Ann. Ist. Super. Sanità
Vol. 27, N. 2 (1991), pp. 331-334

UN APPARATO SPERIMENTALE PER LA DETERMINAZIONE DELLE CARATTERISTICHE DI EMISSIONE DI ECOGRAFI

V. ANGELINI, P. VECCHIA, M. VISCHETTI e C. RANGHIASCI

Laboratorio di Fisica, Istituto Superiore di Sanità, Roma

Riassunto. - *Viene descritto un sistema sperimentale per la misura dei parametri caratteristici di emissione di ecografi. Il sistema è basato su un apparato commerciale, che è stato modificato per consentire l'analisi di diversi tipi di sonde, in particolare di alcune utilizzate in campo diagnostico. I criteri adottati nelle modifiche hanno consentito di aumentare notevolmente la versatilità dell'apparato che è ora potenzialmente in grado, mediante nuovi accessori per cui è predisposto, di adattarsi all'analisi di qualunque tipo di sonda ultrasonica.*

PAROLE CHIAVE: ultrasuoni, ecografia, SCE.

Summary (An experimental apparatus for the evaluation of emission characteristics in echographs). - *An experimental system for the evaluation of the parameters characterizing the acoustic power emission of echographs is described. The apparatus is based on a commercial device, which has been modified to allow the analysis of different echographic probes, particularly used for diagnosis. The modified instrument is quite versatile in use and is suitable for the examination of virtually any kind of probe.*

KEY WORDS: Ultrasound, echography, SCE.

Introduzione

L'impiego degli ultrasuoni in campo medico, particolarmente in ostetricia, ha avuto negli ultimi anni una diffusione molto ampia. L'estrema utilità in fase diagnostica, la possibilità di impiegare l'ecografia come guida all'esecuzione di interventi a cielo coperto insieme alla relativa semplicità di applicazione ed ai bassi costi di gestione rappresentano le motivazioni principali di tale diffusione [1].

Tuttavia, non è stato ancora accertato in maniera inequivocabile se a questo impiego su ampia scala non corrisponda un rischio, sia pure basso, per la madre o per il feto [2]. Ciò giustifica i numerosi studi, soprattutto di carattere epidemiologico, volti a stabilire in maniera conclusiva la sicurezza o meno di esposizioni a questa forma di energia.

Presupposto fondamentale per questo genere di studi è una corretta valutazione dell'esposizione, che a sua volta richiede la conoscenza tanto dell'intensità totale quanto della distribuzione spaziale e temporale della radiazione ultrasonica emessa dagli apparati.

E' noto che le caratteristiche del fascio ultrasonico emesso da un determinato strumento dipendono da numerosi fattori, come la frequenza, la forma d'onda, il ciclo di ripetizione degli impulsi, le modalità di scansione, le dimensioni e la forma del trasduttore ecc. Di conseguenza, una accurata valutazione della dose assorbita, in particolare durante un esame diagnostico, richiede la valutazione dei parametri caratteristici tanto dell'ecografo quanto della sonda utilizzati nella circostanza.

Agli strumenti per l'analisi delle sorgenti ultrasoniche si richiedono quindi notevoli doti di versatilità che tuttavia i sistemi commerciali non sempre hanno. In particolare, manca in taluni (peraltro raccomandabili per le loro prestazioni) la possibilità di interfacciare sonde di tipo molto diverso l'una dall'altra.

Un problema di questo genere è stato risolto modificando opportunamente un apparato già disponibile presso il Laboratorio di Fisica dell'Istituto Superiore di Sanità. Il sistema così realizzato e descritto in dettaglio nei paragrafi successivi è stato impiegato per la determinazione delle caratteristiche di emissione di un'ampia gamma di ecografi e di sonde.

Descrizione dell'apparato commerciale

Il sistema sperimentale è basato su un apparato prodotto dalla ditta Medisonics (Gran Bretagna) e commercialmente denominato "Beam Profiling System". Il complesso, mostrato nella Fig. 1, si compone di un idrofono attivo,

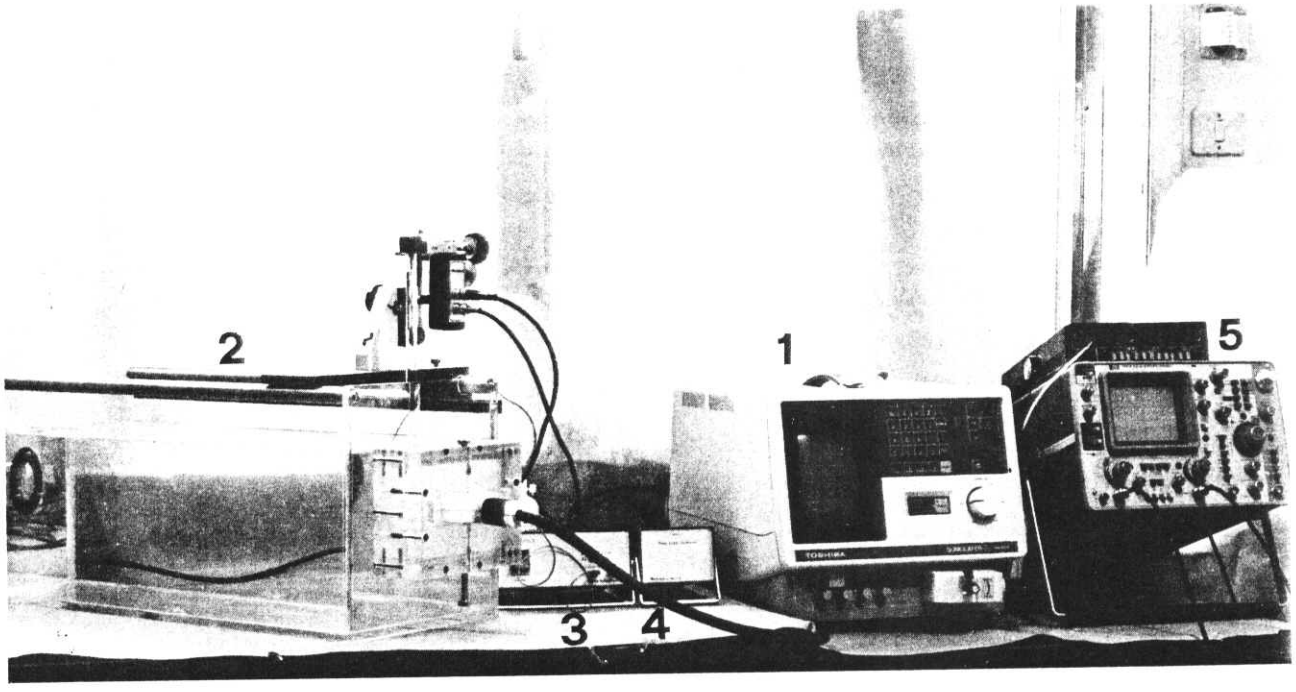

Fig. 1. - Visione d'insieme dell'apparato e della strumentazione: 1) ecografo; 2) vasca di osservazione; 3) preamplificatore dell'idrofono; 4) convertitore di tensione di picco in continua; 5) voltmetro digitale e oscillografo per l'analisi della forma d'onda.

una vasca di osservazione del fascio, un convertitore di tensioni di picco in tensioni continue ed un micromanipolatore.

L'idrofono attivo è un rivelatore piezoelettrico con un elemento sensibile di 0,25 mm di raggio, utilizzabile entro un ampio intervallo di frequenza (200 kHz - 15 MHz). Il debole segnale elettrico prodotto dal rivelatore viene amplificato da un preamplificatore elettronico che, dal punto di vista della logica costruttiva, viene considerato parte integrante dell'idrofono.

La vasca di osservazione è costituita da un contenitore di 60 x 26 x 26 cm, con pareti in Perspex dello spessore di 10 mm. Su una delle pareti laterali minori si apre una finestra circolare in mylar, materiale trasparente agli ultrasuoni, del diametro di 5 cm. In corrispondenza ad essa, è fissato sulla stessa parete un alloggiamento circolare dello stesso diametro, in cui la sonda da esaminare viene inserita in modo tale che il suo elemento attivo sia a contatto diretto con la finestra. Se il contatto è buono, la potenza ultrasonica emessa dalla sonda viene trasferita integralmente al liquido della vasca e rivelata, punto per punto, dall'idrofono mobile.

Il convertitore è un dispositivo elettronico che fornisce in uscita una tensione continua proporzionale al valore di picco del segnale in ingresso. Grazie ad esso lo strumento, previa opportuna calibrazione, è in grado di misurare direttamente l'intensità media nel tempo di un fascio di ultrasuoni pulsati (come sono quelli impiegati tanto in ecografia che nella scansione ad effetto Doppler), qualunque sia la forma d'onda e il ciclo di ripetizione degli impulsi.

L'idrofono attivo viene immerso nella vasca, preventivamente riempita di un liquido opportuno (in genere acqua distillata) e sospeso mediante un'asta in Perspex al micromanipolatore che a sua volta può scorrere su due guide montate lungo i bordi superiori delle pareti laterali della vasca. Attraverso opportuni ingranaggi, azionati manualmente, il manipolatore consente spostamenti micrometrici indipendenti dell'idrofono nelle tre direzioni.

L'apparato ora descritto si presta bene a misurare la potenza emessa da alcune sonde per uso diagnostico, ma presenta diverse limitazioni nel caso in cui si voglia effettuare un'indagine approfondita sulle caratteristiche di emissione di una sonda qualsiasi.

In primo luogo, infatti, il supporto esterno per le sonde, a causa delle sue dimensioni o della sua forma, non si adatta a diversi strumenti, tra cui molti normalmente usati in ginecologia. Inoltre, mentre le sonde lineari, cioè con l'elemento attivo piano, consentono un buon contatto acustico con la finestra in mylar, le sonde di tipo "convex", assai frequenti in diagnostica, non si adattano affatto allo strumento. La forma convessa del trasduttore limita infatti il contatto a una piccola zona del trasduttore stesso, cosicché tutta la radiazione emessa lateralmente all'asse del fascio, arrivando alla finestra attraverso l'aria, viene riflessa a causa della elevata differenza di impedenza acustica tra l'aria e il mylar.

Infine, come già accennato, il sistema elettronico di rivelazione consente di misurare solamente l'intensità media nel tempo del fascio ultrasonico, mentre per le valutazioni dosimetriche è importante anche la determinazione dei valori di picco, e più in generale la ricostruzione del profilo temporale dell'emissione.

Allo scopo di superare queste limitazioni sono state apportate alcune modifiche al sistema commerciale sopra descritto, intervenendo in particolare sulla vasca di osservazione e sul preamplificatore collegato al microfono attivo.

Interventi sull'apparato sperimentale

In sede di progetto degli interventi, si è deciso che tutte le modifiche dovessero essere tali da aumentare le potenzialità del sistema, ma in modo tale che lo stesso potesse sempre funzionare anche secondo le modalità originarie.

Per quanto riguarda le modifiche alla vasca di osservazione si è quindi evitato di sostituire il supporto originale per le sonde, intervenendo invece sulla parete opposta, dove è stato installato un nuovo supporto di caratteristiche del tutto diverse (Fig. 2). La vasca può quindi ora essere utilizzata affacciando le sonde, secondo le loro caratteristiche, sull'una o l'altra di due pareti opposte. L'asta di sostegno dell'idrofono attivo è libera di ruotare entro il suo alloggiamento nel micromanipolatore, cosicché il sensore dell'idrofono stesso può essere orientato nell'una o l'altra direzione senza difficoltà.

Per consentire di operare anche con le più grandi delle sonde lineari di uso corrente, ed anche in previsione di possibili dispositivi di dimensioni ancora maggiori, si è praticata un'apertura rettangolare di 12 x 4 cm, successivamente sigillata con mylar. Alla finestra così ottenuta è stata applicata esternamente una cornice in Perspex dello spessore di 4 cm e di dimensioni esterne 18 x 14 cm.

Nel vano interno della cornice, di 14 x 10 cm, viene alloggiato uno speciale "panetto", cioè un parallelepipedo di silicone normalmente usato in ecografia per assicurare il trasferimento integrale dell'energia ultrasonica dalla sonda al corpo del paziente. Infatti, come già accennato nel paragrafo precedente, un non perfetto contatto tra trasduttore e tessuti dà luogo, per effetto della variazione di impedenza acustica tra questi e l'aria, a una parziale riflessione del fascio con conseguente perdita di efficienza. Il silicone, interposto tra la sonda e il corpo del paziente, assicura invece la continuità del flusso di energia in quanto la sua impedenza è pressoché identica a quella dei tessuti.

Nel dispositivo qui descritto la testa della sonda viene, esercitando una adeguata pressione, completamente immersa nel silicone che, a sua volta, aderisce perfettamente alla finestra garantendo un contatto totale che, in particolare per le sonde "convex", non sarebbe altrimenti possibile.

Su questa prima cornice, fissa, ne viene di volta in volta applicata una seconda delle stesse dimensioni esterne, ma con un'apertura interna sagomata secondo le dimensioni della specifica sonda da esaminare. Una coppia di viti di bloccaggio assicura la sonda entro questo supporto.

Sono stati finora costruiti 5 supporti (Fig. 2), da utilizzare per l'analisi di altrettante sonde per uso diagnostico in

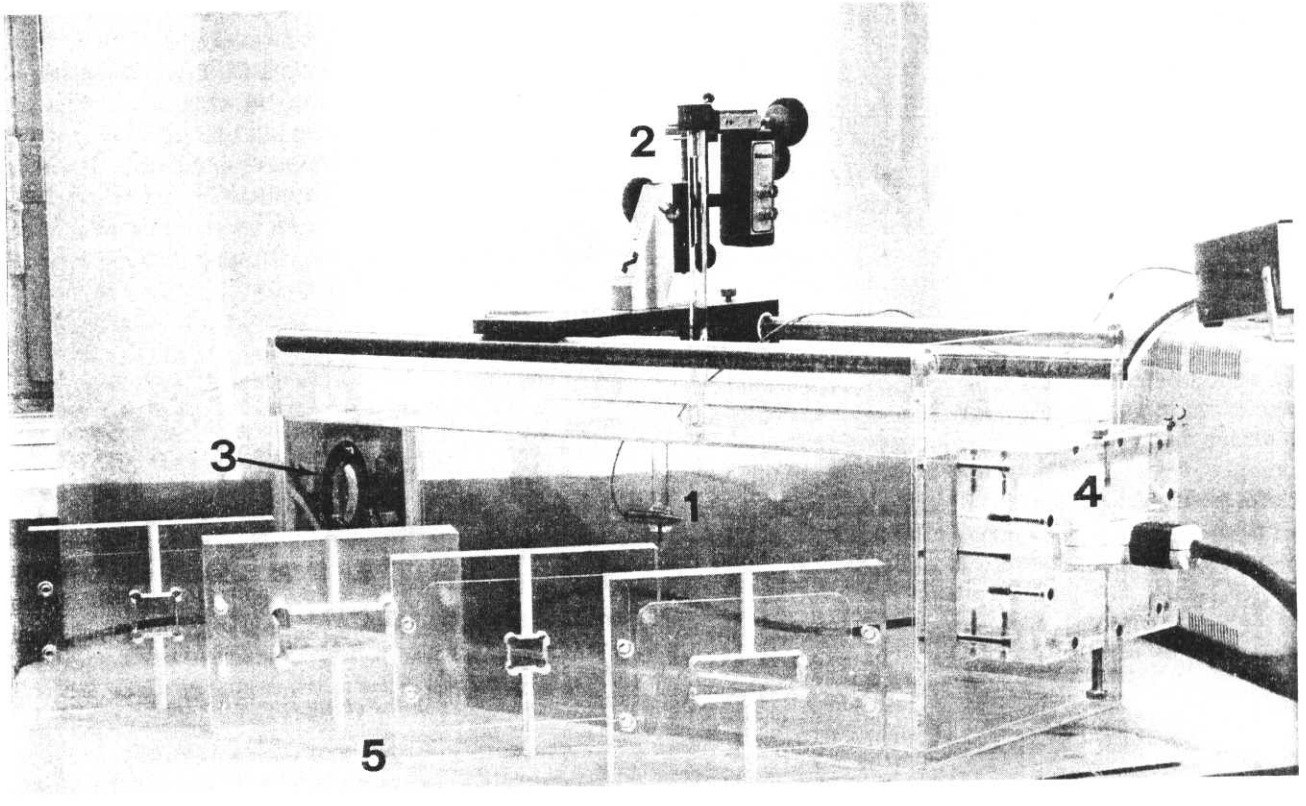

Fig. 2. - La vasca di osservazione con i suoi accessori: 1) idrofono attivo; 2) micromanipolatore; 3) finestra e supporto originali; 4) nuova finestra con relativo supporto; 5) supporti intercambiabili per diversi tipi di sonde.

ginecolgia. Altri ne potranno ovviamente essere realizzati in futuro, per alloggiare virtualmente qualunque tipo di sonda.

La presenza del panetto di silicone introduce in effetti una limitazione in quanto consente l'analisi del fascio solo a distanze superiori ai 5 cm dal trasduttore e non permette quindi di valutare l'assorbimento di energia nei tessuti più superficiali. Questo inconveniente, che comunque non sussiste per gli studi sul feto, può nel caso di sonde lineari essere eliminato semplicemente rimuovendo il silicone ed affacciando direttamente la superficie piana della sonda alla finestra di mylar; un buon contatto ultrasonico è assicurato da uno speciale gel correntemente usato in ecografia.

Per quanto riguarda l'intervento sul preamplificatore del microfono attivo, questo è consistito in una modifica dei circuiti elettronici con la creazione di un'uscita, completamente disaccoppiata, in parallelo all'ingresso dall'idrofono attivo. Questa uscita, collegata ad un'oscillografo (Fig. 1) permette di visualizzare il segnale proveniente dall'idrofono e quindi di determinare parametri fondamentali come la forma d'onda, la struttura del treno di impulsi, la loro frequenza e il loro ciclo di lavoro.

L'apparato così modificato è stato impiegato con successo nello studio delle caratteristiche di emissione di ecografi impiegati presso il Centro di diagnosi prenatale del Policlinico Umberto I di Roma. I dati relativi costituivano la base per la valutazione dell'esposizione delle pazienti arruolate in un'indagine epidemiologica su possibili scambi di cromatidi fratelli in linfociti di donne in gravidanza sottoposte ad esami ecografici [3].

A titolo di esempio, è riportata nella Fig. 3 una visione tridimensionale dell'andamento dell'intensità ultrasonica emessa da una sonda "convex" che, per le sue dimensioni e per la forma, non avrebbe potuto in alcun modo essere analizzata con l'apparato convenzionale. I valori assoluti delle intensità acustiche sono stati calcolati in base ai parametri fisici del fascio cui si è fatto riferimento in precedenza.

Conclusioni

Le modifiche descritte nel paragrafo precedente hanno notevolmente aumentato le potenzialità del nostro sistema di misura commerciale, sia in termini di versatilità sia in termini di completezza delle informazioni ottenibili.

Le prestazioni fornite dallo strumento nelle prime applicazioni hanno confermato la validità delle scelte adottate in fase di progetto.

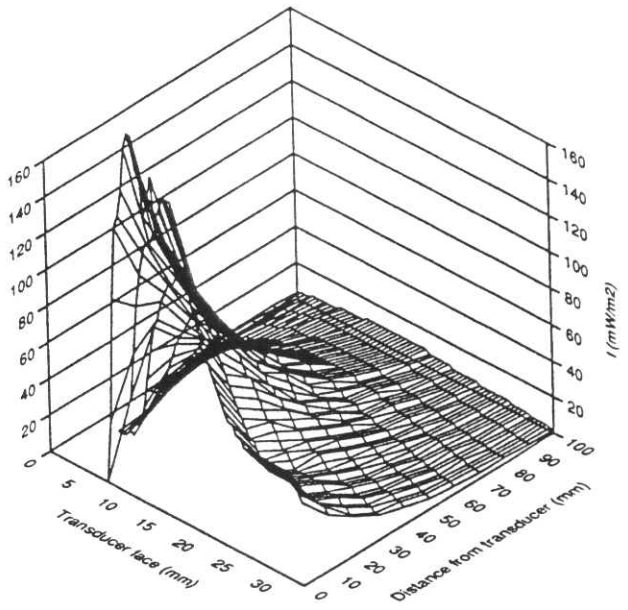

Fig. 3. - Distribuzione spaziale dell'intensità ultrasonica emessa da una sonda Convex (Ecografo ESAOTE AU44O).

I criteri di modularità con cui i nuovi accessori sono stati progettati permettono all'apparato un ampio campo di impiego, anche al di fuori del settore medico diagnostico.

Il sistema qui descritto costituisce tra l'altro un utile prototipo, in quanto le soluzioni adottate, in particolare per gli interventi di natura meccanica sulla vasca di osservazione, sono di validità molto generale e possono essere trasferite ad altre strumentazioni analoghe.

Sono attualmente allo studio ulteriori perfezionamenti dello stesso sistema, miranti in particolare ad automatizzare sia il movimento dell'idrofono attivo sia l'acquisizione dei dati, al fine di consentire analisi accurate della distribuzione spaziale dell'energia ultrasonica all'interno del fascio che richiedono, se eseguite manualmente, tempi talmente lunghi da renderle talvolta praticamente inattuabili.

Ringraziamenti

Gli autori ringraziano vivamente il Sig. Riccardo Crateri per i preziosi consigli in fase di progettazione degli interventi meccanici sull'apparato descritto.

Ricevuto il 22 ottobre 1990.
Accettato il 15 novembre 1990.

BIBLIOGRAFIA

1. PACHI', A., LA TORRE, R. & HORN ORNI, R. 1985. Ecografia prenatale: analisi rischio-beneficio. *Patol. Clin. Ostet. Ginecol.* **13**: 491-498

2. STRATMEYER, M.E. & FISHER, B.R. 1987. Exposure to medical ultrasound: studies on human effects. In: *Ultrasound: medical applications, biological effects, and hazard potential*. M.H. Repacholi, M. Grandolfo & A. Rindi (Eds). Plenum Press, New York and London. pp. 219-232

3. CHIAROTTI, F., DALLAPICCOLA, B., FERRANTI, G., GRANDOLFO, M., MAGGI, E., PACHI', A., PORFIRIO, B., TORCIA, L. & VECCHIA, P. Expsoure to diagnostic ultrasound and sister chromatid exchange levels of lymphocytes from pregnant women. *Physica Med* (in stampa).