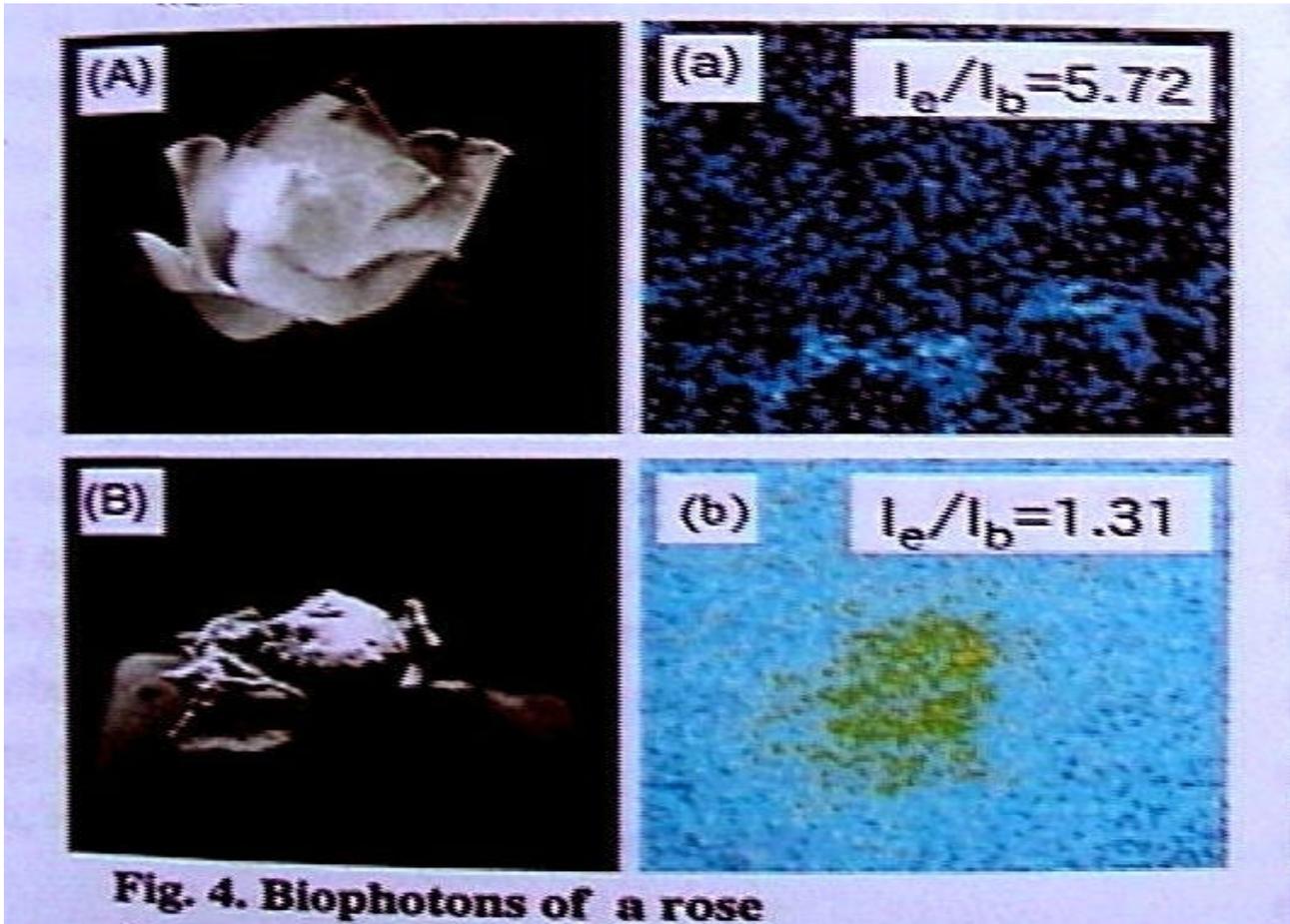


fig. 7. Fotografia ripresa nei laboratori ISLIS della Denki University (Tokyo).

Infrared analytical measurement set-up (center), stimulation with moxa-cigar (right) and stimulation with laserneedle acupuncture (left) in the biomedical laboratory at the Medical University of Graz.



fig. 8. Fotografia ripresa nei laboratori biomedici dell'Università di Graz.

Visualization of marked paths and points in the thermogram.

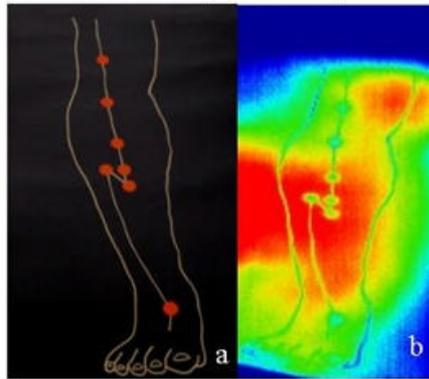


fig. 9. Fotografia dei punti di agopuntura (Università di Graz 2005).

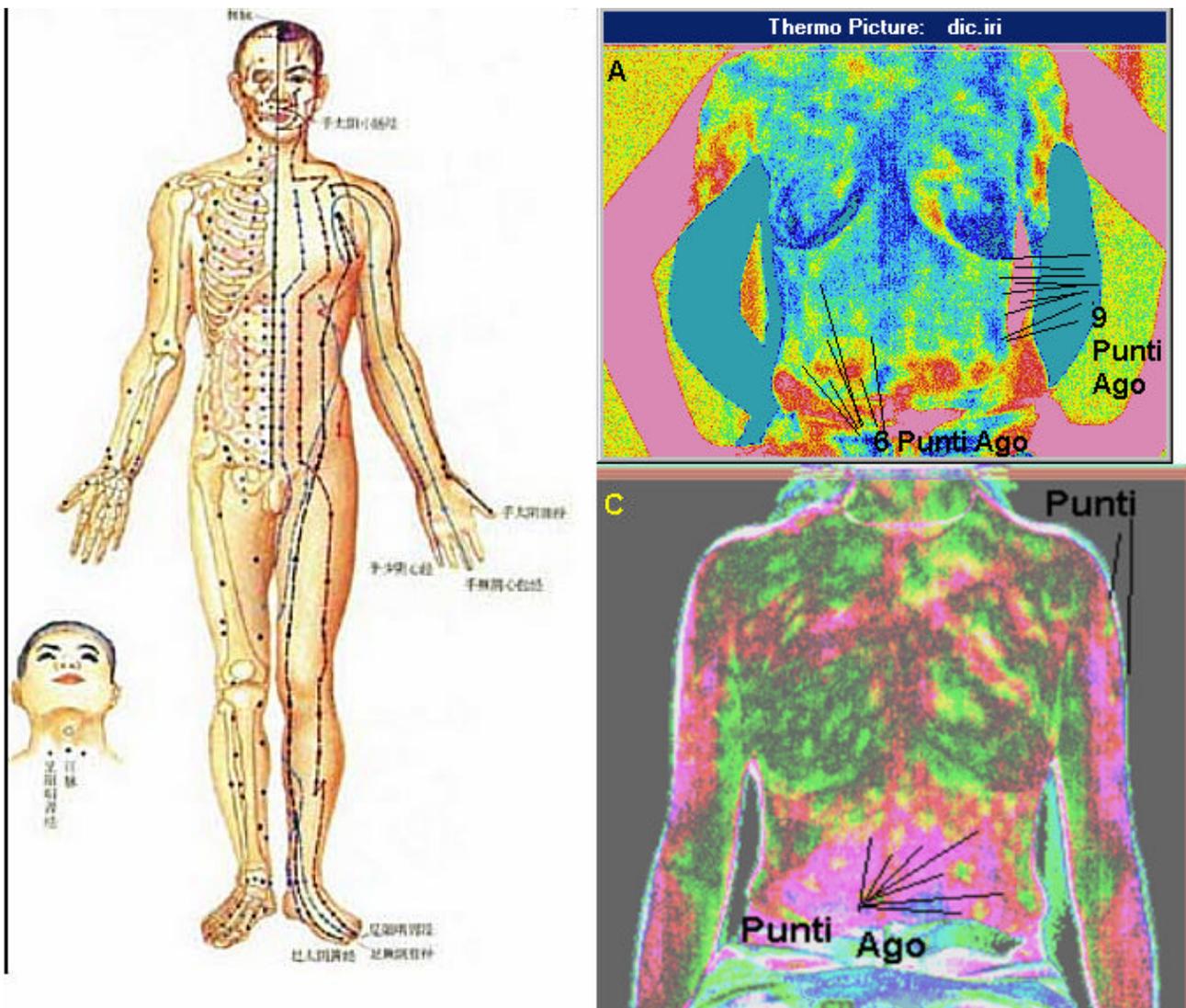
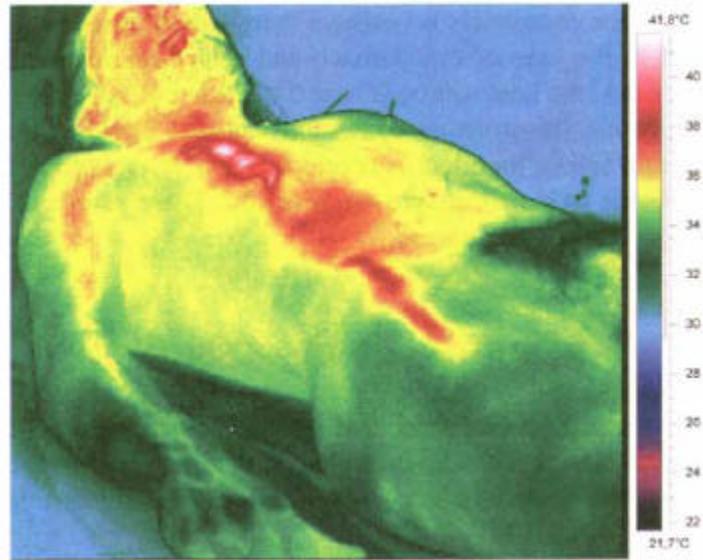
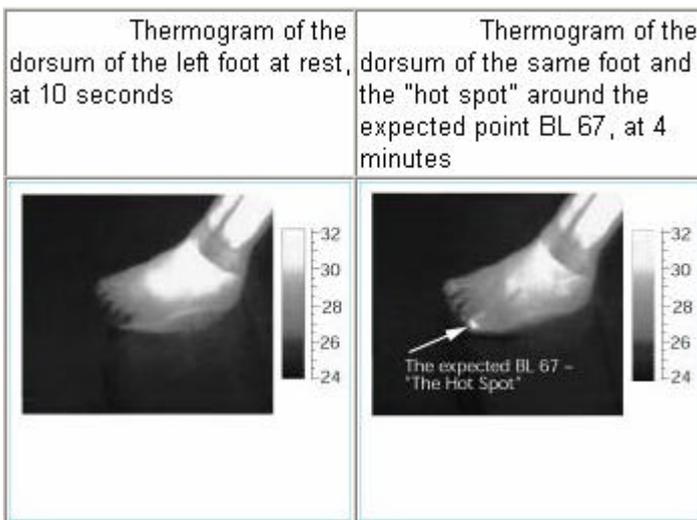


fig. 10. Fotografia dei punti di agopuntura ripresi dal sottoscritto con tecnica M.T.B. (Multispectral Thermal Bioscanner)®.



Structure along stomach meridian after moxibustion.

fig. 10a. Meridiano dello stomaco visualizzato termicamente da autori tedeschi:
KLAUS-PETER SCHLEBUSCH, Ph.D., WALBURG MARIC-OEHLER, Ph.D.,
and FRITZ-ALBERT POPP, Ph.D.



Infrared Thermographic Visualization Of The Traditional Chinese Acupuncture Meridian Points

- Veerasak Narongpant, BE
- Pierre Cornillot, MD
- Jean-Raymond Attali, MD
- Frederic Molinier, DVM
- David Alimi, MD
- Stefan Datcu, PhD
- Laurent Ibos, PhD
- Yves Candau, PhD
- Bernard Fontas, PhD
- Ahmed Raji, PhD
- Bernard Clairac, PhD
- Suzanne Bloch Danan, PhD
- Michel Marignan, MD

fig. 10b. Importante punto di agopuntura visualizzato termicamente dai medici cinesi.

**SPERIMENTAZIONE SU DI UN SOGGETTO FEMMINILE SOTTOPOSTO
AD INTERAZIONE BIOENERGETICA CON IRRAGGIAMENTO
INFRAROSSO (IR) E BIOSPETTRALE (BSM).**

Si sono sperimentati gli effetti di due apparecchiature utilizzate in campo bioenergetico: un erogatore di IR (radiazione infrarossa) ed il sistema biospettrale ad energia attiva (Bio-Spectrum), eseguendo 10 sessioni di irraggiamento di 30 minuti per dieci giorni.

I dati acquisiti prima delle sedute, durante e dopo i trattamenti, sono stati sommati e mediati in un'unica immagine, che visualizza la capacità di penetrazione nei tessuti e la biostimolazione con risposta spettrale organica in bande di frequenza.

In allegato è stato stilato un rapporto istografico per frequenze delle bande interessate.

In fig. 11 e fig. 12 si osservano i diversi gradienti di assorbimento e le diverse colorazioni che indicano le biofrequenze organiche sollecitate per risonanza.

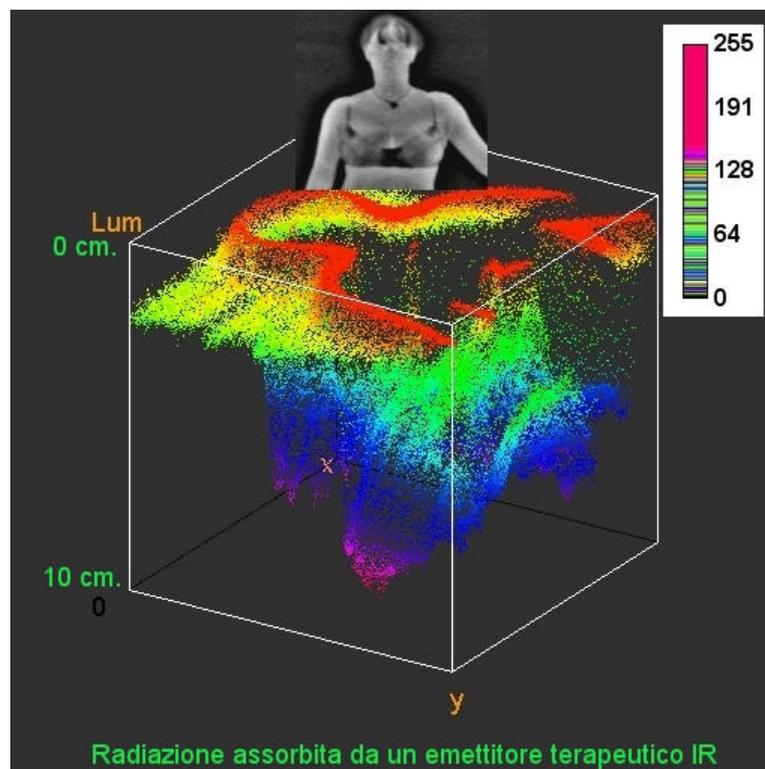


fig. 11. Assorbimento radiazione IR

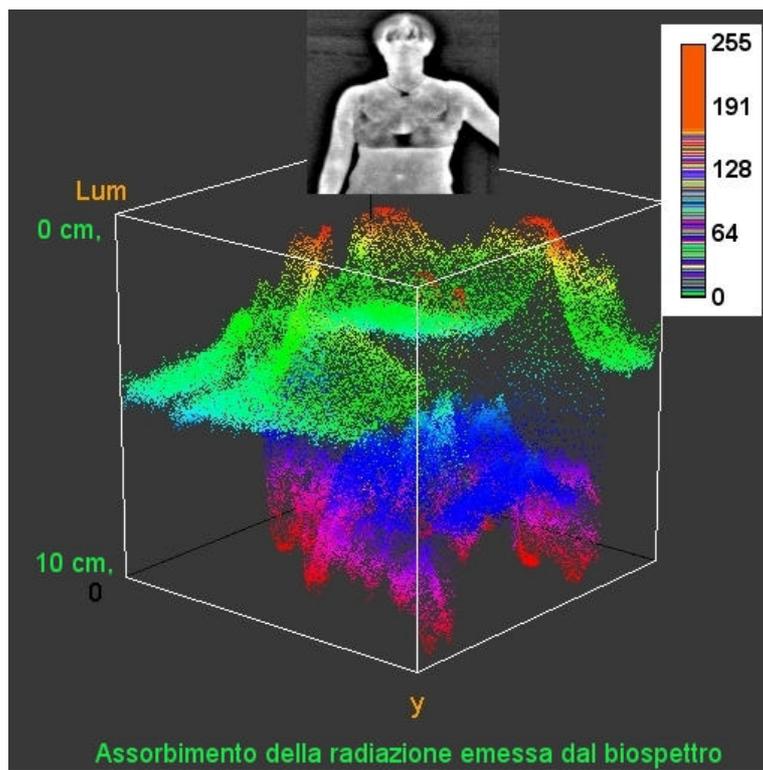


fig. 12. Assorbimento energia attiva con il Bio-Spectrum

I entrambe le immagini si nota un certo assorbimento della radiazione infrarossa ed una risposta ritardata degli organi più interni. Lo spettro infrarosso del semplice erogatore IR è stato assorbito con minore efficacia dall'organismo rispetto al Bio-Spectrum. Inoltre il numero di bande e di frequenze (corrispondente al numero di colori) organiche interessate al fenomeno di biorisonanza è inferiore in IR e maggiore nel Bio-Spectrum¹. Le finestre spettrali di circa 500 nanometri di banda-passante mostrano uno spettro a bande praticamente continuo nella prima parte (radiazione riflessa dalla cute) ed uno spettro discreto, formato da picchi, nella zona infrarossa più estrema (risposta degli organi più interni). Come si può notare nell'esempio di fig. 13, il diverso assorbimento ed emissione di picchi a frequenze più basse dell'infrarosso denota un interessamento della radiazione biospettrale a profondità maggiore rispetto a quello IR. Inoltre il maggior numero di bande rilevate, e quindi di finestre spettrali, denota che un maggiore numero di componenti organici è stato interessato alla biorisonanza con radiazione biospettrale. È evidente che la maggiore larghezza di banda di emissione del biospettro, che emette radiazioni anche nelle microonde (non indagate in questo studio) e la curva di distribuzione spettrale (gaussiana) più somigliante all'emissione di biofrequenze del corpo umano, favorisce in modo più efficace tutti i fenomeni di biostimolazione e biorisonanza, innescando fenomeni di termoregolazione e di riequilibrio energetico e ionico a livello cellulare, anche ad una discreta profondità e favorendo tutti i processi di sintesi e di scambio informazionale cellulare. Gli organi più interni hanno dato risposte differenziate nell'arco di 15-45 minuti dopo la fine del trattamento, ma non si esclude che alcune

¹ Vedi in allegato nella Appendice 1° le bande spettrali e gli spettri rilevati in IR e con Biospettro.

frequenze armoniche possano dare segnali di risposta differenziati nel tempo nei vari soggetti. In uno studio precedente (anno 2000) si erano osservate modificazioni delle risposte spettrali anche a distanza di alcune ore. Nelle figg. 14, 15 e 16, si osservano gli “spaccati” di tipo coronale e sagittale della penetrazione dell’energia biospettrale nel corpo del soggetto. La penetrazione varia tra 5 e 10 centimetri con diversità zonale e la differente colorazione è in relazione alla frequenza spettrale assorbita. Nelle figg. 17 e 18 le immagini termiche sono stati montate in una sorta di rappresentazione cubica (cubo multispettrale), nella quale si osservano nel tempo le variazioni di penetrazione e modificazione per assorbimento dei vari organi interni. Si nota come gli effetti di maggiore modificazione spettrale abbiano coinvolto per lo più la zona dello stomaco e del medio torace e come siano variati i fenomeni di dissipazione energetica e termica da parte dell’individuo durante la sperimentazione.

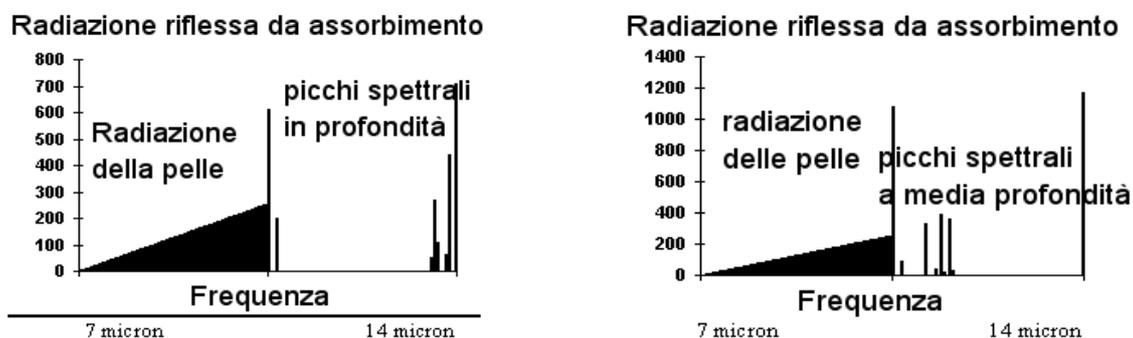


fig. 13. A sinistra esempio di finestra spettrale dopo assorbimento con il Biospettro; a destra dopo assorbimento di radiazione IR (infrarossa).

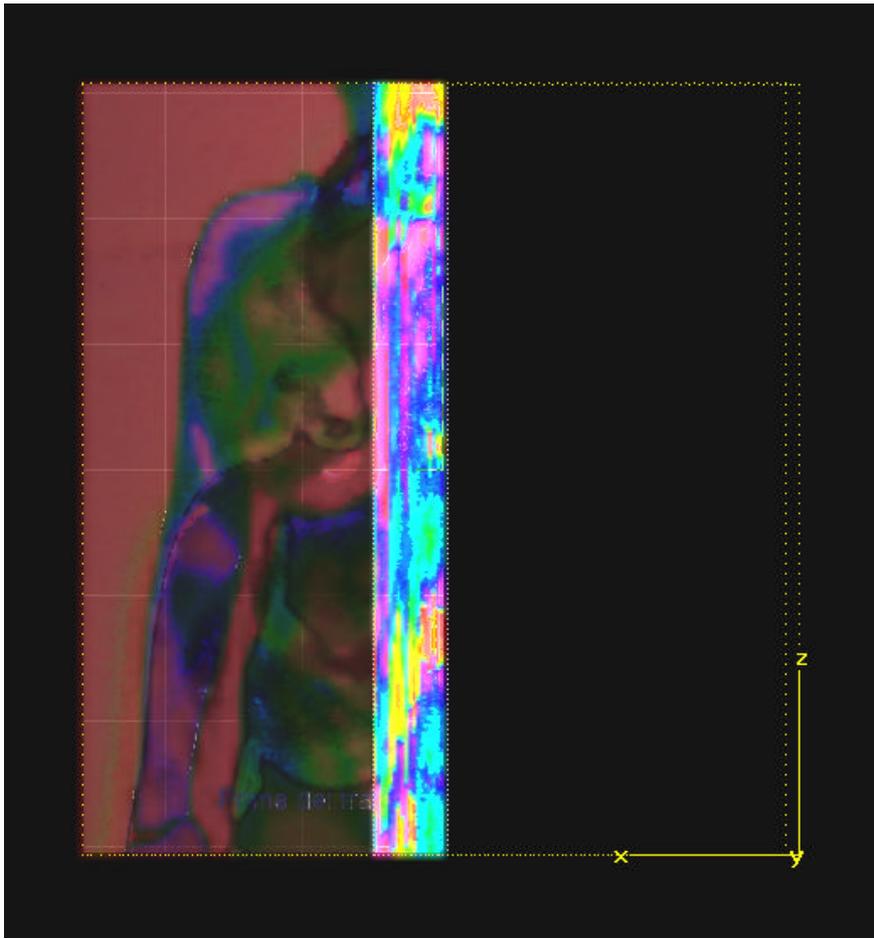


fig. 14. Vista dello “spaccato” frontale di assorbimento biospettrale.

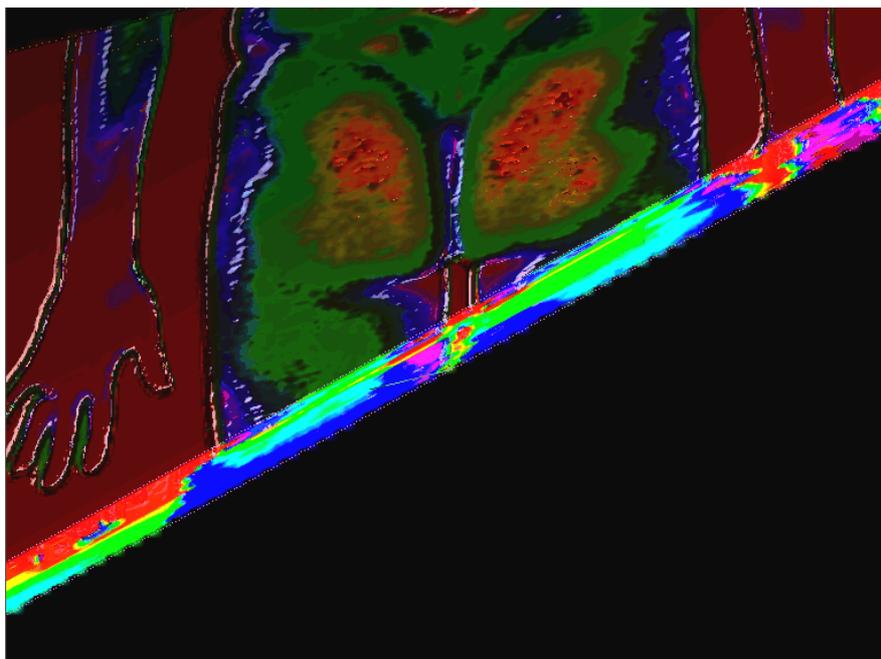


fig. 15. Visione coronale dell'assorbimento biospettrale nelle gambe.

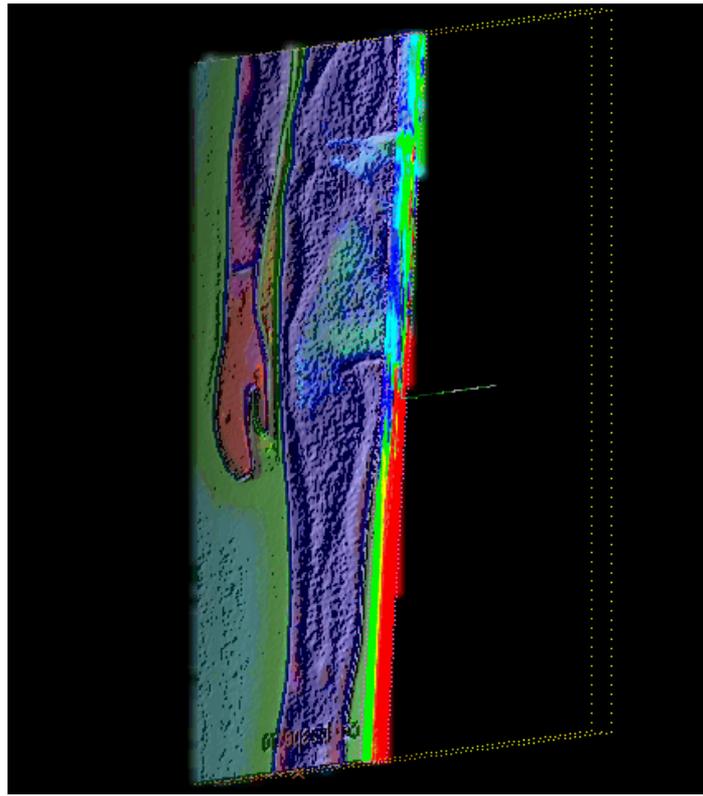


fig. 16. Visione retro-sagittale dell'assorbimento biospettrale nel corpo.

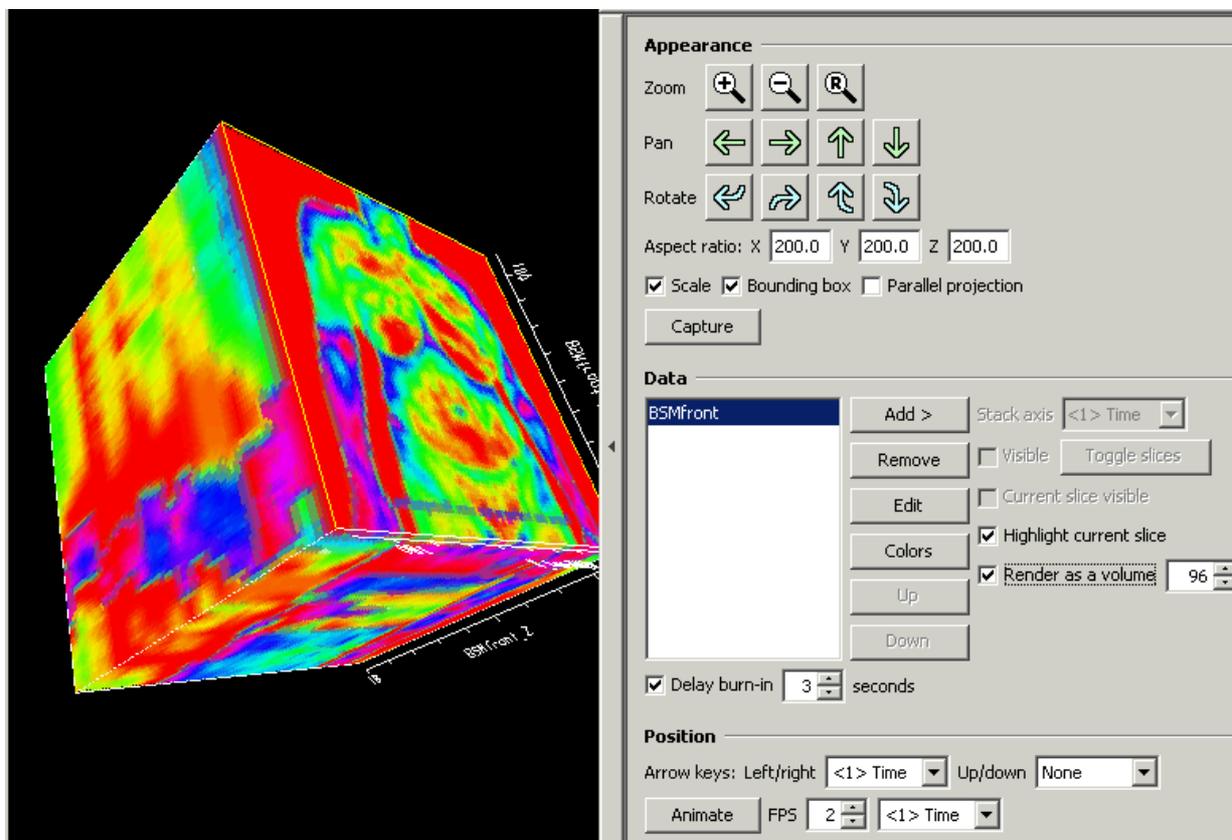


fig. 17. Il cubo multispettrale di immagini evidenzia gli assorbimenti dei vari organi interni nel tempo.

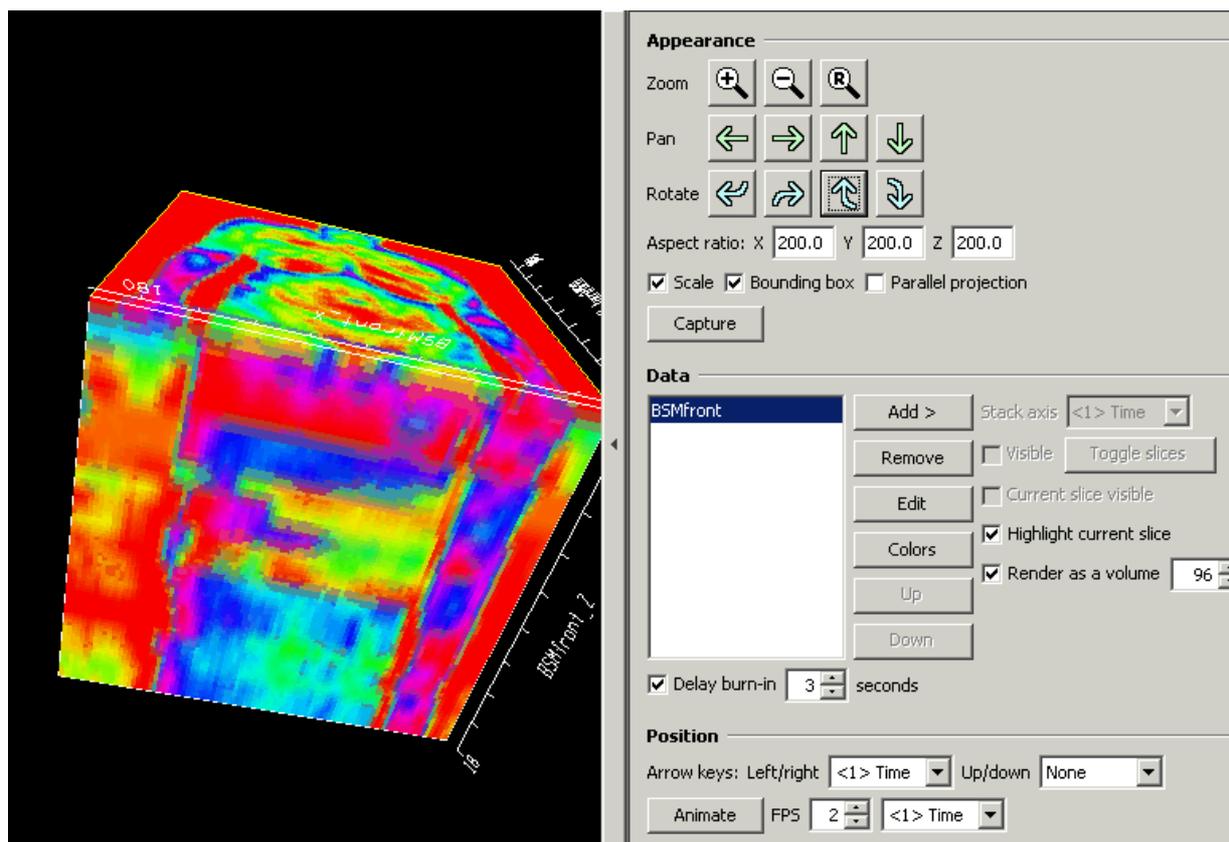


fig. 18. Il cubo multispettrale di immagini (ruotato) evidenzia gli assorbimenti dei vari organi interni nel tempo.

SISTEMA DI INDAGINE BIOENERGETICA BASATO SULLA SCANSIONE CON MULTISPECTRAL THERMAL BIOSCANNER® IN TRE FINESTRE ELETTROMAGNETICHE (METODO DI SUPPORTO PER AUSILI DIAGNOSTICI).

- **FINESTRA VISIBILE**
- **FINESTRA INFRAROSSA VIR-MIR**
- **FINESTRA RADIO**



La finestra di osservazione nel visibile indaga su tutti i fenomeni osservabili fino a circa 10 mm di profondità nella cute, sfruttando fino a 240 canali (o finestre) di osservazione composte da colori puri (bande di 10 nm).

Le immagini, dette anche multispettrali, vengono catturate da un sensore CCD e da un filtro sintonizzabile composto da vari strati di cristalli liquidi ed utilizzato anche dalla NASA nelle missioni spaziali.

Il campo di lunghezze d'onda di lavoro e la banda passante (più o meno stretta) dipendono dal tipo di filtro prescelto, ma la banda passante può essere spostata rapidamente in tutto il campo di lavoro direttamente dal computer di controllo.

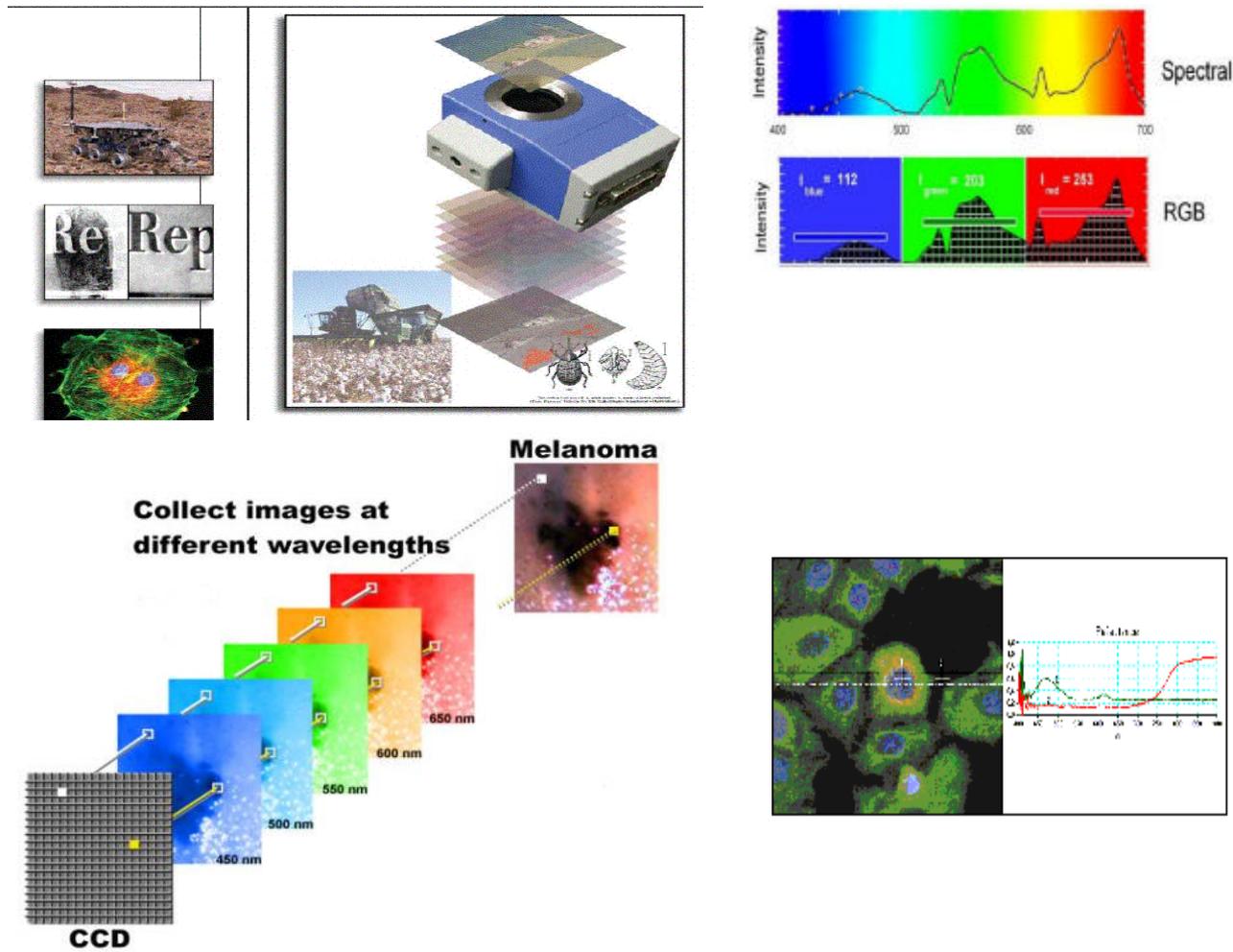
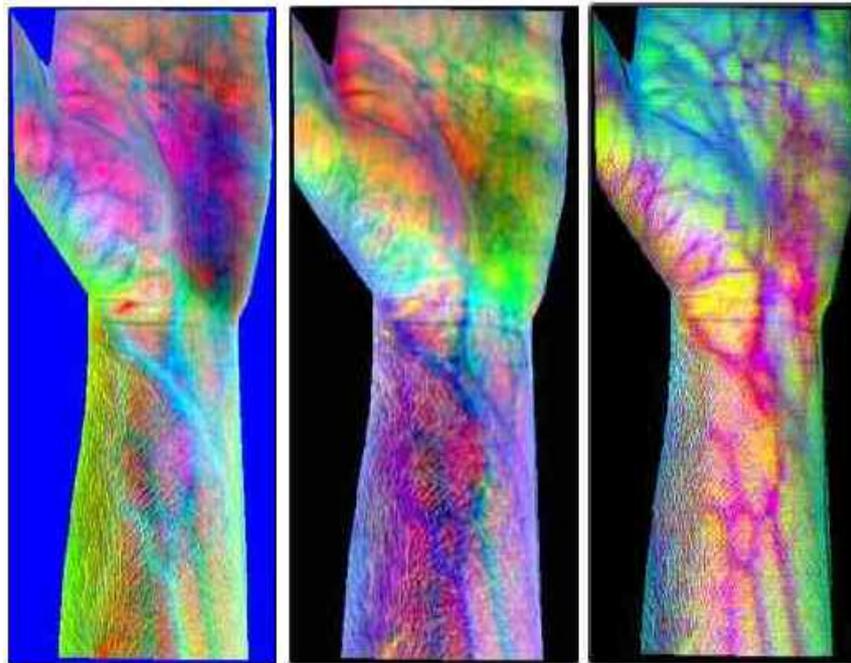
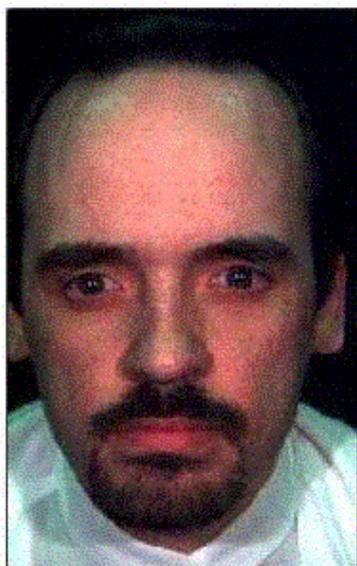


fig. 19. Filtri sintonizzabili applicati alle indagini su tessuti organici.



Spectral Variation Detected with ITD's Hyperspectral Sensor

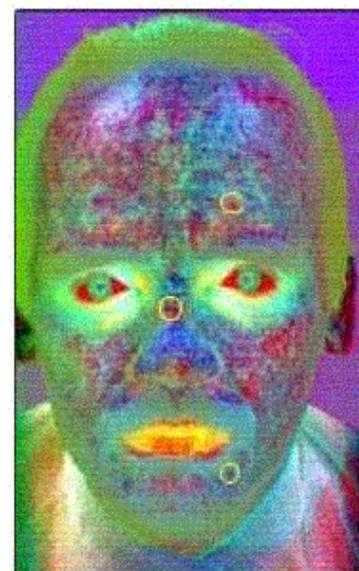


Normal Image

Computer analysis of hyperspectral imagery demonstrates the wealth of spectral information in human skin.

In these images, scar tissue and blemishes are delineated which are barely visible to the unaided eye.

Each color variation represents a feature that is spectrally unique.



Computer Analysis

fig. 20. Esempi di applicazione diagnostica delle immagini multispettrali CRI®.

La seconda finestra di osservazione termica MIR utilizza un CCD termico di 3^a generazione ed una telecamera CCD b/n opportunamente filtrata per la banda VIR. La camera infrarossa MIR utilizzata è della Raytheon, lavora in banda termica (fig. 23) con sensibilità spettrale tra 7 e 14 micron. È essenzialmente composta da una struttura compatta ed impermeabile come una normale telecamera, con un grosso obiettivo di 100 mm di diametro in germanio trattato al torio. La radiazione infrarossa viene focalizzata direttamente sul chip, essendo quest'ultimo di tipo matriciale (matrice di pixel) e non scansionato elettromeccanicamente attraverso specchi e

prismi rotanti, come nei dispositivi di passata generazione. Il sensore per rilevamento della radiazione infrarossa è composto da un mosaico bidimensionale (FPA - Focal Plane Arrays) di rilevatori termici (fig. 22) di tipo ceramico (BST - Barium Strontium Titanate) di 86.000 pixel, con risposta spettrale in origine (cioè non filtrata) a larghissima banda (dai raggi X alle microonde). L'introduzione dell'effetto ferroelettrico, su cui sono basati questi rivelatori termici, si basa sulla variazione della costante dielettrica del materiale sottoposto ad irraggiamento (cristalli piroelettrici) e misura tale variazione come tensione ai capi dell'elemento rivelatore/condensatore.

Il mosaico di sensori è termostabilizzato con un leggero raffreddamento a celle di Peltier (-25°C) per ottimizzare il rapporto S/N (Segnale Rumore).

Per migliorare la sensibilità dei fotoelementi contenuti nel chip è stata disposta una microlente focalizzatrice al germanio su ogni pixel. Questo assicura la massima risposta del sistema alla radiazione infrarossa, limitando però la banda passante tra 7 e 14 micron. Il valore di MRTD (Minima Differenza di Temperatura Risolvibile) è migliore di 0,1 °C e il NETD (Differenza di Temperatura Equivalente al Rumore) è di 0,09°C. Chiaramente la capacità del sistema di discriminare piccole differenze di temperatura varia al variare della temperatura dell'oggetto esaminato ed il risultato qualitativo è inversamente proporzionale alla temperatura dell'oggetto, infatti, più bassa è la temperatura, peggiore è la risoluzione termica (fig. 21 - esempio di termoimmagine a 30°C). Le telecamere termografiche come questa, che operano nello spettro delle lunghezze d'onda da 7 a 14 micron (denominate Long Wave) presentano una migliore risoluzione alle basse temperature rispetto a quelle sensibili alla zona spettrale compresa fra 2 e 5 micron (denominate Short Wave). Pur essendo meno sensibili rispetto ai foto-ricettori quantici, hanno il vantaggio di avere una risposta in frequenza piatta su tutto lo spettro, che ne favorisce l'utilizzo in spettroscopia. Altro vantaggio di questo tipo di sensore è la capacità di reagire a piccolissime variazioni, anche di 0,01 °C.

La risoluzione spaziale dell'immagine migliora con la maggiore distanza focale ed il maggiore diametro delle lenti. Questo è il motivo per cui l'apparato utilizzato è dotato di un obiettivo da 100 mm di focale con diaframma 1.0, piuttosto che di un'ottica standard, che è più indicata per riprese ravvicinate ma è peggiore nelle medio/lunghe distanze.

L'apparato, infine, è dotato di una messa a fuoco motorizzata e di un congelamento immagine salvabile su unità floppy esterna, nonché* di un'uscita analogica video in formato NTSC (standard americano).



fig. 21. Volto in banda termica ripreso con telecamera Raytheon.

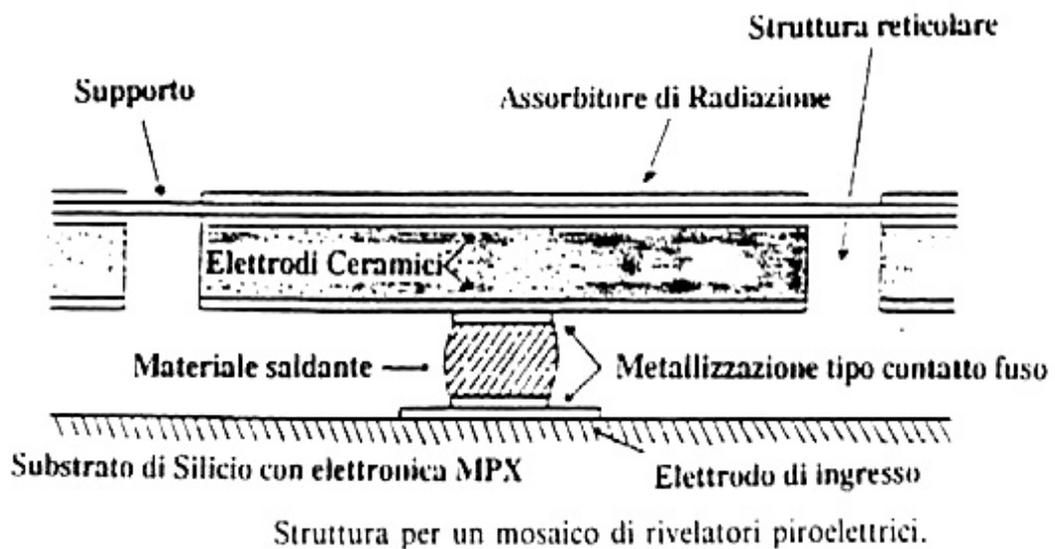


fig. 22. Configurazione del sensore termico con struttura a mosaico di tipo FPA.

CARATTERISTICHE DELLA PROPAGAZIONE INFRAROSSA NELL'ATMOSFERA TERRESTRE.

Tenuto conto che l'informazione elettromagnetica dell'immagine termica è passata attraverso l'aria, è necessario conoscere alcuni principi fisico/teorici di quest'ultima. Esiste infatti un ipotetico "ponte elettromagnetico" che unisce lo strumento di rilevamento con l'oggetto ripreso e mostra caratteristiche che variano con la lunghezza d'onda utilizzata ed anche con lo spessore e lo stato del mezzo interposto (come l'atmosfera nel nostro caso).

Questo problema chiaramente non sussiste nei rilevamenti ad opera delle sonde orbitanti intorno alla Luna, dove non esiste l'atmosfera.

La situazione ideale sarebbe quella in cui il mezzo interposto fosse "perfettamente trasparente".

Un corpo perfettamente trasparente ha emissività nulla, come uno specchio, e lascia passare tutta l'energia incidente. Purtroppo un corpo fisico reale non è mai perfettamente trasparente.

Non lo è neppure l'atmosfera, costituita da una miscela di gas e vapore d'acqua che influenza la trasmissione delle radiazioni in due diverse maniere: assorbendole oppure diffondendole.

L'influenza atmosferica sullo spettro infrarosso è molto pronunciata per opera del vapore acqueo e dell'anidride carbonica (fig. 23), entrambi responsabili dell'assorbimento di energia e confinati negli strati più bassi dell'atmosfera.

Questo comporta una non trascurabile influenza sui sistemi da ripresa termici, in particolare per i Short Wave, condizionando la ripresa anche nell'ordine di distanza di pochi metri (fig. 24).

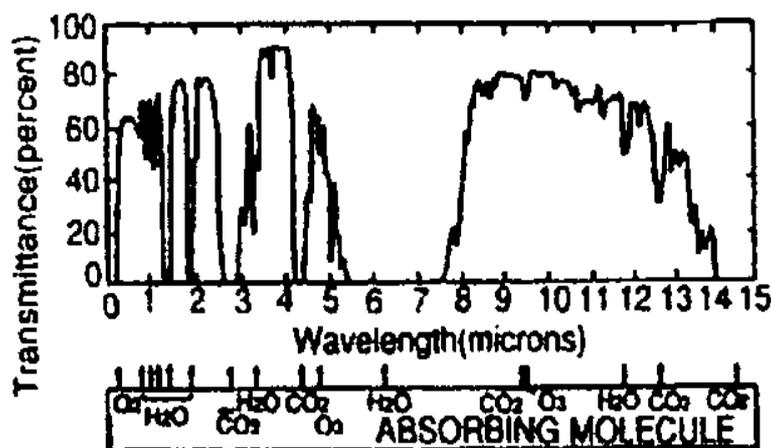


fig. 23. Trasparenza IR dell'atmosfera e assorbimento delle molecole.

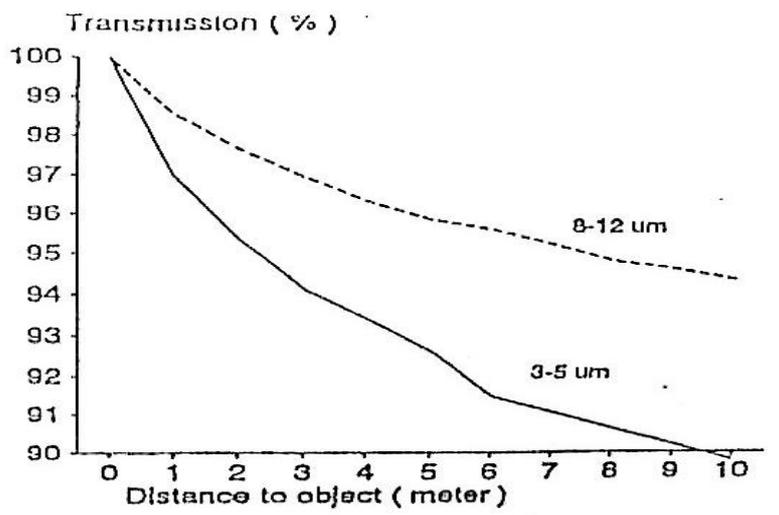


fig. 24. Effetto di assorbimento IR su i sistemi a rilevazione termica.

Nella banda di sensibilità dell'apparato utilizzato (7÷14micron) si nota un forte assorbimento dell'acqua tra 7 e circa 8 e dopo i 13 micron, mentre sono osservabili, a circa 11,5 e 12,5 micron, zone discrete di assorbimento da parte del vapore acqueo (H₂O) e dell'anidride carbonica (CO₂). Riguardo al forte assorbimento dell'atmosfera visibile in fig. 23, bisogna precisare che si tratta del grafico che mostra il coefficiente di assorbimento per le telecamere non compensate. In realtà questo effetto è più che dimezzato dalla grande sensibilità del sistema e da una compensazione elettronica introdotta dal costruttore. La sensibilità del sensore termorivelatore è inferiore di dieci volte rispetto ad un fotorivelatore, ma è compensata dall'ampia base spettrale e dalla costanza della sensibilità $D \cdot \lambda$ al variare di λ , qualità che lo rendono idoneo per misurazioni spettrali. Diversamente non sarebbe possibile utilizzarlo, come avviene nella realtà dei fatti, nei sistemi di osservazione a medio-lunga distanza FLIR (Forward Looking Infrared), usati sugli aerei ed elicotteri militari e dalle fanterie per il combattimento notturno, in grado di scoprire bersagli mimetizzati ed esseri viventi anche a parecchi chilometri di distanza. Generalmente un sistema Short Wave è maggiormente influenzabile di uno Long Wave da parte dell'assorbimento del vapore acqueo, anche se il Long Wave mostra una maggiore influenza da parte dell'assorbimento dovuto all'umidità atmosferica.

Entrambi forniscono un'impronta termica più o meno marcata di assorbimento dell'acqua; essa si manifesta con un forte deterioramento della risoluzione dell'immagine e con un'impronta termica negativa. La necessità di avere un'immagine termica sorge quando non è nota, oppure non è specificata, la posizione di quelle parti dell'oggetto di cui interessa conoscere la temperatura. Si potrebbero effettuare misurazioni punto per punto mediante un radiometro infrarosso, ma è più conveniente, di solito, avere un'immagine delle differenze di emissione, quindi delle differenze di temperatura, dei vari punti presentate direttamente sotto forma di immagini (thermal imaging).

Per indagare sulla finestra VIR (Vicino Infrarosso) si utilizza un CCD sensibile da circa 700 a 1200 nanometri di lunghezza d'onda, suddividendo le bande spettrali con

filtri interferenziali a banda relativamente stretta (50 nm). Di seguito (fig. 25) un esempio di indagine multispettrale eseguita dall'autore su se stesso, in cui si evidenzia un problema di menisco al ginocchio sinistro.

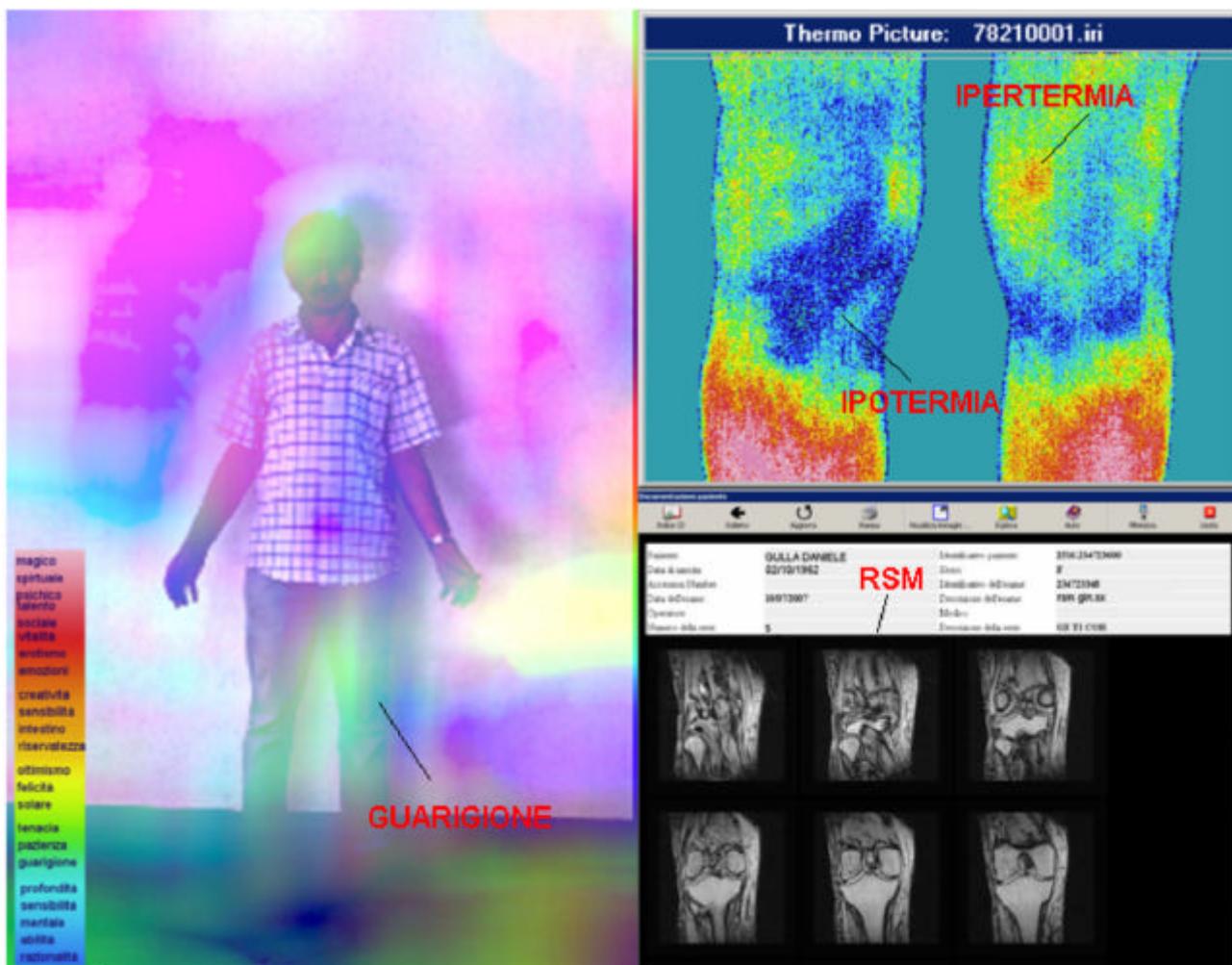


Fig. 25. A sinistra immagine multispettrale del campo morfogenetico che circonda il corpo (aura), a destra in alto, termogramma delle ginocchia e in basso a destra RSM (Risonanza Magnetica).

Per quanto riguarda la finestra di osservazione Radio, ancora in fase sperimentale al momento della stesura di questo articolo, si utilizza, in ricezione un analizzatore di spettro su larga banda spettrale (da 200 KHz a 2 GHz) ed un generatore-trasmettitore (Ing. L. Pederzoli®) di un rumore elettromagnetico “bianco” (con ampiezza costante in tutta la gamma di frequenze). Interponendo un corpo tra il trasmettitore ed il ricevitore si analizzano i picchi di assorbimento o la curva di risposta di una determinata area od organo del corpo. Le maggiori risonanze con l’organismo si misurano tra 1 MHz e 600 MHz.

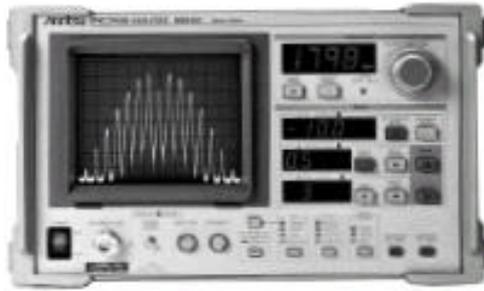
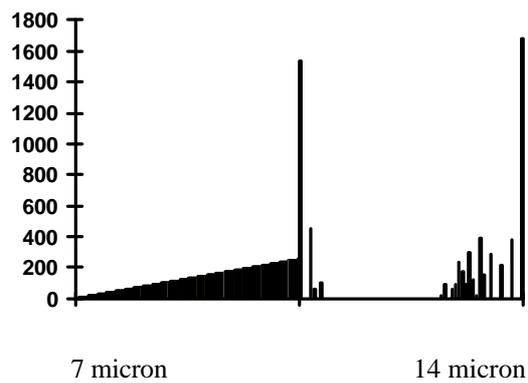
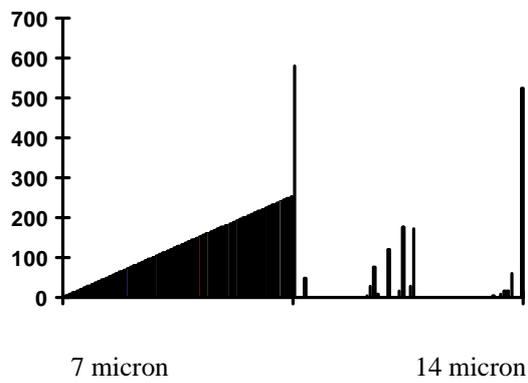
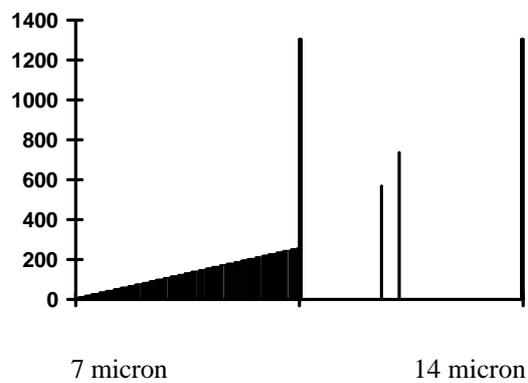
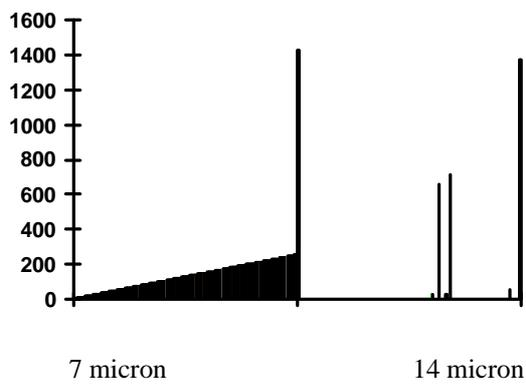
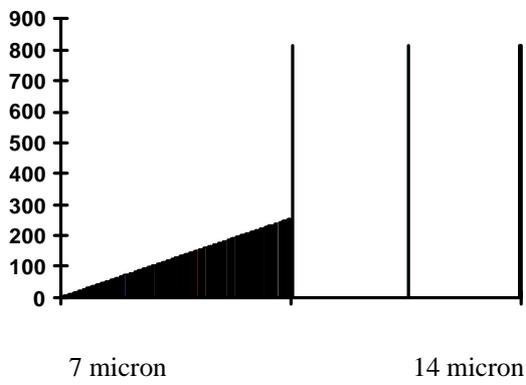
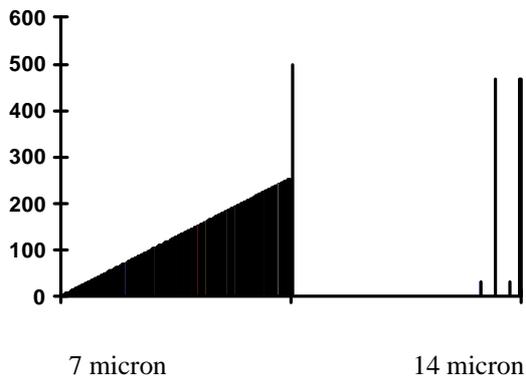
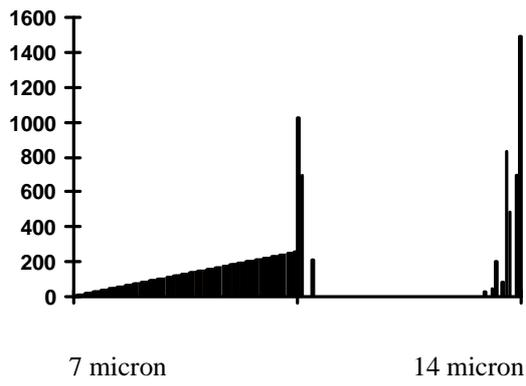


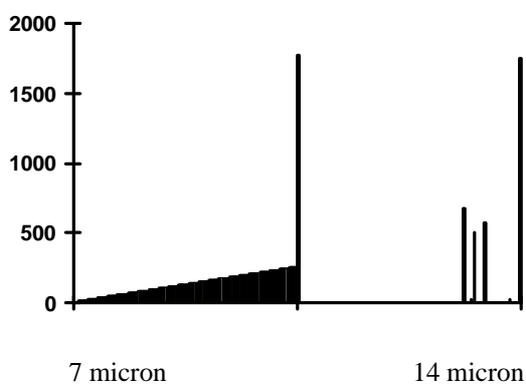
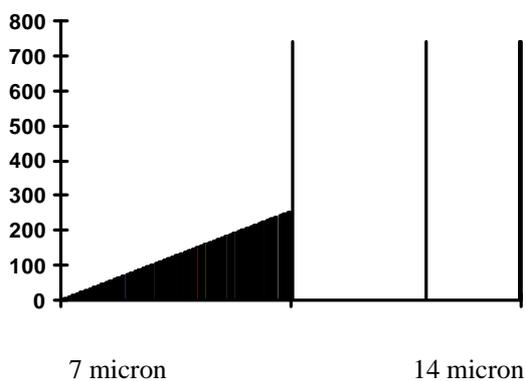
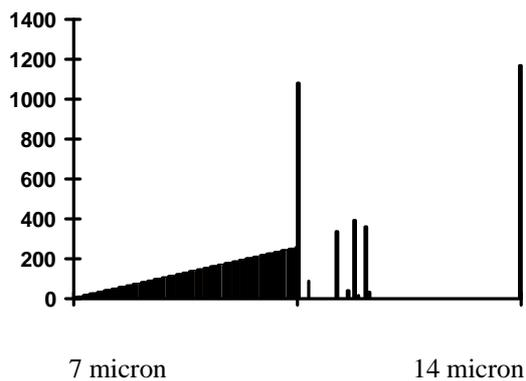
fig. 26. Analizzatore di spettro per banda da 100 KHz a 2 GHz (-120 dBm).

APPENDICE 1°

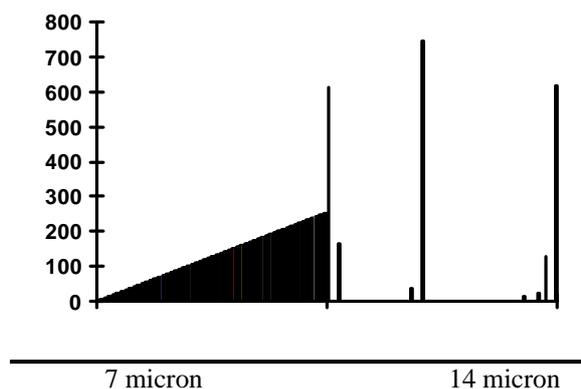
SPETTRI CORPOREI CON IRRADIAZIONE IR

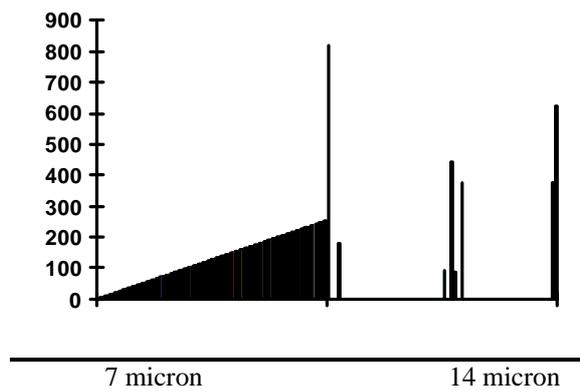
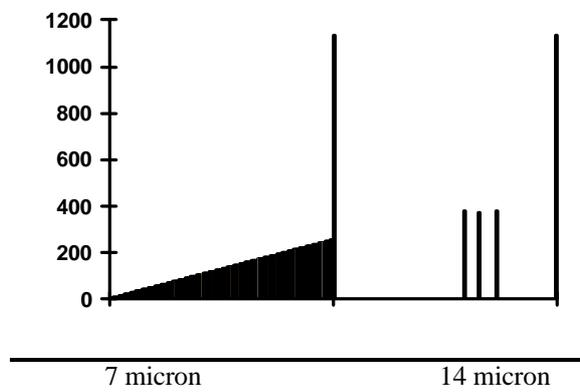
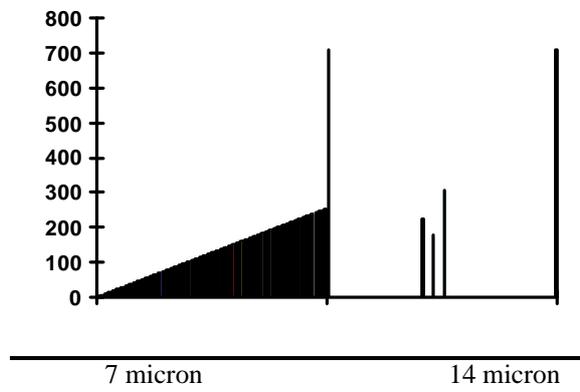
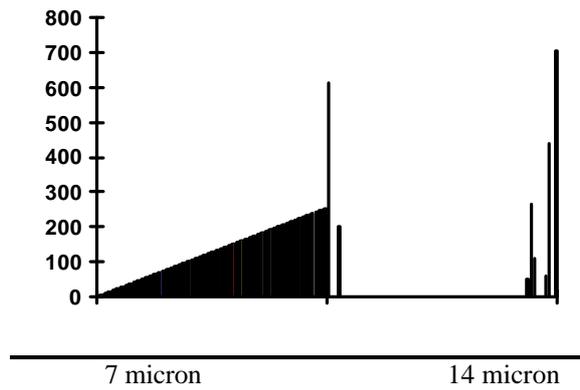


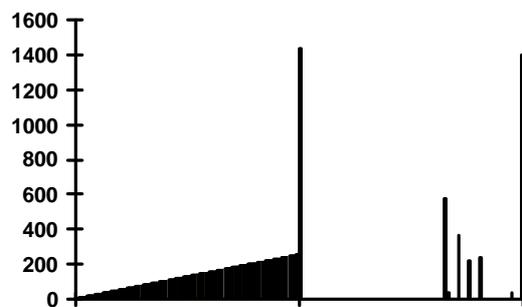
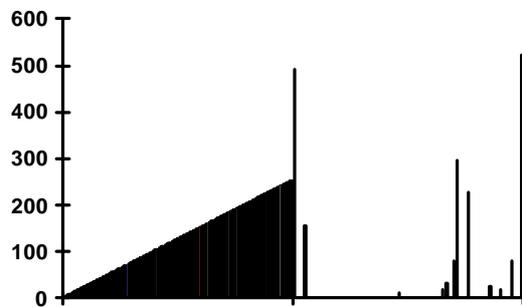
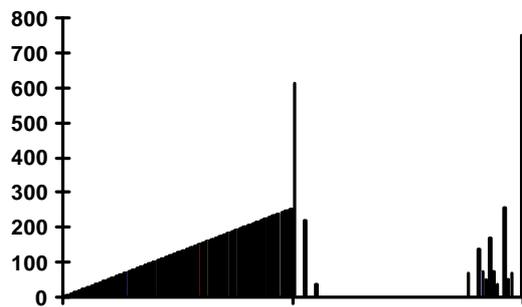
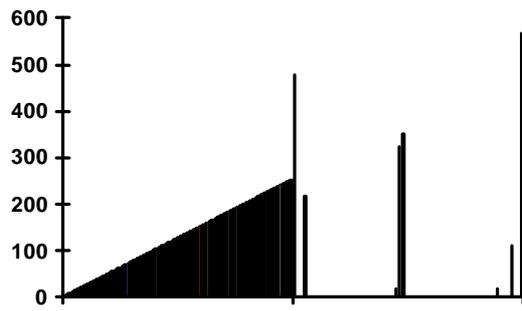




SPETTRI CORPOREI CON IRRADIAZIONE BIO-SPECTRUM

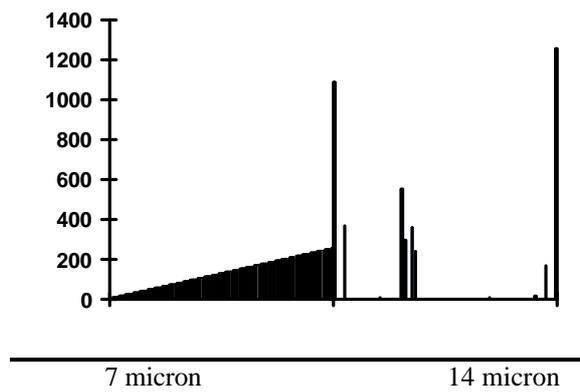
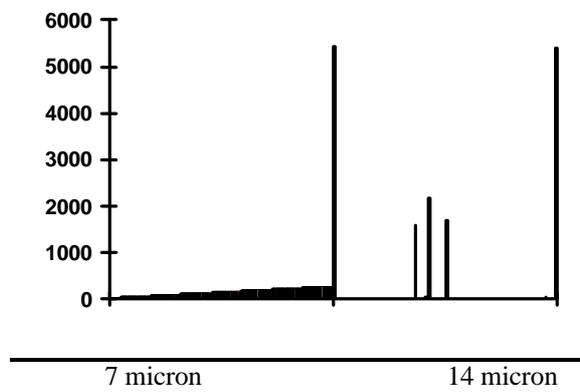
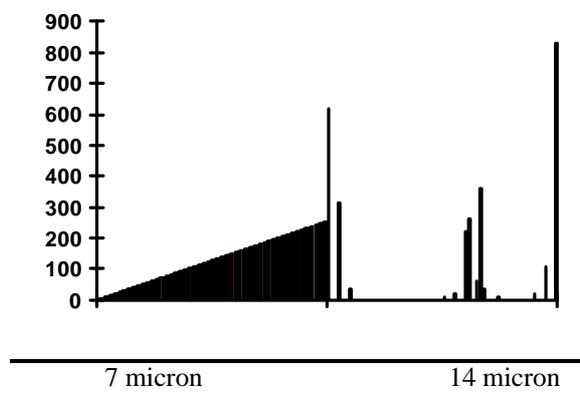
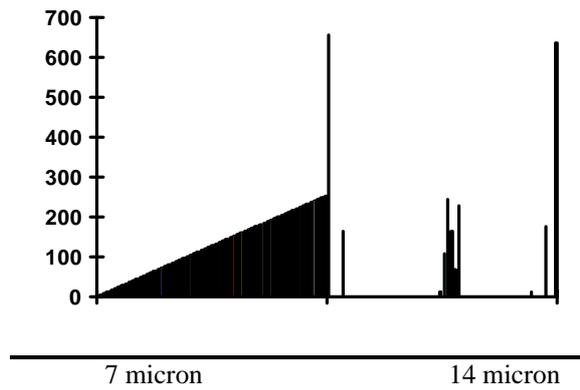


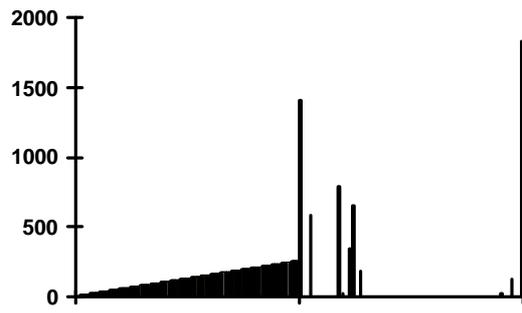




7 micron

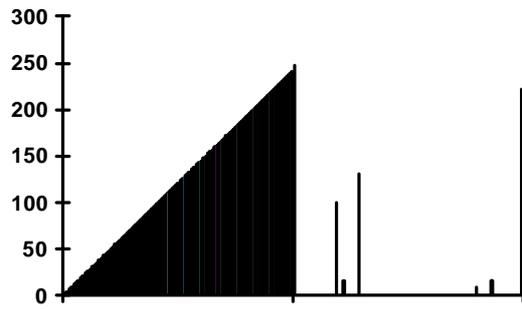
14 micron





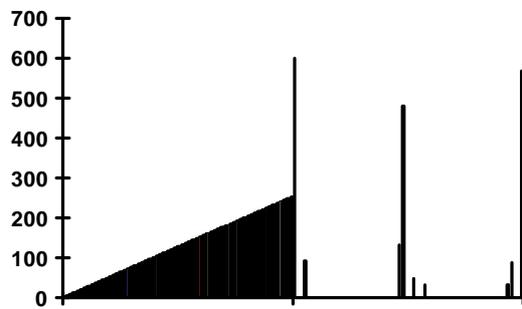
7 micron

14 micron



7 micron

14 micron



7 micron

14 micron