

La tele-ecografia *wireless* in telemedicina prenatale

A. DI LIETO¹, M. DE FALCO¹, M. PONTILLO¹, I.F. CARBONE¹, M.A. DI NARDO¹, D. DI LIETO²

RIASSUNTO: La tele-ecografia *wireless* in telemedicina prenatale.

A. DI LIETO, M. DE FALCO, M. PONTILLO, I.F. CARBONE, M.A. DI NARDO, D. DI LIETO

La tele-ecografia è una applicazione della telemedicina alla diagnostica ecografica che attualmente si avvale di molteplici sistemi, più o meno complessi, finalizzati all'acquisizione di scansioni ecografiche di qualità tale da poter essere interpretate da un esperto a distanza, a cui si richiede di formulare una diagnosi o di fornire una second opinion. Una delle più recenti aree di applicazione delle nuove tecnologie è la tele-ecografia con sistemi *wireless*, allo scopo di migliorare la portabilità delle apparecchiature e di semplificare la trasmissione a distanza delle immagini, con una sensibile riduzione dei costi.

Recentemente, il sistema TOCOMAT di telemedicina prenatale, attivo in Campania dal 1998, è stato aggiornato con un'applicazione di tele-ecografia *wireless* per il monitoraggio ecografico a distanza delle pazienti a rischio residenti in aree rurali o decentrate. Il sistema si basa su un ecografo portatile di ultima generazione in grado di trasferire le immagini acquisite ad un palmare, che poi le trasmette alla Centrale Operativa attraverso la connessione ad una rete internet *wireless*. I risultati ottenuti nel corso dei primi sei mesi di attività con il nuovo sistema dimostrano come esso sia tecnicamente di facile applicazione e ben accetto dai medici e dalle pazienti, ed in grado di favorire la riduzione del divario nel livello di assistenza sanitaria tra la periferia ed il centro.

SUMMARY: The wireless tele-ultrasonography in prenatal telemedicine.

A. DI LIETO, M. DE FALCO, M. PONTILLO, I.F. CARBONE, M.A. DI NARDO, D. DI LIETO

Tele-ultrasonography is an application of telemedicine to diagnostic ultrasonography, which currently uses multiple systems, more or less complex, in order to acquire ultrasound scans of quality sufficient to be interpreted at a distance by an expert, which is requested to make a diagnosis or provide a second opinion. One of the most recent areas of application of new technologies is tele-ultrasonography with *wireless* systems, in order to improve the portability of the equipment and to simplify the remote transmission of images, with a significant reduction in costs.

Recently, the TOCOMAT system of prenatal telemedicine, active since 1998 in Campania, has been updated with an application of wireless tele-ultrasonography for remote ultrasound monitoring of patients at risk living in rural or decentralized areas. The system is based on a next-generation portable ultrasound scanner able to transfer the images to a handheld computer system, which then forward them to the Operation Centre by connecting to a wireless internet network. The results obtained during the first six months of employment with the new system show that it is technically easy to apply and well accepted by physicians and patients, and can help to reduce the gap in the level of health care between the peripheral areas and the center.

KEY WORDS: Telemedicina prenatale - Tele-ecografia prenatale - Tele-ecografia *wireless* - Sistema TOCOMAT.

Prenatal telemedicine - Prenatal tele-ultrasonography - Wireless tele-ultrasonography - TOCOMAT system.

La tele-ecografia

La tele-ecografia è un'applicazione della telemedicina alla diagnostica ecografica. In tutto il mondo, sono

stati sviluppati e descritti numerosi sistemi di tele-ecografia. Attualmente, la tecnologia alla base della tele-ecografia consente di ottenere immagini ad alta risoluzione e di realizzare le varie applicazioni in maniera relativamente semplice. Inoltre, tali tecnologie stanno diventando importanti nella pratica medica quotidiana, dagli esami di routine alle situazioni di emergenza. Tuttavia, il limite principale è la necessità di un operatore esperto, dislocato spesso in unità remote rurali o periferiche, sia per il posizionamento della sonda che per l'interpretazione delle immagini. Inoltre, l'effettua-

¹ Università degli Studi di Napoli "Federico II"
Dipartimento di Scienze Ostetrico-Ginecologiche Urologiche e Medicina della Riproduzione

² Avvocato, Specialista in Professioni Legali, Diritto delle Nuove Tecnologie e Comunicazioni

zione di un esame richiede un'opportuna coordinazione occhio-mano, in grado di integrare nello spazio e nel tempo le informazioni ottenute dal paziente e le immagini acquisite. Le applicazioni della tele-ecografia possono realizzarsi secondo tre tipi di scenario diversi.

Nel primo scenario (1), le scansioni ottenute vengono memorizzate e quindi inoltrate all'esperto per la valutazione. In questo caso, l'esame ecografico viene effettuato da un operatore esperto direttamente sul paziente e i dati acquisiti vengono inviati ad una centrale e processati per ricostruire una rappresentazione in 3D del distretto anatomico di interesse.

Nel secondo scenario, le scansioni ecografiche sono trasmesse pressoché in tempo reale dal sito di acquisizione al sito presso cui si trova l'esperto, utilizzando la videoconferenza. Questo tipo di scenario richiede la disponibilità di almeno tre linee ISDN, attraverso cui l'operatore a distanza effettua la scansione sotto la guida dell'esperto. Entrambi questi scenari sono protocolli di telemedicina durante i quali solo il medico che si trova presso l'unità remota interagisce fisicamente con il paziente per il posizionamento della sonda ecografica e, pertanto, è responsabile della qualità delle immagini acquisite.

Nel terzo scenario, invece, l'esame è controllato parzialmente o totalmente dall'esperto in maniera remota. Il vantaggio principale di tale scenario è di non richiedere la presenza di un operatore esperto accanto al paziente.

Uno dei primi progetti di tele-ecografia, chiamato TERESA, è nato dalla ricerca aerospaziale, allo scopo di proporre soluzioni per fornire agli astronauti e a pazienti sulla terra un esame ecografico di qualità nonostante l'indisponibilità di uno specialista. Il progetto è basato sul concetto di una sonda ecografica comandata a distanza integrata in un sistema di tele-ecografia, composto dal sito dell'esperto, dal sito del paziente e da un *link* di comunicazione. Il sito dell'esperto è quello in cui lo specialista controlla il posizionamento della sonda ed analizza in tempo reale le immagini che giungono dal sito del paziente. Quest'ultimo è caratterizzato da un robot comandato a distanza che viene posizionato sulla regione anatomica scelta; al robot è collegata una sonda ad ultrasuoni, a sua volta connessa ad un ecografo. Il *link* di comunicazione consente di trasferire i dati e le immagini utilizzando linee ISDN. I risultati del progetto TERESA sono stati estesi ad un altro progetto di tele-ecografia detto OTELO, che ha consentito: di rendere più maneggevole il robot attraverso un miglioramento del design; di rendere più rapida ed efficace la trasmissione delle immagini attraverso l'uso dei satelliti e dei sistemi 3G, in modo da svincolare il sistema dalla necessità di una linea telefonica fissa; di migliorare la qualità delle immagini attraverso una partico-

lare tecnica di compressione; di migliorare la grafica, attraverso un controllo più appropriato dei movimenti del robot e della sua interazione con il paziente (2,3).

In Nord America, per supportare i medici che utilizzano l'ecografia in situazioni di emergenza e possono trovarsi di fronte ad immagini insolite, che necessitano dell'interpretazione di un operatore più esperto, è stato ideato un sistema di tele-ecografia basato sul fotografare le immagini dallo schermo dell'ecografo con un comune cellulare ed inviarle con lo stesso mezzo all'ecografista di riferimento (4). Il confronto tra le immagini stampate con una stampante termica ad alta risoluzione e quelle ottenute con la fotocamera del telefono cellulare non hanno mostrato differenze significative in termini di qualità, dettaglio e risoluzione. Tuttavia, gli operatori esperti avevano difficoltà a leggere le misure riportate sulle immagini, perché risultanti in caratteri troppo piccoli, e spesso si dichiaravano insicuri della propria diagnosi quando dovevano formularla su immagini diverse da quelle tradizionali. Questo sistema rappresenta un tentativo di ovviare ai costi elevati delle tecnologie necessarie per ottenere una resa ottimale delle immagini ecografiche trasmesse in telemedicina e consentire una diffusione della tele-ecografia su larga scala.

Nel campo della medicina prenatale, l'ecografia ostetrica è indispensabile per la valutazione della biometria fetale, la diagnosi delle anomalie e la valutazione del benessere del prodotto del concepimento (5). Quando si sospetta un'anomalia fetale, una diagnosi accurata è fondamentale prima di poter discutere con i genitori la più appropriata strategia di *management*. I familiari richiedono informazioni accurate e necessitano, in questi particolari momenti, di un supporto professionale adeguato. Generalmente, essi vengono inviati presso un centro di terzo livello, in cui sia disponibile un team multidisciplinare, composto da specialisti in medicina materno-fetale, neonatologi, chirurghi pediatrici e genetisti. Purtroppo, questi centri di riferimento sono poco numerosi e, generalmente, situati nelle città più grandi. La telemedicina fornisce l'opportunità di superare il *gap* tra le aree decentrate e le città, migliorando l'accesso alle cure mediche e la qualità dell'assistenza sanitaria offerta. Considerando la necessità di utilizzare tecniche ad elevata sensibilità per la diagnosi delle anomalie fetali e di ottenere la maggior quantità di informazioni possibili nel corso dell'esame ecografico, è opportuno che nel corso del teleconsulto ecografico si utilizzi una trasmissione video *real-time*.

Il medico può dare indicazioni all'operatore del sito remoto, in modo da ottenere tutte le informazioni necessarie attraverso un *link* in videoconferenza. Lo specialista, quindi, interpreta i dati ed assiste la

paziente ed i familiari nel *counseling* per il successivo *management* della patologia. Una delle barriere alla telemedicina è l'incremento significativo dei costi in caso si utilizzi la trasmissione a banda larga. La trasmissione di immagini mediche implica un elevato volume di dati. In generale, la trasmissione di immagini non in movimento non pone particolari problemi, in quanto un lieve ritardo nella ricezione è accettabile. La trasmissione di immagini ecografiche in *real-time*, invece, rappresenta una sfida tecnica. L'elevato costo della trasmissione, in questi casi, potrebbe impedire la diffusione di questo tipo di servizio in aree decentrate che, invece, sono quelle in cui se ne avverte di più il bisogno. Sulla base di queste considerazioni, è stato valutato l'utilizzo di ecografi portatili per il teleconsulto. Questo consentirebbe di effettuare la prestazione in siti effettivamente remoti ed in aree decentrate, avendo a disposizione una semplice connessione ad internet. L'ecografia tridimensionale è particolarmente adatta alle applicazioni di telemedicina, in quanto l'intero volume può essere acquisito in un unico tempo e poi trasmesso *online* per il *post-processing* e le successive valutazioni. L'esperto può quindi tagliare e rivedere i piani secondo necessità. La disponibilità di tecnologie in grado di consentire la trasmissione a distanza di questo tipo di dati può davvero migliorare le potenzialità della telemedicina. Un concetto emergente è quello di *M-Health*, ovvero dell'uso di apparecchiature elettromedicali ed informatiche portatili applicato all'assistenza sanitaria. Esso rappresenta l'evoluzione dei sistemi di telemedicina dalle piattaforme tradizionali alle piattaforme *wireless* e mobili. Gli attuali sviluppi nel campo delle comunicazioni *wireless*, integrati con la disponibilità di sistemi con piccolo ingombro o addirittura indossabili, avranno un impatto radicale sui futuri sistemi sanitari. Una delle ultime aree di applicazione delle nuove tecnologie è la tele-ecografia con sistemi *wireless*.

Tutte queste considerazioni sono state alla base di un ulteriore aggiornamento del sistema TOCOMAT di telecardiotocografia convenzionale e computerizzata, attivo da oltre dieci anni in Campania con sede all'Università "Federico II" di Napoli, finalizzato all'erogazione di un servizio di tele-ecografia.

La tele-ecografia nell'ambito del sistema TOCOMAT

Storicamente, la gestione di immagini e dati clinici è stata pensata per i radiologi e si basa su un sistema costituito da PACS (*Picture Archiving and Communication System*) che consiste di un *hardware* e di un *software* per l'archiviazione, la trasmissione e la visualizzazione di immagini diagnostiche digitali.

Un sistema PACS generalmente consiste in un archivio, utilizzato per gestire i dati e le immagini, e di un sistema per la visualizzazione, che consente di visualizzare le immagini su monitor ad elevata risoluzione, quando possibile, per poter formulare la diagnosi. Recentemente, l'evoluzione tecnologica ha reso possibile l'utilizzo dei sistemi PACS nell'ambito di architetture basate sul *web*, consentendo un semplice accesso alle immagini attraverso un *browser* Internet, senza installare altre applicazioni. Ovviamente, la tecnologia del *network* limita la quantità di dati che possono essere trasmessi tra i vari siti in base alla capacità della banda larga. Il sistema di tele-ecografia fetale sviluppato presso l'Unità Operativa Complessa di Medicina dell'Età Prenatale dell'Università "Federico II" di Napoli, come parte della rete TOCOMAT, è basato sul sistema *GE ViewPoint*. Esso è configurato come un sistema mini-PACS, in grado di gestire le immagini ecografiche necessarie per la diagnostica ostetrica e ginecologica. Questo sistema non presenta i limiti di un sistema PACS, in quanto la dimensione media dei *file* di dati è significativamente più piccola di quanto previsto per le immagini radiologiche per le quali i PACS sono stati creati. Inoltre, il sistema *GE ViewPoint* dà al medico la possibilità di organizzare un report completo con la storia clinica di ogni paziente, indipendentemente dal sito in cui la paziente viene esaminata (ospedale principale, sito remoto, ecc.). L'applicazione di tele-ecografia del sistema TOCOMAT consiste di due stazioni di lavoro in grado di condividere i dati ecografici e le immagini via Internet attraverso una connessione sicura via VPN. Possiamo configurare due diverse modalità di connessione degli ecografi alla rete. Nella prima soluzione, l'interfaccia tra l'ecografo ed il sistema di archiviazione può essere effettuata dall'operatore, che deve soltanto attivare la connessione Internet e l'accesso VPN al *network* ospedaliero attraverso un sistema di connessione remota, in grado di inviare le immagini direttamente al *server* remoto. Nella seconda soluzione, invece, la connessione tra l'ecografo ed Internet è diretta, attraverso un PC collegato all'ecografo, direttamente o con sistema *wireless*. Il PC si collega quindi al *network* ospedaliero via VPN. Questa configurazione fornisce all'operatore una stazione di lavoro attraverso la quale è possibile valutare la corretta archiviazione delle immagini e preparare *report* e commenti. La seconda soluzione è quella attualmente utilizzata nell'ambito del sistema TOCOMAT, che fa della connettività *wireless* il suo punto di forza (Fig. 1). Più di un sito remoto può essere collegato alla Centrale Operativa e le apparecchiature possono essere utilizzate anche presso il domicilio delle pazienti. In questo modo, è possibile avere un accesso simultaneo agli stessi dati, per poter fornire in tempo reale una *second opinion* oppure dei suggerimenti agli operatori remoti.



Fig. 1 - Organizzazione del sistema TOCOMAT di tele-ecografia.

L'ecografo utilizzato (GE Voluson-i) è un portatile di ultima generazione, in grado di trasmettere le immagini alla Centrale Operativa attraverso uno Smart Phone T-Mobile MDA GPRS utilizzando una porta bluetooth. La disponibilità di un ecografo portatile consente di effettuare l'esame indipendentemente dalla collocazione spaziale dell'unità remota.

Durante i primi 6 mesi di attività con la versione aggiornata del sistema TOCOMAT, abbiamo esaminato 135 pazienti presso 5 delle 9 unità remote incluse nella rete in Campania. Gli esami sono stati effettuati da operatori locali presso l'unità remota e le immagini sono state trasmesse alla Centrale Operativa e valutate da due esperti. Un esempio di immagini visualizzate presso la Centrale Operativa è riportato nelle Figure 2 e 3. Le principali indicazioni per l'esecuzione

ne dell'esame sono state: valutazione di pazienti ad alto rischio (25%); anomalie fetali isolate (20%); valutazione del ritardo di accrescimento o del benessere fetale durante il terzo trimestre (21%); alterazioni complesse, come complicanze della gravidanza multipla o anomalie fetali multiple (10%). Dopo la scansione eseguita presso l'unità remota, il 22% delle pazienti sono state inviate alla Centrale Operativa del sistema TOCOMAT, per poter effettuare un esame più approfondito e confermare la diagnosi. Ciò significa che il 78% delle pazienti ha evitato di spostarsi dalla propria zona di residenza per poter effettuare la valutazione ecografica. Nel complesso, il teleconsulto ha indotto una modifica della diagnosi iniziale nel 41% dei casi. Il 72% delle pazienti ha già partorito. Tutte le anomalie fetali e le diagnosi sono state confermate alla nascita.



Fig. 2 - Scansione di faccia fetale, visualizzata presso la Centrale Operativa del sistema TOCOMAT.



Fig. 3 - Scansione di addome fetale con ascite, visualizzata presso la Centrale Operativa del sistema TOCOMAT.

Conclusioni

I risultati preliminari ottenuti con l'applicazione della tele-ecografia *wireless* nell'ambito della rete TOCOMAT mostrano come tale sistema sia tecnicamente di semplice applicazione e ben accetto dai medici e dalle pazienti. Esso contribuisce alla diagnosi e alla gestione clinica e sembra in grado di favorire la riduzione del divario nel livello di assistenza sanitaria tra la periferia ed il centro. Quest'ultimo, infatti, rappresenta il principale vantaggio offerto da un sistema di telemedicina. In particolare, nell'ambito della telemedicina prenatale, si aggiunge la possibilità di offrire alle gestanti un servizio di sorveglianza fetale di livello avanzato, senza richiedere alle pazienti spostamenti frequenti dal proprio luogo di residenza, con un indubbio vantaggio in termini di stress emotivo ed anche economico.

Bibliografia

1. Vieyres P, Poisson G, Courrèges F, Mériageux O, Arbeille P. The TERESA project: from space research to ground tele-ecography. *Ind Rob* 2003;30(1):77-82.
2. Courreges F, Vieyres P, Istepanian RSH, Arbeille P, Bru C. Clinical trials and evaluation of a mobile, robotic tele-ultrasound system. *J Telemed Telecare* 2005;11(S1):46-49.
3. Istepanian RSH, Philip N, Martini MG, Amso N, Shorvon P. Subjective and objective quality assessment in wireless teleultrasonography imaging. *Proceedings of the IEE EMBS* 2008;5346-49.
4. Blaivas M, Lyon M, Duggal S. Ultrasound image transmission via camera phones for overreading. *Am J Emerg Med* 2005;23:433-38.
5. Chan FY. Fetal tele-ultrasound and tele-therapy. *J Telemed Telecare* 2007;13(4):167-171.