- Copyright - Il Pensiero Scientifico Editore downloaded by IP 18.220.71.88 Sat, 12 Oct 2024, 06:41:54

Management e qualità

La rivoluzione digitale nel laboratorio di ecocardiografia. Stato attuale e prospettive future

Luigi P. Badano, Antonio Di Chiara, Marika Werren, Carlo Sabbadini*, Paolo M. Fioretti

*Unità Operativa di Cardiologia, *Responsabile Ingegneria Clinica, Azienda Ospedaliera S. Maria della Misericordia, Udine*

Key words:
Clinical database; Echocardiography.

Echocardiography is changing from an operative modality in which most images are stored in analog fashion on videotape into one with most data stored digitally. This transition is accelerating today, fueled by several factors. First, there is widespread recognition of the value of digital storage of echocardiograms, including random access to studies as well as to images within a study, side-by-side comparison with prior studies, easier quantification, and multiplication and remote transmission of images without degradation. Second, continuous improvement of the cost/performance ratio of modern computers makes routine digital echocardiography both feasible and affordable. Finally, the formulation and acceptance within the industry of the DICOM image formatting standard for echocardiography. The acceptance of this standard allows the echo-labs around the world to be free to choose individual echo-machines on the basis of their individual merits for their laboratories with the assurance that these machines will be able to communicate with each other by an internationally agreed upon standard.

Advantages of digital echocardiography are overwhelming and there is little doubt that this approach will be essential for the proper utilization of this technique. The technology will undoubtedly continue to change. Those who are waiting for it to be perfected may be waiting for a long time.

(Ital Heart J Suppl 2000; 1 (12): 1561-1575)

Ricevuto il 20 aprile 2000; nuova stesura il 19 luglio 2000; accettato il 18 settembre 2000.

Per la corrispondenza:

Dr. Luigi P. Badano

Unità Operativa di Cardiologia Azienda Ospedaliera S. Maria della Misericordia Piazzale S. Maria della Misericordia, 15 33100 Udine E-mail: lbadan@tin.it

Nonostante i progressi della tecnologia, l'evoluzione digitale della maggior parte degli ecocardiografi attuali, l'introduzione sul mercato di stazioni di lavoro dedicate ed i dimostrati vantaggi gestionali dell'informatizzazione, la maggior parte dei laboratori italiani di ecocardiografia (a parte l'uso dei *word-processors* per la preparazione dei referti) non hanno ancora iniziato il processo verso la completa digitalizzazione della loro attività[1].

Le modalità operative del tradizionale (analogico) laboratorio di ecocardiografia sono riassunte in figura 1. I limiti gestionali di questa modalità operativa sono evidenti: necessità di ampi spazi fisici e di personale per l'archiviazione dei videotape e dei referti, non trascurabile probabilità di perdere precedenti referti e/o videotape, difficoltà a ritrovare videotape e/o referti fuori posto, laboriosa visualizzazione di un esame in un videotape precedentemente archiviato, assenza di qualunque strumento utilizzabile per il controllo di qualità, amministrativo e clinico del laboratorio (anche la semplice conta del numero di pazienti esterni ed interni risulta difficoltosa e *time-consuming*). Dal punto di vista clinico gli svantaggi sono altrettanto numerosi e vanno dal decadimento della qualità delle immagini (smagnetizzazione ed ossidazione progressiva nel tempo del videotape, anche in relazione al numero di volte che il videotape viene utilizzato) all'impossibilità di confrontare in contemporanea (*side-by-side*) due esami seriati (modalità estremamente utile nella valutazione dell'evoluzione della cinetica regionale del ventricolo sinistro, o nella valutazione dell'eco-stress)[2,3]. Infine, il limite clinico maggiore è rappresentato dal fatto che il laboratorio analogico di ecocardiografia rappresenta una barriera all'utilizzo delle immagini nella decisione clinica. Infatti, in genere gli esami ecocardiografici sono registrati l'uno di seguito all'altro su un videotape fino a che questo è pieno, ed il videotape rimane dentro all'ecografo che risiede nel laboratorio per la maggior parte della giornata. Il clinico deve pertanto prendere le proprie decisioni o sul referto scritto o sulla parola dell'ecografista senza poter visualizzare di-

- Copyright - Il Pensiero Scientifico Editore downloaded by IP 18.220.71.88 Sat, 12 Oct 2024, 06:41:54

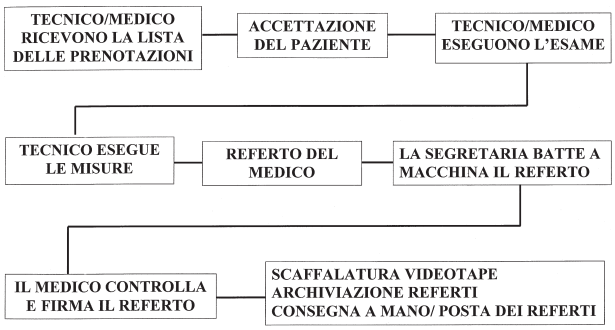

Figura 1. *Modalità ideale di lavoro in un laboratorio di ecocardiografia tradizionale (analogico).*

rettamente le immagini (come fa ad esempio per l'elettrocardiogramma o la radiografia del torace), a meno di recarsi personalmente fino al laboratorio di ecografia ed interromperne il lavoro (cosa che avviene molto eccezionalmente). Inoltre, la trasmissione delle immagini da un ospedale all'altro può avvenire solo mediante trasferimento fisico di una copia del videotape con conseguente perdita di tempo per la copia dell'esame e degradazione della qualità delle immagini. Di fatto avviene solo in casi eccezionali.

In questo articolo tenteremo una messa a punto di come l'evoluzione a modalità operative di tipo digitale possa consentire di superare i limiti evidenziati, lo stato attuale e le possibili prospettive future della tecnologia relativa a questo processo.

Il laboratorio digitale di ecocardiografia

Per comprendere come l'evoluzione al "digitale" del laboratorio di ecocardiografia potrebbe risolvere molti dei problemi elencati, vediamo dapprima cosa è un laboratorio di ecocardiografia digitale e successivamente come lavora. In un laboratorio digitale di ecocardiografia (Tab. I) tutte le informazioni (comprese le immagini) sono acquisite direttamente, o convertite, in forma digitale, e viene utilizzata la modalità digitale per la loro analisi, elaborazione e trasmissione. La modalità operativa di un laboratorio digitale di ecocardiografia è riassunta in figura 2. Rispetto alla modalità operativa del laboratorio analogico, i passaggi che portano alla consegna del referto sono minori ed i vantaggi che ne derivano sono sia di tipo gestionale che clinico.

Tabella I. Caratteristiche funzionali del laboratorio digitale di ecocardiografia.

I dati clinici e demografici dei pazienti ed i referti sono archiviati su appositi database
Le immagini sono acquisite e archiviate in modo digitale
La gestione del laboratorio è digitale (agenda degli appuntamenti, controlli di qualità, ecc.)

Figura 2. *Modalità ideale di lavoro in un laboratorio di ecocardiografia digitale.*

Dal punto di vista gestionale il maggior vantaggio è che la memorizzazione delle immagini da parte dell'ecocardiografista (medico o tecnico) avviene su supporto digitale (tipicamente disco magneto-ottico, hard disk o tecnologie più evolute); la revisione dell'esame, le misurazioni e la refertazione e il confronto con esami precedenti possono pertanto essere effettuati in un secondo tempo (off-line) da una centrale di revisione remota (in genere un PC dedicato in rete) lasciando l'ecocardiografo disponibile per altri esami. Il tempo di refertazione è notevolmente accelerato poiché i dati anagrafici sono già stati registrati al momento dell'accettazione e vengono aboliti i passaggi alla segreteria per la battitura iniziale ed eventuale correzione e ribattitura del referto finale. Il referto potrà essere direttamente consegnato al paziente o spedito telematicamente (fax, E-mail, condiviso in rete telematica intra o interospedaliera), al reparto o ospedale richiedente. L'archiviazione dei referti e delle immagini viene poi gestita su archivi elettronici. I dati sono facilmente elaborabili a fini amministrativi, scientifici, e per l'attuazione dei controlli di qualità del laboratorio[4].

Dal punto di vista clinico, la facilità di accesso e la qualità costante delle immagini rappresentano il maggior vantaggio. Le immagini possono essere riviste su PC dedicati a distanza (eventualmente anche in altri ospedali), confrontate fianco a fianco con quelle di esami precedenti, fornendo quindi al cardiologo clinico uno strumento di lavoro ben diverso dal semplice referto cartaceo. Il tempo di accesso alle immagini digitali è ridotto fino al 90% ed è possibile passare velocemente da un paziente all'altro e, per uno stesso paziente, da una sezione all'altra di un dato esame in ordine casuale con riduzione del tempo di refertazione di circa il 10%[5].

Riassumendo la digitalizzazione dovrebbe migliorare la qualità e l'efficienza globale del laboratorio, riducendo nel contempo la necessità di personale non medico dedicato e lo spazio fisico necessario per l'archiviazione dei dati e delle immagini.

A questo punto dovrebbero essere ormai chiari i prevedibili vantaggi clinici e gestionali del laboratorio di ecocardiografia digitale rispetto a quello analogico tradizionale. Nei paragrafi successivi tratteremo in dettaglio le varie funzioni del laboratorio digitale: l'acquisizione ed archiviazione delle immagini, l'archiviazione dei dati e la refertazione, e la gestione del laboratorio.

- Copyright - Il Pensiero Scientifico Editore downloaded by IP 18.220.71.88 Sat, 12 Oct 2024, 06:41:54

Acquisizione ed archiviazione digitale delle immagini

La fattibilità dell'archiviazione digitale delle immagini ecocardiografiche è stata dimostrata alla fine degli anni '80 da Feigenbaum[3]. Tuttavia questo lavoro pionieristico non ha avuto molto seguito fino ad oggi presumibilmente per varie ragioni: la ridotta capacità di memoria dei computer di allora, il loro costo elevato, la difficoltà a trasmettere i dati elettronicamente causa la lentezza di trasmissione delle reti telematiche, la mancanza di uno standard di archiviazione delle immagini che permettesse lo scambio di dati, ed il fatto che il videotape rappresenta un mezzo di archiviazione delle immagini che costa pochissimo e permette la registrazione in tempo reale di un'enorme quantità di dati.

Le cose oggi stanno cambiando sotto la spinta del progressivo ampliamento della capacità di memoria dei computer e della velocità di trasmissione dei dati sulle reti telematiche, il progressivo miglioramento del rapporto prestazioni/prezzo dei computer e l'adozione del protocollo DICOM (Digital Imaging and Communication in Medicine) 3.0 per l'archiviazione e lo scambio di immagini.

Per quanto riguarda il progresso nella capacità di memoria dei computer attuali e nella velocità di trasmissione dei dati mediante rete telematica, dobbiamo registrare la recente apparizione nel gergo informatico di una quasi incredibile unità di misura della capacità di memoria dei prossimi computer, il pedabyte che rappresenta 1 milione di Gigabyte (1 000 000 000 000 000 byte) ed il progressivo miglioramento dalla velocità dai 10 Mbps (Megabits per second) delle reti Ethernet standard, ai 100 Mbps delle reti Ethernet a fibre ottiche, fino a oltre i 500 Mbps delle reti ATM (Asynchronous Transfer Mode).

D'altro canto, a partire dal 1960, il rapporto prestazioni/prezzo dei computer è raddoppiato (in media) ogni 18 mesi con un trend in netta accelerazione negli ultimi anni. Per fare un esempio pratico, se lo stesso fosse avvenuto nel mercato automobilistico, un'automobile di piccola cilindrata oggi costerebbe circa 150 lire.

DICOM 3.0. Nel 1995, dopo una decina di anni di lavoro, è stata rilasciata la versione 3.0 dello standard per l'archiviazione delle immagini su dischi DICOM che è stata accettata dalle maggiori industrie costruttrici di ecocardiografi, dall'American Society of Echocardiography, dall'American College of Cardiology e dall'European Society of Cardiology. Lo standard DICOM è piuttosto complesso, le sue specifiche sono suddivise in 12 sezioni[6] e la trattazione in dettaglio del protocollo esula dagli scopi di questa rassegna anche perché irrilevante per la pratica quotidiana dell'ecocardiografista. In sintesi, si tratta di una serie di regole che descrivono, in maniera univoca, la struttura dei diversi tipi di immagini utilizzate in medicina e le modalità di scambio delle immagini tra le macchine che le producono ed i computer. Nel gergo di DICOM ogni immagine biomedicale (radiografia, film angiografico, immagine ecocardiografica, immagine di medicina nucleare, ecc.) viene definita *informazione oggetto*; l'azione (stampa, visualizzazione, archiviazione) che viene svolta su quell'informazione oggetto viene definita *classe di servizio*; la macchina (computer, ecocardiografo, angiografo, ecc.) che effettua queste classi di servizi su quell'informazione oggetto viene definita *applicazione* (Fig. 3). L'associazione tra un'informazione oggetto ed una classe di servizio (ad esempio archiviare una radiografia, visualizzare un'immagine ecocardiografica) definisce l'accoppiata oggetto-servizio o *service object pair* (SOP). La SOP è l'unità base della conformità DICOM. Affermare genericamente che una macchina è conforme al DICOM non significa nulla, per sapere se due macchine potranno scambiarsi le immagini prodotte occorrerà sapere quante e quali SOP sono effettuabili da ognuna, e questo si può sapere confrontando i documenti di conformità (Conformance Statement) di quelle macchine prodotti dalle case costruttrici[7].

DICOM definisce un elevato numero di immagini oggetto: ultrasuoni, angiografia, radiologia, risonanza magnetica, tomografia assiale, medicina nucleare, ecc. Per poter definire le immagini oggetto ecocardiografia è stato necessario aggiungere ulteriori specifiche in quanto: 1) un ecocardiogramma è una struttura altamente organizzata di sezioni, cicli, stadi, ecc.; 2) ogni immagine ecocardiografica contiene informazioni quantitative, lineari, temporali e di area; 3) le immagi-

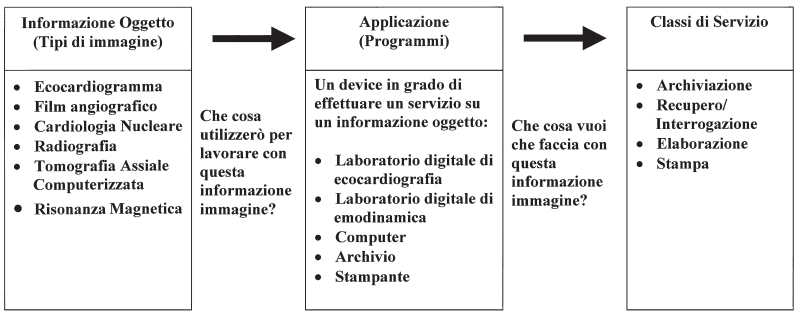

Figura 3. *Schema dei rapporti funzionali alla base dello standard DICOM 3.0.*

- Copyright - Il Pensiero Scientifico Editore downloaded by IP 18.220.71.88 Sat, 12 Oct 2024, 06:41:54

ni del color Doppler sono basate su dati quantitativi di velocità e queste velocità devono rimanere misurabili una volta archiviate le immagini; 4) le sequenze temporali delle registrazioni di un esame ecocardiografico devono essere rispettate, dalla temporizzazione di un eco-stress, alla sincronizzazione delle registrazioni di tracciati Doppler o di curve pressorie; 5) la localizzazione spaziale delle immagini è essenziale per un'eventuale ricostruzione tridimensionale. Inoltre, in aggiunta ai dati relativi alle immagini, lo standard contiene specifiche relative all'identificazione del paziente e della sezione ecocardiografica ottenuta, nonché i dati di calibrazione.

Sulla base dei principi guida elencati, in DICOM 3.0 è stato quindi creato un sofisticato schema di calibrazioni per l'immagine oggetto ecocardiografia. Come si vede nella figura 4, ogni oggetto immagine ecocardiografia può presentare molte regioni che contengono differenti tipi di dati (analogici, M-mode, bidimensionali, ecc.), ed ogni regione deve avere registrate le informazioni sulla calibrazione utilizzata al momento della registrazione per poterne permettere un'analisi quantitativa. Ogni regione viene specificata identificando i pixel minimo e massimo che la racchiudono sul rettangolo dello schermo ed a seconda della modalità eco in esame, ogni pixel assume la propria unità di misura (cm per il bidimensionale, velocità per l'asse verticale del tracciato Doppler, ecc.).

Se lo standard DICOM 3.0 fosse completamente applicato dall'industria, qualunque immagine prodotta da uno strumento che ne rispetta il formato sarebbe perfettamente visualizzabile ed analizzabile da altri strumenti conformi allo standard DICOM 3.0. Il problema con lo standard DICOM 3.0 è la sua complessità per cui il livello di conformità delle diverse case produttrici di ecocardiografi è variabile e, di fatto, al momento attuale i file DICOM 3.0 prodotti da diverse case produttrici non sono sempre perfettamente interscambiabili[7]. Al momento, Acuson e ATL hanno la possibilità di produrre direttamente file DICOM compatibili, mentre Agilent Technologies, Toshiba, Vingmed ed Esaote necessitano di software aggiuntivi per tradurre i file proprietari in file DICOM, che tuttavia non sono sempre perfettamente conformi (ad esempio il software DSR utilizzato dall'Agilent Technologies produce file DICOM 3.0 senza importare le calibrazioni delle immagini).

Immagini digitali o immagini digitalizzate. Un'immagine digitale è composta da un insieme (matrice) di punti (pixel) che sono singolarmente identificabili in base alla posizione (coordinate cartesiane), alla luminosità ed al colore. Questi tre parametri sono espressi in forma numerica binaria (sequenze di 0 e 1). Il vantaggio di definire un'immagine in numeri è che questa può essere "trattata" da un computer. In un ecocardiografo digitale, le immagini nascono già in formato digitale.

In molti laboratori vengono ancora utilizzati ecocardiografi analogici che non hanno un'uscita digitale, oppure non sono disponibili i fondi per allestire l'acquisizione e la visualizzazione digitale delle immagini. In entrambi i casi una soluzione che viene spesso attuata è quella della digitalizzazione delle immagini analogiche mediante utilizzo di *frame grabbers* (in questi casi la qualità delle immagini da archiviare sarà migliore se il segnale verrà acquisito direttamente dalla porta video dell'ecocardiografo rispetto al segnale acquisito dal videoregistratore). I vantaggi di questo approccio sono il basso costo (il software è disponibile in qualunque negozio di articoli per computer), l'immediata applicabilità a qualunque ecocardiografo, il formato dei file ottenuti (.avi, .gif, ecc.) che è manipolabile con software di utilizzo comune già presenti sui computer

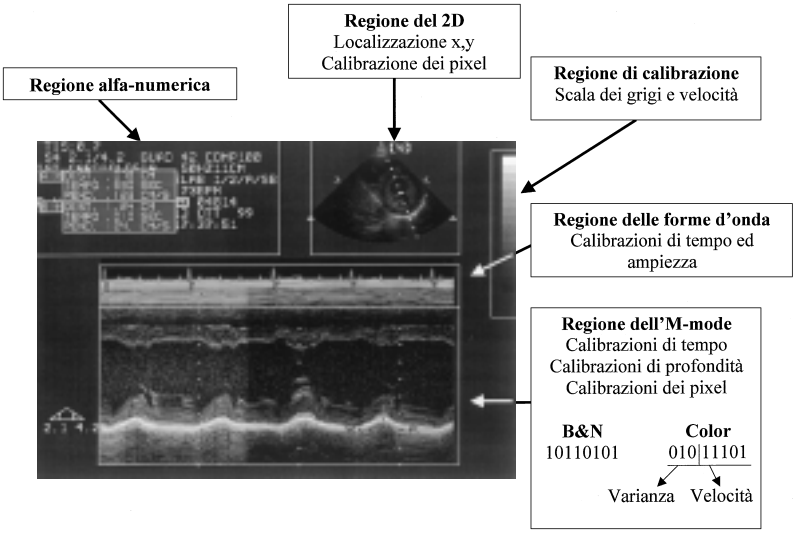

Figura 4. *Regioni di calibrazione all'interno dell'informazione oggetto ecocardiografia. Possono essere specificate molte regioni tra loro indipendenti, ognuna delle quali può avere calibrazioni quantitative, spaziali, temporali e dei pixel.*

- Copyright - Il Pensiero Scientifico Editore downloaded by IP 18.220.71.88 Sat, 12 Oct 2024, 06:41:54

più recenti. Gli svantaggi sono legati al fatto che spesso la digitalizzazione di immagini analogiche comporta distorsioni sia della scala dei colori che della scala dei grigi, il che limita l'utilizzo di algoritmi per la quantizzazione automatica, e perdita sia della calibrazione sia dell'etichettatura automatica delle sezioni registrate, il che riduce significativamente i vantaggi del disporre di immagini digitali al momento della refertazione.

Compressione delle immagini. Comunque vengano acquisite le immagini ecocardiografiche, l'archiviazione digitale non permette la registrazione di un esame ecocardiografico così come avveniva con il videotape. Se registrata per intero, l'enorme quantità di dati che produce un'immagine in movimento ad alta risoluzione (circa 30 MB/s, o 20 Gigabyte per una sequenza ecocardiografica di circa 10 min) porterebbe al collasso qualunque sistema informatico dopo l'archiviazione di poche decine di esami (Tab. II). Si rende pertanto necessario ridurre le dimensioni dei file (possibilmente senza perdere informazioni cliniche) mediante compressione dei dati. Due tipi di compressione dei dati vengono generalmente effettuate: una compressione clinica ed una compressione digitale.

Tabella II. Quantità di memoria utilizzata per l'archiviazione digitale di immagini ecocardiografiche non compresse.

	Immagine bianco e nero	Immagine a colori
Risoluzione	1024×1024×12 bit	512×512×24 bit
1 fotogramma	1.5 MB	0.75 MB
1 secondo (30 fotogrammi)	45 MB	22.5 MB
1 minuto	2700 MB	1350 MB
1 esame (2200 immagini)	3300 MB	1650 MB

La compressione clinica parte dal rilievo che l'attività cardiaca è ciclica, e dal presupposto che le informazioni anatomiche e funzionali contenute nei 30-60 s di registrazione analogica di una data sezione ecocardiografica su videotape possano essere riassunte fedelmente acquisendo in maniera digitale un singolo ciclo cardiaco di quella sezione e riproducendolo in ciclo continuo (*cine-loop)*. Registrando un singolo ciclo cardiaco, invece degli usuali 30 s, di una data sezione ecocardiografica, si ottiene immediatamente una compressione 30:1. Inoltre avere le singole sezioni ecocardiografiche separate in singoli cicli è, come detto, conveniente al momento in cui l'esame viene rivisto. La registrazione dell'esame in singoli cicli, invece che lasciando scorrere il videotape mentre si effettua l'esame, richiede però un'attenta ed intelligente selezione dei cicli da archiviare in modo da non perdere informazioni clinicamente rilevanti. Nella tabella III viene esemplificato lo schema di acquisizione delle immagini utilizzato nel nostro laboratorio[8,9]. Utilizzando questo schema la necessità di memoria per l'archiviazione di un esame ecocardiografico è risultata in media 19 ± 11 MB (mediamente sono stati registrati 7 cicli continui composti da 32 ± 18 fotogrammi e 3 fotogrammi singoli per esame). Lo svantaggio di questo tipo di acquisizione è che esso è estremamente dipendente dall'accuratezza e dalla "scienza" ecocardiografica dell'operatore, e che si rischia di non acquisire quegli eventi occasionali (ad esempio il potenziamento postextrasistolico della funzione ventricolare sinistra), o quelle strutture che appaiono solo in maniera intermittente sullo schermo (corde tendinee rotte, piccole vegetazioni molto mobili, ecc.), o di valutare erroneamente la funzione ventricolare sinistra in pazienti con extrasistolia frequente o fibrillazione atriale. Vi sono diversi studi che hanno confrontato l'accuratezza della registrazione digitale in cicli continui e fotogrammi singoli con quella su videotape tradizionale (Tab. IV)[10-15]. Nella nostra

Tabella III. Schema di acquisizione digitale delle immagini ecocardiografiche nel nostro laboratorio di ecocardiografia.

Immagini da acquisire (se tecnicamente ottenibili) in tutti i pazienti indipendentemente dalla cardiopatia presente
Cine-loops (un singolo ciclo cardiaco se il paziente in ritmo sinusale, almeno 3 cicli cardiaci in presenza di aritmie significative)
- Sezioni parasternali: asse lungo, asse corto a livello della mitrale, asse corto a livello dei papillari
- Sezioni apicali: 4 camere, 2 camere, asse lungo, asse corto dell'apice
- Sezione sottocostale: 4 camere

Still frames
- Tracciati M-mode: aorta/atrio sinistro, ventricolo sinistro
- Immagini bidimensionali: sezione 4 camere apicale in telesistole per visualizzare l'anatomia degli atri
- Tracciato Doppler: riempimento ventricolare sinistro

Immagini aggiuntive, da acquisire in pazienti selezionati
Cine-loops
- Rigurgiti valvolari (color Doppler)
- Sezioni giudicate clinicamente utili in base alla cardiopatia in esame (ad esempio parasternale asse corto a livello della base in caso di stenosi aortica)

Still frames
- Tracciati Doppler in caso di valvulopatia certa o sospetta
- Sezioni o tracciati giudicati clinicamente utili in base alla cardiopatia in esame (ad esempio immagine bidimensionale per la misura del diametro della vena cava inferiore in caso di valutazione della pressione polmonare)

- Copyright - Il Pensiero Scientifico Editore downloaded by IP 18.220.71.88 Sat, 12 Oct 2024, 06:41:54

Tabella IV. Concordanza di rilievi morfo-funzionali rilevati su immagini acquisite in maniera digitale mediante cine-loops e still frames selezionati, ed immagini registrate su videotape in maniera tradizionale.

Autore	Esami valutati	Concordanza (%)
Mobarek et al.[10]	93	99
Mohler et al.[11]	117	94
Segar et al.[12]	110	83*
Lambert et al.[13]	51	96.6
Mahi et al.[14]	101	44-93**
Rubin et al.[15]	30	90

* discordanze maggiori furono rilevate solo nel 2% degli esami;
** solo pazienti con valvulopatia.

esperienza, la concordanza tra acquisizione digitale con il protocollo riportato in tabella III e registrazione videotape tradizionale è allineata con quella degli altri autori con dei valori di K variabili tra 0.55 e 1.0 a seconda delle anomalie considerate. Inoltre, sebbene il valore dell'indice di asinergia del ventricolo sinistro, valutato da 10 osservatori per ciascun esame, fosse simile tra immagini digitali e analogiche (1.52 ± 0.54 e 1.56 ± 0.53, rispettivamente; p = 0.35), abbiamo rilevato un significativo incremento della riproducibilità interosservatore della valutazione della cinetica regionale esaminando le immagini digitali rispetto al videotape (indice di Gini 0.52 ± 0.023 e 0.48 ± 0.021, rispettivamente; p = 0.006)[16]. Rimane tuttavia ancora da accertare l'accuratezza diagnostica dell'acquisizione digitale in singoli cicli continui nelle cardiopatie congenite o nell'esame transesofageo di patologie dell'aorta o di valvulopatie complesse in cui la scansione continua del passaggio tra una struttura e l'altra presenta un elevato contenuto informativo.

Per quanto accurata possa essere la compressione clinica dell'acquisizione digitale, se vogliamo ottenere dei file che possano essere utilizzabili in maniera efficiente con le attuali dotazioni di computer e reti telematiche dobbiamo ricorrere anche ad un certo grado di compressione digitale. Per compressione digitale delle immagini si intende l'eliminazione dei dati ridondanti contenuti nelle immagini per mezzo di algoritmi matematici. Attualmente sono disponibili due tipi di compressione digitale: senza perdita di dati (*lossless*), con perdita di dati (*lossy*). Utilizzando la compressione *lossless* non vi è perdita dei dati rispetto alle immagini originali e pertanto non ci sono problemi relativi all'eventuale scadimento di qualità delle immagini; tuttavia il livello di compressione raggiungibile con questo algoritmo è circa 4:1. Al contrario, la compressione *lossy* comporta perdita di dati rispetto all'originale, il presupposto è che i dati persi siano dati ridondanti e che pertanto il contenuto informativo delle immagini compresse non verrà ridotto. Tuttavia con livelli di compressione molto elevati le immagini scadono di qualità ed il contenuto informativo delle immagini viene alterato in maniera significativa. Vi sono numerosi algoritmi *lossy* di compressione delle immagini che potrebbero essere utilizzati in ecocardiografia. Tra questi, due sono stati studiati più approfonditamente: il JPEG (Joint Photographic Experts Group)[17,18] ed il MPEG (Motion Picture Expert Group)[19,20].

Al momento, il JPEG è l'unico algoritmo di compressione *lossy* delle immagini specificato nello standard DICOM. I dettagli tecnici di questo algoritmo esulano da questa rassegna. Riassumendo possiamo dire che JPEG riduce i dati relativi alle immagini eliminando le ridondanze presenti all'interno del singolo fotogramma e tratta ogni fotogramma indipendentemente dagli altri. Con questo algoritmo si possono raggiungere rapporti di compressione fino ad oltre 30:1. Utilizzando rapporti di compressione fino a 20:1 non si è rilevato alcun significativo scadimento della qualità delle immagini[21-23]. Utilizzando compressioni 20:1 i cicli continui possono essere memorizzati in 1-1.5 MB. Inoltre con JPEG non ci sono problemi per l'analisi quali-quantitativa dei singoli fotogrammi poiché ogni fotogramma viene codificato singolarmente.

Con l'algoritmo MPEG si possono raggiungere rapporti di compressione molto maggiori in quanto non vengono eliminate solo le ridondanze entro i singoli fotogrammi, ma dal confronto di un fotogramma con i precedenti e quelli immediatamente successivi elimina anche le ridondanze spaziali e temporali inter-fotogramma sulla base di un algoritmo predittivo del movimento. A differenza di JPEG che era stato progettato per comprimere fotogrammi statici, MPEG è stato disegnato appositamente per la compressione di filmati ed in quanto tale è presente su molti computer multimediali ed è diventato lo standard per l'industria dei video. Entrambe queste caratteristiche di MPEG rappresentano forti presupposti per ulteriori sviluppi futuri dell'algoritmo. Relativamente al rapporto di compressione ottenibile con MPEG, la risposta non è così immediata come con JPEG. Esso dipende dalle dimensioni del video originale, con un video che presenta una velocità di dati di 1.15 MB/s (escludendo audio e dati di sistema), MPEG produce una compressione nominale di 180:1, mentre la compressione reale effettuata è circa 27:1, la restante riduzione dei dati viene ottenuta trasformando il fotogramma originale (720 × 480) in un'immagine con una risoluzione che è all'incirca quella delle immagini in *quad-screen* (352 × 240). Inoltre, se un pixel di un'immagine NTSC (National Television System Committee) in bianco e nero (640 × 480 × 30 pixel/s) digitalizzato a 8 bit/s viene compresso 64:1, la compressione di un'immagine a colori a risoluzione 24 bit sarà 192:1. Dati recenti indicano che la compressione fino a 200:1 ottenuta con MPEG non determina alcun scadimento della qualità delle immagini[24,25]. Con tali rapporti di compressione, le dimensioni di un esame ecocardiografico digitale vengono ridotte a meno di 1% di quelle iniziali. I possibili effetti negativi della compressione mediante MPEG potrebbero es-

- Copyright - Il Pensiero Scientifico Editore downloaded by IP 18.220.71.88 Sat, 12 Oct 2024, 06:41:54

sere legati al fatto che eliminando le ridondanze interfotogramma, il singolo fotogramma potrebbe non risultare così ben definito come con JPEG[24]. Un problema che invece non è ancora stato chiarito è la possibilità di visualizzare le immagini compresse con MPEG in *quad-screen* o *side-by-side* visto che MPEG lega i fotogrammi l'uno all'altro.

Sul mercato stanno arrivando altri algoritmi di compressione (MPEG-4, JPEG 2000) che in teoria offrono ulteriori vantaggi rispetto ai due descritti. Ad esempio, in JPEG 2000 è presente un algoritmo di compressione che utilizza la trasformata "wavelet" che consentirebbe di ridefinire una compressione progressiva delle immagini da formati *lossy* (con rapporti di compressione fino a 150-200:1) a *lossless* a seconda delle necessità (almeno per i singoli fotogrammi. Non vi sono esperienze su filmati ecocardiografici). Si attendono tuttavia valutazioni pratiche approfondite prima che possano essere inseriti nello standard DICOM.

Archiviazione digitale dei dati e refertazione computerizzata

L'esame del cuore e dei grossi vasi mediante ecocardiografia con le sue varie modalità (M-mode, bidimensionale, tridimensionale, quadridimensionale, Doppler), i vari approcci possibili (transtoracico, transesofageo, epicardico, intravascolare), e le diverse tecniche disponibili (eco-stress, contrasto, immagini in armonica, caratterizzazione tissutale, ecc.) è in grado di generare una quantità tale di dati che è impensabile poter gestire senza l'aiuto di un computer. Per tale motivo, molti laboratori di ecocardiografia hanno sviluppato dei software dedicati per archiviare ed organizzare in un referto tutti questi dati[26-33]. Il problema principale di questi software è che a causa della mancanza di standardizzazione della terminologia ecocardiografica e dei parametri quantitativi da rilevare, essi, nati per soddisfare esigenze locali, sono stati utilizzati solo all'interno del singolo laboratorio che li ha sviluppati, perdendo così la possibilità di sfruttare la ricchezza di dati prodotta dall'ecocardiografia, associata alla sua estesa diffusione territoriale, per creare grosse banche dati utilizzabili a fini scientifici, amministrativi ed epidemiologici. Inoltre, l'impossibilità di accedere alle immagini da parte del clinico non ecocardiografista, la varietà della terminologia utilizzata e dei formati stampa dei referti prodotti, hanno contribuito a ridurre l'utilità clinica del confronto di esami ecocardiografici eseguiti per uno stesso paziente in tempi successivi, in diversi laboratori di ecocardiografia. L'esempio forse più eclatante di varietà della terminologia utilizzata per una singola alterazione morfo-funzionale dell'apparato cardiovascolare è quella relativa al prolasso valvolare mitralico[34], mentre esempi di variabilità dei sistemi di refertazione si trovano nelle diverse scale di gradazione della severità dei rigurgiti valvolari (da 3 a 5 gradi), o nei modelli di segmentazione del ventricolo sinistro per la valutazione della cinetica regionale (da 7 a 20 segmenti)[1]. Un esempio dei possibili inconvenienti clinici dovuti all'utilizzo di diversi modelli di segmentazione del ventricolo sinistro per descrivere la cinetica regionale in un paziente con infarto antero-apicale è mostrato in figura 5[4].

Che questi problemi siano superabili attraverso lo sviluppo di programmi standardizzati per la computerizzazione del referto, è dimostrato dall'esperienza ligure sfociata nel progetto G8-Cardio ANMCO (Appendice). Nel 1992 è stato sviluppato un programma di archiviazione e refertazione computerizzata dell'ecocardiogramma (ARCE)[35] che utilizzava la terminologia standard e le direttive delle linee guida per la creazione di database di dati per l'ecocardiogramma dell'adulto elaborate dalla commissione mista ANMCO-SIC-Società Italiana di Ecografia Cardiovascolare[36]. Il programma, utilizzato per l'attività di routine da 21 dei 24 laboratori liguri di ecocardiografia (87%) permetteva la standardizzazione intralaboratorio della terminologia e dei parametri quali-quantitativi utilizzati per la refertazione, l'archiviazione computerizzata dei dati e la refertazione automatizzata dell'esame, e la possibilità di elaborare facilmente i dati a fini sta-

Modello a 11 segmenti

	Setto Anteriore	Setto Inferiore	Parete Inferiore	Parete Laterale	Parete Anteriore
BASALE	1	1	1	1	1
MEDIO	3	1	1	1	3
APICE		3			

INDICE DI ASINERGIA = 1.54

ESTENSIONE ASINERGIA = 27%

Modello a 16 segmenti

	Setto Anteriore	Setto Inferiore	Parete Inferiore	Parete Ant-Lat.	Parete Anteriore	Parete Post-Lat.
BASALE	1	1	1	1	1	1
MEDIO	3	1	1	1	3	1
APICE		3	3	3	3	

INDICE DI ASINERGIA = 1.75

ESTENSIONE ASINERGIA = 37%

Figura 5. *Esempio di come l'utilizzo di due diversi modelli di segmentazione del ventricolo sinistro per la valutazione della cinetica regionale in uno stesso paziente con infarto miocardico antero-apicale modifichi sostanzialmente gli indici di compromissione funzionale del ventricolo sinistro. Un clinico non esperto di modellistica ecocardiografica potrebbe essere indotto a pensare ad un'estensione o recupero funzionale dell'area infartuata intervenuta tra i due esami con possibili conseguenze nella gestione del paziente. Da Badano e Nicolosi[4], modificata.*

- Copyright - Il Pensiero Scientifico Editore downloaded by IP 18.220.71.88 Sat, 12 Oct 2024, 06:41:54

tistici, amministrativi e scientifici[37]. Al di là di questi obiettivi di minima, l'utilizzo su scala regionale di un programma comune di refertazione ha indotto anche un significativo miglioramento della qualità della prestazione ecocardiografica in Liguria[38], riassumibile in almeno 6 punti:

1. un unico formato stampa di referto con terminologia comune standardizzata veniva prodotto dall'87% dei laboratori liguri di ecocardiografia. Questo comportò un notevole miglioramento della comunicazione tra gli ecocardiografisti ed i clinici che inviavano i pazienti al laboratorio, i quali trovavano sempre le stesse informazioni nella stessa posizione sul foglio del referto, descritta sempre con gli stessi termini ed utilizzando le stesse scale di severità;
2. l'utilizzo comune delle stesse scale di severità delle insufficienze valvolari, delle anomalie morfo-funzionali, degli stessi modelli di valutazione della cinetica regionale del ventricolo sinistro, ecc., migliorò notevolmente l'attendibilità clinica del confronto tra referti di ecocardiogrammi anche se eseguiti in laboratori diversi;
3. l'uso di uno strumento comune di lavoro, che pone le stesse problematiche a tutti, fece nascere l'esigenza di riunioni periodiche tra i laboratori utilizzatori di ARCE per pianificare ulteriori miglioramenti del programma (si arrivò alla versione 3.0) e per armonizzare le modalità di giudizio sulla valutazione qualitativa della severità di molte patologie cardiovascolari (rigurgiti valvolari, ipertrofia o disfunzione ventricolare sinistra, ecc.); tali riunioni hanno contribuito a migliorare la qualità della prestazione ecocardiografica in Liguria;
4. lavorando insieme ed avendo la possibilità di controllare grosse quantità di dati, sorse l'esigenza di avere propri parametri di riferimento per le misure ecocardiografiche[39,40]. L'importanza clinica di poter disporre di valori di riferimento specifici per la popolazione esaminata è nota[4]. Il vantaggio qualitativo da noi rilevato è riassunto in tabella V[40-42];
5. avendo tutti i dati dell'attività dei laboratori su database, i controlli di qualità di base (case mix della casistica afferente ai laboratori, numero di esami effettuati utilizzando le diverse modalità di esame, numero di esami eseguiti da ogni laboratorio e/o dai singoli medici/tecnici, ecc.) erano facilmente ottenibili;
6. la disponibilità di un grosso database di dati ecocardiografici fu un formidabile stimolo all'utilizzo scientifico dei dati. Tra il 1993 ed il 1997, furono organizzati e portati a termine 9 studi multicentrici cui parteciparono 15 dei 24 laboratori liguri di ecocardiografia[39,40,43-49]. Come termine di paragone, possiamo rilevare che prima del 1993, non erano mai stati organizzati studi simili in Liguria e solo 3 dei 24 laboratori in attività avevano prodotto lavori scientifici pubblicati su riviste con revisione tra pari.

Dall'unione dall'esperienza di ARCE e di molte esperienze[29,31,38,50] è nata la commissione che ha preparato l'analisi e l'architettura per il programma di refertazione dell'ecocardiogramma all'interno del software cardiologico del progetto G8-Cardio ANMCO. Il database utilizzato è Oracle ed il programma per la refertazione dell'ecocardiogramma (organizzato in due sezioni: refertazione eco a riposo e refertazione eco-stress) è costituito da 1685 variabili qualitative e quantitative. Ad un'analisi preliminare, le variabili utilizzate in media per ogni referto di un eco a riposo sono 50 ± 11 (intervallo 33-67) su 605 disponibili, ed il tempo medio richiesto per la refertazione è circa 10 ± 4 min (intervallo 5-17 min)[51]. Il software contiene molte variabili e routine disegnate per il controllo di qualità del laboratorio (modalità tecniche utilizzate durante l'esame, data della richiesta dell'esame, medico e reparto referenti, motivazione dello studio, medico, tecnico e supervisore responsabili per lo studio, qualità delle immagini, calcolo dei valori di normalità delle misure, ecc.). I referti ecocardiografici (così come i referti degli altri esami strumentali ed i dati clinici dei pazienti ricoverati) verranno archiviati in un database centralizzato con sede al CILEA di Milano. Questo progetto è il primo tentativo in assoluto di avere un software standardizzato per la refertazione dell'ecocardiogramma ed un database degli esami ecocardiografici a livello nazionale, il che dovrebbe risolvere la maggior parte dei problemi organizzativi e gestionali elencati all'inizio di questo paragrafo.

Tabella V. Confronto tra le specificità dei modelli matematici ligure[40], statunitense[41] ed olandese[42] nel definire i limiti di riferimento per le misure M-mode in un gruppo di 145 soggetti normali.

Misura M-mode	Modello matematico				
	Ligure	USA	p*	Olandese	p*
Diametro diastolico del VS	95.2% (7)	82.8% (25)	0.0007	84.8% (22)	0.0033
Diametro sistolico del VS	97.2% (4)	92.4% (11)	0.06	85.5% (21)	0.0004
Spessore setto interventricolare	91.7% (12)	62.8% (54)	< 0.0001	62.8% (54)	< 0.0001
Spessore parete posteriore del VS	89% (16)	53.1% (68)	< 0.0001	53.8% (67)	< 0.0001
Diametro aorta	90.3% (14)	89% (16)	0.69	87.6% (18)	0.45
Diametro atrio sinistro	93.1% (10)	82% (26)	0.0044	72.4% (40)	< 0.0001

Tra parentesi è indicato il numero di falsi positivi (soggetti normali le cui misure sono al di fuori dei limiti di riferimento calcolati con quel modello matematico). VS = ventricolo sinistro. * χ^2 vs modello ligure.

- Copyright - Il Pensiero Scientifico Editore downloaded by IP 18.220.71.88 Sat, 12 Oct 2024, 06:41:54

Gestione digitale del laboratorio

I vantaggi gestionali (rapidità della produzione del referto, minor necessità di personale e di spazio fisico per il laboratorio, possibilità di monitorare la qualità delle prestazioni, ecc.) e clinici (disponibilità immediata di immagini e referti di esami precedenti da poter visualizzare in contemporanea per confronto, disponibilità alla fine dell'esame di referti ed immagini per i clinici che gestiscono il paziente, possibilità di teleconsulti a distanza, ecc.) che si possono raggiungere con la digitalizzazione del laboratorio di ecocardiografia sono stati descritti nei precedenti paragrafi.

In questo paragrafo affronteremo alcuni problemi pratici da tener presente nel momento in cui si decide di procedere verso la digitalizzazione del laboratorio di ecocardiografia con connessione in rete dei computer.

Dotazione hardware del laboratorio di ecocardiografia. Per poter allestire un laboratorio di ecocardiografia digitale serve innanzitutto qualcuno (ingegneri, informatici) che si occupi della progettazione e, soprattutto, del mantenimento in funzione dell'hardware e del software. Moltissimi sono i vantaggi della digitalizzazione del laboratorio di ecocardiografia, ma occorre ricordare che una volta che il processo è stato portato a termine tutta l'attività del laboratorio dipende dal buon funzionamento del sistema. Se questo si blocca non saremo più in grado di sapere chi è prenotato per l'esame l'indomani, di richiamare le immagini o i referti di esami precedenti, ecc.

Trattando dell'hardware vero e proprio, per poter allestire un laboratorio di ecocardiografia digitale occorrono degli ecocardiografi con uscita digitale con cui connettere l'ecocardiografo con la rete. Ormai, tutti i moderni ecocardiografi hanno un'uscita digitale. Il problema si pone semmai con gli ecocardiografi di vecchia generazione le cui immagini possono essere eventualmente digitalizzate.

La rete telematica è il secondo componente per il nostro laboratorio. La velocità con cui la rete è in grado di trasferire le immagini dal/dagli ecocardiografo/i al server è cruciale per il buon funzionamento del laboratorio. Tanto per dare un'idea, un esame di 50 MB richiede circa 40 s per essere trasferito su una rete Ethernet da 10 Mbps, 4 s su una rete Ethernet da 100 Mbps e circa 1/100 s sulle nuove reti ATM. Non è assolutamente necessario fornirsi delle costose reti ATM a meno di non dover gestire un laboratorio molto grosso che prevede un grosso traffico in rete. Questo anche perché gli ecocardiografi attuali sono dotati di schede che trasmettono a 10 Mbps, anche se in pratica questa velocità di trasmissione non rallenta il sistema poiché gli ecocardiografi trasmettono in maniera incrementale (un ciclo alla volta, uno studio alla volta, ecc.). Tuttavia, una rete da almeno 100 Mbps sembra essere la dotazione minima. Infine occorre prevedere uno switch che isoli la trasmissione delle immagini dall'ecocardiografo al server in modo che le immagini non vengano trasmesse sulla rete del sistema informatico ospedaliero che verrebbe di fatto bloccato durante l'orario di operatività del laboratorio eco.

Il sistema di archiviazione delle immagini è il terzo componente del laboratorio digitale di ecocardiografia. Qui le soluzioni sono variabili e dovrebbero essere personalizzate in base alla collocazione ed al carico di lavoro del laboratorio di ecocardiografia. Prendendo ad esempio un laboratorio di ecocardiografia che esegue circa una ventina di esami al giorno, un'architettura possibile è quella di un archivio organizzato in maniera gerarchica comprendente: un server con ampia memoria RAM (1 Gbyte) per un rapido trattamento/elaborazione delle immagini; una serie di hard disk in modo da fornire un'ampia memoria di massa (600 Gbyte) che consenta di tenere in linea gli esami a medio termine (ad esempio ultimo mese); ed infine un archivio di massa off-line molto ampio a basso costo (ad esempio nastri digitali) su cui tenere l'archivio storico. I nastri digitali moderni sono non solo a basso costo (circa 1/10 dei dischi magneto-ottici) e garantiti ad elevata longevità (circa 30 anni), ma hanno ampia capacità (fino a 35 Gbyte, circa 150 pazienti/nastro), elevata velocità di trasmissione dati (38.2 immagini/s, 5 MB/s in scrittura e 0.96 min per la lettura). Il poter disporre di hard disk ad elevata capacità, di elevate velocità di lettura dei nastri digitali e del fatto che esistono lettori di nastri digitali capaci di esaminare fino a 8 nastri alla volta ha, di fatto, reso obsoleta la necessità di munirsi di juke-box per l'accesso agli esami in archivio.

Per la lettura e la refertazione degli esami bastano dei banali PC di ultima generazione (multimediali) dotati di software di analisi dedicato.

Infine, se il laboratorio prevede che avrà necessità anche di opzioni per la telemedicina, il punto cruciale è la linea utilizzata per la trasmissione dei dati. Rifacendoci all'esempio dell'esame da 50 MB, il tempo di trasferimento dell'esame tra due istituzioni sarà circa 2 ore con un modem da 56 K, 1 ora con linea ISDN, 4.4 min se utilizza un linea T1, e sarà circa 9 s quando disporremo delle reti Internet di seconda generazione che stanno apparendo negli Stati Uniti.

Trasmissione delle immagini dal laboratorio di ecocardiografia. Ci sono fondamentalmente due modi di trasferire le immagini dal server del laboratorio di ecocardiografia ad un computer che risiede in un altro reparto (*client*): uno è quello di inviare il file in modo che poi questo sia aperto e manipolato dal computer *client* (modalità *store-and-forward*); il secondo è quello che il file richiesto dal *client* sia aperto dal server ed il *client* lo visualizza soltanto (modalità *streaming video*). Ovviamente, ci sono vantaggi e svantaggi per entrambe le modalità.

- Copyright - Il Pensiero Scientifico Editore downloaded by IP 18.220.71.88 Sat, 12 Oct 2024, 06:41:54

Il vantaggio principale della modalità *store-and-forward* è che una volta inviato, il file può essere visto ed analizzato all'infinito sul computer *client*, e la rete rimane libera per altre attività. Poiché in genere i file sono rappresentati da singoli cicli continui che, se opportunamente compressi, sono di dimensioni limitate, anche una rete relativamente poco sofisticata (e meno costosa) può produrre soddisfacenti risultati. Lo svantaggio di questa soluzione è che il software per visualizzare ed analizzare le immagini deve risiedere su ciascun computer *client* abilitato, e questo software può anche essere molto costoso in relazione al formato delle immagini utilizzato.

Il vantaggio della modalità *streaming video* è che i computer *client* non necessitano di software sofisticati (riduzione dei costi), anche se i software necessari alla sola visualizzazione in genere non sono in grado di leggere le calibrazioni delle immagini necessarie per l'analisi quantitativa. Un ulteriore svantaggio della modalità *streaming video* è che la rete rimane occupata mentre si visualizza il filmato. Se il filmato deve essere visto più volte, il tempo di occupazione della rete si prolunga proporzionalmente. Anche se la modalità *streaming video* è emergente come modalità standard per la multimedialità su Internet, essa è stata sviluppata per la visualizzazione delle immagini e non per la loro analisi, e pertanto le possibilità di analisi quantitativa sono limitate. Infine, per poter visualizzare immagini sulle reti (anche se a fibre ottiche) è necessario raggiungere rapporti di compressione delle immagini molto elevati.

Con la tecnologia attuale, ci sembra che la modalità *store-and-forward* sia la più flessibile e quella che permette anche un'adeguata analisi quantitativa.

Punti da valutare prima di implementare una rete telematica nel laboratorio di ecocardiografia. David Adams, uno dei tecnici della Duke University (l'istituzione con la maggior esperienza di archiviazione digitale delle immagini), ha proposto una serie di punti di meditazione per chi ha intenzione di impiantare una rete telematica nel proprio laboratorio di ecocardiografia[52]. Punti di meditazione che abbiamo trovato molto utili e pratici e che, opportunamente modificati, riproponiamo in tabella VI.

Tabella VI. Punti da valutare prima di intraprendere l'evoluzione al digitale del laboratorio di ecocardiografia.

- Cosa vogliamo memorizzare (numero di cicli continui, lunghezza dei cicli continui in termini di battiti cardiaci, o singoli fotogrammi)?
- Chi e quali laboratori/reparti saranno compresi nella rete (solo il laboratorio eco, anche la cardiochirurgia, anche il Pronto Soccorso, tutto l'ospedale, anche unità operative poste al di fuori dell'ospedale)?
- Chi si occuperà di memorizzare i dati (archiviazione dati, acquisizione immagini, preparazione dei referti, ecc.)?
- Chi si occuperà della manutenzione della rete?
- Quanto dovranno essere accessibili le immagini (tutte sempre, solo quelle dell'ultimo mese, 24 ore su 24, 7 giorni su 7)?
- Qual è l'attuale modalità operativa del laboratorio di ecocardiografia e come dovrebbe cambiare?
- Chi avrà accesso ai dati (tutti, persone/reparti selezionati)?
- Quale sarà il supporto di archiviazione dei dati?
- Come saranno acquisiti i dati dall'ecografo e come saranno archiviati sul server?
- Come saranno messi in relazione dati ed immagini?

Conclusione

I potenziali vantaggi del laboratorio di ecocardiografia digitale su quello analogico sono ovvi. La tecnologia attuale offre soluzioni hardware e software che ne rendono possibile la realizzazione. I costi della trasformazione, sebbene elevati in partenza, si attenuano nel tempo con i risparmi di gestione ed il significativo miglioramento dell'efficienza. Possibili freni alla realizzazione di questa trasformazione potrebbero essere la richiesta di un drastico cambio delle modalità operative del laboratorio e l'attesa di ulteriori miglioramenti tecnologici. Per quanto riguarda il primo, dipende solo dalla volontà e flessibilità del personale che vi opera, per il secondo, sembra un'attesa inutile poiché, ad oggi, non è prevedibile che vi sarà un momento in cui l'evoluzione tecnologica rallenterà, semmai il contrario.

Riassunto

La gestione completamente digitale del laboratorio di ecocardiografia (agende computerizzate per la prenotazione, archiviazione digitale di immagini e referti, possibilità di visualizzare le immagini in siti remoti per mezzo di rete locale o a distanza via modem, refertazione computerizzata, ecc.) è ormai divenuta un'opzione fattibile nella routine clinica. Questa opzione è sostenuta da tre fattori principali: 1) progressiva riduzione del rapporto prezzo/qualità dell'hardware; 2) definizione di un formato standard per l'archiviazione delle immagini (DICOM 3.0); 3) presa di coscienza dei vantaggi gestionali e clinici offerti dalla digitalizzazione del laboratorio.

Questa messa a punto cerca di orientare il cardiologo ecocardiografista tra la molteplicità delle possibilità gestionali e delle offerte tecnologiche oggi disponibili.

Parole chiave: Database clinico; Ecocardiografia.

Glossario

ACR. Acronimo per American College of Radiology.

Analog. Modalità di rappresentazione dei dati utilizzando informazioni che cambiano continuamente. Ad esempio le immagini video mostrate su un televisore sono formate da 525 linee, ed ogni linea video è una forma d'onda che varia continuamente per rappresentare le intensità luminose delle immagini.

- Copyright - Il Pensiero Scientifico Editore downloaded by IP 18.220.71.88 Sat, 12 Oct 2024, 06:41:54

A/D converter. Uno strumento in grado di convertire segnali analogici in dati digitali.

Association. 1) Un contratto di accordo tra due sistemi che stabilisce il tipo di dati che saranno scambiati e come tali dati verranno codificati (Association Negotiation); 2) l'atto con cui due sistemi si collegano, concordano, trasferiscono dati e si scollegano.

ATM. Acronimo per Asynchronous Transfer Mode, una tecnologia emergente per reti ad alta velocità con capacità di trasmissione variabili da 1.544 Mbps (T1) a 2 Gbps (SONET OC 48), ma tipicamente nell'ordine di 150 Mbps (OC-3c).

AUI. Tipo di connettore utilizzato per collegarsi alla rete. Il connettore AUI ha bisogno di un adattatore (AUI adapter, ad esempio RJ-45) per collegarsi alla rete.

Bandwith. 1) La differenza in Herz tra la frequenza più alta e quella più bassa di un canale di trasmissione; 2) la quantità di dati che possono essere inviati ogni secondo attraverso un determinato circuito di comunicazione, generalmente espressa in Kbps o Mbps.

Baud (velocità). Unità di trasmissione dati uguale al numero di condizioni discrete al secondo. In un sistema di stato binario, rappresenta il numero di bit al secondo.

Bit. 1) Unità di informazione; 2) la quantità di informazione ottenuta rispondendo ad una domanda la cui risposta sia sì/no; 3) una quantità che può assumere uno di due valori (vero/falso, sì/no); 4) la più piccola quantità di memoria, sufficiente ad archiviare 1 bit.

BNC. Un tipo di connettore per collegarsi a cavi doppi, o a cavi coassiali standard.

Byte (B). Un componente nella macchina; più spesso 8 bit. Un byte tipicamente contiente 1 carattere o 1 pixel.

CEN-TC251. Acronimo per European Committee for Standardization. Il suo comitato tecnico 251 per l'informatica medica ha la missione di sviluppare standard di comunicazione tra sistemi indipendenti di informazione medica in modo che i dati clinici e gestionali prodotti da un computer possano essere trasmessi ad un altro.

CD-R. Acronimo per Compact Disk-Recordable. Un CD su cui si possono registrare dati. È diverso dai CD-ROM o CD audio che possono solo essere riprodotti.

Client/server. Client è un computer o un sistema che richiede un servizio ad un altro computer sistema che rappresenta il server.

Clinical data. Tutti i dati con contenuto clinico comprese immagini, forme d'onda, misure, rilievi obiettivi e referti.

Conformance Statement. Documento fornito dalle case produttrici di elettromedicali conformi al DICOM che specifica a quali parti del protocollo DICOM quel particolare elettromedicale è conforme.

DAT. Acronimo per Digital Audio Tape. Supporti di memoria di massa a basso costo.

DICOM. Acronimo per Digital Imaging and Communication in Medicine. Uno standard che definisce il formato di file immagine ed i protocolli di scambio dei file tra diverse apparecchiature elettromedicali digitali, e tra queste ed i computer.

DICOMDIR. File utilizzato per memorizzare le informazioni relative ai file DICOM memorizzati sullo stesso supporto su cui il file risiede.

DCT. Vedi JPEG-DCT.

Digital. Modalità di rappresentazione delle informazioni utilizzando variabili discrete (non continue). Ad esempio un'immagine digitale è formata da un certo numero di unità semplici denominate pixel. A differenza delle analogiche, le immagini digitali possono essere elaborate in quanto sono rappresentazioni matematiche del mondo reale.

Digital image. Un'immagine che è memorizzata in dati discreti (sequenze di 1 e 0) sia per le coordinate spaziali che per la luminosità.

DPCM. Vedi JPEG-DPCM.

dpi. Acronimo per dots per inch, unità di misura della risoluzione di stampanti, scanner e monitor.

DVD. Acronimo per Digital Video Disk.

Ethernet. Termine utilizzato per descrivere diversi tipi di rete per computer. Sotto questo termine sono compresi diversi tipi di cavi a diverse velocità (vedi lo standard IEEE 802.3/ISO8802.3).

FDDI. Acronimo per Fiber Distributed Data Interconnect, una rete locale con velocità di trasmissione 100 Mbps.

Gps. Abbreviazione Gigabits per second (1 miliardo di bit al secondo), unità di misura della velocità di trasferimento dati di un sistema informativo.

Gbyte. Abbreviazione di Gigabyte (1 miliardo di byte).

Gray scale resolution o gray scale. La risoluzione della luminosità di un'immagine espressa dal numero di bit utilizzati per rappresentare la luminosità di un pixel.

GUI. Abbreviazione per Graphical User Interface. Indica l'utilizzo di immagini invece di parole per mostrare l'input e l'output di un programma.

HIS. Acronimo per Hospital Information System.

HL7. Acronimo per Health Level 7, un protocollo comune per la comunicazione con i sistemi informatici dell'ospedale e della radiologia.

hub. Uno strumento utilizzato per collegare molti nodi ad una rete. Utilizzati insieme ai router, gli hub consentono di creare delle sottoreti.

Hz. Abbreviazione di Hertz, unità di frequenza che corrisponde ad un evento al secondo.

Icon. Una piccola figura che rappresenta un file, una cartella o un programma in un'interfaccia grafica (GUI).

IMACS. Acronimo per Image Management and Communication System.

Implicit VR Little Endian. Un tipo di codificazione di dati che è la sintassi di trasferimento dati di default in DICOM.

Interchange. In genere si riferisce allo scambio di immagini

- Copyright - Il Pensiero Scientifico Editore downloaded by IP 18.220.71.88 Sat, 12 Oct 2024, 06:41:54

diagnostiche tra diverse istituzioni. A volte viene usato anche per indicare lo scambio di immagini all'interno della singola istituzione.

Internet. Qualsiasi gruppo di reti informatiche connesse mediante router. Internet è l'esempio più grande di una internet.

IOD. Acronimo per Information Object Definition (in DICOM).

IP. Acronimo per Internet Protocol, la base per il protocollo TCP/IP utilizzato dalle reti Ethernet.

ISO. Il prefisso di International Organization for Standardization.

ISDN. Acronimo per Integrated Service Digital Network una doppia linea telefonica a 64 Kbps per la trasmissione dati ad alta velocità che è più economica della T1.

Interpolation. Uno dei metodi utilizzati per modificare le dimensioni di una matrice di pixel di un'immagine che stima il valore del pixel dai dati dei pixel che gli stanno vicino. Può essere cubica o lineare.

JPEG. Acronimo per Joint Photographic Experts Group.

JPEG-DCT. Acronimo per Joint Photographic Experts Group-Discrete Cosine Transform, è il tipo di compressione dati "lossy" utilizzato in DICOM.

JPEG-DPCM. Acronimo per Joint Photographic Experts Group-Differential Pulse Code Modulation, è il tipo di compressione dati "lossless" utilizzato in DICOM per memorizzare le angiografie su disco CD-R.

Juke-box. Uno strumento di immagazzinamento dati che ha la possibilità di cambiare automaticamente i supporti (ad esempio CD) su cui i dati sono memorizzati quando il computer richiede dei dati che non sono presenti sul supporto al momento in uso.

Kbps. Abbreviazione per Kilobits per second. Una misura della capacità di trasferimento dati di un sistema.

LAN. Acronimo per Local Area Network.

Lossless compression. Una categoria di algoritmi di compressione delle immagini che presentano le seguenti caratteristiche: 1) le immagini digitali originali possono essere esattamente (bit per bit) riprodotte come sono state acquisite; 2) non inficiano l'elaborazione delle immagini una volta decompresse; 3) possono raggiungere livelli di riduzione dei dati relativamente bassi.

Lossy compression. Una categoria di algoritmi di compressione delle immagini che presentano le seguenti caratteristiche: 1) le immagini digitali originali non possono essere riprodotte esattamente come sono state acquisite, ma le variazioni non sono visivamente apprezzabili; 2) possono introdurre artefatti nelle immagini che possono inficiarne l'elaborazione una volta decompresse, 3) la prevalenza di artefatti aumenta quanto più aumentano i livelli di compressione o all'aumentare dei dettagli contenuti nell'immagine; 4) sono possibili livelli di compressione molto più elevati rispetto agli algoritmi lossless.

MB. Abbreviazione per Megabyte (1milione di byte di informazioni).

Mbps. Abbreviazione per Megabits per second. Una misura della capacità di trasferimento dati di un sistema. Megabit sta per 1 milione di bit.

Mbytes/s. Abbreviazione di Megabyte al secondo. Una misura della capacità di trasferimento dati di un sistema.

Media. Il termine media viene utilizzato nel DICOM per descrivere i supporti fisici per l'archiviazione dei dati approvati nella Parte 12 dello standard DICOM. I media attualmente approvati sono: CD-R da 120 mm; disco magneto-ottico da 90 mm; disco magneto-ottico da 130 mm 650 MB; disco magneto-ottico da 130 mm 1.2 GB; dischetti da 1.44 MB. I profili di applicazione definiscono quale specifico media è necessario per l'interscambio dei dati.

Modulation Transfer Function. Una curva che mostra la differenza tra le informazioni in entrata ed in uscita da un sistema.

MPEG. Acronimo per Motion Picture Expert Group.

NEMA. Acronimo per National Electrical Manufacturers Association.

Network. La connessione tra due o più computer per creare un sistema di comunicazione ed interscambio dati.

Node. Una connessione che mette in contatto una macchina ad una rete. Il termine "node" può anche riferirsi al numero di stazioni di computer in una rete.

NTSC. Acronimo per National Television System Committee.

Optical disk. Un gruppo di "media" che utilizzano un supporto magneto-ottico per archiviare i dati.

OSI. Acronimo per Open System Interconnect. OSI è un modello di riferimento di architettura di rete ed una serie di protocolli per implementare l'architettura di rete.

PACS. Acronimo per Picture Archiving and Communication System.

PDU. Acronimo per Protocol Data Unit. Un termine che descrive un gruppo di dati codificati e trasmessi per mezzo di una rete.

Pixel. La più piccola porzione in cui un'immagine digitale può essere suddivisa. Ogni pixel presenta diversi livelli di intensità luminosa (da 0 a 255). Il valore 0 corrisponde al nero, il valore 255 corrisponde al bianco.

Pixel matrix. Il numero di pixel, in orizzontale ed in verticale, che formano un'immagine.

POTS. Acronimo per Plain Old Telephone System.

Private attribute. Un parametro che non è definito nello standard DICOM.

Private SOP class. Una classe SOP non definita nello standard DICOM, ma pubblicata in un implementation del Conformance Statement.

RAID. Acronimo per Redundant Array of Inexpensive Disks, una qualsiasi delle 6 configurazioni dei driver per dischi convenzionali per aumentare la velocità e/o l'affidabilità del sistema.

Real World Activity (RWA). Ciò che esiste nella pratica quotidiana che si riferisce ad una specifica area di elaborazione delle informazioni che rientra nel campo di interesse del DICOM.

Real World Object. Ciò che esiste nella pratica quotidiana su

- Copyright - Il Pensiero Scientifico Editore downloaded by IP 18.220.71.88 Sat, 12 Oct 2024, 06:41:54

cui possono essere effettuate operazioni che rientrano nel campo di interesse del DICOM.

Repeater. Uno strumento che ripete il segnale o i bit da un segmento fisico di una rete ad un altro estendendo la distanza ricoperta dalla rete stessa.

Replication. Uno dei metodi utilizzati per comprimere un'immagine. Si riduce la matrice in pixel copiando le informazioni immagazzinate nel pixel accanto.

RIS. Acronimo per Radiology Information System.

RJ-45. Un tipo di connettore che assomiglia al jack per connessione telefonica (però più largo) che viene utilizzato per collegarsi fisicamente ad una rete formata da cavi accoppiati.

ROI. Acronimo per Region of Interest (in medicina) e Return on Investment (in finanza).

Router. Strumento per collegare più reti tra loro. Seleziona il percorso migliore per i dati in relazione alla velocità di collegamento e al numero di nodi.

SCP. Acronimo per Service Class Provider che indica il sistema che risponde ad una specifica richiesta.

SCU. Acronimo per Service Class User che indica il sistema che chiede un servizio al SCP.

SONET. Acronimo per Synchronous Optical Network.

Service Object Pair (SOP) class. L'unione di uno specifico tipo di servizi DICOM con una particolare informazione oggetto che definiscono un preciso contesto per la comunicazione.

SNOMED. Systematic Nomenclature of Human and Veterinary Medicine: linguaggio sviluppato in collaborazione con la National Library of Medicine per la standardizzazione del linguaggio medico.

Spatial filter. Un algoritmo matematico che modifica i pixel di un'immagine in base alle informazioni ottenute dai pixel che lo circondano.

Spatial resolution. La risoluzione di un'immagine in orizzontale ed in verticale espressa con il numero di pixel che la compongono.

Storage class. Un termine utilizzato per definire i sistemi in grado di archiviare informazioni. I computer e gli archivi centrali di immagini sono degli storage class providers nel momento che accettano informazioni provenienti da altri sistemi.

TCP. Il protocollo di trasporto delle informazioni (sviluppato dal Ministero della Difesa statunitense) più comune su Ethernet e Internet.

TCP/IP. Acronimo per Transmission Control Protocol over Internet Protocol. Il protocollo standard de facto per Ethernet.

Temporal resolution. La risoluzione temporale di un'immagine espressa in numero di immagini al secondo.

T1. Una linea telefonica digitale specializzata con una velocità di trasmissione di 1544 Mbps.

UID. Acronimo per Unique Identifier, utilizzato in DICOM per definire le informazioni in maniera non ambigua.

WAN. Acronimo per Wide Area Network.

WYSIWYG. Acronimo per What You See Is What You Get.

10Base5 (o ThickNet Ethernet). Termine riferito a rete Ethernet che utilizza cavi coassiali spessi. 10 significa 10 Mbps, base sta per baseband in opposizione a RF, e 5 significa lunghezza massima 500 m con un massimo di 100 nodi per segmento.

10Base2 (o ThinNet Ethernet). Termine riferito a rete Ethernet che utilizza cavi RG-58 o similari di lunghezza massima 185 m con un massimo di 30 nodi per segmento.

10BaseT. Termine riferito a rete Ethernet con cavi doppi, di lunghezza massima 100 m con necessità di hubs per connettere i nodi.

1X. Un termine che si riferisce alla velocità dei primi lettori per CD. Tutti i driver attuali sono confrontati con i primi per cui 6X significa un drive 6 volte più veloce degli originali. 1X è uguale a 150 Kbytes/s.

Appendice

Sinossi del progetto G8-Cardio ANMCO

Il progetto G8-Cardio ANMCO (http://www.g8cardio.org) vede la partecipazione attiva dell'ANMCO alle strategie informatiche cardiologiche dei pazienti che vivono nei paesi aderenti al gruppo del G8. Il progetto è suddiviso in due sottoprogetti: il G8-Cardio ed il Registro delle UTIC. Il progetto sull'interoperabilità dei database e delle card cardiologiche – G8-Cardio – ha come obiettivo lo sviluppo e l'implementazione di un software per la gestione dei dati clinico-strumentali dei pazienti cardiopatici ricoverati nelle strutture cardiologiche e cardiochirurgiche aderenti all'ANMCO. Questo software, che consentirà di gestire le informazioni cliniche di un intero Dipartimento cardiologico, anche con emodinamica e cardiochirurgia, conterrà i referti integrali di tutti gli esami strumentali, invasivi e non invasivi, utilizzando programmi dedicati sviluppati dall'ANMCO in collaborazione con tutte le società scientifiche e i gruppi di studio interessati. Il software consentirà la stampa di una lettera di dimissione, l'invio dei dati al server centrale dell'ANMCO e la creazione di una card cardiologica che conterrà i dati anagrafici e quelli atti alla gestione di eventuali emergenze. La card fungerà inoltre da codice di accesso alla rete dei centri cardiologici e al server centrale dell'ANMCO, dove i dati dei pazienti verranno conservati, in forma riservata e accessibile solo ai cardiologi dell'ANMCO e solo con l'esplicito consenso dei pazienti.

Il Registro delle UTIC è operativo dal 1° marzo 2000, con la partecipazione di 130 UTIC localizzate su tutto il territorio nazionale. Altre 60-70 UTIC saranno connesse nei prossimi mesi e altrettante nei primi mesi del 2001. Il software consente l'archiviazione dei dati clinici e strumentali (in forma semplificata) dei pazienti, la stampa di una lettera di dimissione, l'invio dei dati (in forma anonima e criptata) al database centrale dell'ANMCO, la creazione di una card cardiologica (simile a una carta di credito) da consegnare ai pazienti al momento della dimissione. Sulla card vengono registrati, in forma criptata, tutti i dati clinici e strumentali del paziente. La card potrà essere letta in tutti i centri aderenti al Registro delle UTIC, consentendo una condivisione delle informazioni cliniche per il migliore trattamento dei pazienti cardiopatici che si ricoverino nei centri ANMCO. Il software del Registro delle UTIC, infine, è collegato al software Cardioscreen, per il calcolo e la gestione dei DRG e la stampa della scheda di dimissione ospedaliera.

- Copyright - Il Pensiero Scientifico Editore downloaded by IP 18.220.71.88 Sat, 12 Oct 2024, 06:41:54

Al di là degli obiettivi assistenziali, la raccolta centralizzata, nel database dell'ANMCO, dei dati clinici e strumentali dei pazienti ricoverati nelle UTIC e nei Dipartimenti cardiologici dell'ANMCO consentirà la raccolta di informazioni di estrema utilità sulla gestione dei pazienti ricoverati in cardiologia, la durata della degenza, l'assorbimento di risorse, l'utilizzo delle metodiche diagnostiche e le strategie terapeutiche.

Il progetto G8-Cardio pone l'ANMCO all'avanguardia nel campo dei database informatici e consente alla nostra Associazione di avere un ruolo chiave all'interno del G8.

Steering Committee del progetto "G8-Cardio"
Prof. Attilio Maseri (Coordinatore)
Dr. Giancarlo Carini (membro)
Dr. Domenico Cianflone (membro)
Dr. Fabio Fonda (membro)
Dr. Marco Gorini (membro)
Dr. Andrea Marchesini (membro)
Dr. Pier Franco Ravizza (membro)
Dr. Marco Tubaro (membro)

Steering Committee del progetto "Registro delle UTIC"
Prof. Nicola Mininni (Coordinatore)
Dr. Giancarlo Carini (membro)
Dr. Francesco Chiarella (membro)
Dr. Domenico Cianflone (membro)
Dr. Pier Franco Ravizza (membro)
Dr. Marco Tubaro (membro)

Commissione ECO del progetto G8-Cardio
Dr. Andrea Marchesini (membro ANMCO, Coordinatore)
Dr. Luigi Badano (membro SIEC)
Dr. Antonio Mantero (membro SIEC)
Dr. Alfredo Pizzuti (membro ANMCO)

Bibliografia

1. Mandorla S, Badano L, Domenicucci S, et al. Indagine conoscitiva sulle modalità di refertazione e di archiviazione in ecocardiografia. Giornale Italiano di Ecografia Cardiovascolare 1996; 6: 3-8.
2. Crawford MH. Perspectives in exercise echocardiography: the role of digital acquisition and storage of images. Coron Artery Dis 1991; 2: 531-5.
3. Feigenbaum H. Digital recording, display, and storage of echocardiograms. J Am Soc Echocardiogr 1988; 1: 378-83.
4. Badano L, Nicolosi GL. Proposed tools for quality assurance in echocardiography. G Ital Cardiol 1999; 29: 1517-25.
5. Dall'Armellina E, Badano L, Bordin P, et al. Fattibilità e valutazione dell'efficacia dell'archiviazione digitale delle immagini ecocardiografiche. (abstr) Ital Heart J 2000; 1 (Suppl 1): 120.
6. Thomas JD. The DICOM image formatting standard: what it means for echocardiographers. J Am Soc Echocardiogr 1995; 8: 319-27.
7. Waitz AS. An echocardiographer's guide to determining whether DICOM disk interchange can be achieved between two systems. In: Kennedy TE, Simon R, Thomas JD, Tilkemeier PL, eds. Digital cardiac imaging in the 21st century: a primer. Bethesda, MD: Cardiac and Vascular Information Working Group of DICOM, 1997: 138-45.
8. De Luca I, Balbarini A, Gambelli G, et al. Documento sulle modalità di accreditamento in ecocardiografia per la risoluzione delle situazioni storiche. Giornale Italiano di Ecografia Cardiovascolare 1997; 7: 89-96.
9. Badano L, Balbarini A, Calabrò R, et al. Raccomandazioni della Società Italiana di Ecografia Cardiovascolare per lo studio della funzione globale e regionale del ventricolo sinistro mediante ecocardiografia bidimensionale e Doppler. Giornale Italiano di Ecografia Cardiovascolare 1997; 7: 61-70.
10. Mobarek SK, Gilliland YE, Bernal A, Murgo JP, Cheirif J. Is a full digital echocardiography laboratory feasible for routine daily use? Echocardiography 1996; 13: 473-82.
11. Mohler ER III, Ryan T, Segar DS, Sawada SG, Fineberg NS, Feigenbaum H. Comparison of digital with videotape echocardiography in patients with chest pain in the emergency department. J Am Soc Echocardiogr 1996; 9: 501-7.
12. Segar DS, Skolnick D, Sawada SG, et al. A comparison of the interpretation of digitized and videotape recorded echocardiograms. J Am Soc Echocardiogr 1999; 12: 714-9.
13. Lambert AS, Miller JP, Foster E, Schiller NB, Cahalan MK. The diagnostic validity of digitally captured intraoperative transesophageal echocardiography examinations compared with analog recordings: a pilot study. J Am Soc Echocardiogr 1999; 12: 974-80.
14. Mahi S, Mayer E, Baglin T, Homa D, Marwick T. Interpretation of digital clips reduces reading time without loss of accuracy versus video-tape interpretation in patients with valvular disease. (abstr) European Journal of Echocardiography 1999; S44.
15. Rubin DN, Homa D, Asher CR, et al. Digital storage of transthoracic echocardiograms as cine loops and still frames is feasible and maintains interpretative accuracy. (abstr) J Am Coll Cardiol 1999; 33: 164A.
16. Badano L, Dall'Armellina E, Bordin P, et al. Accuratezza interpretativa di un protocollo di archiviazione digitale delle immagini ecocardiografiche. (abstr) Ital Heart J 2000; 1 (Suppl 1): 122.
17. Caviglioli C. JPEG compression: spelling out the options. Advanced Imaging 1991; 6: 44-8.
18. Leger A, Omachi T, Wallace G. JPEG still picture compression algorithm. Optical Engineering 1991; 30: 947-54.
19. Gall D. MPEG: a video compression standard for multimedia applications. Communication Association for Computing Machinery 1991; 3: 47-58.
20. Soble JS. MPEG digital video compression. In: Kennedy TE, Simon R, Thomas JD, Tilkemeier PL, eds. Digital cardiac imaging in the 21st century: a primer. Bethesda, MD: Cardiac and Vascular Information Working Group of DICOM, 1997: 192-7.
21. Karson TH, Chandra S, Morehead AJ, Syewart WJ, Nissen SE, Thomas JD. JPEG compression of digital echocardiographic images: impact on image quality. J Am Soc Echocardiogr 1995; 8: 306-18.
22. Karson TH, Zepp RC, Chandra S, Morehead AJ, Thomas JD. Digital storage of echocardiograms offers superior image quality to analog storage, even with 20:1 digital compression: results of the digital echo record access study. J Am Soc Echocardiogr 1996; 9: 769-78.
23. Thomas JD, Chandra S, Karson TH, Vandervoort PM. Digital compression of echocardiograms: impact on quantitative interpretation of color Doppler velocity. J Am Soc Echocardiogr 1996; 9: 606-15.
24. Soble JS, Yurow G, Brar R, et al. Comparison of MPEG digital video with super VHS tape for diagnostic echocardiographic readings. J Am Soc Echocardiogr 1998; 11: 819-25.
25. Spencer K, Solomon L, Mor-Avi V, et al. Effects of MPEG compression on the quality and diagnostic accuracy of digital echocardiographic studies. J Am Soc Echocardiogr 2000; 13: 51-7.
26. Bacchi Reggiani ML, Binetti GF, Lamberti C, Magnani B.

- Copyright - Il Pensiero Scientifico Editore downloaded by IP 18.220.71.88 Sat, 12 Oct 2024, 06:41:54

A low cost echocardiographic measurement and data base system for clinical and research applications. Computers in cardiology 1982. Washington, DC: IEEE Computers Society Press, 1983: 441-3.
27. Bonelli R, Kubler D, Santarone M, et al. KUBO (R). Pacchetto ecocardiografico con ricostruzione tridimensionale del ventricolo sinistro da immagini eco-bidimensionali, elaborazione dati Doppler ed archiviazione dati. In: Maceratini R, Ricci FL, Rossi Mori A, eds. APIM '88. Attualità e prospettive dell'informatica in medicina. Firenze, 1988: 32-7.
28. Cervesato E, Nicolosi GL, Zanuttini D. Sviluppo di un sistema a rete per la gestione clinica automatizzata di pazienti cardiologici. In: Pinelli G, Milazzotto F, Martiny W, Matta F, Pinciroli F, eds. Banche di dati integrate in cardiologia. Bardonecchia (TO): Centro Scientifico Editore, 1991: 29-56.
29. Marchesini A, Alberici S, Lolli C, et al. Archiviazione e refertazione computerizzata dell'ecocardiogramma. In: Milazzotto F, Martiny W, Matta F, Pinciroli F, eds. Banche di dati integrate in cardiologia. Bardonecchia (TO), Bologna: Centro Scientifico Editore, 1988: 141-53.
30. Proposal for echocardiographic codification using a database. Prepared by the Echocardiographic Study Group of the Italian Society of Cardiovascular Echography. Cardiologia 1988; 33: 635-41.
31. Pizzuti A, Vivalda M, Leonardi G, et al. ECOREF: un programma per l'archiviazione e la refertazione di ecocardiogrammi. Medicina e Informatica 1991; 8: 89-94.
32. Pucci E, Di Segni M, Boccardi L, et al. Proposta di codifica della diagnosi computerizzata dell'ecocardiogramma. In: Milazzotto F, Martiny W, Matta F, Pinciroli F, eds. Banche di dati integrate in cardiologia. Bardonecchia (TO), Bologna: Centro Scientifico Editore, 1988: 155-63.
33. Vaccarella A, Scarpazza P, Colnago R, et al. Programma per la lettura semiautomatica ed archiviazione dati in ecocardiografia. In: Milazzotto F, Martiny W, Matta F, Pinciroli F, eds. Banche di dati integrate in cardiologia. Bardonecchia (TO), Sorrento (NA): Centro Scientifico Editore, 1987: 189-201.
34. Levine RA, Weyman AE. Mitral valve prolapse: a disease in search of, or created by, its definition. Echocardiography 1984; 1: 3-6.
35. Badano LP, Carratino L, Calisi P, et al. ARCE: un programma di archiviazione e refertazione computerizzata dell'ecocardiogramma. Giornale Italiano di Ecografia Cardiovascolare 1992; 2: 31-40.
36. Protocollo per la gestione computerizzata dei dati ecocardiografici dell'adulto. In: Pinelli G, Marchesini A, Martiny W, Carini GC, eds. Protocolli informatici in cardiologia. Torino: Centro Scientifico Editore, 1990: 3-20.
37. Badano LP, Carratino L, Giunta L, et al. Archiviazione e refertazione computerizzata dell'ecocardiogramma a livello regionale: esperienza ligure. Giornale Italiano di Ecografia Cardiovascolare 1994; 4: 49-56.
38. Badano L, Domenicucci S. Use of a common computerized program for echocardiogram archiving and reporting over a regional territory: feasibility and clinical and research impact during a 5-year experience. J Am Soc Echocardiogr 1999; 12: 669-78.
39. Cassottana P, Badano L, Piazza R, Copello F. Dimensions of the proximal thoracic aorta from childhood to adult age: reference values for two-dimensional echocardiography. Ligurian Group of SIEC. G Ital Cardiol 1997; 27: 686-96.
40. Gruppo Ligure SIEC. Sviluppo di equazioni allometriche per il calcolo dei range di normalità delle misure ecocardiografiche M-mode nella popolazione italiana. G Ital Cardiol 1996; 26: 503-17.
41. Henry WL, Gardin JM, Ware JH. Echocardiographic measurements in normal subjects from infancy to old age. Circulation 1980; 65: 1054-61.
42. Voogdt PJ, Rijsterborgh H, Lubsen J, Arntenius AC, Monsjou LK, Godijn EH. Reference ranges of echocardiographic measurements in the Dutch population. Eur Heart J 1984; 5: 762-70.
43. Astengo D, Badano L, Bertoli D. Recombinant tissue plasminogen activator for prosthetic mitral-valve thrombosis. N Engl J Med 1995; 333: 259.
44. Badano L, Bertoli D, Astengo D, et al. Doppler haemodynamic assessment of clinically and echocardiographically normal mitral and aortic Allcarbon valve prostheses. Valve Prostheses Ligurian Cooperative Doppler Study. Eur Heart J 1993; 14: 1602-9.
45. Badano L, Bertoli D, Cassottana P, et al. Assessment of midwall left ventricular function in normal children and adults. (abstr) Eur Heart J 1997; 18: 375.
46. Badano L, Clavario P, Magaja O, Bertoli D, Copello F. A multicenter study on interobserver reproducibility of left ventricular segmental wall motion analysis by 2D echo. (abstr) Eur Heart J 1997; 18: 440.
47. Bertoli D, Badano L, Carratino L, et al. Modalità di utilizzazione dell'ecocardiogramma in pazienti ambulatoriali. Ruolo del cardiologo per l'appropriatezza della prescrizione. Gruppo Ligure della Societa Italiana di Ecografia Cardiovascolare. Cardiologia 1996; 41: 267-73.
48. Bertoli D, Badano L, Carratino L, et al. Effect of different diagnostic criteria on the prevalence of echocardiographic left ventricular hypertrophy in hypertensive patients. (abstr) Eur Heart J 1997; 18: 531.
49. Gruppo Ligure SIEC. Reasons for ordering an echocardiogram, clinical expectations regarding the test, and clinical utility of transthoracic imaging and Doppler echocardiography. G Ital Cardiol 1996; 26: 1267-78.
50. Scarpini S, Badano L, Gambelli G, Nicolosi GL. Standardizzazione del referto ecocardiografico nell'adulto. Giornale Italiano di Ecografia Cardiovascolare 1997; 7: 17-34.
51. Badano L, Dall'Armellina E, Werren M, et al. Refertazione dell'ecocardiogramma con il programma G8-Cardio ANMCO: primi risultati. (abstr) Ital Heart J 2000; 1 (Suppl 1): 121.
52. Adams DB. The digital echo lab. In: Kennedy TE, Simon R, Thomas JD, Tilkemeier PL, eds. Digital cardiac imaging in the 21st century: a primer. Bethesda, MD: Cardiac and Vascular Information Working Group of DICOM, 1997: 128-33.