

IL PROGRESSO TECNOLOGICO: CI PIEGHEREMO O LO IMPIEGHEREMO?

DI GIULIO SAPIENZA

I primi anni della nostra "vita professionale" sono stati caratterizzati da un frenetico divenire, in alcune circostanze abbiamo usato tecnologie senza un'adeguata formazione ed in altre senza averne piena consapevolezza, talvolta abbiamo anche improvvisato ma *sempre abbiamo cercato di essere molto di più che "semplici esecutori"*.

Il bisogno sempre maggiore di cure efficaci ed appropriate, l'esigenza di tecnologie innovative che rispondano alla domanda incalzante di salute del cittadino ha avviato un processo quasi incontrollabile; i produttori hanno investito e continuano ad investire sull'innovazione, propongono soluzioni che erano quasi impensabili fino a qualche anno fa, e noi come abbiamo vissuto il progresso?? Siamo cresciuti con il progresso, le nostre competenze sono cambiate negli anni e siamo stati investiti di nuove responsabilità a dimostrazione di un impegno costante e certosino sul campo, nelle sale diagnostiche, sulle apparecchiature, nei rapporti con le altre professioni sanitarie, ma siamo stati capaci di fare di più, ci siamo inseriti nel mondo dell'industria e con sudore stiamo guadagnando anche la ricerca, la docenza e ... tanta tanta fatica.

Abbiamo saputo sfruttare le opportunità di crescita che il mercato e l'innovazione ci hanno offerto, un esempio per tutti l'alta professionalità nella gestione del RIS/PACS: è innegabile l'alto valore degli Amministratori di Sistema che hanno saputo organizzarsi in Associazione e che oggi possono vantare percorsi di formazione dedicati. E con l'animosità che ci distingue dibattiamo su temi come quello legato all'uso della Risonanza Magnetica, dell'Ecografia per i quali non chiediamo "privilegi" ma reclamiamo quanto è un nostro diritto, la piena responsabilità degli atti che sono di nostra competenza. Il Tecnico di Radiologia è cambiato nella sostanza e nella forma, è un professionista formato, consapevole, sicuro ma anche evoluto, interviene nei processi decisionali governandoli, ma non è sempre tutto oro ciò che luccica...ed è per questo che non mi sento "patetico" affermando che noi abbiamo fatto un pezzo di storia, ma è tempo che i nostri giovani si spingano oltre, il progresso tecnologico è nelle loro mani e nelle nostre resta il compito di salvaguardarli, assicurando loro un lavoro sicuro, riuscendo a creare nuove prospettive legate proprio all'innovazione e poi guidarli e perché no imparare anche un po' da loro!

Beh, possiamo dire con certezza che stiamo cavalcando la tigre e quindi ... "ad maiora!"

IL RAPPORTO TRA KV, MAS E SPESSORE PAZIENTE E LA RISULTANTE DOSE AL PAZIENTE IN PRESENZA DI RIVELATORI RADIOGRAFICI DIGITALI

THE RELATIONSHIP BETWEEN KV, MAS AND PATIENT THICKNESS AND THE RESULTANT PATIENT DOSE IN PRESENCE OF DIGITAL RADIOGRAPHIC DETECTORS

IRENE RIGOTT *

* TSRM DOTT. PRESSO IL SERVIZIO AZIENDALE DI FISICA SANITARIA, AZIENDA SANITARIA DELL'ALTO ADIGE, BOLZANO

PAROLE CHIAVE: TECNICA DI ESPOSIZIONE, RIVELATORI DIGITALI DIRETTI, DOSE IN INGRESSO

KEYWORDS: EXPOSURE TECHNIQUE, FLAT PANEL RADIOGRAPHIC DETECTORS, ENTRANCE DOSE

La scelta dei parametri espositivi (kV&mAs) che forniscono un segnale costante a livello della rilevazione dell'immagine radiografica non è facile, e influenzata da una serie di variabili che dipendono sia dal paziente che dal tipo di attrezzatura utilizzata. Questo lavoro si pone come obiettivo di analizzare il valore dell'indice di esposizione in presenza di un rivelatore digitale diretto (DR; apparecchio Siemens, Trixell, Pixium Portable 3543) in funzione dell'alta tensione e dello spessore paziente (fantoccio) oltre a fornire le misure della dose all'ingresso per una stima di dose al paziente.

The choice of exposure technique parameters (kVp & mAs) that provide a constant signal at radiographic imaging detector level is not easy, and influenced by a number of variables that depend both on the patient and the type of equipment used. This work aims to analyze the value of the exposure index in the presence of a flat-panel direct digital detector (DR; Siemens, Trixell, Portable Pixium 3543) as a function of high voltage and patient thickness (phantom). In addition there are provided measures of entrance dose for patient dose estimation.

ABSTRACT

INTRODUZIONE

Nell'esecuzione di un esame radiografico il TSRM deve tenere costante il segnale che arriva al rivelatore. Nelle procedure di esposizione manuale, la selezione dei parametri espositivi (kV e mAs) che forniscono un livello di dose costante sono influenzati da una serie di variabili che dipendono sia dell'attrezzatura che dalle caratteristiche del paziente. Tuttavia, la scelta dei fattori di esposizione spesso sembra più arte che scienza, con la selezione basata non su principi scientifici ma su regole empiriche maturate dall'esperienza. Nelle tecniche a kV fissi, la regola del 25% può essere applicata ampiamente. Questa regola indica che per ogni cm di spessore paziente in più è necessario un aumento del 25% dei mAs. Questa regola deriva dal rapporto di attenuazione esponenziale, in quanto il cambiamento dei mAs richiesto è proporzionale a $e^{\pm\mu x}$ dove μ è il coefficiente di attenuazione e x è lo spessore; il segno dipende dal

fatto se è richiesto un aumento o una diminuzione dei mAs; cioè se lo spessore paziente aumenta o diminuisce. Per applicare la regola del 25% su tutta la gamma dei kV usati in diagnostica si ipotizza che μ rimanga costante e pari a 0.231 cm^{-1} che corrisponde a uno strato emivalente (SEV) tissutale di 3 cm. [1] Questo naturalmente è una semplificazione perché μ e quindi il SEV dipendono dall'energia. Tuttavia, anche l'impostazione dei mAs sui tavoli di comando generalmente segue questa regola: ogni step di mAs successivo rappresenta un cambiamento del 25%. Così a kV fissi, l'aumento di spessore può essere compensato variando i mAs secondo gli step impostati. Anche gli esposimetri automatici (AEC=automatic exposure control) seguono questo principio e compensano con l'aumento del 25% dei mAs per ogni cm di spessore in più. Nelle tecniche a kV variabili la situazione non è così semplice perché ci sono numerosi cambiamenti kV-dipendenti

che hanno luogo quando cambia l'alta tensione.[2] Tra questi sono inclusi l'output del tubo (KERMA in aria) e l'attenuazione dei raggi X (assorbimento e radiazione diffusa/secondaria). Dato lo spessore paziente, un aggiustamento dei kV richiede un adeguamento dei mAs in modo da tenere costante il livello di dose incidente sul rivelatore d'immagine. La cosiddetta regola del 15% è usata come guida per l'adeguamento richiesto dei mAs. Per i sistemi schermo-pellicola, questa regola stabilisce che per ottenere lo stesso annerimento, una modifica del 15% dei kV richiede una compensazione dei mAs di un fattore 2. Se esiste un rapporto inverso tra mAs e kV^n , si presume che il termine di potenza sia 5, in quanto $1.15^5 = 2$; cioè $mAs * kV^{-5}$ sia una costante. Uno studio del 1998, pubblicato da G.S.Al-Balool e D.L.Newman nella rivista inglese Radiography [1], ha indagato la validità di queste due regole per i sistemi schermo pellicola. Con l'introduzione dei rivelatori

digitali (CR e DR) è possibile che queste relazioni siano cambiate e quindi la regola del 25% non sia applicabile o debba essere modificata, in quanto non si parla più di annerimento o densità ottica, ma bensì di indice di esposizione e pixel value. [3, 4, 5, 6] Con questo primo studio si intende studiare se la regola del 25% è applicabile in presenza di rivelatori digitali lavorando in modalità automatica con griglia antidiffusa integrando le valutazioni con una stima della dose al paziente.

MATERIALI E METODI

Sistema di produzione e rilevazione dei raggi X:

Per lo studio è stato utilizzato un detettore portatile flat-panel (Csl accoppiato a TFT al a:Si (Trixell, Pixium Portable 3543) abbinato all'apparecchio radiografico Siemens Ysio con un generatore ad alta frequenza e una filtrazione del tubo a raggi X complessiva di 2,5mm Al equivalente.

Le immagini sono state eseguite con la griglia antidiffusa. (specifiche griglia:r:8; n:80; foc:115cm; griglia mobile).

FANTOCIO E GEOMETRIA DI MISURA

Per simulare lo spessore del paziente si utilizzano strati di PMMA (Polymethylmethacrylate) di 1cm di spessore andando da 10 a 30 cm in step di 5cm.

La serie di immagini con l'uso della griglia antidiffusa prevede il posizionamento del fantoccio sul tavolo paziente e la distanza fuoco-detettore è 115cm. Il campo radiante impostato è 20x20cm per coprire tutta la l'area del fantoccio sul piano del rivelatore.

VALUTAZIONI

Per ogni spessore si registrano immagini con l'utilizzo della griglia antidiffusa per il range da 50 a 125kV con $\Delta kV=5$ (se possibile) facendo adeguare i mAs dal sistema AEC (Automatic exposure control). Come valore di dose all'entrata sul rivelatore sono stati scelti $5\mu Gy$. Come software di elaborazione dei dati grezzi

si sceglie un protocollo lineare in modo da poter confrontare il valore EXI e i PV delle varie immagini.

MISURA DOSIMETRICA

La misura della dose incidente a livello del fantoccio sono state eseguite utilizzando un dosimetro a stato solido (Piranha, RTI; tarato presso centro accreditato) ponendolo direttamente a livello dell'ultimo strato di PMMA, lontano dall'area dove si trovano le camere per l'esposimetro automatico.

RISULTATI E DISCUSSIONE

In termini generali, questa indagine ha fornito i risultati attesi. È stato trovato, come prevedibile, che ad una certa profondità un aumento del potenziale al tubo richiede una riduzione dei mAs guidata dal sistema automatico di esposizione, e ad un potenziale del tubo dato con spessore PMMA aumentato è richiesto un aumento dei mAs. La prima analisi presentata riguarda i valori EXI delle singole immagini; in riferimento ai risultati ottenuti da Butler et. al in uno studio sugli indici di esposizione in presenza di rivelatori digitali, si può presumere che i valori EXI ottenuti siano consistenti e ripetibili[7].

In tabella 1 sono riassunti i calcoli riferiti al valore EXI, indice di esposizione fornito dalla Siemens per ogni immagine radiografica acquisita in modalità digitale diretta (DR). Calcolando i valori medi e la deviazione standard su tutti i spessori di PMMA e i valori di kV impostati, riassunti in tabella 1, si riscontra una certa omogeneità nei valori EXI mediati su tutte le immagini con una variabilità del 14,7%.

media	dev. st.
EXI tot.	EXI (%)
618,8	14,7

Tabella 1: media e deviazione standard dei valori EXI su tutte le immagini

Raggruppando i valori calcolati per kV impostati utilizzati, si nota

che a kV bassi tendenzialmente la deviazione standard è più bassa, mentre con i valori di alta tensione superiori a 100kV il valore aumenta arrivando a un massimo del 18.9%. (vedi tabella 2).

kV impostati	media EXI	dev. st. EXI (%)
70kV	556,3	4,4
81kV	568,6	7,4
90kV	619,6	6,9
100kV	651,0	10,6
109kV	671,8	13,7
125kV	660,6	18,9

Tabella 2: media e deviazione standard dei valori EXI raggruppati per alcuni kV impostati.

I valori EXI mediati sui diversi spessori, riportati in tabella 3, evidenziano una buona compensazione utilizzando vari kV per lo spessore dato – ad eccezione della serie con 10cm di PMMA (deviazione standard 14,1%).

spessore fantoccio	media EXI	dev. st. EXI (%)
10cm PMMA	728,1	14,1
15cm PMMA	645,2	6,2
20cm PMMA	628,3	3,4
25cm PMMA	591,8	4,9
30cm PMMA	550,4	5,9

Tabella 3: media e deviazione standard dei valori EXI raggruppati per i spessori PMMA

Analizzando i valori EXI delle singole immagini risulta che quella esposta a 125kV con 10cm di PMMA ha un valore particolarmente alto (865) - però difficilmente nella pratica clinica quotidiana vengono acquisite immagini a 125kV di pazienti con spessore tra i 10 e 15 cm.

Per esaminare la relazione quantitativa tra mAs e lo spessore del fantoccio, per ogni valore di kV, i mAs richiesti per tutte gli spessori, thk è stato normalizzato al valore di mAs a $thk = 30$ cm, e questo rapporto mAs (cioè mAs_{thk}/mAs_{30}) è stato tracciato su una

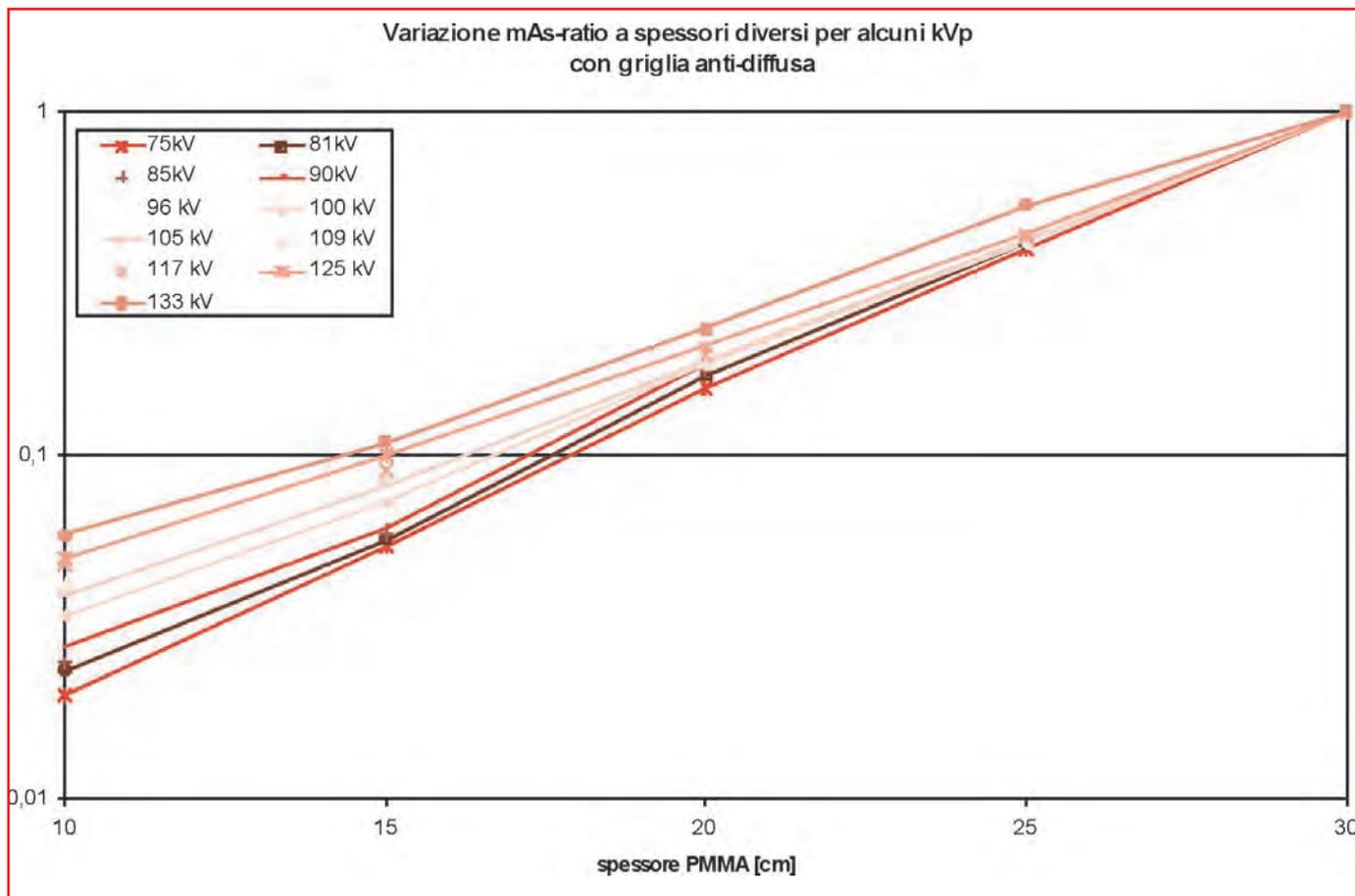


Grafico 1: mAs-ratio in scala semilogaritmica in funzione dei kV e dello spessore fantoccio

scala logaritmica contro lo spessore PMMA. (grafico 1)

Il grafico mette in evidenza la relazione logaritmica dei mAs che dipendono dallo spessore del paziente, cioè un raddoppio di spessore si traduce in un valore di mAs cento volte più alto. Per motivi di tempi espositivi troppo lunghi, il grafico non riporta i valori relativi ai kV da 55 a 70, valori di kV comunque poco utilizzati su pazienti di un certo spessore in presenza di griglia antidiffusa.

Si può vedere dal grafico1 che la regola del 25% è applicabile solo in caso di kV più alti (. Questo può essere spiegato con l'effetto della radiazione diffusa sulle caratteristiche di trasmissione del fascio dei raggi X.

Tracciando il grafico (grafico 2) con i dati relativi ai kV e la dose in ingresso misurata in relazione allo spessore del fantoccio, emerge chiaramente che a

un dato valore di kV impostato, a seconda dello spessore, aumenta la dose in ingresso in modo esponenziale, questo non soltanto perché il dosimetro è posto più

vicino alla sorgente radiogena (legge del quadrato della distanza!), ma anche perché il fascio dei raggi X viene attenuato all'interno del fantoccio (del pa-

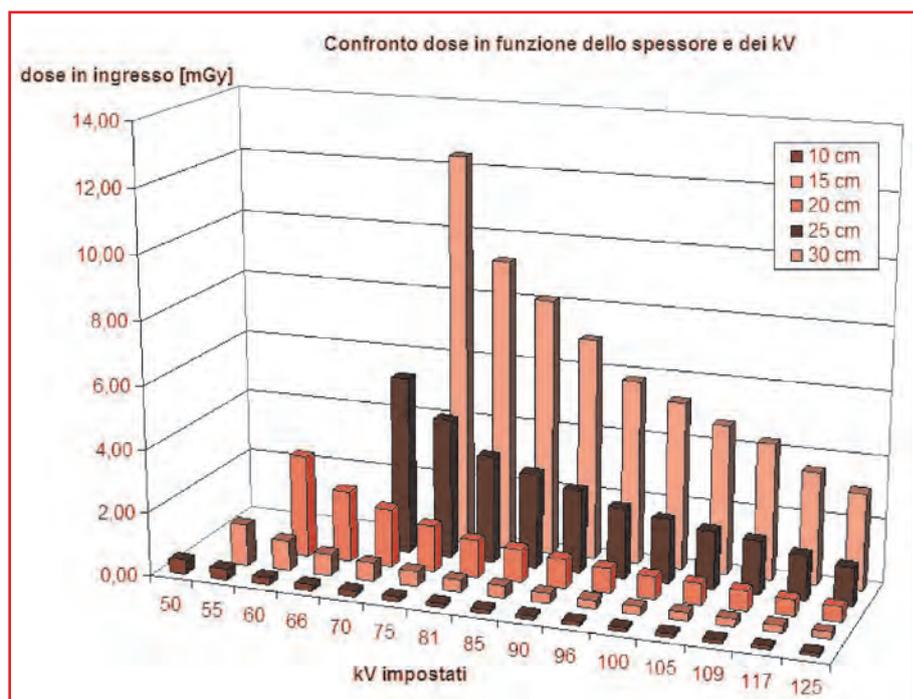


Grafico 2: Misura di dose in funzione dei kV a diversi spessori

ziente) compensando con valori di mAs più alti.

Interpretando il grafico dal punto di vista dello spessore si può constatare che la dose in ingresso diminuisce esponenzialmente all'aumentare dei kV (e mAs adeguati).

CONCLUSIONI:

Le valutazioni eseguite per questo studio preliminare indicano che anche in presenza di rivelatori digitali la regola del 25% è applicabile su tutta la gamma dei kV clinici utilizzati comportandosi il valore dei mAs e anche il valore

dell'indice di esposizione in maniera analoga ai sistemi schermo-film. Queste impostazioni operative poi si riflettono in una dose al ingresso (e di conseguenza dose al paziente) che diminuisce all'aumentare dei kV. Ovviamente questi risultati non indicano che si può operare sempre ai kV massimi, per risparmiare dose al paziente, perché viene penalizzato fortemente il contrasto sull'immagine radiografica.

Saranno necessari ulteriori studi per trovare i kV ottimali per un dato spessore paziente e se è possibile ottimizzare il contrasto con i software di post-processing

fornite dalle ditte che producono sistemi di rivelazione digitali.[8,9,10,11,12,13] Per rendere il lavoro ancora più completo si cercherà di integrare le misure acquisendo anche le immagini senza griglia antidiffusa con un'analisi confrontabile e una comparazione dei dati riferiti alla due modalità. Considerando che nella attuale pratica di lavoro le conclusioni di questo studio sono già raggiunti con mezzi empirici, tuttavia, si spera che questo lavoro ha fornito sostegno sperimentale alle relazioni tra kV, mAs e spessore del paziente lavorando con griglia anti-diffusa.

BIBLIOGRAFIA

- [1] G.S.Ai-Balool, D.L.Newman, The relationships between kV, mAs and thickness in film-based radiography: 25% and 15% rules. *OK?*, *Radiography* (1998) 4, 129-134
- [2] Y.Asai et Al., Dependence of radiographic sensitivity of CR imaging plate on X-ray tube voltage, *Radiol Phys Technol* (2008) 1:100–105
- [3] T.Mertelmeier, A.Oppelt, Digitales Röntgen in der Medizin, *Phys.Unserer Zeit*, 1/2009 (40), 40-45
- [4] Shepard et al.: Exposure indicator for DR: TG116 (Executive Summary), *Med. Phys.* 36,7, (July 2009), 2898-2914
- [5] Shepard, S. J. et al. Recommended exposure indicator for digital radiography. AAPM Report of Task Group No. 116. American Association of Physicists in Medicine (2008)
- [6] Geiger B., Dosisindikatoren in der Projektionsradiographie: Der EXI-Wert bei SIEMENS AXIOM Aristos Systemen, Fortbildungsseminar in Magdeburg, (Juni 2004)
- [7] Butler M.L. et al, Are exposure index values consistent in clinical practice? A multi-manufacturer investigation, *Radiation Protection Dosimetry* (2010), pp. 1–4
- [8] Vuylsteke P, Schoeters E: Multiscale image contrast amplification (MUSICA). *Proc SPIE Med Imaging*, (1994) 2167:551– 560,
- [9] Vuylsteke P. et al., Image Processing in Computed Radiography, DGZfP Proceedings BB 67-CD, (March 1999), paper 16
- [10] Schaetzing R., White paper Musica, Agfa 2007
- [11] Koenker R., Improved conspicuity of key X-ray findings using advanced post-processing techniques: clinical examples, *MedicaMundi* 49/3, (2005/11), 4-11
- [12] Yamada S., Murase K., Effectiveness of flexible noise control image processing for digital portal images using computed radiography, *The British Journal of Radiology*, 78 (2005), 519–527
- [13] Lo W.Y, Puchalski S.M., Digital image processing, *Veterinary Radiology & Ultrasound*, Vol. 49, No. 1, Supp. 1, 2008, pp S42–S47.

LA COLANGIOPANCREATOGRRAFIA A RISONANZA MAGNETICA CON STIMOLO ALLA SECRETINA

MR CHOLANGIOPANCREATOGRAPHY AFTER SECRETIN STIMULATION (S-MRCP)

ANATRELLA CIRO*, SARNO DOMENICO**, BRAUN VINCENZO*, DE RITIS ROSARIA***

*TSRM DOTT. PRESSO L' U.O.S.S. RM BODY, A.O.R.N. A. CARDARELLI, NAPOLI ** TSRM DOTT. LIBERO PROFESSIONISTA ***DIRIGENTE MEDICO RESPONSABILE DELL' U.O.S.S. RM BODY, A.O.R.N. A. CARDARELLI, NAPOLI

PAROLE CHIAVE: RISONANZA MAGNETICA- COLANGIOPANCREATOGRRAFIA - SECRETINA

KEYWORDS: MAGNETIC RESONANCE-CHOLANGIOPANCREATOGRAPHY - SECRETIN

La Colangiopancreatografia RM (CPMR), con sequenze fortemente ponderate in T2, ci consente di ottenere un'accurata rappresentazione dell'albero biliopancreatico; la qualità delle immagini è in relazione alla quantità di liquido contenuto nei dotti pertanto le vie biliari sono meglio rappresentate rispetto al Wirsung.

Per ovviare a questo limite è possibile stimolare il pancreas con un farmaco, la Secretina, che aumenta la secrezione dei bicarbonati e dei liquidi da parte della parte esocrina della ghiandola. È stato dimostrato che tal effetto, nei soggetti sani, è transitorio ed è associato ad aumento della pressione dei dotti pancreatici dopo un minuto, con completo ritorno ai valori basali dopo 5 minuti, migliorando la visualizzazione dei dotti pancreatici, facilitando così l'individuazione e la diagnosi di alcune patologie.

La colangiopancreatografia RM con stimolo alla secretina è eseguita solo in pochi centri in Italia, e l'A.O.R.N. "A. Cardarelli" è l'unico centro in Campania ad eseguire tale esame.

MR cholangiopancreatography (MRCP), with heavily weighted T2 sequences, it enables accurate and simultaneous representation of the morphology of the biliary tract, pancreatic duct, image quality is related to the amount of liquid content of the bile ducts, therefore, are better represented than the Wirsung. To overcome this limitation is possible to stimulate the pancreas with a drug, secretin, which increases the secretion of fluid and bicarbonate by the exocrine pancreas. It has been shown that this effect in healthy subjects is transient and is associated with increased pressure of the pancreatic ducts after a minute, with complete return to baseline after 5 minutes by improving the visualization of the pancreatic ducts, thus facilitating the identification and diagnosis of certain diseases. MR cholangiopancreatography with secretin stimulation to be performed only in a few centers in Italy, and A.O.R.N. "A. Cardarelli" is the only center in Campania to carry out this examination.

INTRODUZIONE

La Colangiopancreatografia a Risonanza Magnetica (CPRM) è una tecnica di studio di RM che permette di mettere in risalto i liquidi statici utilizzando sequenze fortemente pesate in T2 e ci consente di ottenere un'accurata rappresentazione dell'albero biliopancreatico. In condizioni fisiologiche, il volume dei liquidi statici nei dotti biliari è superiore a quello contenuto nei dotti pancreatici, motivo per cui, in condizioni di normalità, la CPRM delinea meglio la via biliare rispetto al dotto di Wirsung.

Per ovviare a questo limite è possibile stimolare il pancreas con un farmaco, la Secretina (CPRM-S), che aumenta la secrezione di fluidi da parte delle cellule duttali e, simultaneamente, si ha, durante i primi 5 minuti, l'aumento del tono dello sfintere di Oddi che inibisce la liberazione dei fluidi

attraverso la papilla di Vater determinando l'aumento di volume dei liquidi stazionari nei dotti pancreatici. È stato dimostrato che tal effetto, nei soggetti sani, è transitorio ed è associato ad aumento della pressione dei dotti pancreatici dopo un minuto, con completo ritorno ai valori basali dopo 5 minuti.

Quest'aumento in termini di dimensioni e fluido contenuto e già stato utilizzato per migliorare la visualizzazione dei dotti pancreatici agli ultrasuoni.

Per valutare il flusso dinamico del dotto e il rilascio del fluido pancreatico nel duodeno con la CPRM-S, le immagini devono essere acquisite dinamicamente con una buona risoluzione temporale e mostrare tutta la lunghezza del dotto pancreatico, i tratti biliari extraepatici e duodeno in un'unica proiezione. A tale scopo la CPRM-S viene eseguita prima sul

piano coronale e ripetuta ogni 30 secondi per 10 minuti dopo somministrazione intravenosa di 1 ml di secretina per ogni 10 Kg di peso corporeo.

La visualizzazione dell'intero dotto pancreatico con la somministrazione di secretina è utile per la valutazione di alcune patologie quali: anomalie congenite del pancreas (pancreas divisum), pancreatite cronica, lesioni cistiche – pseudocisti, tumori del pancreas (IPMT), e nella quantificazione della riserva esocrina del pancreas in base al grado di riempimento duodenale.

MATERIALI E METODI

La secretina è un ormone peptidico di 27 amminoacidi che agisce primariamente sul pancreas, stimolandolo a secernere un succo pancreatico diluito e ricco di bicarbonato, importantissimo per tamponare l'acidità del chimo

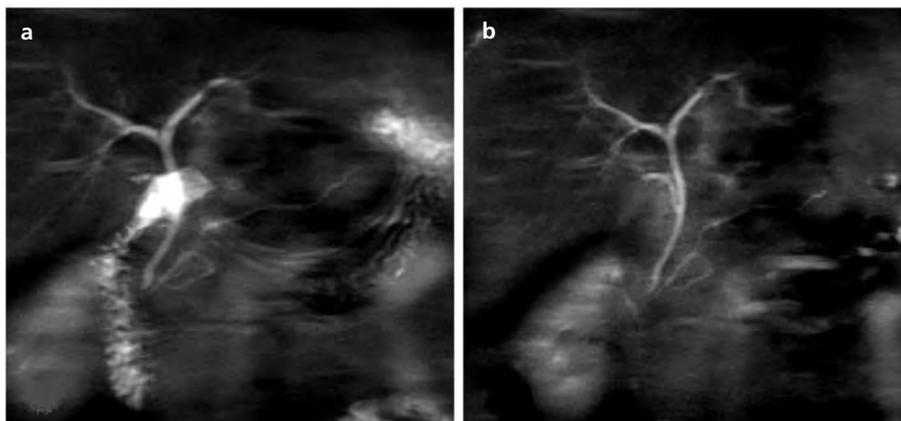


Fig. 1 a) CPRM; **Fig. 1 b)** CPRM con agente di contrasto superparamagnetico, negativo, a base di nanoparticelle d'ossido di ferro, ferumoxsil (Lumirem; Guerbet) per eliminare la sovrapposizione dei liquidi

gastrico. Questo meccanismo, oltre ad assicurare condizioni ottimali all'attività degli enzimi digestivi (che lavorano al meglio a pH lievemente basici), protegge la mucosa duodenale dall'insulto dell'acidità del chimo. La somministrazione endovenosa di quest'ormone peptidico, totalmente sintetico, è in grado di stimolare fisiologicamente le cellule centro-acinose e duttali intercalari a produrre un secreto acquoso, ricco di bicarbonato, che distende i dotti, principale e secondari, aumentando il loro calibro, migliorandone la visualizzazione, permettendo di rilevare dati morfologici e dinamici, ed incrementando la risoluzione di contrasto nelle sequenze T2 ponderate. La polvere per soluzione per infusione deve essere ricostituita con acqua per preparazioni iniettabili, diluita in una soluzione di cloruro di sodio per iniezioni endovenose e quindi somministrata alla quantità di 1 ml per ogni 10 kg di peso corporeo per infusione endovenosa. Non ci sono riferi-

menti bibliografici che riportano reazioni avverse a tale farmaco, ma è sconsigliato l'uso della secretina in caso di gravidanza, allattamento ed è comunque indispensabile un'attenta valutazione degli esami ematochimici in particolare del valore di amilasi e lipasi per evitare la somministrazione in caso di pancreatite acuta.

Per poter eseguire lo studio CPRM con Secretina (CPRM-S) è indispensabile soddisfare alcuni requisiti fondamentali:

- l'assenza di controindicazioni assolute e/o relative ad un esame RM;
- apparecchiature performanti con possibilità di acquisire sequenze rapide in breath hold;
- bobine phased array per ottenere un elevato rapporto segnale rumore.

Fase di particolare importanza è quella della preparazione del paziente che prevede:

- il digiuno da almeno 6-8 ore;
- accesso venoso periferico con ago-cannula da 18-20 Gauge;

- somministrazione per via orale di 300 ml di un agente di contrasto superparamagnetico negativo, a base di nanoparticelle d'ossido di ferro (ferumoxsil, Lumirem), per eliminare l'eventuale sovrapposizione di liquidi contenuti negli organi addominali quali lo stomaco e il duodeno. *Fig.1*

Il corretto approccio tecnico-metodologico all'imaging dell'addome deve prevedere la scelta delle sequenze più idonee e l'analisi dei parametri d'acquisizione.

La CPRM-S prevede acquisizioni per:

- studio tomografico dell'addome superiore per valutazione del parenchima pancreatico;
- studio duttale con acquisizioni colangiografiche per valutazione dei dotti pancreatici;
- studio duttale dinamico con acquisizioni durante somministrazione di secretina per valutazione morfologia e funzionale dei dotti pancreatici.

Per lo studio parenchimale sono eseguite acquisizioni assiali:

- T1 pesata, sequenza in phase – out of phase, (*TR/in-phase TE, 126/4.6 msec; out-of-phase TE = 2.3 msec; flip angle, 90°; matrix, 256 x 192; section thickness, 7 mm; intersection gap, 1 mm; one signal acquired; scan time, 18 s*) in breath hold;

- Fast Spin Echo T2 (*Pseudo Echo Time 84 ms; Inter Echo spacing 10,5; TR 12000; ETL 64; Th 5 mm; Gap 0,5 mm; Nex 3; TA 4,40 sec*) per lo studio ad elevato contrasto.

Lo studio del sistema duttale è reso possibile dall'elevato segnale intrinseco della bile nelle se-



fig. 2 studio parenchimale acquisizioni assiali: **a)** T1W IN Phase ; **b)** T1 W OUT Phase; **c)** T2 W FSE.

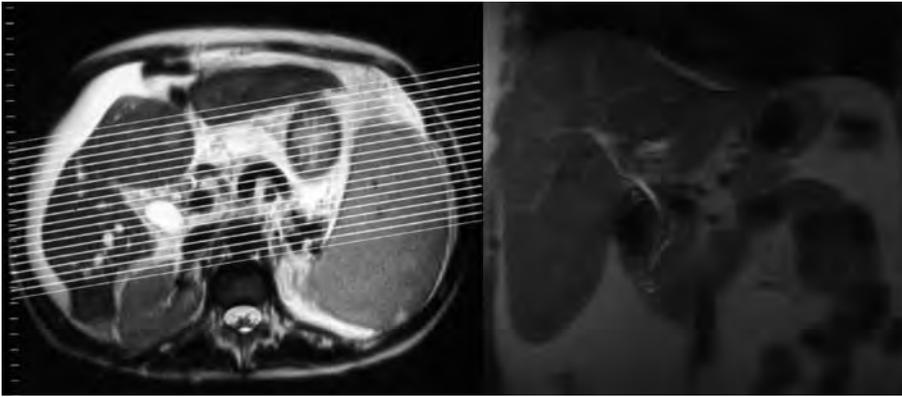


Fig 3. Sequenza FSE T2 W (RARE) 2D multislice a spessore sottile acquisita in breath hold nei piani coronali

quenze fortemente T2-pesate.

Generalmente sono realizzati due approcci:

- 1) Sequenza FSE T2 W (RARE TRITE, 10000/110 ms; slice thickness, 5 mm; matrix, 256x256; acquisition, 1; echo train length, 140; scan time, 10 s) 2D multislice a spessore sottile con soppressione del grasso acquisita in breath hold nei piani coronali. Le immagini native possono essere sottoposte a post-processing con algoritmo di ricostruzione MIP in modo da avere una visione similtridimensionale. *Fig 3*
- 2) L'altra acquisizione colangiografica è a (single shot), con sequenza FSE T2 Half-Fourier

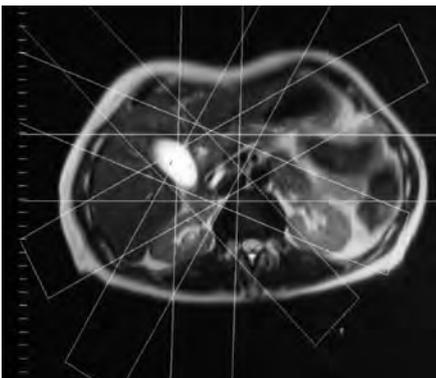
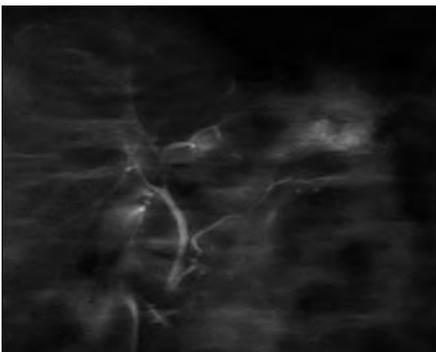


Fig 4. FSE T2 W Half-Fourier (HASTE) single shot con soppressione del grasso acquisita in breath hold.

(HASTE TRITE, infinite/285; slab, 6; section thickness, 50–70 mm; acquisitions, 1; matrix, 256x256; echo train length, 264; scan time, 8 s) con soppressione del grasso acquisita in breath hold; su di un'immagine assiale T2 di riferimento sono posizionate secondo l'angolo di obliquità dei dotti biliopancreatici singole scansioni con spessore tra 30-70 mm (thick-slab). La tecnica single shot non necessita di post-processing. *Fig 4*

Per lo studio dinamico con secretina CPRM-S il farmaco viene somministrato attraverso un iniettore automatico (Spectris MR iniettor, Medrad Europe) alla velocità di 0,1 ml/sec seguito da iniezione di 20 ml di soluzione fisiologica alla velocità di 1ml/sec. Lo scan delay è di 30 secondi e si procede all'acquisizione ripetuta ogni 30 secondi per 10 minuti dell'immagine colangiografica che consente la migliore visualizzazione di tutto il tratto del dotto pancreatico principale, come evidenziato dall'esame CPRM basale, con sequenze single shot TSE T2 a respiro trattenuto fin quando non si avrà un'ottima rappresentazione del Wirsung. Dopo 10 minuti dalla fine dell'infusione sono ripetute l'acquisizioni coronale FSE T2 W e l'acquisizione single shot colangiografica.

DISCUSSIONE

La CPRM con secretina ci consente un'analisi sia morfologica sia funzionale. Per quanto riguarda l'analisi morfologica si valutano

le variazioni di calibro del dotto pancreatico principale e delle principali diramazioni, in condizioni basali e ogni 30 secondi per 10 minuti dopo iniezione di secretina (testa, corpo, coda). Nei soggetti sani, durante i primi 2-3 minuti dopo somministrazione di secretina, il dotto pancreatico principale subisce un aumento di calibro seguito da un ritorno al diametro basale e con riempimento del duodeno con succo pancreatico. *Fig 5*

L'analisi funzionale si basa sulla quantità di fluido prodotto dal pancreas esocrino, valutando il grado di riempimento del duodeno secondo quanto segue:

- GRADO 0: Assenza di segnale fluido nel duodeno
- GRADO 1: Fluido limitato al bulbo duodenale

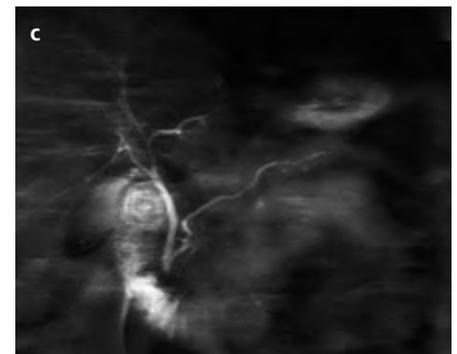
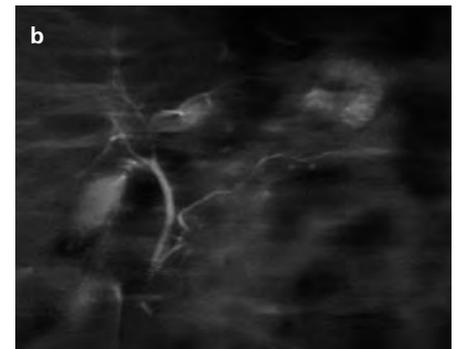
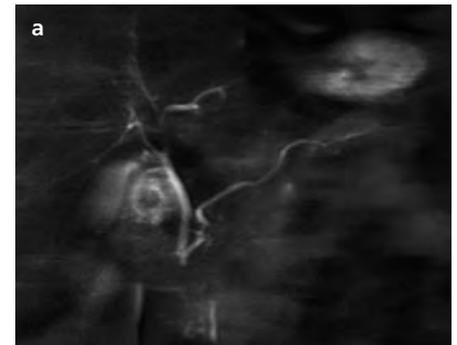


Fig. 5. Analisi morfologica variazione di calibro del dotto pancreatico.

- GRADO 2: Riempimento fino al ginocchio inferiore
- GRADO 3: Riempimento oltre il ginocchio inferiore (normale indice di funzionalità) Fig 6.

L'A.O.R.N "A. Cardarelli" è l'unico centro della regione Campania che esegue la colangiopancreatografia a RMN con stimolo alla secretina dal maggio 2009 a settembre 2010 sono stati effettuati 31 esami con questa tecnica utilizzando un'apparecchiatura da 1,5 Tesla (Philips Medical Systems; Gradient strength 27 mT/m; Slew rate 70 mT/m/sec) con la seguente casistica riportata in tabella :

Reperto nei limiti della norma	5
IPMT	9
Pancreatite Cronica	7
Pancreas Divisum	4
Pancreas Bifido	2
Sbocco autonomo del dotto distale	2
Pseudocisti Pancreatica	2
Litiasi Intraduttale	2

L'immagine coronale ottenuta prima della somministrazione di secretina (Fig. 7 a) mostra sia il dotto dorsale che il dotto ventrale di dimensioni normali, mentre le immagini sul piano coronale (Fig. 7 b-c) ottenute dopo stimolazione con secretina mostrano un aumento di diametro di entrambi in dotto, i quali sono connessi tra loro, con rela-

tivo scarico di fluido pancreatico nel duodeno. Il reperto depone per pancreas divisum.

La diagnosi di pancreatite cronica si basa sulla valutazione dell'integrità funzionale della ghiandola e sulle modificazioni morfologiche del tessuto ghiandolare, dotto pancreatico, e rami laterali. Le immagini ottenute sui piani coronali prima (Fig. 8 a) e dopo somministrazione di secretina (Fig. 8 b-c) mostrano un alterata morfologia del dotto pancreatico con dilatazione dei rami laterali, assenza di fluidi pancreatici all'interno del duodeno segno di restringimento e/o stenosi del dotto principale.



Fig 6. Analisi Funzionale grado 3: Riempimento oltre il ginocchio inferiore (normale indice di funzionalità)

CONCLUSIONI

La secretina provoca dilatazione temporanea dei dotti pancreatici, aumentando principalmente le

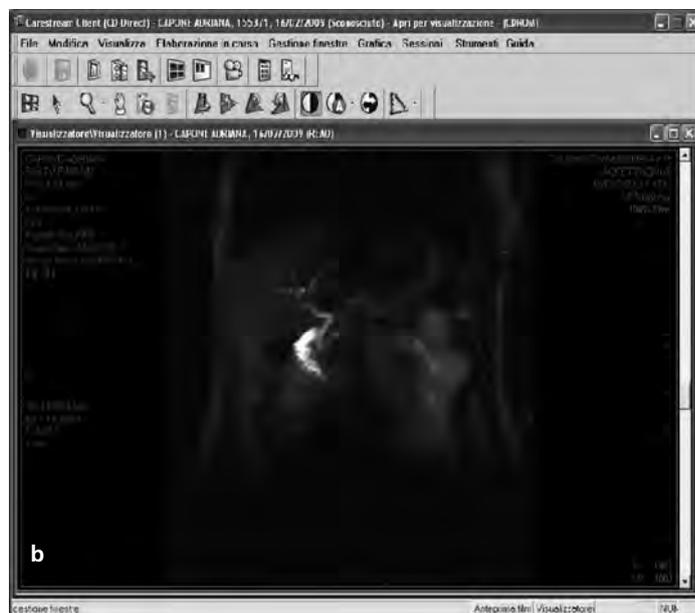
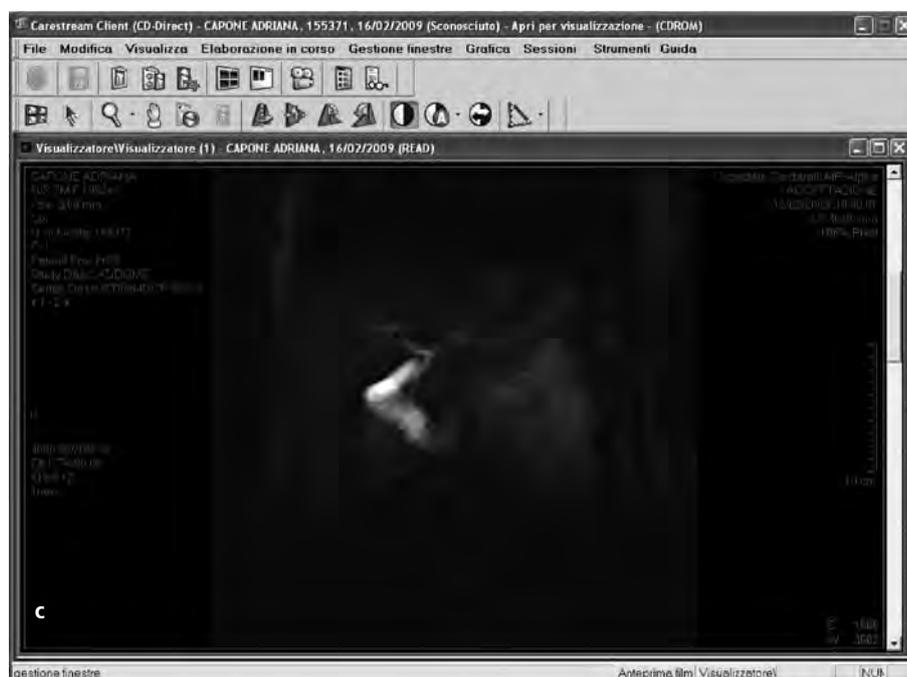
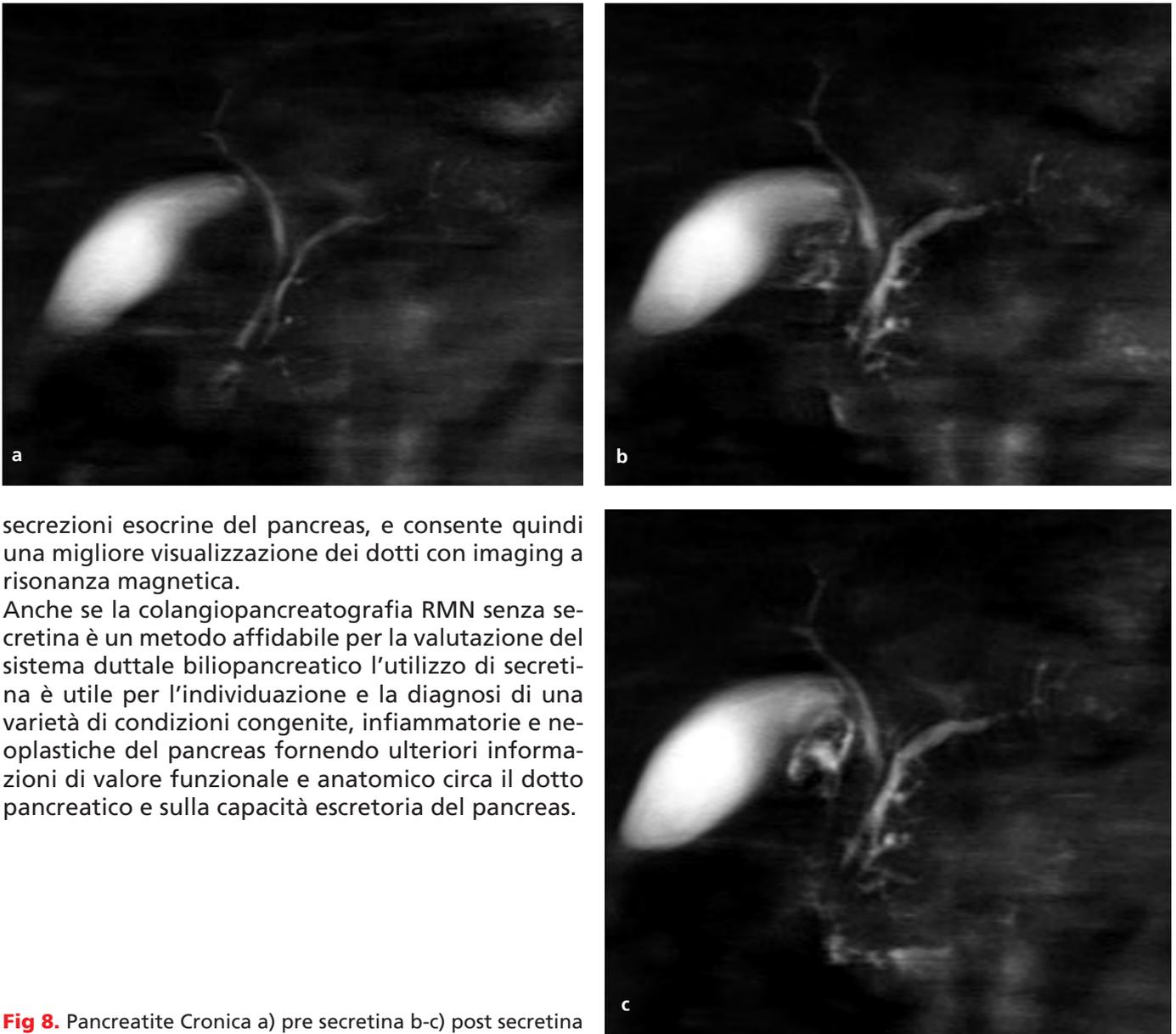


Fig 7. Pancreas divisum. a) pre secretina b-c) post secretina.



secrezioni esocrine del pancreas, e consente quindi una migliore visualizzazione dei dotti con imaging a risonanza magnetica.

Anche se la colangiopancreatografia RMN senza secretina è un metodo affidabile per la valutazione del sistema duttale biliopancreatico l'utilizzo di secretina è utile per l'individuazione e la diagnosi di una varietà di condizioni congenite, infiammatorie e neoplastiche del pancreas fornendo ulteriori informazioni di valore funzionale e anatomico circa il dotto pancreatico e sulla capacità escretoria del pancreas.

Fig 8. Pancreatite Cronica a) pre secretina b-c) post secretina

BIBLIOGRAFIA

- 1) Miccioni F, Martinelli M., Magnetic resonance cholangiography: past, present and future: a review.
- 2) Kumareresan Sandrasegaran, Chen Lin, Fatih M. Akisik and Mark Tann. State-of-the-art pancreatic MRI. *AJR* 2010; 195:42-53
- 3) Celso Matos, O. Cappeliez, C. Winant. MR Imaging of the Pancreas: A Pictorial Tour. *Radiographics* 2002; 22:e2.
- 4) Bolondi L., Gaiani S., Gullo L., Labò G., Secretin administration induces a dilatation of the main pancreatic duct. *Dig Dis Sci* 1984; 29:802-808
- 5) Lowes JR, Lees WR, Cotton PB. Pancreatic duct dilation after secretin stimulation in patients with pancreas divisum. *Pancreas* 1989; 4:371-374
- 6) Matos C. e Coll: Pancreatic duct: morphologic and functional evaluation with dynamic MR pancreatography after secretin stimulation. *Radiology* 1997; 203 (2) : 435-441.
- 7) Kenneth M. Vitellas, Mary T. Keogan, Charles E. Spritzer, and Rendon C. Nelson: MR: Cholangiopancreatography of Bile and Pancreatic Duct Abnormalities with Emphasis on the Single-Shot Fast Spin-Echo Technique *Radiographics* July 2000 20:939-95
- 8) Laugier R. Dynamic endoscopic manometry of the response to secretin in patients with chronic pancreatitis. *Endoscopy* 1994; 26:222-227. [Medline]
- 9) Josep Maria Monill. Resonancia Magnetica pancreatografia con inyeccion de secretin: Técnica y aplicaciones clínicas
- 10) Jae Hoon Lim, Gina Lee, Young Lyun Oh; Radiologic Spectrum of Intraductal Papillary Mucinous Tumor of the Pancreas. *March 2001 Radiographics* 21, 323-337.

L'OTTIMIZZAZIONE DELL'ESAME RADIOLOGICO DEL RACHIDE IN TOTO NELLE GIOVANI PAZIENTI

OPTIMIZATION OF THE RADIOLOGICAL EXAMINATION OF FULL SPINE IN YOUNG PATIENTS

ANTONIO DERAMO *, MARA MIGLIONICO **

*CTSRM DOTT. PRESSO U.O.C. RADIOLOGIA OSPEDALE GENERALE REGIONALE "F. MIULLI" – ACQUAVIVA DELLE FONTI (BA)

** TSRM DOTT. LIBERO PROFESSIONISTA – FOGGIA

PAROLE CHIAVE: RADIOGRAFIA DEL RACHIDE, RADIOPROTEZIONE.

KEYWORDS: FULL SPINE RADIOGRAPHY, RADIATION PROTECTION.

ABSTRACT

Le radiografie del rachide in toto per scoliosi in pazienti di sesso femminile ed età inferiore ai 20 anni, potrebbero contribuire ad aumentare il rischio di sviluppare un carcinoma della mammella in età adulta. Inoltre, questi esami possono essere eseguiti con una grande variabilità di dose. Per tali motivi, in questo lavoro proponiamo una procedura di ottimizzazione della radioprotezione, soprattutto delle ghiandole mammarie. Le misure di dose sono state eseguite con dosimetri TLD. L'utilizzo di dispositivi DR (Digital Radiography) con tecnica di esposizione manuale, ci ha permesso di ottenere immagini di buona qualità con dosi equivalenti inferiori ai 200 μ Sv. Da questo punto di partenza, sono stati misurati i risparmi di dose derivanti dall'impiego di tecniche a bassa dose e dall'uso di protezioni in piombo per le ghiandole mammarie. Infine, abbiamo valutato anche la dose alla mammella in una particolare variante della proiezione LL (latero-laterale). Tutti questi accorgimenti tecnici riducono la dose alle ghiandole mammarie di un ulteriore 80%.

The full spine for scoliosis radiographies in female and less than 20 years old patients, could lead to increase the risk of developing breast cancer in adulthood. In addition, these tests can be performed with a great variability of dose. For these reasons, in this work we propose a procedure for optimization of radiation protection, especially of the mammary glands. The dose measures were carried out with dosimeters TLD. The use of devices DR (Digital Radiography) with manual exposure technical, has allowed us to obtain good quality images with equivalent doses below 200 μ Sv. From this starting point, were measured the saving doses resulting from the use of low dose techniques and the use of lead guards for the mammary glands. Finally, we have also estimated the dose to the breast in a particular variant of the SS (side by side) projection. All these technical measures reduce the dose to the mammary glands of a further 80 %.

INTRODUZIONE

L'esposizione alle radiazioni ionizzanti in pazienti di sesso femminile ed età inferiore ai 20 anni, potrebbe contribuire ad aumentare il rischio di sviluppare un carcinoma della mammella in età adulta¹.

In tal senso, uno degli esami radiologici più rischiosi tra i 10 e 20 anni d'età è la radiografia del rachide in toto per scoliosi². In questo esame, le pazienti adolescenti sono sottoposte, in media, ad una radiografia di controllo ogni 5-6 mesi, per diversi anni.

Diventa quindi importante ottimizzare le fasi tecniche dell'esame: dall'utilizzo di Sistemi DR (digital radiography), a parametri di

esposizione ridotti, all'uso di DPI (dispositivo di protezione individuale) dedicati.

In questo lavoro, usando dei dosimetri TLD, si è calcolata la riduzione di dose:

- al corpo intero, attraverso parametri di esposizione ridotti;
- alle ghiandole mammarie, sperimentato l'uso di un apposito DPI (nella proiezione antero-posteriore) e attraverso una particolare posizione della paziente in LL (latero-laterale).

Nel complesso, il risparmio di dose è del 77% al corpo intero in AP, dell'88% alle ghiandole mammarie con l'uso del DPI e del 75% in LL.

MATERIALI E METODI

A marzo 2011, nell'Ospedale Generale Regionale "F. Miulli" di Acquaviva delle Fonti (BA), è stata effettuata una misurazione della dose di esposizione su due



Fig 1.

giovani pazienti di sesso femminile, utilizzando 6 dosimetri di tipo TLD.

Il DPI per le ghiandole mammarie è stato creato appositamente per questa sperimentazione. Si tratta di un reggiseno (Fig.1) nel cui interno (in corrispondenza esclusivamente delle coppe) vi è stato inserito **1mm. di piombo**. Esso non presenta rischi di sovrapposizione sulla colonna ed è quindi impiegabile anche in occasione

¹ Cécile M. Ronckers, Christine A. Erdmann, Charles E. Land *Radiation and breast cancer: a review of current evidence*, Breast Cancer Res, n.7, pagg.21-32, 2005.

² Rosenberg JJ. *Scoliosis*, Pediatr. Rev., pagg. 397-398, September 2011.



Fig 2.

del primo esame (Fig.2). L'esame radiologico del rachide in toto in ortostasi è stato eseguito utilizzando un apparecchio Philips Digital Diagnost (**sistema DR**) con detettore digitale cm 43 x 43. Il sistema PACS utilizzato è Carestream. Il tubo radiogeno è Philips Super Ratalix 33/100 e il generatore modello Optimus. L'esame si esegue utilizzando un supporto porta-paziente costituito da un carrello metallico con piano posteriore in plexiglass dove è inserita un'asta centime-

trata radiopaca che si proietta sulle immagini prodotte. L'esame necessita di una doppia esposizione: la prima è centrata sulla parte superiore del rachide, la seconda su quella inferiore (Fig. 3). Il posizionamento della paziente e lo spostamento del detettore nelle due esposizioni, avviene con l'ausilio di un diaframma aggiuntivo posto all'uscita del fascio (Fig. 4). Tale diaframma, serve a schermare le parte non compresa nel detettore. Dopo l'esposizione della parte superiore, si invita la

paziente a non muoversi e si spostano diaframma e detettore per la seconda esposizione.

Le immagini ottenute da queste due esposizioni sono direttamente trasferite sulla workstation per l'elaborazione.

L'elaborazione avviene utilizzando il software "stitching", uno speciale algoritmo di ricostruzione che permette di apporre più acquisizioni su un'unica immagine. Nello specifico, vengono individuano 2 punti in comune della colonna, presenti in entrambi i due radiogrammi perché situati nei 3 cm di sovrapposizione tra i due campi. Il punto s'individua o su un peduncolo o un punto sull'incrocio tra costa e vertebra. Il software unisce i due radiogrammi, permettendo di ottenere l'intera colonna su una pellicola 35x43. La precisione di quest'ultima operazione si può facilmente verificare controllando la continuità della scala centimetrata posta sul lato sinistro dell'immagine (Fig.2).

Ogni proiezione è composta da due radiogrammi:

- il primo radiogramma decorre da **C1 a L2-L3**
- il secondo, da **L2-L3 al piccolo trocantere**.

Inoltre, per ogni radiogramma si usano parametri di esposizione diversi. Esigenza dettata dalla sperimentazione è stata così svolta:

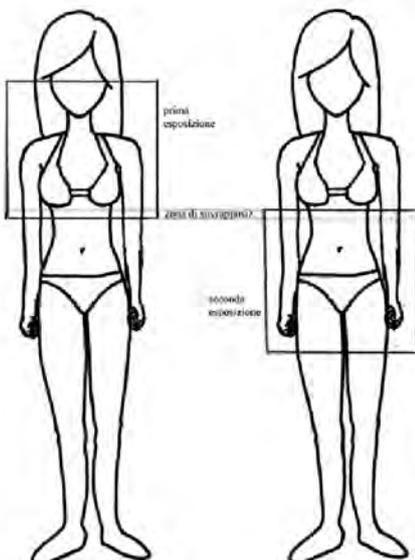


Fig 3.

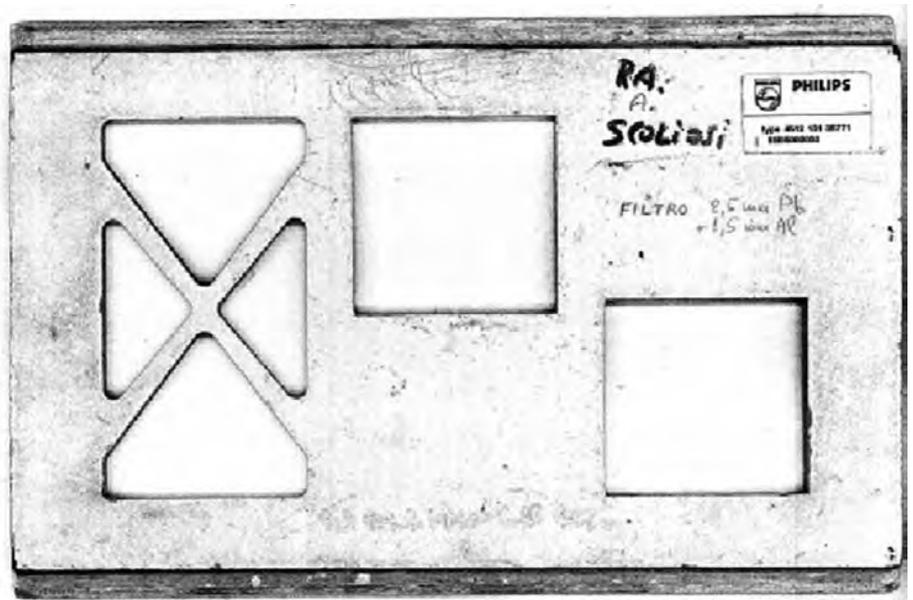


Fig 4.

Paziente 1: La paziente 1, di 13 anni, è stata sottoposta a due radiografie :

- AP senza corsetto (tab.1) (Fig.5)
- AP con corsetto, protocollo a bassa dose (tab.2) (Fig.6)

Nella proiezione con il corsetto ortopedico è stato usato un protocollo a bassa dose perché vi è solo la necessità di vedere le spinte dinamiche del mezzo di correzione sulla colonna.

TABELLA 1

(parametri di esposizione "proiezione AP senza corsetto")

	dal C1 a L2-L3	da L2-L3 al PICCOLO TROCANTERE
kV	81	85
mAs	19,9	24
ms	24,9	32,7
DAP(dGy*cm ²)	4,64	6,54

TABELLA 2

(parametri di esposizione bassa dose "proiezione AP con corsetto")

	dal C1 a L2-L3	da L2-L3 al PICCOLO TROCANTERE
kV	77	85
mAs	3,91	7,10
ms	4,73	9,41
DAP(dGy*cm ²)	0,89	1,51

POSIZIONAMENTO DEI TLD (paziente1)

Nella sola proiezione AP, sono stati posizionati 2 TLD in 2 diverse punti:

- sotto il DPI e sul quadrante supero-esterno (QSE) della mammella destra
- sullo sterno, all'altezza del centro delle mammelle

Le misure sono state poi eseguite sia nella proiezione AP senza corsetto (TLD n°1 e n°2), sia nella AP con corsetto (TLD n°3 e n°4)

Paziente 2: La paziente 2, di 18 anni, è stata sottoposta ad una radiografia del rachide in toto in ortostasi, nella sola proiezione LL (tab. 3).



Fig 5.



Fig 6.

TABELLA 3

(parametri di esposizione "proiezione LL")

	dal C1 a L2-L3	da L2-L3 al PICCOLO TROCANTERE
kV	81	90
mAs	19,9	24,9
ms	24,9	34,6
DAP(dGy*cm ²)	5,14	8,28

POSIZIONAMENTO DEI TLD (paziente 2)

Nella proiezione LL, i punti scelti per il posizionamento di altri 2 TLD sono:

- sul QSE della mammella destra, sul lato coperto dal braccio destro nella proiezione LL (TLD n°5)
- sulla linea ascellare media, in corrispondenza del centro della mammella (TLD n°6).

In questa posizione LL, la paziente mantiene gli arti superiori abdotti anteriormente, di circa 15%. In questo modo, l'arto superiore si interpone tra il fascio primario e la mammella, contribuendo a ridurre la dose alla ghiandola mammaria, senza alterare la cifosi caratteristica del soggetto.

In assenza di specifico LDR per l'esame del rachide in toto per scoliosi, le misure di dose ottenute sono state confrontate con i valori di riferimento per la radiologia pediatrica, riferiti alla Pelvi in AP, di un bambino di 5 anni³. Tale valore è pari a 0,9 mGy.

³ D.Lgs.187/00, Allegato II, Tab.A.

RISULTATI

PAZIENTE 1

Proiezione AP senza corsetto ortopedico (dose normale e bassa dose)

AP dose normale

1° esposizione (da C1 a L2-L3)	kV	81
	mAs	19,8
	ms	24,9
	I.E.	320
	DAP dGy*cm ²	4,64

2° esposizione (da L2-L3 al piccolo trocantere)	kV	85
	mAs	24
	ms	32,7
	I.E.	630
	DAP dGy*cm ²	6,54

TLD n° 1	QSE mamm. dx sotto il DPI (1mm di Pb)	0,029
----------	---------------------------------------	-------

TLD n° 2	sullo sterno senza protezione	0,179
----------	-------------------------------	-------

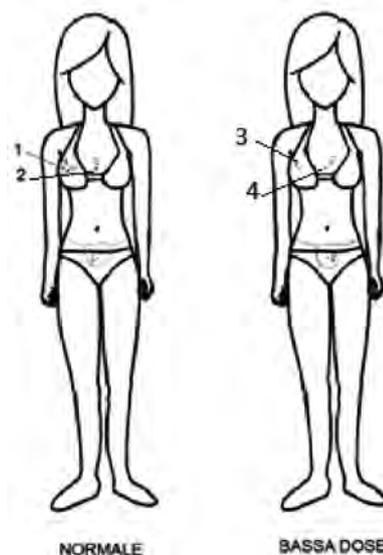
AP bassa dose

1° esposizione (da C1 a L2-L3)	kV	81
	mAs	3,91
	ms	4,73
	I.E.	3200
	DAP dGy*cm ²	0,899

2° esposizione (da L2-L3 al piccolo trocantere)	kV	85
	mAs	7,1
	ms	9,41
	I.E.	3200
	DAP dGy*cm ²	1,51

TLD n° 3	QSE mammella dx, sotto il DPI (1 mm DI Pb)	0,009
----------	--	-------

TLD n° 4	sullo sterno, senza protezione	0,028
----------	--------------------------------	-------



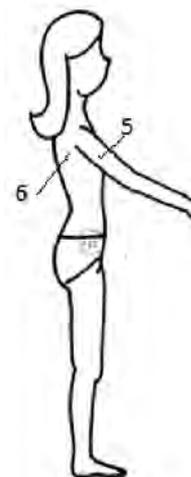
PAZIENTE 2, proiezione LL

1° esposizione (da C1 a L2-L3)	kV	81
	mAs	19,8
	ms	24,9
	I.E.	1250
	DAP dGy*cm ²	5,14

2° esposizione (da L2-L3 al piccolo trocantere)	kV	90
	mAs	24,9
	ms	34,6
	I.E.	1250
	DAP dGy*cm ²	8,28

TLD n° 5	sulla mammella dx, schermato dal braccio	0,053
----------	--	-------

TLD n° 6	sulla linea ascellare media dx, senza protezione	0,181
----------	--	-------



La **PAZIENTE 1**, ha eseguito 2 proiezioni.

Nella prima proiezione, ovvero "**Proiezione AP senza corsetto ortopedico dose normale**", la lettura dei TLD ha dato i seguenti risultati:

- TLD 1 (sotto reggiseno piombato 1 mm.) = 0,029 mSv
- TLD 2 (sullo sterno senza protezione) = 0,179 mSv.

La dose letta sul TLD 1 è il **16,20%** della dose letta sul TLD 2. Il risparmio di dose in questo caso è dell'**83,80%** (Grafico n. 2).

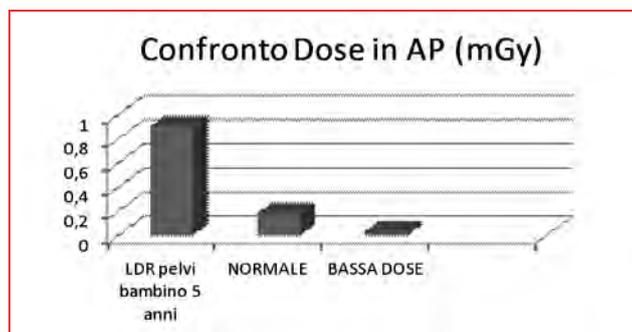


Grafico 1



Grafico 2

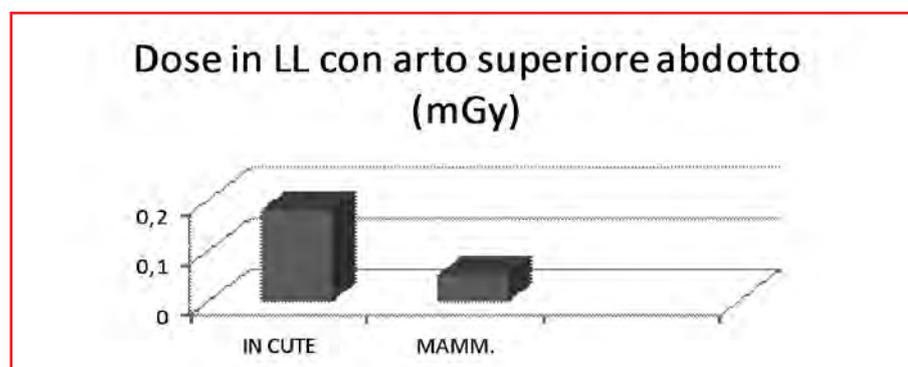


Grafico 3

Nella seconda proiezione "Proiezione AP con corsetto ortopedico bassa dose", la lettura dei TLD ha dato i seguenti risultati:

- TLD 3 (sotto reggiseno piombato 1 mm.) = 0,009 mSv;
- TLD 4 (sullo sterno senza protezione)=0,028 mSv.

La differenza di dose in cute tra la tecnica normale (TLD 2) e la tecnica a bassa dose (TLD 4) è dell'**85%** (Grafico n. 1).

Nella **PAZIENTE 2**, la proiezione "Proiezione LL" con arto superiore abdutto, ha dato i seguenti valori:

- TLD 5 (sulla mammella dx, protetta dall'arto superiore abdutto) = 0,053 mSv;
- TLD 6 (sulla linea ascellare media destra, senza protezione)= 0,181 mSv .

La dose letta sul TLD 5 è il **29,28%** della dose letta sul TLD 6. Il risparmio di dose (Grafico n. 3) è del **70,72%**.

DISCUSSIONE

Gli attuali sistemi DR, oggi rappresentano il *gold standard* per

questo tipo d'esame⁴. Soprattutto con l'utilizzo della tecnica di esposizione manuale, indispensabile per prevenire le sovraesposizione tipiche delle modalità espositive automatiche con DPI, i sistemi DR permettono di ottimizzare al meglio la dose.

I dati raccolti da Mogaadi et al. nello studio di luglio 2011⁵, mettono in luce una grande variabilità di dose, con un range tra 118 e 1596 μ Sv per la proiezione AP e da 97 a 1370 μ Sv per la latero-laterale. Rispetto a questo range, le dosi di circa 180 μ Sv -ottenute sia in AP che in LL- collocano la nostra procedura nella fascia più bassa per quanto riguarda la dose somministrata.

Se a questi risultati si aggiunge

⁴ De Boo DW et al. *Computed radiography versus mobile direct radiography for bedside chest radiographs: impact of dose on image quality and reader agreement*, Clin Radiol, n.66, pagg. 826-832, September 2011.

⁵ Mogaadi M, Ben Omrane L, Hammou A. *Effective dose for scoliosis patients undergoing full spine radiography*, Radiat Prot Dosimetry, July 2011.

l'utilizzo di una tecnica di esposizione a bassa dose, sia nei controlli in generale, ma soprattutto nelle verifiche di posizionamento del corsetto, si ottiene un altro risparmio di dose dell'ordine dell'**85%**. Risultato ottenuto mantenendo una qualità dell'immagine, stampata su pellicola 35x43, che ottempera di sicuro al quesito diagnostico.

Per quanto riguarda l'uso del reggiseno piombato (Pb 1mm), il risparmio di dose alle ghiandole mammarie è superiore all'**80%**. Questo risultato, ottenuto con parametri di esposizione riferiti alla tecnica normale, depone per un suo utilizzo costante.

Ottimi risultati si ottengono anche con la proiezione LL con arto superiore abdutto di 15 gradi rispetto al piano coronale: il risparmio di dose alla mammella risulta del **71 %**.

CONCLUSIONI

L'ottimizzazione di un esame così complesso, mette in risalto l'autonomia del TSRM nella gestione del Sistema DR, nell'elaborazione dell'immagine con il software *stitching*, nella delicata relazione con pazienti così giovani. Ciononostante, è nella radioprotezione della paziente e soprattutto delle ghiandole mammarie che si raggiungono i risultati più significativi.

BIBLIOGRAFIA

- Cécile M. Ronckers, Christine A. Erdmann, Charles E. Land Radiation and breast cancer: a review of current evidence, Breast Cancer Res, n.7, pagg. 21-32, 2005.

- De Boo DW et al. Computed radiography versus mobile direct radiography for bedside chest radiographs: impact of dose on image quality and reader agreement, Clin Radiol, n.66, pagg. 826-832, September 2011.
- Mogaadi M, Ben Omrane L, Hammou A. Effective

dose for scoliosis patients undergoing full spine radiography, Radiat Prot Dosimetry, July 2011.

- Rosemberg JJ. Scoliosis, Pediatr. Rev., pagg. 397-398, September 2011.

LA SICUREZZA INFORMATICA NELL'ACCESSO AI DATABASE OSPEDALIERI: STATO DELL'ARTE ED IMPLEMENTAZIONE DELLA SMARTCARD

COMPUTER SECURITY IN ACCESS TO HOSPITAL DATABASES: STATE OF THE ART AND IMPLEMENTATION OF THE SMARTCARD

FELICE LUCA CALZOLAIO*, IVAN MAGOGA**, CARLA MASO***, ALESSANDRO PINI****, ELEONORA STEFANI**, GIANLUCA ZILIO*****
 *TSRM DOTT. PRESSO IL DIPARTIMENTO EMERGENZA, URGENZA E CHIRURGIA DEI TRAPIANTI-SERVIZIO DI RADIOLOGIA D'URGENZA-E.I.R., AZIENDA OSPEDALIERA UNIVERSITARIA POLICLINICO SANT'ORSOLA-MALPIGHI, VIA MASSARENTI 9, 40138 BOLOGNA, **STUDENTE MASTER SCIENZE TECNICHE APPLICATE ALLA GESTIONE DEI SISTEMI INFORMATICI IN DIAGNOSTICA PER IMMAGINI, EMPOLI, ***TSRM DOTT. PRESSO IL DIPARTIMENTO DI RADIOLOGIA CLINICA - SERVIZIO DI RADIOLOGIA DIAGNOSTICA E INTERVENTISTICA - AZIENDA OSPEDALIERA U.L.S.S. 9, PIAZZA OSPEDALE 31100 TREVISO, ****TSRM DOTT. PRESSO IL SERVIZIO DI RADIOLOGIA - CENTRO PEGASO SNC, VIA BIRMANIA 74 58100 GROSSETO, *****TSRM DOTT. PRESSO L'ISTITUTO RADIOLOGIA SAN GIACOMO, VIALE STAZIONE 45/A 30015 CHIOGGIA (VE)

PAROLE CHIAVE: DATABASE, AUTENTICAZIONE, SICUREZZA INFORMATICA, SMARTCARD, ATTACCHI INFORMATICI

KEYWORDS: DATABASE, AUTHENTICATION, COMPUTER SECURITY, SMARTCARD, COMPUTER ATTACKS

Lo sviluppo delle recenti tecnologie informatiche ha portato all'informatizzazione della gestione dei dati in ambito ospedaliero. Tali dati vengono "informatizzati" attraverso la creazione di specifici database. Trattandosi di dati sensibili atti a rivelare lo stato di salute di un individuo, risultano necessarie misure di sicurezza in grado di prevenire accessi non autorizzati e/o operazioni illecite da parte di utenti abilitati. Tra le misure di sicurezza minime compare la regolamentazione degli accessi al database, che nella maggioranza dei casi avviene attraverso autenticazione con username e password. Lo studio propone un'analisi dei punti di forza e di debolezza di questa modalità di autenticazione e mira ad individuare un sistema maggiormente performante in termini di sicurezza, quale l'utilizzo di una smart card con relativo codice di accesso. Tramite un'accurata descrizione di rischi e benefici che l'implementazione di un sistema di autenticazione tramite smartcard comporta, si è giunti alla conclusione che i vantaggi dati dall'uso di questa tecnologia per regolare l'accesso ai DB siano maggiori in termini di sicurezza informatica rispetto ad una semplice autenticazione con username e password. Non devono tuttavia essere trascurati i rischi connessi all'uso di tale metodica, che non risulta essere comunque immune da attacchi da parte di terzi malintenzionati o danni accidentali.

Recent development of computer technologies has led to a computer-controlled data management in hospitals. Hospital data are nowadays organized into databases. Since hospitals deal with personal data concerning the health condition of patients, it is necessary to apply security measures in order to prevent unauthorized accesses and operations that some qualified users could not be allowed to do, according to the hospital security policies. One of the most common security measure is represented by the authentication by means of username and password. The following paper analyzes both advantages and disadvantages concerning authentication with username and password and suggest the use of a more secure and modern way of controlling access to databases, that is the use of smartcards. After doing an accurate evaluation of what type of benefits are connected to the employment of this new technology, data analyzed have shown how smartcards can reduce the risk of unintentional modifications, unauthorized spread and loss of personal data. In last analysis, the paper underlines also the importance of the risks connected to the use of smartcards, that could sometimes undergo computer attacks and unintentional damages.

ABSTRACT

INTRODUZIONE

Al giorno d'oggi lo strumento informatico è entrato prepotentemente in ogni aspetto della vita quotidiana di ognuno di noi. Anche se spesso ne siamo inconsapevoli, i nostri dati personali e sensibili sono, per un motivo o per l'altro contenuti in un database (DB). Generalmente siamo portati a pensare che la nostra

privacy possa essere violata solo "fisicamente", magari dai nostri vicini di casa che fanno pettegolezzi su di noi, non rendendoci conto che ci possono essere livelli di violazione della privacy ben più subdoli ma soprattutto pericolosi. Immaginiamo ad esempio che qualcuno riesca ad accedere ad un database che contiene i dati anagrafici di alcune persone

e che rubi loro "l'identità", usando ad esempio per accedere a prestiti bancari o per compiere una qualsivoglia frode: quali saranno le conseguenze per chi, ignaro, si troverà a pagare delle rate per tutta la vita, senza aver effettivamente beneficiato di un prestito? Forse pochi sanno che, al fine di tutelare la nostra persona, la protezione di tali sistemi

informatici risulta di fondamentale importanza ed è proprio per questo motivo che negli ultimi 10 anni si sono sviluppati un maggior interesse ed una marcata sensibilità verso tutto ciò che riguarda la tutela della privacy, soprattutto in campo informatico. Lo stesso legislatore ha orientato i suoi sforzi con l'emanazione di un "codice in materia di protezione dei dati personali", contenuto nel decreto legislativo n° 196 del 30 giugno 2003, recependo in esso la direttiva comunitaria 2002/58/CE inerente alle comunicazioni elettroniche. Attraverso un disciplinare tecnico, nel quale si trovano disposizioni e modalità di autenticazione, autorizzazione e sicurezza informatica, sono state inoltre definite le misure minime di sicurezza dei dati nel loro trattamento con strumenti elettronici. Ogni DB nel quale sono contenuti dati personali e/o sensibili deve pertanto rispettare rigide regole di protezione da accessi indesiderati. Questa protezione deve essere garantita sia a livello hardware, per evitare intrusioni da parte di malintenzionati, ad esempio dalla rete, sia a livello software per evitare accessi "malevoli" da parte di personale non autorizzato o parzialmente autorizzato all'accesso ai dati. Attualmente le procedure utilizzate per permettere l'autenticazione in molti DB medicali sono basate esclusivamente su l'autenticazione mediante username e password ma questa protezione può non essere sempre sufficiente a proteggere i dati presenti. Lo scopo di questo articolo risulta essere quello di valutare l'impatto di un ulteriore livello di protezione "ibrido", composto cioè da una parte hardware che, opportunamente coadiuvata da un software di crittografia, permetta l'autenticazione solo da parte del personale effettivamente autorizzato all'accesso ai dati. La valutazione concernerà anche un'analisi dei costi di realizzazione e dell'impatto sul flusso di lavoro che una procedura di questo genere comporta.

PRINCIPALI MINACCE E STATO DELL'ARTE DEI DATABASE MEDICALI

Nei DB utilizzati per scopi medici è di fondamentale importanza che venga garantita la privacy del paziente e che i dati sensibili restino a conoscenza di un numero quanto più ristretto possibile di "addetti ai lavori". Tuttavia, come in ogni altro DB, vi possono essere serie difficoltà nel garantire livelli adeguati di sicurezza. Ciò può dipendere da numerosi fattori riassumibili in tre categorie principali:

1. Tipo di minaccia messa in atto ai danni del DB;
2. Tipo di media utilizzati per l'archiviazione e la trasmissione dei dati sensibili;
3. Tipo di "malintenzionati".

Per quanto riguarda le minacce ai danni del Sistema, appare utile elencare alcune delle possibili criticità:

- Ricerca illegale di dati;
- Distruzione illegale di dati;
- Immissione illegale di dati;
- Modificazione illegale di dati;
- Modificazione della correlazione tra due o più dati sensibili.

I media utilizzati per la gestione dei dati possono a loro volta essere punti di accesso illegali a informazioni riservate; di conseguenza occorre considerare tra le criticità anche:

- Tipo di sistema operativo utilizzato;
- Database Management System (DBMS) o altri software frapposti tra il sistema operativo e i dati sensibili;
- Linee di comunicazione utilizzate;
- Possibilità di furto fisico dei dati.

Tra le persone che potrebbero effettuare accessi non autorizzati a dati sensibili sono da comprendere:

- Utenti non autorizzati;
- Utenti autorizzati che accedono a dati sensibili senza averne il diritto;
- Utenti autorizzati che utilizzano accessi autorizzati ma che compiono azioni illegali;

- Utenti autorizzati che utilizzano accessi autorizzati per ottenere dati a cui non hanno diritto di accesso tramite la correlazione con altri dati;

Per quanto riguarda gli accessi non autorizzati, essi avvengono principalmente tramite il furto fisico di dati, tramite l'intercettazione dei dati inviati attraverso le linee di comunicazione o attraverso l'utilizzo di user ID e password rubate ad utenti autorizzati. Il metodo migliore per difendersi dal furto fisico di dati è la cifratura dei dati stessi.

Un problema più serio riguarda invece la protezione dei dati una volta immessi nelle linee di trasmissione: i dati intercettati potrebbero infatti venire non solo rubati, ma anche modificati e reintrodotti errati nel DB. La protezione dei dati immessi sulla rete sta acquisendo sempre più peso per quanto riguarda la protezione dei DB, considerata la crescente diffusione delle reti wireless che, se da un lato rendono più rapido e comodo il collegamento di molte periferiche alla rete, dall'altro lato sono, anche se ben protette, di più facile intercettazione da parte di soggetti malintenzionati.

I metodi migliori per la prevenzione degli accessi non autorizzati sono quindi:

- Cifratura dei dati;
- Autenticazione dei dati;
- Autenticazione dell'utente.

PROTEZIONE DEI DB: STATO DELL'ARTE

Al fine di evitare l'utilizzo improprio degli accessi ai DB contenenti dati sensibili, risulta utile la messa in atto alcune precauzioni, ad esempio policy di accesso che garantiscano o limitino l'accesso a parti definite dell'archivio a seconda del ruolo che l'utente riveste all'interno del sistema. A tal fine un DBMS adeguato dovrebbe prevedere la possibilità di dividere il sistema in più sottosistemi, ognuno dei quali utilizzabile dall'utente solo se autorizzato dall'Amministratore.

Un DBMS ideale dovrebbe con-

tenere un Sistema di Sicurezza in grado di affrontare qualsiasi criticità, includendo quindi:

- Identificazione/Autenticazione degli accessi;
- Autenticazione dei dati;
- Politiche di accesso;
- Views;
- Audit trail;
- Processi di crittografia e decrittografia;
- Key management;
- Sicurezza statistica.

Attualmente la maggior parte dei DBMS utilizzati fornisce solo garanzie limitate di sicurezza, prevedendo politiche di accesso semplici, tramite password e diritti di accesso degli utenti.

Ciò è dovuto al fatto che l'implementazione di sistemi di sicurezza più efficienti comporta costi onerosi, sia per le case produttrici che, di conseguenza, per gli utenti finali.

Per quanto riguarda i sistemi di cifratura dei dati, un problema tutt'ora irrisolto riguarda l'impossibilità di far combaciare il livello di sicurezza della cifratura stessa, con l'effettiva importanza dei dati da proteggere. In linea di massima la tendenza delle case produttrici e degli utilizzatori dei DBMS è quella di utilizzare sistemi di sicurezza definiti "ragionevoli", sia in termini di tempo necessario a infrangere le barriere di sicurezza, sia in termini di tipologia e quantità di dati che potrebbero essere compromessi. Allo stato attuale possiamo affermare che la sicurezza dei dati sensibili in medicina viene garantita separatamente per ognuna delle applicazioni utilizzate.

IMPLEMENTAZIONE DI UN NUOVO LIVELLO DI PROTEZIONE PER IL DB

A tutt'oggi l'accesso alla maggior parte dei DB medicali è garantito da un sistema username-password. Questa modalità di accesso garantisce un soddisfacente livello di sicurezza del DB, permette la rintracciabilità degli utenti, è implementabile a costo zero sulla maggior parte dei software di DBMS ed è indubbiamente di

semplice utilizzo da parte degli utenti. Va però sottolineato che proprio questa semplicità di uso spesso si trasforma nel punto di forza di soggetti malintenzionati che vogliono accedere al DB. Eventuali utenti non autorizzati infatti, possono intercettare o utilizzare le informazioni disponibili pubblicamente per identificare lo username. Una volta scoperto quest'ultimo, la relativa password rimane l'unico meccanismo di protezione che impedisce l'accesso al DB. Se una password rimane segreta può essere molto efficace, anche quando usata come unico mezzo di protezione. Infatti, una password composta da 8 o più caratteri comprendente lettere casuali, numeri e caratteri speciali può risultare molto difficile da violare ma altrettanto difficile da ricordare. Troppo spesso tuttavia username e password vengono gestiti con superficialità e possono pertanto venire facilmente intercettati da soggetti non autorizzati all'accesso, anche se non necessariamente malintenzionati. Altro metodo di individuazione di una password è l'utilizzo di algoritmi in grado di "forzare" una password o programmi come i trojan horse, gli sniffer e i key logger che, nel caso l'accesso al DB sia in linea, permettono l'individuazione della password da remoto senza che la persona autorizzata se ne renda conto:

- un oggetto di proprietà dell'utente, ad esempio una smart card;
 - un elemento noto all'utente, come un numero di identificazione personale (PIN).
- to di vista dei costi.

La smartcard a microprocessore, grazie alle caratteristiche di protezione dei dati intrinseche del microchip e alla presenza di un coprocessore crittografico, si propone come il mezzo adeguato a proteggere le chiavi private, rilanciando la crittografia come supporto tecnologico di base per lo sviluppo di sistemi informatici sicuri e riproponendo in maniera decisa la firma digitale come un

sicuro ed insostituibile strumento per l'autenticazione e l'identificazione degli individui, per la verifica dell'integrità di insiemi di dati e per il non ripudio delle transazioni. La firma digitale è uno strumento di sottoscrizione di un documento elettronico prodotto da un utente, essa ha valore equivalente alla firma autografa di un documento cartaceo.che l'uteha:

- quelle destinate agli administrator account che permettono l'accesso e la gestione del DB;
- quelle destinate agli user account che permettono solo l'accesso al DB;

L'utilizzo delle smartcard nell'accesso ai DB può garantire i seguenti vantaggi:

- maggiore protezione dei dati sensibili, le smartcard riducono il pericolo di accessi non autorizzati (furto di smartcard e PIN);
- migliore protezione delle credenziali di accesso (certificati digitali difficili da contraffare);
- superiore livello di conformità alle normative, la capacità di verificare l'identità dell'utente connesso fornisce una maggiore credibilità ai registri di controllo monitorati;
- minore probabilità di ripudio, l'autenticazione mediante smartcard riduce le possibilità che le persone possano negare le operazioni effettuate;

Per autenticarsi, l'utente deve inserire la smartcard in un apposito lettore e immettere il proprio PIN. In nessun modo è possibile ottenere l'accesso utilizzando separatamente il PIN o la smartcard. Gli attacchi a forza bruta verso i PIN delle smartcard non sono possibili poiché è previsto il blocco della stessa dopo ripetuti tentativi di accesso inserendo PIN errati a differenza di quanto accade per l'autenticazione con nome utente e password dove possono essere effettuati numerosi tentativi.

Per implementare una soluzione basata sull'utilizzo di smartcard nell'accesso sicuro a DB è necessario tuttavia mettere in atto una

serie di operazioni e cioè:

- aggiornare i server affinché supportino l'autenticazione tramite smartcard;
- identificare gli amministratori che devono utilizzare un administrator account;
- identificare gli utenti che devono utilizzare un user account;
- distribuire i lettori di smart card in tutti i terminali;
- sviluppare un processo sicuro per la distribuzione di smart card e PIN.

Una volta attivata, la smartcard è resa ancora più sicura in quanto l'attivazione avviene attraverso una reimpostazione del PIN da parte dell'utente, di modo che solo lui ne sia a conoscenza e annulli il rischio correlato alla precedente gestione della smartcard da parte dell'ente distributore.

L'utilizzo di smartcard per l'autenticazione all'accesso al DB garantisce una maggiore sicurezza rispetto ai soli nome utente e password. Tuttavia, essa comporta un notevole impatto sul flusso di lavoro. Infatti, per ogni turno è necessario inserire la smartcard, aspettarne la lettura e digitare il PIN prima di avere il via libera all'accesso. Inoltre, per ogni operazione può essere necessario ridigitare il PIN procedura che può essere percepita dall'utente come un ulteriore perdita di tempo. Spetta, dunque, a chi deve gestire e implementare il sistema il compito di valutare importanza dei dati trattati, il livello sicurezza necessario e i tempi di lavoro e decidere successivamente quale sistema di autenticazione sia maggiormente compatibile con le esigenze del caso.

Il sistema smartcard – PIN è da considerare molto sicuro per la protezione del DB, sebbene modifiche in maniera sostanziale il flusso di lavoro. L'utente spesso fatica ad accettare la nuova procedura di autenticazione, non considerando che questo tipo di protezione garantisce non solo la sicurezza del dato ma anche quella di chi, per lavoro, tratta i dati in questione.

I costi di implementazione di un sistema smartcard – PIN devono essere valutati considerando diversi fattori.

Generalmente, i costi possono essere divisi in:

- costi di installazione;
- costi di gestione.

I costi di installazione, soprattutto in caso di aggiornamento di un DB preesistente, devono tenere conto, oltre che dei costi hardware e software, anche dei costi di integrazione con eventuali software già presenti nel sito di installazione. I costi di istallazione possono variare da alcune migliaia di euro fino ad alcune decine di migliaia di euro, in relazione alla complessità del sistema. Nel bilancio questi costi, nonostante possano sembrare onerosi, vengono sostenuti una sola volta, a meno di successivi upgrade del sistema di protezione.

Al contrario, i costi di gestione sono costi relativamente bassi (si tratta di alcune migliaia di euro) ma ripetuti nel tempo e pertanto da inserire nei budget annuali. Essi comprendono principalmente i contratti di assistenza e il rinnovo dei certificati da parte degli enti certificatori.

Una valutazione esatta dei costi può essere eseguita solo esaminando nel dettaglio quelle che sono le specifiche richieste nel capitolato di un'eventuale gara d'appalto.

RISCHI CONNESSI ALL'USO DELLA TECNOLOGIA SMARTCARD

A dispetto del loro significativo contributo ad un migliore controllo dell'accesso a dati personali nonché sensibili contenuti in DB pubblici e privati, le tecnologie delle smartcard presentano un livello di protezione sovrastimato se si considerano attacchi alla loro struttura, sia hardware che software, da parte di soggetti in possesso di competenze ed equipaggiamenti informatici avanzati.

La base da cui derivano la maggior parte delle nozioni utilizzate per violare i sofisticati meccanismi crittografici di controllo di acces-

so delle smartcard è data dal fatto che gli attacker possono studiare indisturbati decine di modelli di smartcard, al fine di raggiungere un livello di competenza tale da permettere loro l'attuazione di diversi tipi di attacchi suddivisibili in due categorie:

1. invasivi, se prevedono la manipolazione fisica della struttura della smartcard,
2. non invasivi, se mirano allo sfruttamento bug presenti nel software delle smartcard.

Tra gli attacchi invasivi, particolare rilievo assumono l'osservazione e la manipolazione della parte hardware della smartcard, al fine di carpirne la struttura ed il funzionamento. Questi attacchi possono essere condotti anche se in possesso di scarse conoscenze del sistema attaccato, tramite una serie di operazioni standard. Richiedono tuttavia un equipaggiamento dedicato costoso e tempi altrettanto lunghi. Gli attacker necessitano di un accesso diretto alla superficie della smartcard. Una volta isolato il chip dagli altri componenti, si procede all'analisi del circuito. Questo passaggio costituisce lo step fondamentale, sul quale basare successivamente le altre operazioni. La facilità con la quale si ricavano i dati contenuti nelle smartcard dipende in gran parte dall'architettura del circuito. Questo dato deve essere tenuto in considerazione qualora si debba scegliere tra diversi tipi di smartcard, al fine di rendere il più difficoltoso possibile l'accesso alle chiavi crittografiche a soggetti terzi. Altro fattore capace di influire significativamente sulla capacità di violazione della smartcard è l'architettura esterna del chip: le smartcard con strati protettivi metallici e caratteristiche al di sotto della frequenza del visibile potrebbero richiedere agli attacker strumentazioni di maggiore costo, e di conseguenza scoraggiare nell'intento di violazione del device. Gli attacchi non invasivi, sono una serie di progetti di violazione del software del device che devono essere accuratamente studiati e designati pri-

ma dell'utilizzo. Per questo motivo, solitamente vengono eseguiti a seguito di un attacco invasivo, quando sono stati rivelati minimi difetti strutturali nell'architettura del software. Gli attacchi non invasivi risultano particolarmente pericolosi, in quanto il proprietario della card compromessa il più delle volte non è in grado di accorgersi che le chiavi segrete sono state rubate, e non gli risulta quindi possibile revocarle. Questi attacchi, sebbene richiedano inizialmente un tempo superiore degli attacchi invasivi per la messa in atto, una volta designati possono essere riprodotti su altri tipi di smartcard, o eventualmente modificati o aggiornati a basso costo. Essi si basano sia su tutte le imperfezioni strutturali proprie di un circuito elettronico e sia sulle imperfezioni strutturali del software di gestione di tali circuiti (bug) che possono essere opportunamente sfruttati per violare le credenziali di accesso.

Nonostante i rischi correlati all'uso della tecnologia delle smartcard per quanto riguarda gli attacchi da parte di soggetti terzi abilmente istruiti ed attrezzati, esse garantiscono nel complesso un miglior controllo degli accessi ai DB. Data la loro rapida evoluzione e divulgazione, è prevedibile aspettarsi un costante e rapido miglioramento delle tecnologie

hardware e software impiegate, che con ogni probabilità porterà a livelli di sicurezza sempre maggiori.

Tuttavia, il loro impiego nei database si limita ad una protezione da attacchi esterni, da parte di soggetti terzi non autorizzati, mentre poco concerne gli attacchi interni, impartiti da soggetti autorizzati che però intendono abusare delle policies di accesso ai dati in loro possesso.

Il presente lavoro non ha l'intento di occuparsi dei metodi di protezione da attacchi interni ai DB, anche se risulta doveroso sottolineare come la sicurezza e l'affidabilità delle smartcard possa essere incrementata da ulteriori policies di accesso: esempi significativi sono dati dall'audit-trail e dal log delle query. Grazie al primo metodo è possibile ottenere una sequenza cronologica degli accessi degli utenti al DB e avere testimonianza delle operazioni che sono state svolte in un dato periodo temporale. Ciò si rende possibile grazie a meccanismi di autenticazione, da attuare prima dell'utilizzo della smartcard, e ad un data logger, che monitora costantemente i dati immessi dai soggetti che accedono al DB. Il log delle query, di riflesso, tiene evidenza delle operazioni richieste dagli utenti e, in base alle policies di sicurezza impostate nel

DB, permette o meno l'accesso a determinati dati da parte di un utente, appartenente ad una categoria di utenti prestabilita. Il sistema di logging, se da un lato governa le richieste di operazioni dei vari utenti, dall'altro permette di rendere disponibile un registro costantemente aggiornato dei movimenti all'interno di un DB, rendendo visibili comportamenti errati e identificandone i soggetti responsabili.

CONCLUSIONI

L'accesso ad un DB con una corretta policy di accesso e protetto da un sistema smart card – PIN dovrebbe garantire un livello di protezione del DB molto alto, anche se sono stati documentati attacchi portati a termine da parte di pirati informatici a database contenenti dati sensibili.

In conclusione al presente studio, anche tramite un'accurata revisione della letteratura presente in materia, è possibile convenire sui vantaggi dati dall'uso delle smartcard per monitorare l'accesso ai DB, migliori in termini di sicurezza informatica rispetto ad una semplice autenticazione dell'utente, anche se non devono essere tralasciati l'importanza di tutte le policies di accesso da associare alla tecnologia delle card ed i rischi connessi agli attacchi informatici ad esse correlati.

BIBLIOGRAFIA

- 1) Elisa Bertino, Sushil Jajodia, Pierangela Samarati: "Database security: research and practice". Information Systems, Vol 20, No.7 (1995) 537-556.
- 2) Gerardo Canfora, Elisa Costante, Igino Pennino, Corrado Aaron Visaggio: "A three-layered model to implement data privacy policies". Computer Standards & Interfaces 30 (2008) 398-409.
- 3) Thomas Hardjono, Jennifer Seberry: "Applications of smartcards for anonymous and verifiable databases". Computers & Security, 14 (1995) 465-472.
- 4) Markus Kuhn, Oliver Kömmerling: "Physical Security of Smartcards". Information Security Technical Report, Vol 4, No.2 (1999) 28-41.
- 5) Constantinos Markantonakis: "Interfacing with Smartcard Applications (The OpenCard Framework and PC/SC)". Information Security Technical Report, Vol 4, No.2 (1999) 69-77.
- 6) Mirka Miller, Joan Cooper: "Security considerations for present and future medical databases". International Journal of Bio-Medical Computing 41 (1996) 39-46.
- 7) Chris Mitchell: "Authentication using cryptography". Information Security Technical Report, Vol 2, No.2 (1997) 25-32.
- 8) Marcus Turler: "Data security: Past, present and future". Computer law & security review 25 (2009) 51-58

LA RADIOLOGIA BASATA SULLE EVIDENZE E IL RUOLO DEL TSRM

THE EVIDENCE-BASED RADIOLOGY AND THE ROLE OF RADIOLOGIC TECHNICIAN

PIERA CATALANO*, FRANCO ASCOLESE**

* TSRM DOTT. LIBERO PROFESSIONISTA NAPOLI, ** CTSRM DOTT. DIRETTORE ATTIVITÀ FORMATIVE PROFESSIONALIZZANTI CORSO DI LAUREA TRMIR ASL NAPOLI 1 CENTRO

PAROLA CHIAVE: EFFICACIA – EVIDENZE – LETTERATURA SCIENTIFICA – METODOLOGIA – TSRM – RICERCA – FORMAZIONE

KEYWORDS: EFFICACY – EVIDENCE – SCIENTIFIC LITERATURE – METHODOLOGY – RADIOLOGIC TECHNICIAN – RESEARCH – TRAINING

In questo articolo sono discussi i principi della medicina basata sulle evidenze e la loro applicazione in radiologia. Molte discipline sanitarie hanno adottato la metodologia della medicina basata sulle evidenze. In Radiologia, la diffusione di tali principi è stata rallentata da alcuni fattori e solo recentemente si è iniziato a parlare di radiologia basata sulle evidenze. Questa promuove un approccio alla pratica radiologica basato sulle migliori evidenze scientifiche presenti in letteratura. Si valuta poi il miglioramento che, l'adozione di tale metodologia, potrà apportare all'agire professionale del TSRM e delle altre figure professionali che partecipano al processo radiologico, per poter erogare una prestazione sanitaria di alta qualità; e il ruolo che il TSRM può avere nella diffusione dei principi della radiologia basata sulle evidenze.

In this review, the principles of evidence-based medicine and their application to radiology are discussed. Many health care disciplines have adopted methodology of evidence-based medicine. In radiology, the knowledge about these principles has not been widely spread and only recently it is possible to speak about evidence-based radiology. This encourages an approach to the radiologic practice based on the best scientific evidence published in literature. Then, there is a discussion of the advantages that this methodology could give to the radiologic technician and other professionals involved in the radiologic process, to grant a high quality health care performance. Furthermore, the role of the radiologic technician in the spread of knowledge about evidence based radiology principles is discussed.

ABSTRACT

Per molto tempo si è pensato che promuovere la salute richiedesse l'introduzione, continuamente, nella pratica clinica di nuovi interventi diagnostici e terapeutici, senza valutare la reale efficacia di questi. Inoltre ci si è resi conto che, non sempre, i medici e i professionisti sanitari possedevano informazioni sufficienti e di buona qualità per assicurare la tutela della salute del paziente; e che l'assistenza ricevuta dai pazienti non rifletteva integralmente i risultati della ricerca clinica. Con questi presupposti, negli ultimi due decenni, si è diffuso, a livello internazionale, un nuovo movimento culturale, l'Evidence-based Medicine (EBM), che promuove un approccio alla pratica clinica basato sulle migliori evidenze scientifiche presenti in letteratura. La diffusione di tale movimento è stata facilitata anche dalla crisi finanziaria dei sistemi sanitari, che ha imposto una distribuzione delle risorse in relazione alla documentata efficacia

degli interventi. Si è parlato di EBM in ogni disciplina sanitaria. Solo recentemente, nell'ultimo decennio, si è iniziato a parlare di Evidence-based Radiology (EBR), cioè l'utilizzo razionale delle tecniche di diagnostica per immagini sulla base delle evidenze scientifiche. In ambito radiologico sussistono, infatti, alcune importanti peculiarità che hanno rallentato la diffusione dei principi EBM. In primo luogo, l'introduzione di metodiche diagnostiche completamente nuove, come è avvenuto per la risonanza magnetica all'inizio degli anni Ottanta del secolo scorso, e di tecnologie rivoluzionarie di radiologia interventistica nel corso degli ultimi 30 anni. In secondo luogo, l'introduzione di hardware e software per la formazione e l'elaborazione delle immagini sempre più aggiornati. La metodologia EBR segue 4 fasi:

- Individuazione del problema e formulazione del quesito clinico in termini chiari e razionali;

- Ricerca delle prove nella letteratura scientifica, attraverso libri di testo, riviste scientifiche, ma soprattutto la rete Internet;
- Valutazione ed interpretazione critica dei risultati della ricerca clinica;
- Trasferimento dei risultati della ricerca nella pratica clinica.

L'esplosione della tecnologia medica ha reso quasi impossibile per i radiologi e i TSRM assimilare tutte le informazioni di cui hanno bisogno per rendere di alta qualità il servizio prestato. La limitata capacità di valutazione della letteratura scientifica, la mancanza di tempo, il rapido invecchiamento dei libri di testo, la disorganizzazione dei giornali, l'accesso limitato e l'utilizzo non ottimale delle banche dati elettroniche possono rappresentare un problema sostanziale per tutti quei radiologi e TSRM che vogliono fondare il proprio agire professionale sulle migliori evidenze.

L'EBR, quindi si propone di istruire tutti i protagonisti del processo radiologico a ricercare le migliori prove disponibili in letteratura, capaci di risolvere il problema del singolo paziente, a valutare la loro qualità, affidabilità e applicabilità, e a metterle in pratica, e a promuovere attività di ricerca in ambito radiologico, vista la carenza di coerenti e scientifiche prove nella letteratura radiologica.

I principi dell'EBR vanno adottati nelle diverse aree radiologiche. In diagnostica per immagini l'EBR offre la possibilità di valutare l'utilità di un test diagnostico rispetto ad una patologia, e di valutarne la validità prima che esso sia introdotto nella pratica clinica, evitando così un inutile dispendio economico. Oggi si assiste infatti all'abuso dei test diagnostici, dovuto a molteplici fattori: l'interesse delle industrie a conquistare sempre nuovi spazi di mercato, la disinformazione del medico e del professionista sanitario sulle caratteristiche dei test, quali sensibilità, specificità, costi, come conseguenza di una formazione universitaria e di un aggiornamento professionale poco adeguati, l'eccesso di prudenza del medico per tutelarsi dal punto di vista medico-legale, la mancata rigorosa valutazione dei test prima di una loro diffusione su larga scala.

La pratica dell'EBR è particolarmente rilevante nello screening. Studi clinici controllati randomizzati sono considerati il metodo più valido per determinare l'efficacia dello screening per la riduzione della mortalità per la malattia specifica. Lo screening deve, quindi, modificare favorevolmente la storia naturale della malattia, non solo anticipando il momento della diagnosi, ma migliorando la qualità di vita e/o la sopravvivenza; altrimenti le uniche conseguenze della diagnosi precoce sono relative all'aumento dei costi ed ai risvolti psicologici sul paziente ed i suoi familiari. Perché lo screening coinvolge individui asintomatici, non dovrebbe

essere somministrato a meno che l'evidenza della sua efficacia sia particolarmente forte.

La radiologia interventistica è stata uno dei grandi progressi nel trattamento di patologie trattate con un intervento chirurgico del tardo 20° secolo. Proprio perché questa tipologia di trattamento è ancora così giovane, è importante chiedersi se i trattamenti di radiologia interventistica introdotti nella pratica clinica sono più appropriati dei trattamenti chirurgici nella cura di una determinata patologia. Oltretutto l'esecuzione di un trattamento di radiologia interventistica richiede l'utilizzo di apparecchiature e strumenti dedicati e di personale altamente specializzato. Tutto ciò ha ovviamente un prezzo in termini economici. Quindi vale davvero la pena introdurre un determinato trattamento di radiologia interventistica nella pratica clinica? Qual è l'impatto sulla guarigione del paziente? Per rispondere a questi quesiti è utile applicare la metodologia EBR. Questa consente, infatti, di valutare la reale efficacia di un determinato trattamento di radiologia interventistica, anche se la ricerca in letteratura delle migliori evidenze sarà più difficile. Ciò è dovuto alla scarsità degli studi clinici presenti in letteratura riguardanti trattamenti che sono stati introdotti recentemente nella pratica clinica.

L'adozione dei principi della EBR anche in radioterapia potrebbe risultare indispensabile per la determinazione della efficacia di un determinato trattamento rispetto ad una specifica patologia. Fino a qualche decennio fa il pregiudizio nei confronti dell'utilizzo delle radiazioni ionizzanti e l'uso di tecniche di irradiazione che comportavano un'elevata insorgenza di effetti collaterali, ha fatto sì che la radioterapia ricoprisse un ruolo marginale nei protocolli terapeutici. L'evoluzione tecnologica e l'esperienza acquisita dal personale che utilizza le radiazioni ionizzanti ha portato ad una sempre maggiore introduzione

dei protocolli di radioterapia nelle strategie terapeutiche.

Il TSRM, in quanto professionista sanitario e protagonista attivo del processo sanitario, deve basare il proprio agire sulle migliori evidenze scientifiche disponibili in letteratura e tenersi aggiornato attraverso la formazione continua, per garantire l'erogazione di una prestazione sanitaria di alta qualità. Solo attraverso la conoscenza e la comprensione della metodologia dell'EBR, il TSRM, può raggiungere tale obiettivo. La formulazione del quesito, la ricerca in letteratura delle migliori evidenze disponibili, l'interpretazione e la valutazione critica di queste e l'applicazione nella pratica necessitano di competenze specifiche che dovrebbero essere presenti nel curriculum universitario di ogni TSRM.

Ad oggi non vi sono progetti di ricerca proposti dal TSRM che rientrano nel piano di finanziamento del SSN. In passato vi è stata la tendenza a considerare la ricerca come fine a se stessa piuttosto che come mezzo rivolto ad un fine, e precisamente al miglioramento dell'assistenza sanitaria fornita ai pazienti. La ricerca scientifica in ambito sanitario è oggi irrinunciabile. I bisogni di salute della collettività e del singolo richiedono risposte appropriate e sicure, fondate su conoscenze scientifiche derivanti dall'applicazione di una metodologia rigorosa. La ricerca scientifica non è assente nel panorama sanitario ma gli elementi di prova veramente credibili scarseggiano, rendendo così la decisione dei lavoratori più complessa. Il TSRM dovrebbe, quindi, attivarsi per produrre nuove evidenze, che siano in grado di rispondere ai quesiti propri dell'ambito professionale, quali ad esempio: è possibile ridurre la dose somministrata al paziente nelle indagini TC? Come ottimizzare le procedure radiografiche in pazienti pediatrici? I sistemi CR e DR permettono una ottimizzazione della dose somministrata al paziente?. Queste sono solo alcune delle numerose domande

che il TSRM potrebbe porsi nelle diverse aree di applicazione della professione.

Il Decreto Ministeriale 746 del 26 settembre 1994, che disegna il profilo professionale del TSRM, afferma che egli concorre direttamente alla promozione di attività di ricerca. Il sistema universitario dovrebbe, quindi, dare un contributo importante nella formazione di professionisti che siano in grado di applicare le proprie conoscenze anche nel campo della ricerca; e dovrebbe essere istitu-

to, in Italia e in altri stati europei, un percorso di Dottorato di Ricerca per TSRM.

In Italia vi sono molteplici fattori che limitano l'approccio evidence-based. Tali fattori sono: i limiti dell'insegnamento universitario; la forma mentis del professionista, che tende ancora troppo spesso a considerare la propria esperienza sufficiente per le decisioni diagnostiche e terapeutiche; la difficoltà di consultazione dei database della letteratura; la scarsa conoscenza dell'inglese

scientifico, indispensabile per la comprensione degli studi clinici pubblicati esclusivamente in lingua inglese.

Radiologi, TSRM e tutti coloro che partecipano al processo radiologico, devono, quindi, impegnarsi affinché i principi dell'EBR non restino solo teoria, ma siano alla base della pratica professionale, in modo tale da poter migliorare la qualità delle prestazioni erogate, che siano esse diagnostiche o terapeutiche.

BIBLIOGRAFIA

- FRANCESCO SARDANELLI. GIOVANNI DI LEO. *Biostatistica in Radiologia. Progettare, realizzare e scrivere un lavoro scientifico radiologico*. Springer-Verlag Italia 2008.
- SACKETT D.L.. ROSENBERG W.M.C.. GRAY J.A.M.. HAYNES R.B.. RICHARDSON W.S. (1996). *Evidence based medicine: what it is and what it isn't*. <BMJ>.
- GIOVANNI POMPONIO. ALDO CALOSSO. *EBM e metodologia della ricerca per le professioni sanitarie*. C.G. Edizioni Medico Scientifiche.
- HENEGHAN C.. BADENOCH. D. *La medicina basata sulle prove*. Il pensiero scientifico editore (2007).
- G. LO BIONDO-WOOD. J. HABER. *Metodologia della ricerca infermieristica*. McGraw-Hill, Milano 1997.
- H. J. STREUBERT SPEZIALE. D. R. CARPENTER. *La Ricerca: un imperativo umanistico*. Edizioni Sorbona.
- GUYATT GH. *Evidence-based medicine*. ACP Journal Club; March/April 1991.
- CARRINGTON REID M, LACHS MS, FEINSTEIN AR. *Use of methodological standards in diagnostic test research*. JAMA 1995.
- FRANCESCO ATTENA. *Epidemiologia e valutazione degli interventi sanitari*. Piccin Nuova Libreria S.p.a. Padova. 2004
- FRANCO ASCOLESE, PAOLA BINETTI, BRUNO BEMONTE ZOBEL. " *Dal Core Competence al Core Curriculum*", Ed. SEU- Roma 2008.

APPLICAZIONI 3D AVANZATE: REVERSE ENGINEERING, PROTOTIPAZIONE RAPIDA E LORO APPLICAZIONI IN AMBITO BIOMEDICALE

ADVANCED 3D APPLICATIONS: REVERSE ENGINEERING,
RAPID PROTOTYPING AND THEIR APPLICATIONS IN BIOMEDICAL FIELD

MARIALUISA DORONZO * , WALTER ANTONUCCI**

* TRMIR DOTT. LIBERO PROFESSIONISTA, FOGGIA, ** TSRM DOTT. PRESSO L'OSPEDALE M. DIMICCOLI DI BARLETTA (ASL BAT)

PAROLE CHIAVE: APPLICAZIONI 3D AVANZATE, PROTOTIPAZIONE RAPIDA, INGEGNERIA INVERSA, RAPID MANUFACTURING, INGEGNERIA BIOMEDICALE

KEYWORDS: ADVANCED 3D APPLICATIONS, RAPID PROTOTYPING, REVERSE ENGINEERING, RAPID MANUFACTURING, BIOMEDICAL ENGINEERING

In un panorama altamente competitivo, dove è sempre più difficile incrementare o mantenere quote di mercato, le aziende sanitarie si trovano sempre più spesso di fronte al problema di fornire servizi, strumentazioni e protesi con elevati standard qualitativi a costi socialmente sostenibili. Al giorno d'oggi tra le tecnologie in grado di contribuire al miglioramento delle performance aziendali in termini di efficienza, efficacia e produttività possiamo in particolare considerare significativi gli sviluppi dei software nel campo del Reverse Engineering (RE) e della Prototipazione Rapida (RP). In ambito biomedicale le applicazioni possibili con le tecniche di Prototipazione Rapida sono straordinarie: la realizzazione di modelli fisici dell'anatomia del paziente, costruite direttamente dai dati provenienti da una tomografia computerizzata (TC) o da risonanza magnetica (RM), forniscono la possibilità di avere una più chiara e precisa visualizzazione della situazione clinica nonché di migliorare la qualità aziendale offerta. Grazie alle ricerche che si stanno sviluppando, l'evoluzione futuristica ed affascinante che queste tecniche stanno avendo appare oggi più che mai come una innovativa rivoluzione sia per i pazienti sia per la sanità in generale.

In highly competitive landscape, where it is more difficult to increase or maintain market shares, healthcare companies have to provide services, equipment and prosthesis with high and economic quality standards.

Technologies that today can help to improve business performance in terms of efficiency, effectiveness and productivity are Reverse Engineering (RE) and Rapid Prototyping (RP) Software. Possible biomedical applications with Rapid Prototyping techniques are extraordinary: patient's physical models are constructed from Computed Tomography (CT) or Magnetic Resonance (MR) data imaging; in this way it's possible to have a more clear and precise view of clinical situation and improve business quality. Thanks to research being developed, evolution of these techniques appears revolutionary for patients and health today.

ABSTRACT

INTRODUZIONE

In un panorama altamente competitivo, dove è sempre più difficile incrementare o mantenere quote di mercato, le aziende sanitarie si trovano spesso di fronte a problemi determinati dalla necessità di contenere i costi e dai mutamenti e riorganizzazioni di interi segmenti di mercato: sempre più spesso, infatti, esse si trovano di fronte al problema di fornire servizi, strumentazioni e protesi con elevati standard qualitativi a costi socialmente sostenibili. Questo è confermato dal fatto che la medicina è diventata una disciplina caratterizzata fortemente dalla tecnologia sia in ambito diagnostico, sia in quello terapeutico, con una forte integrazione tra il ruolo del medico e quello del tecnico radiologo.

Al giorno d'oggi tra le tecnologie in grado di contribuire al miglioramento delle performance aziendali in termini di efficienza, efficacia e produttività possiamo considerare significativi gli sviluppi dei software nel campo del Medical Imaging, il CAD, il Reverse Engineering (RE), la Prototipazione Rapida (RP) ed il cosiddetto Rapid Manufacturing: la tendenza dei sistemi ospedalieri ad alta complessità è oggi infatti quella di provare a "personalizzare" l'offerta aziendale con un approccio olistico multidisciplinare che tenga conto delle varie esigenze del paziente. L'idea in ambito biomedicale è quindi soprattutto quella di rendere "praticamente sfruttabili" le ricostruzioni 3D diagnostiche coadiuvandole con le tecniche di Prototipazione Rapida

nell'ambito della diagnostica per immagini, della radioterapia, della pianificazione chirurgica, nelle applicazioni di bioingegneria nonché nelle tecniche forensi.

CHE COS'È IL RAPID PROTOTYPING

Le tecniche di prototipazione rapida (o, utilizzando la dizione inglese, *rapid prototyping*, RP) sono una serie di sistemi innovativi che, prescindendone dalla complessità costruttiva, riproducono l'oggetto con tecniche additive, partendo da una sua definizione matematica specificata su un CAD tridimensionale ed utilizzando processi rapidi, flessibili e altamente automatizzati. Diversamente da tutte le macchine tradizionali, che funzionano per sottrazione successiva di

materiale da un blocco nel quale è contenuta la forma che si vuole ricavare, i sistemi di RP fabbricano strati successivi di materiali costituiti di volta in volta da liquidi, polveri, fili o lamine: strato dopo strato, queste macchine ricostruiscono l'oggetto che rappresenta il modello matematico di partenza, ossia riescono a riprodurre velocemente e in maniera semplice un qualsiasi segmento corporeo acquisito con tomografia assiale o risonanza magnetica. Per questa ragione tale tecnologia produttiva è anche nota come *Layer Manufacturing*. L'uso di tecnologie additive rispetto a quelle sottrattive per la realizzazione di complessi modelli medicali è quindi estremamente vantaggiosa in quanto non richiede la programmazione di difficili percorsi utensili. Già da questa breve definizione sono chiari i punti di forza di questa tecnica: la possibilità di realizzare in tempi ridottissimi (da alcune ore a pochi giorni) un prototipo anatomico in un'ampia gamma di materiali, indipendentemente da forma e complicazione geometrica, senza nessun ausilio di attrezzature. Dall'idea pionieristica di Charles W. Hull, datata 1982, è nata 3D Systems Inc., società americana capostipite del settore. Da quegli anni un numero sempre più elevato di ricercatori e, naturalmente, utilizzatori ha segnato il mondo (ed il mercato) della Prototipazione Rapida, favorendone l'evoluzione in termini di diffusione e di prestazioni. La presenza sempre più capillare di sistemi CAD ha dato una spinta straordinaria alla ricerca di metodologie sempre nuove e diverse, finalizzate alla realizzazione di oggetti a partire da una geometria definita elettronicamente. Le trasformazioni del mercato avvenute dagli anni '70 fino al giorno d'oggi hanno imposto una crescita del numero di varianti, una progressiva riduzione del ciclo di vita del prodotto, un incremento della sua complessità e il contenimento dei tempi di consegna permettendo a tali tecniche di giocare un ruolo sempre più determinante nello sviluppo dei prodotti nonché delle relative applicazioni.

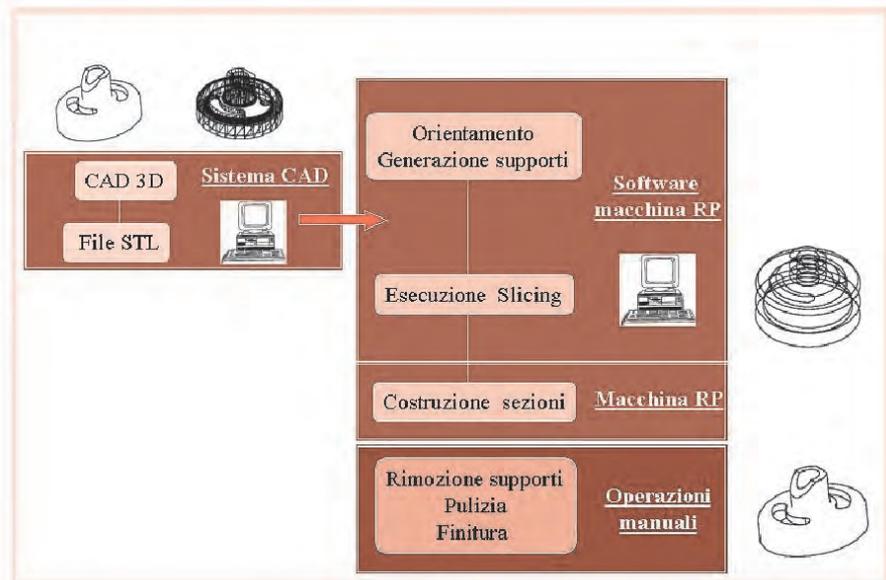


Fig.1. Fasi della RP.

COME PASSARE DAL MONDO DELLA RADIOLOGIA A QUELLO DELL' INGEGNERIA

Sebbene la connessione tra scansioni biomedicali TC o RM e macchina per Prototipazione Rapida sia logica (in entrambi i casi il modello fisico è costruito per strati), non è facile da realizzare a causa dei problemi di compatibilità di software. Infatti le macchine per RP utilizzano come file d'ingresso quello in formato STL (*Standard Triangulation Language To Layer*) realizzato partendo da disegni CAD tridimensionali e non da immagini bidimensionali come quelle del dominio tradizionale della radiologia. Grazie all'ausilio della **Reverse Engineering** è possibile, partendo dal modello fisico o anatomico, risalire alla sua descrizione matematica. Per ricostruire la geometria tridimensionale di un oggetto si deve seguire un ciclo composto da quattro fasi: il punto di partenza per il processo di costruzione del modello è l'acquisizione di nuvole di punti, cioè di punti nello spazio appartenenti alle superfici del solido. A partire dal modello matematico realizzato (composto da *mesh poligonali*), le operazioni successive consentono di generare modelli STL da inviare ai sistemi di prototipazione o generare formati grafici per successivi trattamenti (rendering) o ancora per generare il database delle forme acquisite. Una **mesh poligonale** è una collezione di vertici, spigoli e facce che

definiscono la forma di un oggetto poliedrico nella computer grafica 3D e nella modellazione solida. Le mesh sono primitive grafiche che consentono di risolvere con grande efficienza i procedimenti di visualizzazione delle forme modellate: sono strisce di triangoli o maglie di quadrilateri con cui rappresentiamo un poliedro qualsiasi o con cui approssimiamo superfici curve. L'unità base di una mesh è il voxel, ovvero pixel di volume. L'algoritmo di computer grafica attualmente più usato per trasformare una matrice di voxel in un gruppo di mesh poligonali è il **Marching cubes**: esso viene utilizzato per estrarre una mesh poligonale di una isosuperficie da un campo scalare 3D (l'insieme dei voxel acquisiti). Una volta che la parte anatomica di interesse è stata "ingegnerizzata", viene utilizzato un processo chiamato seg-

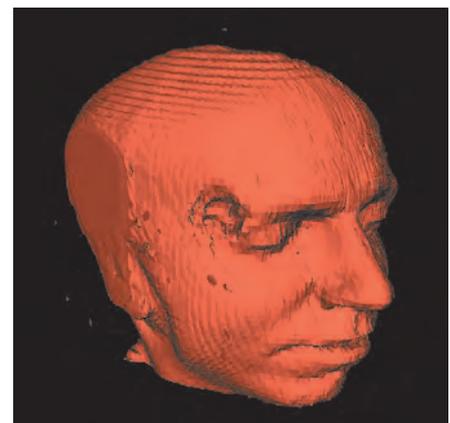


Fig. 2. Rappresentazione grafica dell'algoritmo Marching cubes.

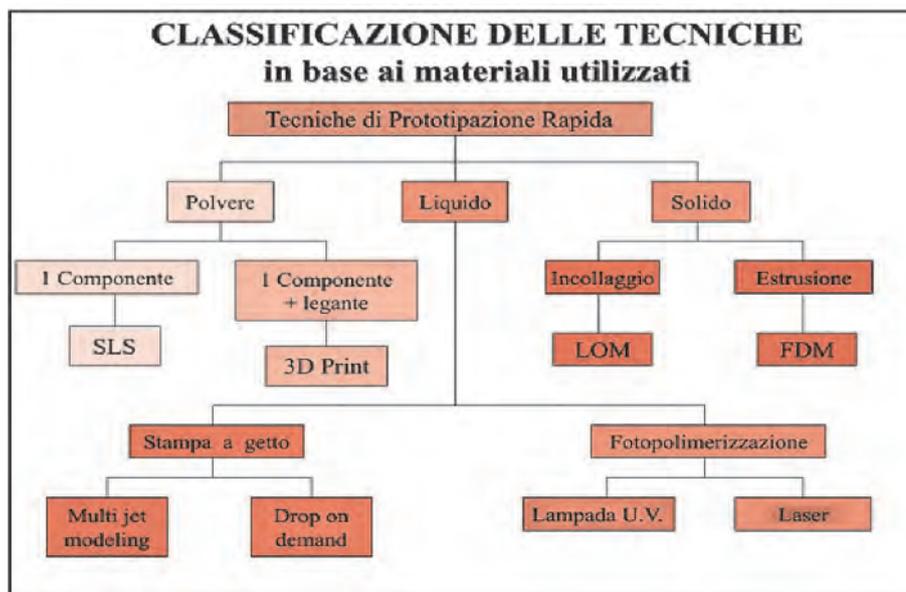


fig. 3. Classificazione delle tecniche di RP.

mentazione. La **segmentazione** di un'immagine nell'elaborazione digitale delle immagini è il processo di partizione di un'immagine in regioni significative: più precisamente la segmentazione è il processo con il quale, utilizzando la tecnica del *thresholding* (tecnica del valore di soglia), si classificano i pixel dell'immagine che hanno caratteristiche comuni, pertanto ciascun pixel in una regione è simile agli altri della stessa regione per una qualche proprietà o caratteristica (colore, intensità o texture). Il risultato di un'immagine segmentata è un insieme di segmenti che collettivamente coprono l'intera immagine che effettivamente ci interessa analizzare o riprodurre: è questo punto che si è in grado di "dialogare" con le macchine di RP.

FOCUS TECNICO

Un esempio di tecnologia utilizzata dalle stampanti per Prototipazione Rapida è la fotopolimerizzazione. Per fotopolimerizzazione s'intende qualsiasi processo in cui molecole relativamente piccole, chiamate monomeri, si combinano chimicamente per produrre catene molto grandi o strutture reticolari anche tridimensionali, processo che viene catalizzato dall'esposizione a fotoni luminosi: i fotopolimeri sono dunque sostanze che cambiano le loro proprietà chimico-fisiche trasformandosi da liquide a solide se esposte a luce laser e raggi ultravioletti. Il processo consiste nell'utilizzare un materiale di base allo stato liquido sensibile al laser a luce attinica (con una lunghezza d'onda di 365 nm) e succes-

sivamente nell'esporre il modello ottenuto a lampade UV al fine di renderlo solido e resistente.

Il processo di aggregazione e cambiamento di stato viene regolato da diverse sostanze che intervengono in percentuale diversa secondo le caratteristiche intrinseche del polimero scelto e della metodica utilizzata. I composti fotopolimerici si possono raggruppare in due grandi famiglie: quelli a meccanismo radicalico e quelli a meccanismo cationico. I fotopolimeri basati sul meccanismo radicalico a loro volta comprendono l'uso di poliesteri insaturi con rilascio di stirene e composti acrilati e metacrilati; i fotopolimeri a meccanismo cationico possono essere raggruppati in vinileteri, epossidi e ossetani.

Le proprietà dei film ottenuti dipendono pertanto:

- dalla struttura dei monomeri ed oligomeri impiegati,
- dal numero di gruppi funzionali presenti,
- dal meccanismo di polimerizzazione,
- dalle condizioni sperimentali e cinetiche,
- dalla presenza di additivi e agenti di trasferimento di catena

Sebbene sul mercato esistano molte aziende chimiche produttrici di questi composti, è bene soffermare l'attenzione su quelle che commercializzano le resine per applicazioni medicali.

I criteri di scelta in fase di acquisto di tali tecnologie è opportuno che comprendano:

- L'aspetto esteriore (colore, trasparenza)
- La certificazione FDA
- La sterilizzabilità in autoclave
- La densità
- La viscosità
- La profondità di penetrazione del fascio UV
- L'esposizione critica (in mJ/cm^2)
- Lo spessore di costruzione (nell'ordine dei 0,1 o 0,2 mm)
- Il tempo di indurimento dopo esposizione a fascio UV
- La resistenza alla tensione
- La temperatura di transizione vetrosa

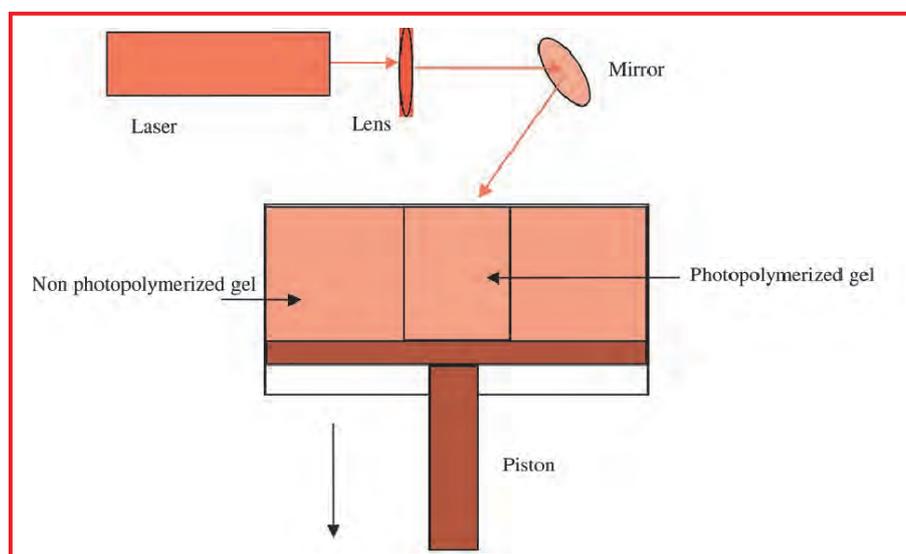


Fig.4. -Schema del processo di foto polimerizzazione.

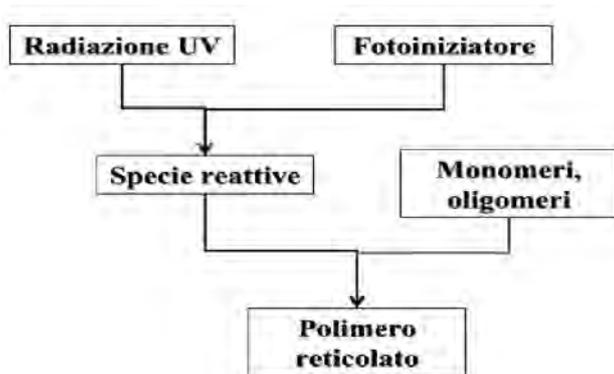


Fig. 5. -Sequenza chimica di creazione delle catene.

	Percentuale	Funzione
Monomeri	15-60	Controllo della viscosità
Oligomeri	25-90	Formazione del film
Fotoinziatore	1-4	Iniziazione del processo
Additivi	0-5	Tensioattivi stabilizzanti

Fig. 6. Componenti chimici essenziali per il processo di fotopolimerizzazione.

Alcune marche commerciali in tutto il mondo sono:

Dupont, Cyrel, BASF Nyloflex, Novacryl, Elaslom, McDermid, eSoleflex, Exaprint

Le applicazioni possibili in ambito biomedicale

In ambito biomedicale le applicazioni possibili con le tecniche di Prototipazione Rapida sono molteplici: la RP permette infatti la **replica esatta di modelli anatomici** del paziente a partire dai file TC o di RM una volta che questi siano stati adeguatamente "ingegnerizzati". La realizzazione di modelli fisici dell'anatomia del paziente, costruite direttamente dai dati provenienti da una tomografia computerizzata (TC) o risonanza magnetica (RM), stante anche la riduzione dei costi e la relativa facilità con la quale possono essere ottenuti rispetto agli anni passati, forniscono una più chiara e precisa visualizzazione della situazione medica rispetto alla interpretazione di sezioni 2D provenienti dai dati TC o RM. I campi d'applicazione di maggiore interesse riguardano la chirurgia cranio-maxillofaciale, l'odontoiatria e l'ortopedia. La realizzazione in fase preoperatoria d'impianti mediante l'ausilio di tali modelli garantisce dei risultati estetici e funzionali non altrimenti raggiungibili con tecniche convenzionali. Importanti benefici, infatti, si hanno nel caso di complesse operazioni chirurgiche nelle quali i modelli medicali possono essere usati per pianificare o simulare l'intervento, con una riduzione dei tempi di durata

dell'anestesia valutabile intorno al 20-30% e quindi con minori disagi per il paziente. Recenti studi e casi clinici hanno mostrato, inoltre, un significativo aumento della percentuale di successi, specialmente per quanto riguarda le patologie tumorali a carico di strutture ossee morfologicamente complesse, come nel caso del bacino, della colonna vertebrale o nella chirurgia maxillofaciale (3;4). Infine con un accurato modello 3D la progettazione di un impianto osseo risulta essere molto più semplice e precisa. Il modello può essere, infatti, usato direttamente come master per la realizzazione, ad esempio per microfusione di un impianto personalizzato, o indirettamente per la produzione di uno stampo nel caso si vogliano usare materiali particolari. Al giorno d'oggi nelle applicazioni medicali nessuna delle tecnologie di prototipazione rapida risulta essere dominante, ma ognuna presenta campi di applicazione precisi sulla morfologia interna di strutture complesse come

quelle necessarie per la ricostruzione tridimensionale relativa ad eventi traumatici a carico del massiccio facciale: la stereolitografia, la sinterizzazione selettiva di polveri (SLS), la deposizione di materiale termoplastico (FDM) e le tecniche multi-getto (MJM), DoD (Drop on Demand), 3DP (Three Dimensional Printing), possono essere utilizzate per la produzione di impianti ossei o di protesi mediante il processo di microfusione a cera persa. In sintesi i benefici principali derivanti dall'utilizzo della prototipazione rapida nel settore medicale riguardano principalmente:

- Realizzazione di modelli di organi e parti anatomiche utili per la preparazione di protesi, addestramento del personale o a scopo di ricerca
- Miglioramento delle pianificazioni pre-chirurgiche e possibilità di customizzazione dei dispositivi chirurgici con relative diminuzione dei tempi di intervento in sala operatoria in caso di traumi, patologie con-

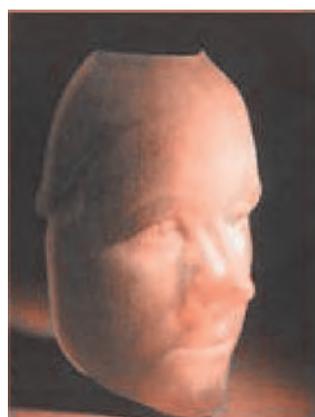


Fig. 7. Esempio di maschera per la cura delle cicatrizzazioni.

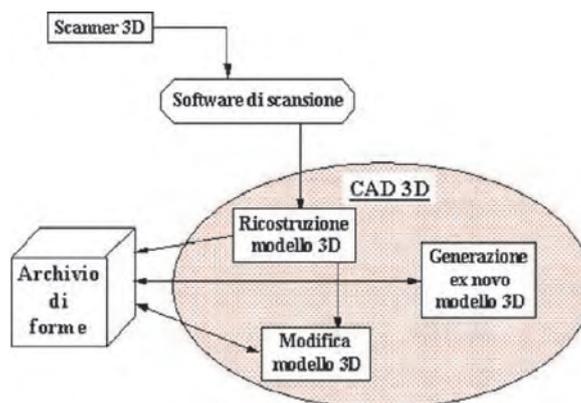


Fig.8. Schema di archivio di dati e forme



Fig.9. Esempio di pelle stampata con tecnica "bioprint".



Fig.10. Prototipo del cranio della paziente con sindrome di Franceschetti. Il chirurgo pianifica e simula l'intervento sul modello anatomico realizzato con tecnica RP.

genite, patologie neoplastiche, chirurgia ricostruttiva, chirurgia plastica, chirurgia odontostomatologica e per distrazioni osteogenetiche.

- Miglioramento della comunicazione tra medici e medico-paziente
- Realizzazione di dispositivi di centratura o di bloccaggio personalizzati del singolo paziente utilizzabili in tutte le metodiche diagnostiche e in particolare nell'ambito della Radioterapia
- Creazione di fantocci antropomorfi personalizzati (e non) al fine di migliorare le misurazioni fisiche e i protocolli di qualità in vista di una maggiore ottimizzazione radioprotezionistica per i pazienti
- Creazione di maschere per il trattamento delle gravi ustioni al fine di prevenire la formazione di scorrette cicatrizzazioni dei tessuti
- Possibilità di realizzare una soluzione rapida ed efficiente per duplicare e conservare i modelli creando una banca dati accessibile nel tempo o a notevoli distanze, utilizzabile anche in caso di **tutela di controversie medico-legali**
- Aprire nuovi scenari applicativi di altissima qualità per la ricerca nel "bioprinting" nonché per la figura del Tecnico di Radiologia Medica. Nel 2011 infatti numerose ricerche hanno ampliato gli orizzonti dell'uso del-

le stampanti 3D aprendo nuove frontiere della medicina hi-tech. All'inizio di quest'anno un gruppo di scienziati americani ha ideato un trattamento rivoluzionario che potrebbe cambiare profondamente la vita delle vittime di ustioni. I ricercatori della Wake Forest University a Winston-Salem (Usa) hanno presentato al congresso di Washington dell'Aaas (American association for the advancement of science), una nuova tecnologia chiamata bioprinting: il sistema utilizza dei laser 3D integrati che rilevano l'estensione e la profondità della lesione e successivamente creano una ricostruzione tridimensionale del tutto corrispondente alla parte da curare. Questo lembo di pelle, composto da cellule della pelle, collagene e coagulante, verrà poi "stampato" direttamente sulla ferita. Questa tecnica rende anche molto più veloce il tempo di guarigione: le sperimentazioni su maiali e topi hanno fatto stimare circa due settimane per la cicatrizzazione delle ustioni e si ipotizza in futuro di riuscire a "riprodurre" alla perfezione anche gli organi!

A confermare la possibilità di realizzazione di questa ambiziosa idea è infatti la sperimentazione di ingegneri del Fraunhofer Institute for Interfacial Engineering

and Biotechnology: creare tramite una stampante 3D dei vasi sanguigni utilizzabili immediatamente per il trapianto di organi sviluppati in laboratorio. Con la stampante 3D vengono realizzati oggetti tridimensionali utilizzando strati successivi del materiale prescelto e, nel caso delle vene, tramite una tecnica chiamata "polimerizzazione multifotonica". È stato così realizzato un materiale solido, ma al tempo stesso elastico, che consente ai ricercatori di produrre vasi sanguigni che possono interagire con tessuti umani normali senza rischio di rigetto. La scoperta tedesca supera un grosso ostacolo per la medicina: la fornitura di sangue ai tessuti artificiali che fino a ieri impediva la possibilità di trapianti di organi sviluppati in laboratorio.

UN PO DI CASI CLINICI

Caso 1

Uomo, 40 anni, subisce colpo di arma da fuoco in viso. L'elaborazione tridimensionale delle immagini ha accuratamente rappresentato la mancanza dello zigomo sinistro, dell'emimandibola e di larga parte dell'orbita oculare. Modelli delle parti mancanti sono state generate con tecniche di prototipazione rapida dai dati elaborati al computer; questi prototipi hanno guidato l'opera di ricostruzione del viso(2).

Caso 2

Uomo, 40 anni, subisce colpo di arma a fuoco nella parte sinistra

della fronte. Si è intervenuto secondo la tecnica degli innesti ossei vascolarizzati modellati su campioni prefabbricati con buon risultato finale (2).

Caso 3

Donna, 21 anni, diabetica ed affetta da una rara mucormicosi nella parte sinistra del viso che le ha eroso parte della guancia e della parete nasale laterale. L'analisi di sottrazione del difetto ha consentito di pianificare in modo adeguato l'intervento permettendo la ricostruzione delle parti degenerate (2).

Caso 4

Donna affetta dalla sindrome di Franceschetti. L'arretramento della mandibola provoca uno schiacciamento della trachea con comparsa di "sleep apnoea". Al fine di evitare lo schiacciamento della trachea, si è deciso di intervenire chirurgicamente con una distrazione mandibolare in due direzioni. Per individuare con sicurezza la posizione

dei "pins" di fissazione del distrattore, si è realizzato un modello del cranio della paziente mediante tecniche di prototipazione rapida a partire dai dati radiologici. Il chirurgo pianifica e simula l'intervento sul modello utilizzando lo stesso strumentario chirurgico che utilizzerà in sala operatoria durante l'intervento. Con l'esperienza acquisita simulando l'intervento sulla replica anatomica, il chirurgo può effettuare l'intervento sul paziente con un livello di conoscenza del problema maggiore avendone pianificato con attenzione tutte le fasi (3).

Caso 5

Studio sperimentale condotto su 6 pazienti da sottoporre ad operazioni di cranioplastica. L'utilizzo di un dispositivo protesico su misura per la riparazione di difetti cranici estesi, pronto prima dell'intervento, ha reso più semplici e veloci gli interventi che si limitano all'impianto di una protesi preformata,

garantendo risultati estetici ottimi e riducendo il tasso di fallimenti (4).

CONCLUSIONI

L'introduzione della RE e della RP all'interno del sistema produttivo diagnostico aziendale si traduce quindi essenzialmente in:

- sfruttabilità pratica delle immagini in Volume Rendering
- riduzione dei tempi di cura e dei costi d'intervento;
- miglioramento della qualità ed aumento dell'efficienza;
- maggiore facilità nel seguire gli andamenti del mercato diagnostico

Grazie inoltre alle ricerche che si stanno sviluppando, l'evoluzione futuristica ed affascinante che queste tecniche stanno avendo appare oggi più che mai come una innovativa rivoluzione sia per i pazienti sia per la sanità in generale.

BIBLIOGRAFIA

1. "Prototipazione rapida & protesi articolari", N.1/ marzo 2003 della rivista INNOVARE
2. "Prototipazione rapida. La tecnologia per la competizione globale" - Andrea Gatto, Luca Iuliano. Ed. Tecniche nuove 1998
3. "Protesi Custom Made - Case Studies - Cranioplastica Custom Made in PMMA con utilizzo di tecniche di prototipazione rapida e CAD 3D". In collaborazi-

one con U.O. Neurochirurgia - Ospedale di Lecco. Reperibile su www.protocenter.enea.it

4. "Repliche Anatomiche - Case Studies. Uso delle tecniche di prototipazione rapida nella pianificazione degli interventi di chirurgia craniofaciale su pazienti in età pediatrica: simulazione di distrazione mandibolare in due direzioni". In collaborazione con U.O. Chirurgia Pediatrica - Ospedali Riuniti di Bergamo. Reperibile su www.protocenter.enea.it

SITOGRAFIA

5. www.apri-rapid.it
6. www.biosolutions.it
7. www.dsm.com
8. www.musc.edu/bioprinting/
9. www.protocenter.enea.it
10. www.ehealthforum.it

FORMAZIONE 2012

A Cernobbio (Como) il 17 ottobre si è tenuta la terza Conferenza Nazionale sull'Educazione Continua in Medicina (Ecm). L'evento, che si è svolto sotto la direzione scientifica della Commissione nazionale per la formazione continua del ministero della Salute ed in collaborazione con l'Agenzia Nazionale per i servizi sanitari regionali (Agenas), è giunta a conclusione di un anno ricco di novità per il mondo della formazione in sanità che ha visto il definitivo passaggio alla fase a regime del nuovo programma Ecm.

La Conferenza nazionale sulla formazione continua in medicina, ha presentato le più importanti novità del programma Ecm (a regime dal 1 gennaio 2011) ed ha approfondito le tematiche di maggior interesse ed attualità per gli operatori della formazione in sanità, facendo il punto dei risultati raggiunti nel suo primo anno a regime così da promuovere esperienze di eccellenza e innovazioni nella formazione, dibattendolo le criticità emerse sul piano dell'offerta formativa dall'applicazione delle nuove regole.

Tra le novità che sono state presentate in questa terza edizione: il manuale di accreditamento dei provider, i nuovi criteri di attribuzione, trasmissione e registrazione dei crediti, gli schemi di contratto per la sponsorizzazione degli eventi,

le sperimentazioni di metodologie formative innovative (Residenziale, FAD ed Fsc), i modelli Regionali di accreditamento.

Il Dossier formativo (individuale e di gruppo) è di sicuro l'obiettivo che il Ministero della Salute si pone per rendere la formazione omogenea anche con i liberi professionisti.

Il Co.Ge.A.P.S. che gestisce l'anagrafica dei crediti sta completando la funzione tecnica di raccolta degli anni pregressi con tutti i crediti disponibili sul territorio nazionale e con l'allineamento dei tracciati per consentirne la registrazione, la gestione e la diffusione al fine di consentire ad Ordini, Collegi ed Associazioni la certificazione e la eventuale adozione delle **sanzioni, norma introdotta dal DL138/2011**.

Dal 1 gennaio 2012 metterà i dati in rete esclusivamente con gli ordini ed i collegi, per consentirne la certificazione.

Da sottolineare che anche per questo triennio si dovranno maturare 50 crediti/anno (min 25-max 75) a completamento dei 150 richiesti, i più virtuosi a loro vantaggio potranno riportare 45 crediti già acquisiti e registrati negli anni precedenti ma con l'obbligo di acquisirne almeno 35/anno per il prossimo triennio.

A seguito riportiamo il pro-

gramma formativo del 2012 ricco di iniziative utili a dare maggior spazio al TSRM nella Ricerca (EBM-EBR), affermare attraverso approfondimenti scientifici le tecniche di imaging utili a migliorare la crescita professionale e la socializzazione. Saranno trattati temi quali la radioprotezione, la comunicazione, il clima organizzativo, l'etica e la deontologia professionale.

L'attività formativa sarà impegnata nell'organizzazione di eventi residenziali e FAD (Formazione a distanza), quest'ultimi permetteranno di acquisire crediti ECM direttamente da casa per via telematica sulla piattaforma online.

Ricordiamo per chi interessato che il nostro Provider Nazionale offre la possibilità anche agli altri Collegi di accreditare eventi residenziali per i propri iscritti e che per eventuali informazioni possono rivolgersi alla segreteria del Collegio di Na-Av-Bn-Ce al seguente recapito telefonico 081/7433342 oppure inviando una mail a tstrm.napoli@pec.it.

Siamo certi che la programmazione soddisferà sicuramente ogni tematica ma siamo anche certi di stimolare chi con la propria esperienza si sente in grado di dare un contributo a questo progetto che ha per obiettivi la riduzione dei costi e la crescita dello status professionale.

COLLEGIO INTERPROVINCIALE NA-AV-BN-CE N°PROVIDER:1653

TITOLO DELL'EVENTO	Tipo di formazione	Data: da	a	N° partecipanti	Crediti
PARLIAMO INSIEME DI ANATOMIA RADIOLOGICA	FAD	01/02/2012	31/12/2012	2000	5
L'EVOLUZIONE DELLA RIFORMA SANITARIA ALLA LUCE DELLE NUOVE NORMATIVE FEDERATIVE	RES	04/02/2012	04/02/2012	200	5
L'ETICA E LA DEONTOLOGIA NELLA FORMAZIONE: IL TSRM E IL RUOLO DI TUTOR	RES	03/03/2012	03/03/2012	150	7,5
CORSO DI ADDESTRAMENTO TECNICO - PRATICO PER L'UTILIZZO DELLA RISONANZA MAGNETICA	RES	31/03/2012	31/03/2012	15	10
LA DEONTOLOGIA DEL TSRM : STORIA DELLA MEDICINA NUCLEARE	RES	14/04/2012	14/04/2012	100	10
LA COMUNICAZIONE DELLA METODOLOGIA DELLA RICERCA SCIENTIFICA: IL TSRM NELL'EBM-EBR	RES	12/05/2012	12/05/2012	150	7,5
LA RADIOPROTEZIONE E LA SICUREZZA IN RADIOLOGIA : DAL CITTADINO ALL'OPERATORE	FAD	26/05/2012	31/12/2012	500	5
LA METODOLOGIA DELLA RICERCA CLINICA	FAD	01/06/2012	31/12/2012	500	5
LA COMUNICAZIONE NELLA TECNOLOGIA DELLA RICERCA	RES	09/06/2012	09/06/2012	100	10
ETICA , DEONTOLOGIA E TECNOLOGIA A CONFRONTO NELLO STUDIO DEL MASSICCIO FACCIALE	RES	23/06/2012	23/06/2012	100	10
DIES CAMPANAE : L'ETICA E LA COMUNICAZIONE NELLE NUOVE FRONTIERE DEL TSRM	RES	28/09/2012	30/09/2012	200	15
L'ETICA E LA DEONTOLOGIA NELLA DIAGNOSTICA PER IMMAGINI : SFIDE DEL TSRM DA UN LIMITE TECNICO AD UNO DIAGNOSTICO	RES	20/10/2012	20/10/2012	100	10
LA COMUNICAZIONE CON IL CITTADINO: STATUS DELLO SCREENING MAMMOGRAFICO	RES	24/11/2012	24/11/2012	150	7,5

- Tutti i corsi sono in fase di accreditamento variazioni di giorni , orari e luoghi di svolgimento dei corsi saranno comunicati tramite opportuna e-mail o pubblicati sul sito del Collegio di NA-AV-BN-CE (www.tsrncampania.it)almeno 15 giorni prima della data di svolgimento.
- I corsi avranno un costo variabile tra 20 e 50 Euro.
- Per eventuali corsi ad iscrizione gratuita si ricorda che essa sarà riservata ai soli iscritti del Collegio di NA-BN-AV-CE .
- Si ricorda inoltre che la possibilità di partecipare ai corsi , siano loro gratuiti che a pagamento e' riservata esclusivamente a coloro che sono in regola con il pagamento della quota annuale di iscrizione.
- Per gli iscritti ad altri Collegi i corsi avranno un costo diverso e di almeno 50 Euro.

