

I progressi della mammografia digitale *Advances in digital mammography*

Ludovico DALLA PALMA

In questo fascicolo de «La Radiologia Medica» [1] un gruppo di radiologi e fisici prendono lo spunto dalla progressiva espansione della mammografia digitale per presentare i risultati sui controlli di qualità eseguiti sul primo mammografo approvato dalla Food and Drug Administration degli Stati Uniti.

I risultati sono stati acquisiti su cinque mammografi GE Senographe 2000D presenti in cinque diverse strutture italiane e sono relativi a misure di linearità, uniformità, ripetibilità a breve e lungo termine e stabilità del sistema di controllo dell'esposizione.

Dopo aver dimostrato che le cinque apparecchiature considerate sono risultate confrontabili sia in termini di qualità del fascio (HVL) che di rendimento poiché rispondono tutte in modo lineare e con riproducibilità a lungo termine sempre inferiore al 5%, gli Autori richiamano giustamente l'attenzione sul fatto che i dati acquisiti non sono sufficienti per stendere un vero protocollo di controllo di qualità in mammografia digitale.

Gli Autori altresì precisano che i dati possono servire solo di orientamento per altri sistemi digitali per cui è auspicabile che nel loro progetto di valutazione della mammografia digitale introducano anche il controllo di qualità di due altri sistemi di recente approvati dalla Food and Drug Administration, il Fischer ed il Lorad Selenia.

Nell'ambito di un programma che prevede uno sviluppo successivo di tematiche specifiche sui differenti sistemi digitali è interessante la prima nota che due fisici dello stesso Gruppo hanno pubblicato sul recente fascicolo di novembre-dicembre de «La Radiologia Medica» [2].

In questo lavoro gli Autori hanno illustrato i principi fisici e gli sviluppi futuri della mammografia digitale e hanno presentato i diversi tipi di rivelatori digitali, a conversione indiretta o di prima generazione di cui sono un esempio il Senographe GE 2000D e il Fisher e a conversione diretta o di seconda generazione di cui è un esempio il Lorad Selenia.

Essi si soffermano sulla qualità dell'immagine in termini di MTF (Modulation Transfer Function) e quindi di nitidezza dell'immagine e di DQE (Detective Quantum Efficiency) e quindi del rapporto segnale rumore in funzione della frequenza spaziale e mettono a confronto le curve del sistema GE, del sistema LORAD e del sistema schermo-pellicola.

È interessante notare che sia i valori di MTF che di DQE sono più elevati per il sistema di seconda generazione.

Gli Autori fanno poi un cenno ai primi risultati presentati all'ECR 2002 in termini di dose dai quali risulta che il

In this issue of Radiologia Medica [1] a group of radiologists and physicists take the cue from the gradual spread of digital mammography to present the results of the quality control checks performed on the first digital mammography unit approved by the US Food and Drug Administration.

The results were collected from five GE Senographe 2000D units in five different Italian centres and refer to measurements of linearity, uniformity, short- and long-term repeatability and stability of the exposure control system.

After demonstrating the comparability of the five units in terms of both beam quality (HVL) and yield, in that all units constantly showed a linear response and long-term reproducibility less than 5%, the authors rightly draw attention to the fact that the data obtained are insufficient for producing a real quality control protocol for digital mammography, and add that the data can only provide a guideline for other digital systems. It is therefore hoped that their plans to assess digital mammography will include quality control of two other systems recently approved by the Food and Drug Administration, the Fischer and Lorad Selenia.

The first note published by two physicists of the same group in the November-December issue of Radiologia Medica, in the context of a programme aiming to address specific aspects of different digital systems, is particularly interesting [2].

The paper illustrated the physical principles and future developments of digital mammography and presented different types of digital detectors, namely the indirect-conversion or first-generation detectors (as exemplified by the Senographe GE 2000D and Fisher units), and the direct-conversion or second-generation detectors (for example, the Lorad Selenia).

They discuss image quality in terms of MTF (Modulation Transfer Function) - and therefore sharpness - and DQE (Detective Quantum Efficiency) - and therefore signal-to-noise ratio as a function of spatial frequency - and compare the curves of the GE, LORAD and screen-film systems. It is interesting to note that both the MTF and DQE values were higher for the second-generation system.

The authors also mention the early results, presented at ECR 2002, in terms of dose: digital mammography involves a 30% reduction of the entrance dose compared to conventional mammography.

mammografo digitale comporta rispetto a quello convenzionale una riduzione della dose d'ingresso di circa il 30%.

Gennaro *et al.* [3] dello stesso gruppo, hanno di recente reso nota su *European Radiology* la dose ghiandolare media riscontrata con 4 mammografi digitali uguali (Senographe GE 2000D): questa è variata da 1,25 a 1,173 mGy per una componente ghiandolare del 50% e da 1,37 a 1,89 mGy per una componente ghiandolare del 30%.

In termini di dose ricordo i risultati presentati al recente RSNA 2003 da Hendrick *et al.* [4] sulla base di 1610 esami eseguiti con mammografi digitali diversi (Fischer, Fuji, GE e Lorad) e con mammografi convenzionali in 18 Centri nell'ambito del progetto ACRIN DMIST che prevede la valutazione di 49.500 mammogrammi digitali.

Gli Autori precisano che la dose ghiandolare media per il sistema schermo pellicola è risultata pari a 2,30 mGy e per i sistemi digitali pari a 1,75 mGy e quindi più bassa del 24%; tra i vari sistemi digitali quello che ha rivelato la dose più bassa è stato il sistema a scansione. I valori non sono molto dissimili da quelli soprariportati e da quelli resi noti da un gruppo europeo [5] che riferisce, con lo stesso mammografo digitale, una dose ghiandolare media di 1,51 mGy.

Al recente RSNA e nella recente letteratura sono stati riportati risultati acquisiti su pazienti con il mammografo digitale e messi a confronto con quelli ottenuti con il mammografo convenzionale; ma altri confronti sono stati presentati.

Anzitutto il sistema FUJI – FCR 5000 (imaging plate) (CRM) è stato messo a confronto con il sistema schermo-pellicola (SFM). Quam *et al.* [6] su 216 pazienti hanno esaminato la cospicuità di alterazioni focali, escluse quelle benigne; 79 (37%) pazienti avevano seno denso e 60 (28%) avevano un carcinoma accertato. La cospicuità media è stata pesata 8,4 ed 8,8 rispettivamente per SFM e CRM; nelle pazienti con seno denso i valori sono risultati 7,9 ed 8,6 rispettivamente per SFM e CRM; nelle pazienti con seno non denso i valori sono risultati 8,8 ed 8,9 per cui gli Autori concludono che il livello di cospicuità è risultato significativamente superiore con il mammografo digitale, soprattutto nelle pazienti con seno denso.

Il sistema digitale Siemens Mammomat 3000 Fuji è stato messo a confronto con il sistema digitale GE Senographe 2000D da Matzek *et al.* [7] che hanno fatto la lettura su film: gli Autori hanno valutato la qualità dell'immagine, la riconoscibilità e la caratterizzazione della lesione in modo prospettico su 152 pazienti. La qualità dell'immagine è risultata significativamente superiore ($p < 0,05$) con il sistema GE mentre la riconoscibilità e la caratterizzazione delle lesioni classificate secondo le categorie BI-RADS, non sono risultate significativamente differenti ($p > 0,05$).

Sempre al recente RSNA Skaane *et al.* [8] hanno presentato i risultati di un confronto tra mammografo digitale (GE Senographe 2000D) e mammografo convenzionale (Siemens Mammomat 300) prendendo come parametro il tasso di riconoscimento della neoplasia in un campione di 3583 soggetti studiati nell'ambito del progetto screening Oslo 1. I cancri osservati sono stati 31 (tasso pari a 0,84%). Gli Autori riportano che non c'è stata una differenza statisticamente significativa tra i due sistemi, precisando che con quello digitale è stata fatta la lettura a monitor.

Gli stessi Autori [9] hanno anche presentato i risultati sulla valutazione del riconoscimento e classificazione delle lesioni mammarie su 232 casi comprendenti 46 cancri, 88

Gennaro *et al.* [3], of the same research group, recently reported on the mean glandular dose delivered by four identical digital mammography units (Senographe GE 2000D): the dose ranged from 1.25 to 1.173 mGy for a glandular component of 50% and from 1.37 to 1.89 mGy for a component of 30%.

On the subject of dose I remember the results presented at RSNA 2003 by Hendrick *et al.* [4] on the basis of 1610 examinations performed with different digital mammography units (Fischer, Fuji, GE and Lorad) and with conventional mammography units in 18 Centres within the framework of the ACRIN DMIST programme expected to evaluate a total of 49,500 digital mammograms.

The authors report that the average glandular dose was 2.30 mGy for the screen-film system and 1.75 mGy for the digital systems, and therefore 24% lower: the digital system that delivered the lowest dose was the scanning system. These values do not differ much from those mentioned above or from those published by a European group [5] that reported an average glandular dose of 1.51 mGy for the same digital system.

Several communications at the recent RSNA meeting and reports in the recent literature compared the clinical results obtained with digital mammography and with conventional mammography; however, other comparisons have been presented.

First of all, the FUJI – FCR 5000 (imaging plate) (CRM) system was compared to screen-film (SFM). Quam *et al.* [6] examined conspicuity of focal alterations, excluding benign lesions, in 216 patients; 79 (37%) had dense breasts and 60 (28%) had a proven carcinoma. Mean conspicuity was 8.4 and 8.8 for SFM and CRM, respectively; in patients with dense breasts the values were 7.9 and 8.6 for SFM and CRM, respectively, as against 8.8 and 8.9 in those with non-dense breasts. The authors therefore concluded that the level of conspicuity was significantly higher with digital mammography, above all in patients with dense breasts.

The digital systems Siemens Mammomat 3000 FUJI and GE Senographe 2000D were compared by Matzek *et al.* [7] who performed hard-copy readings: the authors prospectively evaluated image quality, and lesion detection and characterisation in 152 patients. Image quality was significantly better ($p < 0.05$) with the GE system, whereas detection and characterisation of the lesions, classified according to the BI-RADS system, showed no significant differences ($p > 0.05$).

At the same RSNA meeting, Skaane *et al.* [8] presented the results of a comparative study of digital mammography (GE Senographe 2000D) and conventional mammography (Siemens Mammomat 300) based on the rate of detection of cancers in a sample of 3583 subjects studied within the Oslo 1 screening programme. A total of 31 cancers were detected (0.84% detection rate). The authors found no statistically significant difference between the two systems, and pointed out that with the digital system the readings were done on the soft copy.

The same authors [9] also reported on the results of the assessment of detection and classification of breast lesions in 232 cases, including 46 cancers, 88 benign lesions and 98 normal findings; the cancers were all histologically proven.

They concluded that with digital mammography a larger

lesioni benigne e 98 aspetti normali: i tumori sono tutti stati accertati istologicamente.

Essi hanno concluso che il mammografo digitale ha classificato correttamente più tumori mammari e l'area delle curve ROC è risultata più elevata per quanto la differenza non sia apparsa statisticamente significativa. Nella classificazione delle lesioni secondo le categorie BI-RADS il mammografo digitale ha dato risultati simili o superiori.

Alonso *et al.* [10] hanno presentato i risultati di un confronto tra mammografo digitale full-field e mammografo convenzionale: su 40 pazienti con microcalcificazioni mammarie hanno valutato la qualità complessiva del mammogramma, il riconoscimento delle microcalcificazioni e gli artefatti.

Il punteggio di qualità è risultato di 1,9 e 1,1 rispettivamente per il sistema convenzionale e quello digitale, per gli artefatti è risultato rispettivamente di 1,95 e 1,1, e per le microcalcificazioni di 1,9 e 1,25 per cui gli Autori concludono che il mammografo digitale ha dato migliori risultati.

Altri dati sul confronto tra sistema digitale e quello schermo-pellicola sono riportati dalla recente letteratura. Fischer *et al.* [11] hanno fatto il confronto su 57 pazienti con clusters di microcalcificazioni e hanno valutato la qualità dell'immagine, il numero e la caratterizzazione. Con il mammografo digitale (sistema GE) hanno riscontrato una qualità superiore nel 50% dei casi, hanno riconosciuto un numero superiore di microcalcificazioni nel 41% dei casi e nella caratterizzazione una più alta sensibilità e affidabilità.

Di Nubila *et al.* [12] su un campione di 52 pezzi operatori relativi a lesioni mammarie non palpabili con microcalcificazioni hanno messo a confronto il mammografo digitale (GE) con quello convenzionale (GE).

Il test Kappa è risultato essere 0,546 per il confronto analogico standard vs digitale standard, 0,582 per analogico ingrandimento vs digitale ingrandimento, 0,828 per analogico standard vs analogico ingrandimento e 0,492 per digitale standard vs digitale ingrandimento.

Nel confronto tra digitale e analogico standard, il primo ha rivelato nel 17,8% un maggior numero di calcificazioni.

Un altro aspetto degno di interesse nell'attività con il mammografo digitale è il confronto tra la lettura del film laser e quella a monitor.

In genere il monitor della miglior tecnologia ha una matrice limitata rispetto a quella del film: la sua risoluzione spaziale è circa un quarto di quella del film [13]. D'altra parte il monitor si avvantaggia sia della maggior risoluzione di contrasto dell'immagine sia della elaborazione.

Al recente RSNA vi sono state due presentazioni al riguardo. Roelofs *et al.* [14] su un campione di 150 casi (120 normali e 30 con cancro: 17 masse, 9 microcalcificazioni e 4 entrambi) hanno fatto il confronto tra lettura su film e quella a monitor di mammogrammi ottenuti con il sistema GE. Tra le due letture non vi è stata alcuna differenza nel valore AZ ($p=0,47$). Una subanalisi, tuttavia, ha dimostrato che la performance circa le microcalcificazioni è stata leggermente inferiore, ma senza significatività, con la lettura a monitor. Con quest'ultima il tempo di lettura è risultato significativamente più breve.

Da rilevare i dati presentati da un gruppo Giapponese [15] che hanno messo a confronto in 75 casi la performance di un monitor a cristalli liquidi ad altissima risoluzione (SL-IC 300G: Fuji Photo Film) con il film (DI-AL: Fuji Photo Film)

number of breast cancers were correctly classified and the ROC curve area was higher but the difference did not appear to be statistically significant. In the classification of lesions according to the BI-RADS system digital mammography yielded similar or better results.

Alonso et al. [10] presented the results of a comparison between full-field digital mammography and conventional mammography: in 40 patients with breast microcalcifications the authors evaluated overall quality of the mammogram, the accessibility of microcalcifications and the artifacts.

The conventional system and the digital system scored 1.9 and 1.1, respectively, for quality, 1.95 and 1.25 for artifacts and 1.9 and 1.25 for microcalcifications, leading the authors to conclude that the performance of digital mammography was superior.

Other comparisons of digital and screen-film mammography have been reported in the recent literature. Fischer et al. [11] compared the performance of the two systems on clusters of microcalcifications in 57 patients, by evaluating image quality, number and characterisation of calcifications. Digital mammography (GE system) produced better quality images in 50% of cases, detected a greater number of microcalcifications in 41% and showed higher sensitivity and reliability for characterisation.

Di Nubila et al [12] compared digital (GE) and conventional (GE) mammography in a sample of 52 surgical samples of non-palpable breast lesions with microcalcifications.

The Kappa test was 0.546 for the comparison between standard analogic and standard digital, 0.582 for magnified analogic vs magnified digital, 0.828 for standard vs magnified analogic and 0.492 for standard vs magnified digital.

In the comparison between standard digital and standard analogic, the former detected more calcifications in 17.8% of cases.

Another interesting aspect of digital mammography research is the comparison between laser-film and soft-copy reading.

In general, high technology monitors have a limited matrix relative to film: their spatial resolution is about one quarter that of film [13]. On the other hand, monitors offer the advantage of enabling both better contrast resolution and image processing.

This topic was addressed by two presentations at the recent RSNA meeting. Roelofs et al. [14] in a study of 150 cases (120 normal and 30 with cancer: 17 masses, 9 microcalcifications and 4 with both) compared hard-copy and soft-copy readings of mammograms obtained with the GE system. There was no difference between the two readings as regards the AZ value ($p=0.47$). A subanalysis, however, demonstrated that soft-copy reading performed slightly, but not significantly, worse with regard to microcalcifications; reading time was significantly shorter with soft copy.

Important results have been reported by a Japanese group [15] that compared the performance of an ultra high-resolution liquid-crystal-display monitor (SL-IC 300G: Fuji Photo Film) and conventional film (DI-AL: Fuji Photo Film) in 75 cases. They found a similar sensitivity (79.1% vs 79.4%), specificity (86.7% vs 88.7%) and PPV (84.3% vs 85.6%),

evidenziando eguali sensibilità (79,1% vs 79,4%), specificità (86,7% vs 88,7%) e VPP (84,3% vs 85,6%) per cui concludono per la validità della lettura a monitor. Questa ovviamente ha anche un minor costo e consente l'archiviazione elettronica.

Un terzo aspetto dei progressi in mammografia digitale riguarda la performance dei sistemi di lettura automatica dei mammogrammi digitali (CAD).

In uno studio di un radiologo inglese, Paul Godard, è emerso che nella refertazione quotidiana l'entità degli errori di diagnosi varia a seconda della procedura diagnostica dal 2% al 30% a seconda della procedura usata.

Questi errori sono legati a inesperienza, ignoranza e pure a fatica che il lungo tempo al negatoscopio procura.

Tali errori sono più frequenti negli esami di massa ovvero di screening dove la lettura è intensiva e non supportata dal quadro clinico che tanta parte ha nelle conclusioni diagnostiche del radiologo. Tipico è l'esempio appunto della lettura di mammogrammi in un'attività di screening. Già di per sé il mammogramma si presta a errori di riconoscimento. Alcuni Autori [16-18] hanno dimostrato che dal 10 al 30% di cancro mammari visibili retrospettivamente non erano stati riconosciuti nella lettura iniziale.

Si giustifica pertanto l'impiego che oggi si fa del computer per il riconoscimento automatico di lesioni, il CAD (Computer Assisted Detection). La lettura automatica oggi è sempre più impiegata dopo almeno due decenni di ricerche sul riconoscimento automatico di immagini.

Al momento negli Stati Uniti la FDA ha approvato 3 sistemi di lettura automatica [19] ma il numero è in aumento con l'introduzione della mammografia digitale perché ogni Ditta mette a punto il proprio software.

Ma cosa dice la letteratura a riguardo?

In uno studio retrospettivo su 427 mammografie di screening con cancro un panel di radiologi ad una revisione hanno avuto il 21% di falsi negativi per mancato riconoscimento: il 77% di questi casi è stato riconosciuto con il CAD [20].

In un successivo studio [21] su 12860 pazienti l'impiego del CAD ha comportato un aumento del 19,5% dei cancro riconosciuti con un tasso di richiamo che si è alzato di poco, dal 6,5% al 7,7%.

Di recente Autori italiani [22] hanno riportato la valutazione della lettura assistita dal CAD su 140 mammografie di screening con 32 casi di cancro confrontata con una lettura convenzionale da parte di sei radiologi.

La lettura assistita da CAD ha migliorato la sensibilità del 5,2% ed ha comportato un aumento del 7,9% del tasso di richiami.

In un'altra ricerca retrospettiva [23] malgrado l'elevata sensibilità del CAD, il sistema non ha modificato la performance del radiologo (sensibilità e specificità).

Va comunque tenuto presente che i risultati sono influenzati dalla performance del software del CAD che deve associare ad un'alta sensibilità un basso numero di falsi positivi.

Quindi è indispensabile valutare la riproducibilità del sistema. Interessante l'indagine di alcuni Autori [24] che hanno valutato un nuovo software rispetto al precedente dimostrando che la sensibilità nel riconoscimento di massa era aumentata con il nuovo algoritmo dal 74,7% all'85% mentre il riconoscimento di microcalcificazioni era risultato immutato attorno al 98%.

which supports the value of soft copy reading. Soft-copy reading is also less expensive and allows for electronic storage.

A third aspect of the progress of digital mammography concerns the performance of automated reading systems (CAD) for digital mammograms

A study by a British radiologist, Paul Godard, showed that in day-to-day reporting the percentage of diagnostic errors ranges from 2% to 30%, depending on the diagnostic procedure used.

These errors are related to lack of experience and ignorance as well as to the fatigue resulting from long hours at the light box. The errors are more frequent in mass screening examinations where reading is intensive and unsupported by clinical data, which play a major part in the radiologist's diagnostic conclusions.

Reading screening mammograms is a typical example. A mammogram itself lends itself to detection errors. Some authors [16-18] have demonstrated that 10% to 30% of breast cancers visible on review had been missed at the first reading.

This justifies the current use of computers for the automated detection of lesions, or CAD (Computer Assisted Detection). Automated reading is becoming increasingly popular after at least two decades of research on the automatic detection of images.

So far the American Food and Drug Administration has approved three CAD systems [19]. However, the number is growing as a result of the introduction of digital mammography since each manufacturer is developing its own proprietary software.

But what does the literature say on this subject?

In a retrospective review of 427 screening mammograms with cancer a panel of radiologists had 21% false negatives due to failed detection: 77% of these cases were detected by CAD [20].

In a later study [21] on 12860 patients the use of CAD increased the number of cancers detected by 19.5%, with a small impact on the recall rate, from 6.5% to 7.7%.

A recent paper by an Italian group [22] compared CAD reading of 140 screening mammograms, with 32 cases of cancer, with conventional reading by six radiologists.

CAD reading improved sensitivity by 5.2% and led to a 7.9% increase in recall rates.

According to another retrospective study [23], despite its high sensitivity, CAD showed no impact on the radiologist's performance (sensitivity and specificity).

It should, however, be borne in mind that the results are affected by the performance of the CAD software, which must combine high levels of sensitivity with a small number of false positives.

It follows that it is mandatory to assess reproducibility of the system. One interesting investigation in this respect [24] evaluated a new software programme against the previous one demonstrating that the sensitivity for masses had increased del 74.7% [del o dal? Se "del" by 74.7%; se "dal" from] to 85% with the new algorithm, whereas rate of detection of microcalcifications had remained unchanged at about 98%.

Evolution of the detection algorithm has recently been shown to improve reproducibility [25].

The authors evaluated the reproducibility of a commercial

Il miglioramento della riproducibilità con l'evoluzione dell'algoritmo di riconoscimento è stata recentemente dimostrata [25].

Gli Autori hanno valutato la riproducibilità di un sistema commerciale con 10 letture di 50 casi di cancro mammario, 25 con massa e 25 con microcalcificazioni.

Il sistema è risultato egualmente sensibile e riproducibile nell'82,4±1,8% dei casi. È stato peraltro notata una variabilità maggiore nei falsi positivi verso i veri positivi.

Attestata la validità del CAD qual è il suo ruolo?

Oggetto di alcune comunicazioni al recente RSNA è stato il quesito se la lettura con il CAD può sostituire la lettura di un secondo radiologo negli esami screening.

Un gruppo di Israele [26] ha valutato la performance del CAD nel classificare la malignità e la benignità del quadro mammografico mettendo a confronto la lettura di due radiologi versus un radiologo assistito dal CAD: la performance in questo secondo approccio è stata significativamente migliore.

Un gruppo nordamericano [27] ha riferito sulla percentuale di richiami nell'attività di screening di 2 radiologi versus il radiologo assistito dal CAD: il tasso è passato dal 20% al 22% però alla valutazione retrospettiva i cancri di intervallo sarebbero passati dall'8% al 17% con la lettura assistita dal CAD.

Il sistema di lettura automatica quindi trova una sua logica non nel sostituire il radiologo, ma affiancandolo per migliorare la sua performance pur tenendo presente che questo binomio comporta un modesto aumento del tasso di richiami.

In conclusione, sulla base dei parametri fisici che evidenziano per la mammografia digitale valori di qualità e di dose competitivi con quelli della mammografia analogica e sulla base dei dati clinici che evidenziano ottimi valori in tema di riconoscimento di lesione (qualità dell'immagine e cospicuità) e sua caratterizzazione e infine sulla base degli ottimi risultati che oggi si ottengono con il sistema di riconoscimento automatico diagnostico (CAD) non c'è dubbio che la mammografia digitale si avvia a sostituire quella analogica anche tenuto conto di altri vantaggi quali la teletrasmissione e l'archiviazione elettronica (PACS) e il teleconsulto, quest'ultimo destinato sempre più a collegare le strutture periferiche con quelle centrali facilitando così i programmi di screening di massa.

system with ten readings of 50 cases of breast cancer, 25 with a mass and 25 with microcalcifications.

The system was equally sensitive and reproducible in 82.4±1.8% of cases. The authors also noted greater variation in false positives as compared to true positives.

Having ascertained the value of CAD, what is its role?

A number of communications at the recent RSNA meeting addressed the issue of whether CAD reading can replace reading by a second radiologist in screening examinations.

A group from Israel [26] assessed the performance of CAD in classifying malignancy and benignity of the mammographic findings by comparing reading by two radiologists with second reading by CAD: the second approach performed significantly better.

A North American group [27] compared the recall rates of two radiologists in a screening programme with those of one radiologist assisted by CAD: the rate went from 20% to 22%, but on review the interval cancers would seem to have risen from 8% to 17% with CAD.

Thus the rationale for automated reading systems is not to replace radiologists but to support their work and enhance their performance, bearing in mind that this combination involves a modest increase in recall rates.

In conclusion, on the basis of the physical parameters which show that digital mammography has quality and dose values that are competitive with those of analogic mammography and given the clinical data that indicate excellent performance in lesion detection (image quality and conspicuity) and characterisation and, finally, in view of the excellent results obtained with computer-aided detection (CAD), there is no doubt that digital mammography will replace analogic mammography; this, also on account of the other advantages of digital mammography, such as electronic transmission and archiving (PACS) and teleconsultations, which are increasingly destined to connect peripheral and central institutions thereby facilitating mass screening programmes.

Bibliografia/References

- 1) Di Maggio C, Gambaccini M, Gennaro G *et al*: Mammografia digitale: controllo di qualità. Report n.1 del Gruppo di Lavoro AIFM sulla mammografia digitale. Radiol Med 107: 2004.
- 2) Gambaccini M, Baldelli P: Mammografia digitale. Principi fisici e sviluppi futuri. Radiol Med 106: 454-466, 2003.
- 3) Gennaro G, Baldelli P, Taibi A *et al*: Patient dose in full-field digital mammography: an Italian survey. Eur Radiol 12 August on line, 2003.
- 4) Hendrick RE, Pisano ED, Yaffe MJ *et al*: Technical performance in digital and screen-film mammography: results from 31 ACRIN DMIST sites (abstr). In: Radiological Society of North America scientific assembly and annual meeting program. Oak Brook, Ill: Radiological Society of North America, 2003: 435.
- 5) Herma KP, Obenauer S, Marten K *et al*: Average glandular dose with amorphous silicon full-field digital mammography: clinical results. Rofo 174: 696-699, 2002.
- 6) Quam JP, Ackerman SJ, Bassett LW: Conspicuity and characterization of findings on computed radiography in mammography vs screen-film mammography: results from a prospective clinical trial (abstr). In: Radiological Society of North America scientific assembly and annual meeting program. Oak Brook, Ill: Radiological Society of North America, 2003: 436.
- 7) Matzek WK, Pfarf G, Riedl CC *et al*: Comparison of direct full-field digital mammography and digital storage phosphor mammography for detection of breast cancer (abstr). In: Radiological Society of North America scientific assembly and annual meeting program. Oak Brook, Ill: Radiological Society of North America, 2003: 436.
- 8) Skaane P, Sager EM, Skjennald A *et al*: Comparison of screen-film mammography in the Oslo I screening project: follow-up and final results (abstr). In: Radiological Society of North America scientific assembly and annual meeting program. Oak Brook, Ill: Radiological Society of North America, 2003: 435.
- 9) Skaane P, Balleyguier C, Diekmann F *et al*: Comparison of screen-film mammography (SFM) and full-field digital mammography (FFDM) in breast lesion detections and classification: an observer performance study (abstr). In: Radiological Society of North America scientific assembly and annual meeting program. Oak Brook, Ill: Radiological Society of North America, 2003: 435.
- 10) Alonso J, Salvador RT, Gispert S *et al*: Full-field digital mammography: comparative study with conventional mammography. Overall quality and evaluation of microcalcifications and artifacts (abstr). In: Radiological Society of North America scientific assembly and annual meeting program. Oak Brook, Ill: Radiological Society of North America, 2003: 436.
- 11) Fischer U, Baum F, Obenauer S *et al*: Comparative study in patients with microcalcifications: full-field digital mammography vs screen-film mammography. Eur Radiol 12: 2679-2683, 2002.
- 12) Di Nubila B, Cassano E, Origgi D *et al*: Mammografia analogica versus mammografia digitale. Studio radiologico delle microcalcificazioni mammarie su 52 pezzi operatori. Radiol Med 106: 297-304, 2003.
- 13) Pisano ED, Kuzniak CH, Kooen M: Perspective on digital mammography. Sem Roentgen 36: 195-200, 2001.
- 14) Roelofs T, van Woudenberg S, Beck C *et al*: Comparison between hard copy and soft copy reading of full-field digital mammograms. In: Radiological Society of North America scientific assembly and annual meeting program (abstr). Oak Brook, Ill: Radiological Society of North America, 2003: 436.
- 15) Uchiyama N, Nawano S, Kuroki Y *et al*: Evaluation of computed radiography for the diagnosis of breast cancers during mammography: comparison of ultra high-resolution liquid-crystal-display monitor images and convention hard copy images (abstr). In: Radiological Society of North America scientific assembly and

- annual meeting program. Oak Brook, Ill: Radiological Society of North America, 2003: 211.
- 16) Burrell HC, Sibbering DM, Wilson AR *et al*: Screening interval breast cancers: mammographic features and prognostic factors. *Radiology* 199: 811-817, 1996.
- 17) Hollingsworth AB, Taylor LD, Rhodes DC: Establishing a histologic basis for false-negative mammograms. *Am J Surg* 166: 643-647, 1993.
- 18) Burrell HC, Pinder SE, Wilson AR *et al*: The positive predictive value of mammographic signs: a review of 425 nonpalpable breast lesions. *Clin Radiol* 51: 277-281, 1995.
- 19) Zheng B, Hardesty LA, Poller WR *et al*: Mammography with computer-aided detection: reproducibility assessment. Initial experience. *Radiology* 228: 58-62, 2003.
- 20) Warren Burhenne LJ, Wood SA, Dorsi CJ *et al*: Potential contribution of computer-aided detection to the sensitivity of screening mammography. *Radiology* 215: 554-562, 2000.
- 21) Freer TW, Ulissey MJ: Screening mammography with computer-aided detection: prospective study of 12860 patients in a community breast center. *Radiology* 220: 781-786, 2001.
- 22) Ciatto S, Brancato B, Rosselli Del Turco M: Confronto tra lettura convenzionale e lettura aiutata dall'analisi computerizzata (CAD) in un test di mammografia di screening. *Radiol Med* 106: 59-65, 2003.
- 23) Moberg K, Bjurstan N, Wilczek B *et al*: Computer-assisted detection of interval breast cancers. *Eur Radiol* 39: 104-110, 2001.
- 24) Castellino RA, Roehrig R, Zhang W: Improved computer-aided detection (CAD) algorithms for screening mammography. *Radiology* 217 (P): 400, 2000.
- 25) Baker JA, Floyd CE: Reproducibility of computer-aided detection in screening mammography (abstr). In: Radiological Society of North America scientific assembly and annual meeting program. Oak Brook, Ill: Radiological Society of North America, 2003: 691.
- 26) Lederman R, Leichter IS, Buchbinder SS *et al*: Can a CAC (Computer-Aided Classification) system serve as a second reader for mammography? (abstr) In: Radiological Society of North America scientific assembly and annual meeting program. Oak Brook, Ill: Radiological Society of North America, 2003: 689.
- 27) Logan-Young WW, Destounis SV, Bonaccio E *et al*: Computer-aided detection in screening mammography: can it replace the second reader in an independent double read? Follow-up results of a prospective double blinded study (abstr). In: Radiological Society of North America scientific assembly and annual meeting program. Oak Brook, Ill: Radiological Society of North America, 2003: 387.
- 31) Levin JM, Hendrick RE, Dorsi CJ *et al*: Comparison of full-field digital mammography with screen-film mammography for cancer detection: results of 4945 paired examinations. *Radiology* 218: 873-880, 2001.
- 32) Kuzmiak CM, Millnamov GA, Qaqish B *et al*: Comparison of full-field mammography to screen-film mammography with respect to diagnostic accuracy of lesion characterization in breast tissue biopsy specimens. *Academ Radiol* 9: 1378-1382, 2002.
- 33) Bird RE, Wallace TW, Yankaskas BC: Analysis of cancers missed at screening mammography. *Radiology* 184: 613-617, 1992.
- 34) Harvey JA, Fajardo LL, Innis CA: Previous mammograms in patients with impalpable breast carcinomas: retrospective vs blinded interpretation. *AJR* 161: 1167-1172, 1993.
- 35) Goergen SK, Evans J, Cohen GP *et al*: Characteristics of breast carcinomas missed by screening radiologists. *Radiology* 204: 131-135, 1997.