

TESTAREA UNEI NOI METODOLOGII DE RAPORTARE STRUCTURATĂ ÎN ECOCARDIOGRAFIE, COMPATIBILĂ CU STANDARDUL DICOM

CĂLIN HOMORODEAN¹, MARIA OLINIC¹, SERGIU NEDEVSCHI², MIHAI OBER¹, DAN OLINIC¹

¹Universitatea de Medicină și Farmacie “Iuliu Hațieganu”, Cluj-Napoca

²Universitatea Tehnică, Cluj Napoca

Rezumat

Scopul cercetării noastre este de a dezvolta și testa funcționarea unei modalități coerente de raportare a informațiilor diagnostice ecocardiografice, compatibilă cu standardul DICOM, care să permită prin structurarea sa corectă o exprimare exhaustivă a caracteristicilor diagnostice și, pe de altă parte, o comunicare între sistemele informatice.

Material și metodă. Au fost dezvoltate un sistem informatic integrat și unelte software, care au capacitatea de a gestiona atât imaginile, cât și rapoartele structurate DICOM. Am construit o structură ontologică și un set complet de șabloane (templaturi), care stau la baza raportării structurate din ecocardiografie.

Rezultate. Testarea metodologiei de raportare dezvoltate s-a realizat prin editarea unui număr de 150 serii de rapoarte, pentru 100 cazuri acoperind întreaga patologie ecocardiografică. Dezvoltarea unui șablon unic, utilizabil pentru cele patru valve cardice este rezultatul testării raportării în cadrul a 50 serii de rapoarte. Un șablon unic pentru funcția ventriculară a evoluat în urma testării pe 50 serii de rapoarte. Raportarea evaluării ecocardiografice a maselor intracardiace s-a realizat în 11 serii, patologia aortei pe 10 serii, iar colecțiile pericardice în 7 serii. O altă etapă a testării a constituit-o interogarea complexă a bazelor de rapoarte, care a condus la o ajustare suplimentară a șabloanelor. Beneficiile metodologiei propuse au fost dovedite prin calitatea buletinului diagnostic ecocardiografic produs, compatibil cu cele mai înalte standarde clinice, prin capacitatea de a argumenta și lega fiecare caracteristică diagnostică de o imagine definitorie, prin capacitatea de a gestiona numărul mare de imagini din departamentul imagistic, precum și prin deschiderea unor mari oportunități pentru educație, cercetare și telemedicină.

Concluzie. În urma testării extensive, s-a ajuns la o formă a metodologiei de raportare structurată care satisface criteriile de exhaustivitate ale conținutului, dar și cele de flexibilitate și ușurință de utilizare în practica medicală curentă.

Cuvinte cheie: raportare structurată, standardizare, DICOM, ecocardiografie, editare, interogare.

TESTING OF A NEW DICOM COMPLIANT STRUCTURED REPORTING METHODOLOGY IN ECHOCARDIOGRAPHY

Abstract

The aim of our study is to develop and test the functionality of a consistent, DICOM compliant, reporting method for diagnostic echocardiographic data, which allows through its correct structuring an exhaustive expression of diagnostic characteristics, and on the other hand, communication between computer systems.

Materials and methods. We developed an integrated information system and software tools that have the ability to manage both DICOM images and structured reports. We built an ontological structure and a complete set of templates that underlies structured reporting in echocardiography.

Results. We tested the reporting methodology by editing a series of 150 reports for 100 cases covering the entire pathology explored by echocardiography. The development of a unique template, to be used for the four heart valves, is the result of testing the methodology on 50 series of reports. A single template for ventricular function reporting has emerged from process testing on 50 series of reports. Reporting echocardiographic evaluation of intracardiac masses was performed in 11 series, pathology of aorta on 10 series and pericardial collections in 7 series. Another step of the testing process was to perform complex database queries, which led to a further adjustment of the templates. The benefits of the proposed methodology has been proven through the quality of the diagnostic echocardiography report, compatible with the highest clinical standards, the ability to support and link every diagnostic feature to a defining image, the ability to manage the large number of images from the imaging department, and by opening up great opportunities for education, research and telemedicine.

Conclusion. Following extensive testing, we achieved a structured reporting methodology form that meets the completeness criteria of the content and also the flexibility and ease of use in clinical practice.

Keywords: structured reporting, standardization, DICOM, echocardiography, editing, query.

Introducere

Accesul rapid și precis la toate informațiile diagnostice ale pacientului este o condiție necesară pentru procesul de luare a deciziilor medicale. În acest scop, este necesară implementarea unor *metode standardizate* pentru schimbul și partajarea de informații între sistemele de calculatoare. O soluție în acest sens este propusă de către standardul DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine). Acesta este un set de reguli ce se referă la imagini și la informația asociată acestora [1].

Pentru a realiza proiecte de cercetare și educație având la bază imagini digitale, devine necesară capacitatea de a accesa un număr mare de cazuri relevante, fiecare cu imagini, alături de interpretarea lor. În cele mai multe sisteme, constatările diagnostice imagistice sunt stocate în baze de date, sub forma unor rapoarte conținând **text liber**. Problema textului liber este lipsa structurii: informația este prinsă în limbajul raportului ca într-o capcană, făcând dificilă compararea diverselor rapoarte sau găsirea unui anumit detaliu, fără a citi întregul text.

Un sistem de raportare structurată ar permite standardizarea informației și prezentarea ei într-o formă clară, organizată, urmărind atributele fiecărei constatări [2,3]. Standardul DICOM definește un obiect informațional denumit "Raport Structurat" [4], urmărind utilizarea în cadrul acestuia a unei terminologii medicale codificate și controlate, precum și specificarea regulilor de raportare în cadrul unor structuri de tip arborescent denumite șabloane (templaturi). Suplimentul 72 din standardul DICOM [5] propune în cazul ecocardiografiei un set limitat de măsuri

rători codificate, un șablon (templatul EchoMeasurement) pentru ghidarea raportării fiecărei măsurători în parte, un șablon (template) pentru raportarea cineticii ventriculare și un template care stă la baza raportării integrate a măsurătorilor aferente tuturor structurilor cardiace.

În opinia noastră, această "listă" de măsurători este insuficientă în raportarea complexității demersului diagnostic ecocardiografic. Acesta presupune și o componentă descriptivă consistentă, în care informațiile fiziopatologice se întrepătrund cu date ecografice semiologice și tehnice. O soluție global acoperitoare de raportare structurată, pentru toate categoriile de informații diagnostice, este oferită prin metodologia de raportare propusă de către grupul nostru, compatibilă cu standardul DICOM.

Scopul studiului

Scopul cercetării noastre este de a dezvolta și testa funcționarea unei modalități structurate de raportare a informațiilor diagnostice ecocardiografice, compatibilă cu standardul DICOM, care să permită prin organizarea sa corectă o exprimare exhaustivă a caracteristicilor diagnostice și, pe de altă parte, o comunicare între sistemele informatice. Într-o primă etapă am realizat o integrare a informațiilor aferente acestui domeniu într-o structură ontologică (TUCNMR) [6,1]. În a doua etapă am creat șabloane (templaturi), care să constituie baza raportării, după modelul propus de standardul DICOM [7,8]. În cea de a treia etapă, am testat sistemul creat, prin editarea unui număr important de rapoarte și apoi prin interogarea complexă a bazei de rapoarte astfel create. Această etapă de testare reprezintă obiectul lucrării de față.

Material și metodă

A fost dezvoltat în prealabil un sistem informatic integrat care are capacitatea de a gestiona atât imaginile

ecografice, cât și rapoartele structurate DICOM. Sistemul are o arhitectură de tip client-server, cu funcții în procesarea imaginilor și editarea rapoartelor [7,8]. Modulul de structurare a domeniului medical conține un set de unelte folosite pentru a gestiona “primitivele” DICOM pentru raportarea structurată: concepte codificate, grupe contextuale și templaturi – stocate în bazele de date corespunzătoare [8]. Conform regulilor DICOM, orice informație medicală este codificată într-un concept. Un număr de concepte care au același înțeles semantic formează un grup contextual. Aceste grupuri contextuale reprezintă conținutul informațional al raportului DICOM [9,10]. Structurarea acestei informații, precum și specificarea regulilor de raportare intră în sarcina unui tipar de tip arboreșcent numit șablon sau template [1].

Metoda de raportare primară urmărește structura definită de către șablon (template). În momentul selectării unui rând al raportului, utilizatorul poate vedea toți descendenții lui posibili, așa cum sunt oferiți de către templatul sursă. Structura arboreșcentă a raportului este direct vizibilă și sunt permise următoarele operații: editarea unui rând deja existent, navigarea prin arborele parțial al raportului, adăugarea unui nou descendent, îndepărtarea

unui rând existent împreună cu toți descendenții acestuia.

Editarea raportului începe de la un șablon (template) și se realizează prin traversarea structurii ierarhice a acestuia, cu instanțierea fiecărui element de conținut cu valoarea corespunzătoare (Fig. 1). În măsura în care șablonul este bine construit și conține în structura sa arboreșcentă toate elementele descriptive necesare, utilizatorul medical va putea genera în final un raport medical complet, cu un înalt grad de detaliere, precizie, chiar exhaustivitate, dacă se dorește.

Obiectele-raport sunt depozitate într-o bază de date relațională. Modulul editor de rapoarte implementează trei metode diferite pentru *interogarea* bazei de date și *regăsirea* rapoartelor medicale:

- O primă modalitate utilizează numele pacientului sau identificatorul drept cheie de interogare.
- O metodă mai complexă utilizează ca și parametri de intrare ai interogării, perechi nume concept-valoare și regăsește rapoartele care conțin aceste perechi.
- Ultima metodă pe care o propunem, care este și cea mai complexă dintre ele, localizează rapoartele medicale care satisfac o structură specifică a conținutului (Fig. 2).

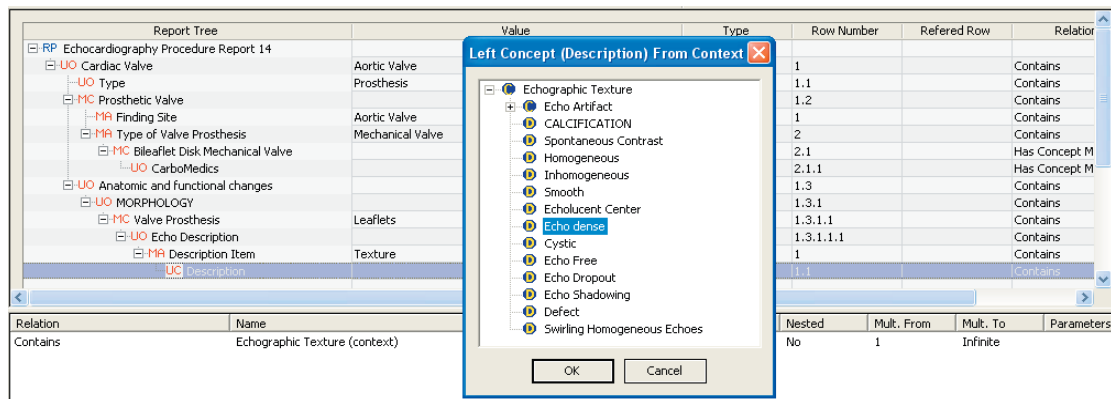


Fig. 1. Editarea unui raport.

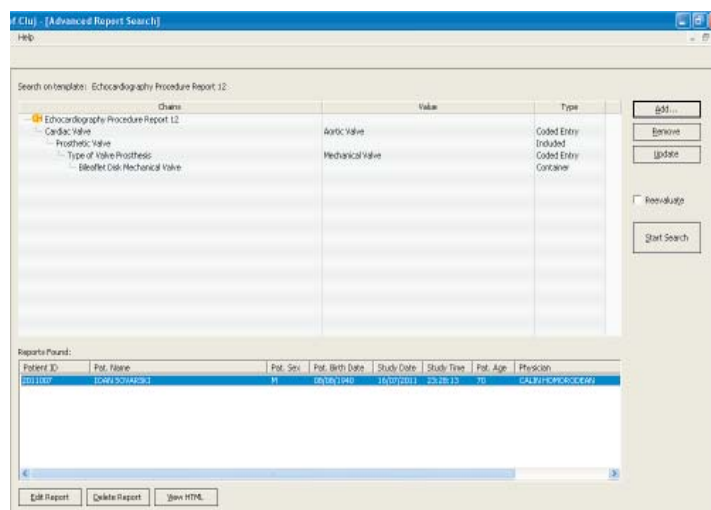


Fig. 2. Interogarea complexă a bazei de rapoarte.

Rezultate

În scopul testării raportării structurate descrise mai sus, am introdus în baza de date 100 pacienți incluzând cel puțin un studiu (internare), fiecare cu una sau mai multe serii de imagini ecocardiografice (transtoracic sau transesofagian) și de asemenea una sau mai multe serii de rapoarte structurate [10]. Seriile de imagini însumează peste 500 de achiziții ecocardiografice (filme sau imagini stop-cadru), transformate în format DICOM în sistemul informatic dezvoltat de către grupul nostru.

Editarea rapoartelor se realizează pornind de la șablonul (templatul) "Ecocardiography Procedure Report" (Fig. 1), care include în rândurile sale toate templaturile adresate structurilor anatomice explorate ecocardiografic și modalităților de explorare (2D, TM, curbe spectrale Doppler pulsatile ori continuu, jeturi color etc.).

Seriile de imagini ale celor 100 de pacienți acoperă întreaga patologie ecocardiografică. Pornind de la imagini, au fost generate 150 de rapoarte structurate.

Un pacient poate avea mai multe studii (internări), fiecare cu una sau mai multe serii de imagini (examinări), fiecărei serii corespunzându-i una sau mai multe serii de rapoarte. În timpul testării am creat și 20 de rapoarte pentru o singură serie de imagini, pentru a observa cum se comportă variante diferite ale aceluiași template.

Informațiile semantice din raport sunt legate în mod direct de imaginile definitorii, care au servit ca sursă pentru formularea descrierii diagnostice. În cazul unor serii de imagini, au fost create mai multe rapoarte, întrucât în cursul testării metodologiei anumite templaturi au suferit modificări evolutive progresive, pentru a se ajunge la o variantă care să descrie cât mai exact caracteristicile ecocardiografice.

Testarea raportării ecocardiografice a valvulopatiilor s-a realizat pe 40 de studii, incluzând 50 serii cu 250 imagini. Au fost editate 10 serii de rapoarte (conținând 30 de rapoarte), utilizând o primă variantă a templatului "Echocardiography Procedure Report" care includea templaturi separate pentru evaluarea fiecărei valve cardiace. Editarea acestor rapoarte a condus la condensarea celor patru templaturi valvulare într-un template unic (TID "Cardiac Valves"). Acesta include în rândurile sale templaturile "Doppler Spectral Display Description" și "Color Jet Description", care au scopul de a ghida raportarea hemodinamicii valvulare. Pentru a ajunge la forma actuală a acestor templaturi au fost testate 5 variante intermediare pentru fiecare. Testarea acestora s-a realizat și în descrierea hemodinamicii șunturilor intracardiac (6 studii). Templatul "Cardiac Valves" a fost testat și a evoluat în următoarele 40 de serii de rapoarte (80 rapoarte), dezvoltându-se 10 variante intermediare până să se ajungă la forma finală. Testarea s-a realizat pentru următoarea patologie:

- Regurgitări mitrale: 21 serii ecografice transesofagiene (TEE) și 7 serii transtoracice (TTE);

- Stenoze mitrale: 7 serii TEE și 4 serii TTE;
- Regurgitări aortice: 11 serii TEE și 6 serii TTE;
- Stenoze aortice: 9 serii TEE și 6 serii TTE;
- Stenoze pulmonare: 2 serii TEE și 1 serie TTE;
- Regurgitare pulmonară: 1 serie TTE;
- Regurgitare tricuspidiană: 4 serii TEE și 12 serii TTE.

Testarea templaturilor "Left Ventricle" și "Right Ventricle" s-a realizat pe 30 studii. Cele două templaturi includ șablonul (templatul) "Ventricular Function", unul dintre cele mai complexe templaturi, conținând 7 nivele de ramificare. Acest șablon este rezultatul evoluției a două șabloane (templaturi) separate: "Left Ventricular Function" și "Right Ventricular Function". Astfel, pentru a ajunge la o raportare cât mai exactă a funcției ventriculare stângi, au fost testate 16 variante ale templatului "Left Ventricular Function" și, respectiv, 4 variante ale "Right Ventricular Function".

Templatul "Intracardiac Mass" a evoluat în cursul testării pe 11 serii de endocardită, 1 mixom și 4 trombi intracavitari. Raportarea ecografică a arterei aorte a fost testată pe 10 serii, incluzând și 2 serii de disecție aortică. Evaluarea colecțiilor pericardice a fost testată în cazul a 7 serii ecocardiografice. Generarea a 20 rapoarte implicând evaluarea ecografică a atriilor a condus la dezvoltarea unui template unic "Atrial Chamber".

În paralel cu editarea rapoartelor, au fost executate multiple proceduri de interogare a bazei de date (Fig. 2), pentru a genera un feed-back asupra valorii structurilor create în practica ecocardiografică de zi cu zi.

Discuții

Structura și conținutul șablonului (templatului) "Echocardiography Procedure Report", precum și interfața informatică primară propuse de noi pentru raportarea structurată, sunt rezultatul unui proces evolutiv în care testarea prin editare și interogare reprezintă forța motrice. S-a realizat un mare progres față de Suplimentul 72 DICOM [5], care propune un model al templatului "Echocardiography Procedure Report" în care lipsesc informațiile descriptive sau diagnostice. Prin includerea acestor date, structura originală propusă de grupul nostru este un mare pas înainte, oferind beneficii considerabile, prin reliefaarea logicii interioare a demersului ecocardiografic.

Editarea rapoartelor (Fig. 1, 3) testează ușurința în completare, dar și gradul lor de exhaustivitate, concretizat în posibilitatea de a descrie cele mai diverse și mai rare constatări ecocardiografice. Multiplele interogări complexe testează valoarea educațională și de cercetare a metodologiei propuse, prin gradul de eficiență în rezolvarea unor întrebări complexe.

Valorificarea potențialului maxim al metodologiei de raportare propuse necesită familiarizarea rapidă a utilizatorului cu structura arborescentă a șabloanelor (templa-

Report Tree	Value	Type	Row Number	Relation
RP Echocardiography Procedure Report 14				
Left Ventricle		Container	1	Contains
Anatomic and functional changes		Container	1.1	Contains
HEMODYNAMICS		Container	1.1.1	Contains
Left Ventricular Function 16		Included	1.1.1.1	Contains
Findings		Container	1	Contains
Global Systolic Function		Container	1.1	Contains
Left Ventricular Outflow		Container	1.1.1	Contains
Left Ventricular Outflow Pattern		Container	1.1.1.1	Has Properties
Doppler Spectral Display Description		Included	1.1.1.1.1	Inferred From
Findings	Ejection Doppler Spectral Display	Coded Entry	1	Contains
MORPHOLOGY		Container	1.1	Has Properties
Echo Measurement		Included	1.1.1	Contains
Measurement		Included	1	Contains
Peak Velocity	1 (m/s)	Numeric	1	Contains
Finding Site	Aortic Valve	Coded Entry	1.1	Has Concept Modifier
Topographical modifier	Leaflet Tips Level	Coded Entry	1.1.1	Has Concept Modifier
Global Diastolic Function		Container	1.2	Contains
Left Ventricular Filling		Container	1.2.1	Contains
Ventricular Filling Flow		Container	1.2.1.1	Contains
Flow Area		Container	1.2.1.1.1	Has Properties
Echo Measurement		Included	1.2.1.1.1.1	Contains
Measurement		Included	1	Contains
Cardiovascular Orifice Area	3 (cm ³)	Numeric	1	Contains
MEASUREMENT METHOD	Cross-Sectional Area	Coded Entry	1.1	Has Concept Modifier
Finding Site	Mitral Valve	Coded Entry	1.2	Has Concept Modifier
Topographical modifier	Valvular Opening Orifice	Coded Entry	1.2.1	Has Concept Modifier
Left Ventricle early diastolic filling		Container	1.2.1.1.2	Has Properties
Mitral Valve Anterograde Flow		Container	1.2.1.1.2.1	Inferred From
Doppler Spectral Display Description		Included	1.2.1.1.2.1.1	Inferred From
Findings	Mitral Anterograde Doppler Spectral Display	Coded Entry	1	Contains
Mitral Valve E Wave		Container	1.1	Has Concept Modifier
MORPHOLOGY		Container	1.2	Has Properties
Echo Measurement		Included	1.2.1	Contains
Measurement		Included	1	Contains
Peak Velocity	1 (m/s)	Numeric	1	Contains
Velocity Time Integral	122 (mm ...)	Numeric	2	Contains
Cardiac Output		Container	1.2.1.1.3	Has Properties
Echo Measurement		Included	1.2.1.1.3.1	Contains
Measurement		Included	1	Contains
Cardiac Output	5 (L)	Numeric	1	Contains
Ventricular wall relaxation		Container	1.2.2	Contains
Isovolumic relaxation		Container	1.2.2.1	Inferred From
Echo Measurement		Included	1.2.2.1.1	Contains
Measurement		Included	1	Contains
Isovolumic Relaxation Time	121 (m)	Numeric	1	Contains
Longitudinal Myocardial Lengthening		Container	1.2.2.2	Inferred From
Mitral Annulus Motion	Peak Early Diastolic Tissue Velocity	Coded Entry	1.2.2.2.1	Contains
Doppler Spectral Display Description		Included	1.2.2.2.1.1	Inferred From
Findings	Tissue Doppler Spectral Display	Coded Entry	1	Contains
Ea Wave		Container	1.1	Has Concept Modifier
MORPHOLOGY		Container	1.2	Has Properties
Echo Measurement		Included	1.2.1	Contains
Measurement		Included	1	Contains
Peak Velocity	6 (cm/s)	Numeric	1	Contains
Ventricular diastolic suction		Container	1.2.2.3	Inferred From
Intraventricular diastolic gradient		Container	1.2.2.3.1	Inferred From
Early diastolic flow propagation velocity		Container	1.2.2.3.1.1	Inferred From
Color Jet Description		Included	1.2.2.3.1.1.1	Contains
Findings	Inflow Color Jet	Coded Entry	1	Contains
IMAGE ACQUISITION MODE	Color M mode	Coded Entry	2	Contains
MORPHOLOGY		Container	3	Contains
Echo Measurement		Included	3.1	Contains
Measurement		Included	1	Contains
Slope of the Edge	6 (cm/s)	Numeric	1	Contains

Fig. 3. Raportarea funcției ventriculare.

turilor). Un efect important al testării este acela de a reliefa similitudinile între descrierile diverselor structuri. Existând un șablon (template) unitar pentru descrierea ecografică a valvelor, utilizatorului îi va fi mult mai ușor să se familiarizeze cu acesta, decât cu cele patru șabloane (templaturi) diferite anterioare. Raportarea este unitară și în cazul celor doi ventriculi sau a atriilor. De asemenea, am creat câte un șablon (template) pentru fiecare dintre cele patru obiecte imagistice rezultate din examinarea EcoDoppler: structuri ecografice (bi, tridimensionale), curbe TM, curbe spectrale, jeturi color.

Beneficiile metodologiei propuse au fost dovedite prin calitatea buletinului diagnostic ecocardiografic produs, compatibil cu cele mai înalte standarde clinice, prin capacitatea de a argumenta și lega fiecare caracteristică diagnostică de o imagine definitorie, prin capacitatea de a gestiona numărul mare de imagini din departamentul imagistic, precum și prin deschiderea unor mari oportunități pentru educație, cercetare și telemedicină. Pot fi rezolvate interogări complexe, oferind informații importante în cadrul unor proiecte de cercetare.

Limitările structurilor informatice și semantice dez-

voltate în cadrul proiectului nostru pot fi împărțite în trei categorii [8]:

- **Limitări structurale:** provin din dimensiunile templaturilor, care conțin sute de rânduri și mai mult de zece nivele de ramificare, dificil de gestionat fără un grad înalt de concentrare și familiarizare. Am diminuat aceste limitări prin respectarea unei organizări unitare și prin dezvoltarea unor șabloane (templaturi) unice pentru structuri similare.

- **Limitări de navigare.** Descendenții indirecti sunt localizați cu dificultate. Medicii trebuie să cunoască structura templatului și să instanțeze rândurile corecte pentru a ajunge la rândul țintă dorit. Aceste limitări au fost preîntâmpinate prin structurarea raportării pe firul logic al gândirii ecografice din practica medicală de zi cu zi.

- **Limitări semantice.** Toate templaturile sunt focalizate asupra structurii anatomice și nu conțin informații despre care rânduri sunt conectate doar semantic sau despre ordinea în care ele ar trebui instanțiate în raport.

Aceste limitări ale structurii informatice primare au fost depășite prin dezvoltarea unui format unitar al raportării pentru toate structurile ecocardiografice, care urmează logica diagnostică, prin introducerea unui număr mare de parametri și condiții de prezență în structura templaturilor propuse [8]. Astfel, aceste limitări nu afectează beneficiile metodologiei de raportare propuse.

Concluzie

În urma testării extensive, pe un număr consistent de cazuri, cu o patologie variată, s-a ajuns la o formă a metodologiei de raportare care satisface criteriile de exhaustivitate a conținutului, dar și cele de flexibilitate și ușurință de utilizare în practica medicală curentă. Sistemul informatic dezvoltat va evolua continuu, în încercarea

de atingere a excelenței în organizarea, prezentarea și regăsirea informațiilor ecocardiografice. Direcția viitoare de dezvoltare va consta în extinderea raportării structurate către alte domenii imagistice, precum angiografia, tomografia computerizată sau RMN.

Bibliografie

1. Clunie DA, DICOM Structured Reporting, PixelMed Publishing Bangor, Pennsylvania 2000.
2. Langlotz CP. Automatic structuring of radiology reports: Harbinger of a second information revolution in radiology. *Radiology* 2002;224:5-7.
3. Reiner BI. The Challenges, opportunities, and Imperative of Structured Reporting in Medical Imaging. *Journal of Digital Imaging* 2009; 22(6):562-568.
4. DICOM working group. Digital imaging and communications in medicine (DICOM) standard, Supplement 23: Structured Reporting Storage SOP Classes, Rosslyn, Va: NEMA, 2000. Available at: <http://medical.nema.org>.
5. DICOM working group. Digital imaging and communications in medicine (DICOM) standard, Supplement 72: Echocardiography Procedure Reports. Rosslyn, Va: NEMA, 2003. Available at: <http://medical.nema.org>.
6. Homorodean C, Olinic D, Nedevschi S, Olinic N. Templates Implementation for Structured DICOM diagnosis reporting in echocardiography. *Computers in cardiology*, 2005;32:379-382.
7. Nedevschi S, Olinic D, Popovici R, et al. DICOM Compliant Environment for Structured Reporting in Echocardiography. *Computers in Cardiology*, 2003; 30:24-27.
8. DICOM working group. Digital imaging and communications in medicine (DICOM) standard, Supplement 53: DICOM Content Mapping Resources. Rosslyn, Va: NEMA, 2003. Available at: <http://medical.nema.org/dicom/2003.html>.
9. Olinic D, Homorodean C, Nedevschi S, et al. A Proposal for Structured Diagnosis Reporting in Echocardiography, Using a DICOM Compliant Environment. *Computers in Cardiology*, 2004; 31:601-604.