

## Tomorrow's radiologist: what future?

### *Il radiologo di domani: quale futuro*

L. Dalla Palma

U.C.O. di Radiologia, Università degli Studi, Ospedale di Cattinara, Strada di Fiume 447, I-34149 Trieste, Italy,  
Tel.: +39-040-910947, Fax: +39-040-910921, e-mail: dallap@units.it

Received: 12 March 2006 / Accepted: 25 March 2006 / Published online: 29 June 2006

#### Abstract

Today's radiology is experiencing two major trends, one negative and one positive. The first is the so-called turf war, in other words, the progressive invasion of the imaging domain by other specialists such as cardiologists, urologists, gastroenterologists, gynaecologists etc. who are taking over various techniques from ultrasonography (US) to computed tomography (CT) to magnetic resonance imaging (MRI). In this process, they are aided by new technologies such as picture archiving and communication systems (PACS) and computed-aided diagnosis CAD and by radiology technologists who collaborate with them, replacing radiologists. The positive aspect is the outstanding technological evolution: the advent of molecular imaging, optical imaging, nanotechnologies, teleradiology and percutaneous gene therapy. While dramatically expanding the diagnostic possibilities down to the subcellular level, these techniques demand new forms of training in radiology and interdisciplinary cooperation. Tomorrow's radiologist will need to acquire appropriate clinical knowledge, restore contact with the patient to take on a prominent role in the diagnostic process, learn the basic sciences, foster a multidisciplinary approach and finally be able to use the Internet for learning and continuing education. Tomorrow's radiologists will survive if they learn to reinvent themselves.

**Key words** Future radiology • Turf war • Imaging new technologies • Continuing education

#### Riassunto

*La radiologia oggi vive due momenti particolari, uno negativo e l'altro positivo. Il primo è rappresentato dalla cosiddetta guerra di campo o turf war ovvero dalla progressiva invasione del campo dell'imaging da parte di altri specialisti quali il cardiologo, l'urologo, il gastroenterologo, il ginecologo etc., che si vanno impossessando di varie tecniche, in primis l'ecografia e via via della TAC e della RM. In questo sono favoriti dalle nuove tecnologie quali il PACS e le CAD e dalla collaborazione con tecnici di radiologia che si sostituiscono, loro fianco, ai radiologi. L'aspetto positivo è rappresentato dalla strepitosa evoluzione tecnologica: l'avvento dell'imaging molecolare, dell'imaging a luce ottica, delle nanotecnologie, della teleradiologia, della terapia genica percutanea le quali se allargano enormemente le possibilità diagnostiche sino a livello subcellulare richiedono peraltro al futuro radiologo una nuova formazione e una collaborazione interdisciplinare. Egli dovrà acquisire una appropriata cultura clinica, ritrovare il contatto con il paziente per acquisire un ruolo preminente nell'iter diagnostico, apprendere le scienze di base, favorire l'approccio operativo multidisciplinare e infine saper navigare in internet per favorire l'apprendimento e l'aggiornamento. Il radiologo del futuro sopravvivrà se saprà reinventarsi.*

**Parole chiave** Radiologia, futuro • Guerra di campo • Nuove tecnologie d'immagini • Educazione continua

#### Introduction

Before considering possible future scenarios for radiologists in the new century, I find it useful to describe the current situation, outline recent developments in radiology and predict future developments: with radiology constantly evolving, how will radiologists survive? My presentation therefore deals with:

- Radiologists today: turf wars
- The radiology revolution
- Radiologists tomorrow: what future?

#### Introduzione

*Trattare il tema di quale potrà essere il futuro del radiologo in questo nuovo secolo implica iniziare con la fotografia della situazione attuale dei radiologi, delineare i recenti sviluppi della radiologia e prevedere i successivi per poi entrare nei vivo del tema: in una radiologia in continua evoluzione come sopravvivrà il radiologo? Tratterò quindi in successione:*

- *Il radiologo oggi: la guerra di campo*
- *La rivoluzione della radiologia*
- *Il radiologo domani: quale futuro?*

## Radiologists today: turf wars

In a recent article, Levin and Rao [1] wrote: “*We in radiology generally believe that for a number of reasons, we are the ones who should perform imaging on patients. We are the only physicians who devote entire training periods of 4 to 6 years to learning imaging and image-guided interventions. . . . We are familiar with all imaging modalities and are thus able to consult with ordering physicians and steer their patients to other studies that may be more appropriate for the clinical questions at hand.... And last but not least, we are trained in radiation and magnetic resonance imaging safety. Despite the inherent truth and logic of this argument, many of our physician colleagues in other specialties do not agree with it. One need not look very hard to find abundant evidence of interest among other medical specialists in encroaching on the practice of radiology*”. And this interest lies at the heart of the so-called turf battles or wars.

The most blatant example is that of cardiologists, who have virtually taken over both coronary angiography and percutaneous coronary interventions (angioplasty and stenting). What are the reasons for this defeat of radiologists [2]?

1. Cardiologists control patients. Axelrod et al. [3] reported that in areas of the United States where cardiologists perform more than half of percutaneous transluminal angiography (PTAs), the number of procedures is around double that done where cardiologists are not involved.
2. Most radiologists lack clinical experience or knowledge of electrocardiography, cardiac haemodynamics or cardiac drug therapy.
3. Cardiology residency programmes require a training period in the catheterisation laboratory whereas radiology programmes do not.
4. Research on coronary disease is carried out by cardiologists, not radiologists.
5. Radiologists have progressively abandoned cardioradiology.

Less striking but equally pressing is the turf war concerning percutaneous angioplasty and peripheral artery stenting. Interesting data in this respect have been reported by Levin et al. [4]. The authors evaluated the number of procedures carried out from 1997 to 2002 subdivided by specialists performing them. While interventional vascular procedures done by radiologists increased by 29%, those done by cardiologists increased by 181%, those done by vascular surgeons by 398% and those done by other specialists by 195%. Assessing the overall number of procedures by speciality for the 2 years of observation, the authors noted that the number of procedures performed by radiologists decreased from 63.3% to 49% and those done by cardiologists rose from 25.2% to 36.3% with similar increases for other specialists.

This encroachment in the cardiovascular field is beginning to raise concern regards noninvasive techniques such as computed tomography (CT) and magnetic resonance imaging (MRI). A clear sign of this is the recent creation of the

## Il radiologo oggi: guerra di campo

*In un loro recente articolo Levin e Rao [1] scrivono: “Noi in radiologia generalmente crediamo per un insieme di ragioni di essere quelli che dovrebbero acquisire le immagini dei pazienti. Noi siamo i soli medici che dedicano l'intero periodo di formazione da 4 a 6 anni per imparare l'imaging e gli interventi guidati dall'imaging [...]. Noi abbiamo familiarità con tutte le tecniche di imaging e siamo quindi nelle condizioni di consultare il medico richiedente e dirottare i loro pazienti ad altri tipi di indagini più adatte a risolvere i quesiti clinici. Infine, e non ultimo, conosciamo le misure di sicurezza sia in tema di radiazioni ionizzanti sia in quello della risonanza magnetica. Malgrado verità e logica di queste argomentazioni molti dei nostri colleghi medici operanti in altra specialità non sono d'accordo. Non è necessario guardare molto a fondo per trovare una ricca evidenza dell'interesse tra gli altri specialisti di usurpare il campo della radiologia”. Nasce da questo interesse quella che in inglese viene definita “turf battle or war” ovvero sia “battaglia o guerra di campo”.*

*L'esempio più clamoroso lo abbiamo con i cardiologi che di fatto si sono impossessati pressoché totalmente sia della coronarografia che degli interventi percutanei coronarici (angioplastica e stent). Quali sono i fattori che spiegano questa ritirata dei radiologi [2]?*

1. Anzitutto i cardiologi controllano i pazienti. È interessante il dato riportato da Axelrod et al. [3], i quali hanno riscontrato che nelle regioni degli Stati Uniti dove i cardiologi eseguono più della metà di PTA, il numero di queste procedure è circa il doppio di quelle eseguite nelle regioni dove i cardiologi non sono coinvolti.
2. La maggior parte dei radiologi non hanno esperienza clinica né conoscenze di elettrocardiografia, di emodinamica e di terapia cardiologica.
3. Mentre la specialità in cardiologia prevede il training nel laboratorio cateteri quella in radiologia non lo prevede.
4. La ricerca in campo coronarico è portata avanti dai cardiologi e non dai radiologi.
5. Vi è stato un progressivo allontanamento dei radiologi dalla cardioradiologia.

*Meno importante, però incalzante, è l'occupazione di campo per quanto riguarda l'angioplastica percutanea e la collocazione di stents nelle arterie periferiche. È interessante quanto segnalato da Levin et al. [4]. Gli autori hanno valutato il numero di procedure eseguite negli anni 1997 e 2002 suddivise in rapporto al medico specialista che le ha eseguite. Mentre il numero di procedure interventive vascolari dei radiologi è aumentato del 29%, quello dei cardiologi del 181%, dei chirurghi vascolari del 398% e di altri specialisti del 195%. Valutando il numero complessivo per specialità nei due anni di osservazione si nota come il numero di procedure eseguite da radiologi si sia abbassato dal 63,3% al 49%, quelle dei cardiologi si è alzato dal 25,2% al 36,3% e di pari passo per gli altri specialisti.*

*L'avanzamento nel campo cardiovascolare sta profilandosi preoccupante per le tecniche non invasive quali la TC e la RM. Ne è un forte segnale la recente costituzione della Society of Cardiovascular Computed Tomography (SCCT) for-*

Society of Cardiovascular Computed Tomography (SCCT), composed of cardiologists, radiologists and vascular surgeons but with a predominance of cardiologist. The same is happening in MRI with the creation of the Society for Cardiovascular Magnetic Resonance whose 2005 Congress saw an increase in both scientific communications and posters compared with the previous 2 years. In the United States, the North American Society of Cardiac Imaging (NASCI) has existed for over 20 years. A similar situation is starting to arise in urology. In Europe, the European Society of Urologic Imaging has been set up, with the more-or-less unwitting connivance of some radiologists; society members so far include experts in ultrasonography (US), CT and MRI.

A very lively battle is being fought over US, above all in certain fields; the battle over cardiology has been lost whereas the situation is compromised in other fields such as obstetrics. The battle is bitter with urologists but less so with gastroenterologists. European radiologists have controlled general US (abdomen, pelvis, soft tissue, breast, etc.) since the mid-1970s, but the invasion by nonradiologists is becoming more aggressive on the grounds that sonography refines the clinical assessment. And on these grounds, specialists self-refer and carry out sonographic examinations: particularly aggressive in this respect are emergency department physicians and gastroenterologists. Cardiologists and obstetricians, as noted above, have completely, or almost completely, taken over. An interesting survey was carried out by Schnyder et al. [5] on 17 university hospitals in Europe. The authors assessed the number of examinations done by radiologists and nonradiologists and the number of sonography machines used by each. On the basis of the data collected, they divided the hospitals into four categories: In group 1, radiologists performed 96%–100% of examinations with an average of 2,800 exams per machine/year. In group 2, radiologists performed 60%–95% of exams with an average of 2,000–3,000 exams per machine/year; nonradiologists performed 300–400 exams per machine/year. In group 3, radiologists controlled 20%–50% of the work with 2,500–3,200 exams per machine/year; nonradiologists performed an average of 300–600 exams per machine/year. In group 4, the authors list the hospitals where the situation is hopeless: at the University Hospital of Frankfurt, radiologists performed 1,500 exams per year on five sonography machines whereas it was assumed that nonradiologists, with 38 sonography machines, performed 35,000–40,000 exams/year. According to the authors, this example is not the only one in Germany and reflects the tendency to lose control over US, as is also happening in Switzerland and Austria.

Data gathered for the USA are also interesting. Levin et al. [6] used the Medicare database to collect data on the number of US examinations done by radiologists, cardiologists and other physicians from 1993 to 2001 per 1,000 Medicare beneficiaries. Radiologists went from 132.9 to 166.3 per thousand, a 25% increase; cardiologists from 190.3 to 356.1,

*mata da cardiologi, radiologi e chirurghi vascolari ma dove predominanti sono i cardiologi. Analogo orientamento è già in atto per la RM con la costituzione della Society for Cardiovascular Magnetic Resonance che nel suo Congresso del 2005 ha visto un aumento rispetto ai due anni precedenti sia delle comunicazioni scientifiche che dei posters. Negli Stati Uniti da tempo è pure attiva la North American Society of Cardiac Imaging (NASCI).*

*Lo stesso fenomeno sta profilandosi in campo urologico. A livello europeo si è infatti costituita, con la connivenza più o meno ingenua di alcuni colleghi radiologi, la European Society of Urologic Imaging che per ora si limita ad annoverare esperti di ecografia e cultori di TC ed RM.*

*Molto vivace è invece lo scontro per l'ecografia soprattutto in alcuni campi; mentre in cardiologia la battaglia è perduta, in altri ancora, quali l'ostetricia, è compromessa. Con gli urologi la battaglia è molto accesa mentre è meno accesa con i gastroenterologi.*

*I radiologi in Europa hanno preso posizione nell'ecografia generale (addome, pelvi, parti molli, mammella etc.) sin dalla metà degli anni '70 ma attualmente nel mondo non radiologico l'occupazione di campo sta avanzando alla luce del concetto che la sonda ecografica consente di perfezionare l'esame semeiologico clinico. Su questa base, sulla miglior conoscenza del quadro clinico i medici specialisti autoprescrivono e conducono l'esame ecografico: particolarmente aggressivi sono i medici del dipartimento di emergenza ed i gastroenterologi. Cardiologi e ostetrici, come ho detto, hanno occupato il territorio totalmente o quasi.*

*È interessante l'inchiesta fatta da Schnyder et al. [5] su 17 ospedali universitari in Europa. Gli autori hanno evidenziato il numero di esami eseguiti da radiologi e non radiologi e il rispettivo numero di ecografi utilizzati. In base ai dati raccolti gli autori hanno diviso gli ospedali in 4 categorie. Nella categoria 1 i radiologi eseguono il 96%–100% degli esami con una media di 2800 esami per apparecchio/anno. Nella categoria 2 i radiologi eseguono il 60%–95% degli esami con una media di 2000–3000 esami per apparecchio/anno. I non radiologi invece eseguono 300–400 esami apparecchio/anno. Nella categoria 3 i radiologi controllano il 20%–50% dell'attività con un numero di esami per apparecchio/anno di 2500–3200; i non radiologi eseguono mediamente tra i 300–600 esami apparecchio/anno. Nella categoria 4 gli autori annoverano gli ospedali dove la situazione è senza speranza: nell'Ospedale Universitario di Francoforte i radiologi eseguono con 5 ecografi 1500 esami/anno mentre i non radiologi con 38 ecografi si presume che eseguano 35.000–40.000 esami/anno. Questo esempio secondo gli autori non è l'unico in Germania e riflette la tendenza di perdere il controllo dell'ecografia fenomeno presente anche in Svizzera ed Austria.*

*Interessanti i dati riguardanti gli Stati Uniti. Levin et al. [6] hanno raccolto il numero di esami ecografici eseguiti da radiologi, cardiologi e altri medici negli anni 1993 e 2001 attraverso il servizio Medicare calcolando il numero su 1000 utilizzatori del servizio. I radiologi sono passati da 132,9 a 166,3 per mille con un aumento del 25%; i cardiologi da 190,3 e 356,1 con un aumento dell'85% (nella grandissima maggioranza si trattava di ecocardiografie); altri medici sono passati da 116,9 a 167 con un aumento del 43%. In altre parole il nu-*

an 85% increase (the vast majority were echocardiograms); other physicians increased from 116.9 to 167, a 43% increase. In other words, the number of examinations for non-radiologists (excluding cardiologists) grew twice as rapidly as it did for radiologists, a phenomenon driven by self-referrals, which lead to overutilisation and higher costs. The situation in Italy is even bleaker given that the SIUMB (Italian Society for Ultrasonography in Medicine and Biology) has also involved general practitioners, and it was facilitated in this by industry, which introduced portable US machines.

A turf battle may also be looming for CT and MRI at the level of both large hospitals and private practices. One example of a possible turf battle over CT can be seen in neurology departments and, especially in the United States, in some cardiology departments. The cause lies in the outstanding images, both anatomical and pathological, that can be obtained with these techniques and that foster encroachment by the clinician. Another type of turf battle is the one that creates conflict among radiologists within the radiological community. A typical example is that of the financial entrepreneur who sets up technologically advanced facilities run by radiologists who are not up to the task. These facilities come into competition with public facilities, which may be highly qualified but not always able to deliver a timely service to outpatients. Another example is mobile outsourcing where MRI and CT machines are installed on vehicles that travel from hospital to hospital to make up for staff and/or technology shortages. The creation of radiologist-run teleradiology reporting centres is another form of outsourcing, one in which radiologists are sent digital images acquired by nonradiology specialists. This is a way of bypassing centralised radiological facilities. Here, the competition is not based on examination quality or staff professionalism, both of which have to be above standard in public facilities: the superspecialisation seen in public facilities surely fosters a better clinical-radiological interpretation. A typical example of teleradiology reporting centres can be seen in Bangalore, India, which does plenty of work for the United States.

Let us now consider the situation in nonvascular interventional radiology, a domain that has been thoroughly investigated by Schnyder et al. [5]. Interventional radiology exploded around the 1980s with the introduction of percutaneous aspiration of abdominal organs, masses and collections for cytological and bacteriological examination. It was subsequently extended to the chest and grew with larger-core needle biopsies for histology, procedures aided by sonographic and CT guidance. Promoted by the use of ultrasound, wars broke out a few years later with gastroenterologists over hepatic and biliary procedures and urologists over nephrostomies and percutaneous lithotripsy. These specialists are gradually gaining ground.

In the meantime, radiologists devised new percutaneous drainage techniques, stenting procedures (mostly biliary) and balloon dilatation procedures and subsequently new abdom-

*mero di esami tra i non radiologi (esclusi i cardiologi) è cresciuto due volte rispetto a quello dei radiologi, fenomeno sul quale incide l'autoprescrizione che porta ad una superutilizzazione e a maggiori costi. In Italia il fenomeno è ancora più grave dal momento che la SIUMB ha coinvolto come operatori i medici di medicina generale e l'industria li ha facilitati con la produzione di apparecchi portatili.*

*La battaglia di campo può profilarsi anche per la TC e RM sia a livello di grandi ospedali sia nell'attività privata. Un esempio della prima eventualità lo troviamo nelle strutture neurologiche e in qualche struttura cardiologica, quest'ultimo soprattutto negli Stati Uniti. Il fenomeno si spiega con le meravigliose immagini, vuoi anatomiche che patologiche, che si ottengono con queste tecniche e che favoriscono l'invasione del clinico.*

*Esiste poi una battaglia di campo interna all'ambiente radiologico che crea conflitto tra radiologi. Tipico è l'esempio dell'imprenditore finanziario che attiva strutture tecnologicamente dotate e gestite da radiologi non sempre all'altezza; tali strutture si mettono in concorrenza con la struttura pubblica, magari molto qualificata ma non sempre in grado di soddisfare tempestivamente il paziente esterno. Caratteristico è l'esempio dell'"outsourcing" mobile basato sull'installazione di macchine RM e TC che si spostano di ospedale in ospedale per sopperire carenze di organico e/o di struttura. Un'altra forma di "outsourcing" è rappresentata dalla possibile creazione di centri di refertazione teleradiologici gestiti da radiologi cui far afferire immagini radiologiche digitali acquisite da colleghi di altre discipline. È questo un modo di bypassare la struttura radiologica centralizzata. In questo caso la competizione non può che basarsi sulla qualità dell'esame e sulla professionalità dello staff che nella struttura pubblica devono essere di livello superiori: la superspecialità presente in questa struttura favorisce certamente una migliore interpretazione clinico-radiologica. Un tipico esempio di tali Centri lo riscontriamo in India-Bangalore che ha un'intensa attività con gli Stati Uniti.*

*Passo ora a descrivere la situazione nel campo della radiologia interventistica non vascolare, aspetto ben analizzato da Schnyder et al. cui mi riferisco [5]. La radiologia interventistica è esplosa attorno agli anni '80 quando venne introdotta l'aspirazione percutanea di alcuni visceri addominali, di masse e raccolte per esami citologici e batteriologici e successivamente estesa al torace e incrementata con le biopsie con aghi di maggior calibro per esami istologici, attività facilitate dalla guida con gli US e con la TC. Pochi anni dopo iniziò la battaglia, favorita appunto dall'impiego dell'ecografia, con i gastroenterologi per le procedure epatiche e biliari, con gli urologi per le nefrostomie e le litotripsie percutanee: questi specialisti stanno progressivamente avanzando. Nel frattempo i radiologi mettevano a punto nuove tecniche di drenaggio percutaneo, procedure di stenting, prevalentemente biliare, e di dilatazione mediante palloncino; successivamente a livello addominale altre tecniche apparivano, grazie ai radiologi, quali la TIP e il posizionamento di filtri cavali. Dai dati raccolti nel 1997 in un limitato numero di Stati del Nord America i radiologi hanno eseguito il 70%–75% delle procedure percutanee diagnostiche e terapeutiche (Levin et al. [7]). La situazione non*

inal techniques, such as transjugular intrahepatic portosystemic shunt (TIPS) and caval-filter positioning. The 1997 data concerning a small number of North American states indicated that radiologists performed 70%–75% of percutaneous diagnostic and therapeutic procedures (Levin et al.) [7]. The current situation should be basically unchanged, favoured as we are by the advances in imaging technology such as CT fluoroscopy and open MRI, which ensure precise guidance in the insertion of needles, catheters and probes.

I end this section by illustrating yet another invasion that is occurring in England where, due to the small number of radiologists and increased workloads, the door has been opened for radiographers to report on chest and skeletal radiographs and carry out and report on contrast-enhanced exams such as barium enemas and urograms. The decision has been justified by the need for radiologists to devote their time to more complex and specialised examinations and by the opportunity given to radiographers to increase their motivation and to develop professionally. A recent metaanalysis of a homogeneous selection of 12 articles [8] demonstrated that the reporting accuracy of skeletal radiographs in emergency department patients did not differ between well-trained radiographers and radiologists with varying levels of experience. The degree of radiographer training only affected specificity, meaning that the distinction between normal and pathological requires a good level of training.

Another recent study found that the accuracy of radiographers in reporting on urographic examinations reached 92% compared with an expert uroradiologist [9]. Similar experiments are also underway in some North American universities [10]. The trend is undoubtedly alarming as regards what could happen in Italy where the law has given the head radiographer management responsibilities and set up degree courses for radiographers.

It should also be noted that radiographers are being employed by other specialists, in particular, cardiologists and orthopaedic surgeons [11], which broadens the gap between these clinical domains and radiology and turns the turf battle into a real war.

---

## The radiology revolution

This is the aspect that will most influence the future of radiologists. The outstanding advances in technology are affecting different fields of our discipline: communication, management, structural and ultrastructural diagnostics, nanotechnology, functional and quantitative diagnostics. And the magnitude of these advances also emerged in various sections of this excellent congress of our society, which has done admirably well in handling the developments of radiology from congress to congress. For the sake of brevity, I refer you to a previous article of mine [12] that appeared in *Radiologia Medica*: “Radiology year 2001. Which way are we going?”

*dovrebbe essere molto diversa al giorno d'oggi favoriti come siamo dall'avanzamento della tecnologia di imaging quale la fluoroTC e la RM a campo aperto che facilitano la guida precisa nell'introduzione di aghi, di cateteri e di sonde.*

*Chiudo questo capitolo segnalando un'altra invasione che è in atto soprattutto in Inghilterra dove per lo scarso numero di radiologi e l'aumento dei carichi di lavoro sono state aperte le porte ai tecnici radiologi nella refertazione di esami radiografici del torace e dello scheletro e nell'esecuzione e refertazione di esami contrastografici quali il clisma e l'urografia. Questa decisione viene giustificata dalla necessità che hanno i radiologi di dedicarsi ad indagini più complesse e più specialistiche e dall'opportunità che viene offerta ai tecnici di sentirsi più motivati e di migliorare la loro professionalità. Una recente valutazione metaanalitica su 12 articoli selezionati in modo omogeneo [8] ha documentato che l'accuratezza nella refertazione di esami radiografici dello scheletro in pazienti provenienti dal Pronto Soccorso e dal Dipartimento di Emergenza non è apparsa diversa tra tecnici radiologi ben addestrati e radiologi di varia anzianità. Il grado di addestramento dei tecnici ha influenzato solamente la specificità per cui la distinzione tra normale e patologico richiede loro un buon training.*

*Un altro recente articolo ha riportato che l'accuratezza del tecnico nel refertare esami urografici ha raggiunto il 92% messo a confronto con un esperto uroradiologo [9]. Tale iniziativa è in atto anche in alcune Università degli Stati Uniti [10]. Non c'è dubbio che il fenomeno è allarmante per quanto potrebbe succedere nel nostro Paese dove la legge ha responsabilizzato il capotecnico nella gestione del reparto e ha attivato i corsi di laurea per tecnici.*

*Va inoltre tenuto presente che i tecnici radiologi vengono arruolati da altri specialisti, in particolare cardiologi ed ortopedici [11] aggravando il distacco delle rispettive attività dalla radiologia e trasformando la battaglia in vera e propria guerra di campo.*

---

## La rivoluzione della radiologia

*È questo il capitolo che condiziona maggiormente il radiologo del futuro. Lo strepitoso avanzamento della tecnologia tocca vari settori della nostra disciplina, comunicazione, gestione, diagnostica strutturale e ultrastrutturale, nanotecnologia, diagnostica funzionale e quantitativa. Questo avanzamento è emerso anche nelle varie sezioni di questo ottimo Congresso della nostra Società che di congresso in congresso gestisce in modo encomiabile l'aggiornamento della disciplina. Per brevità rimando ad un mio articolo [12] sul tema pubblicato su *Radiologia Medica* e precisamente: “Radiologia anno 2001. In quale direzione stiamo andando?”.*

*Per quanto concerne la radiologia del futuro trovo interessante riportare quanto ha scritto Arenson [13], chairman del Dipartimento di Radiologia dell'Università di San Francisco, in un articolo dal titolo “The practice of Medicine and Radiology in 2020” dove l'autore descrive il futuribile che sintetizzo. Anzitutto la telemedicina avrà uno sviluppo incredibile con l'uso delle videoconferenze con una varietà di*

As regards the future of radiology, the predictions made by Arenson [13], chairman of the Department of Radiology of the University of San Francisco in an article titled "The practice of medicine and radiology in 2020" are worth summarising. Firstly, telemedicine will undergo incredible development with the use of videoconferencing, permitting a variety of interactions, including two-way audio and video communications between patients at home and the medical facilities where they have been examined. There will be considerable ageing of the population, with a mean age around 100 years for women and 90 years for men: some will survive until the age of 120 years, so there will be a preponderance of geriatric diseases and a corresponding decrease in paediatric diseases.

Plain film radiography will be supplanted by CT and MRI and digital radiography as the first-line approach in emergency settings and the bedside modality in hospitals and ambulances. The current digital systems will be replaced by charged coupled device (CCD) technology capable of handling large-surface arrays. This technology will enable the installation of low-power radiography units on ambulances, which will transfer the images as video to the medical facility through satellite systems. This will also be possible from ships and planes as they travel around the world. Interventional radiology will be guided by CT and MRI so that image intensifiers are destined for the Museums of Radiology, which will become increasingly rich in history. Many experts believe that MRI will supplant CT and US will lose ground. In interventional radiology, endovascular MRI will guide not only catheters but also remote-controlled electronic devices that serve to launch a variety of devices that, like microscopic missiles, travel through vessels to reach organs or tissues adjacent to the vessels. These devices, known as electronic deployment devices (EDDs), produce heat to destroy diseased tissues or cauterise bleeding vessels. It will be possible to reach third- and fourth-order vessels under the guidance of microscopic MRI images. The energy required to drive these EDDs is provided by the power of the MRI's radiofrequency signals. This combined technology will include the treatment of coronary heart disease among its indications. Picture archiving and communication systems (PACS) systems will be so efficient and widespread as to allow the transmission of images, connected to the patient's smart card, to any part of the world. In this scenario, it is the radiologists who have expertise in electronics and informatics who will control the imaging of the future.

As a postscript to my article, I briefly describe what is happening in the United States [14]. Recently, the National Institutes of Health (NIH) provided funding for three broad lines of research, one titled "New Pathways to Discovery", within which a number of bioinformatics and computational biology projects were selected. One of these is based at the Brigham and Women's Hospital of Boston, which operates through the National Alliance for Medical Imaging Comput-

*interazioni ivi compreso la comunicazione audio e video a due vie che metterà in contatto i pazienti da casa con la struttura medica dove è stato esaminato. Vi sarà un invecchiamento notevole della popolazione con un'età media attorno ai 100 anni per le donne e 90 anni per gli uomini: alcuni sopravviveranno sino ai 120 anni, per cui vi sarà una preponderanza di patologia geriatrica, con una concomitante diminuzione della patologia pediatrica.*

*L'esame radiografico cederà il passo all'esame con TC ed RM e all'esame diretto digitale come primo esame nella patologia d'urgenza, e quale esame al letto del paziente e nelle ambulanze. I sistemi radiografici digitali attuali cederanno il passo alla tecnologia CCD capace di gestire arrays a grande superficie. Questa tecnologia consentirà unità radiografiche a bassa potenza nelle ambulanze che via satellite trasmetteranno in video le immagini al centro medico. Ciò sarà possibile anche a bordo di navi ed aeroplani che si spostano nel mondo. La radiologia interventzionale sarà guidata da TC ed RM per cui gli amplificatori di brillantezza sono destinati al museo radiologico che sarà sempre più ricco di storia. Molti esperti ritengono che la RM soppianderà la TC. Vi sarà anche un forte ridimensionamento dell'ecografia. A livello interventzionale, la RM endovascolare guiderà non solo cateteri ma anche dispositivi elettronici controllabili a distanza e predisposti al lancio di congegni vari che come micromissili viaggiano nei vasi sino a raggiungere organi o comunque strutture tissutali adiacenti ai vasi. Questi dispositivi elettronici (electronic deployment devices o EDDs) emettono calore per distruggere tessuti patologici o trattare vasi sanguinanti mediante cauterizzazione. Sarà possibile raggiungere vasi di terzo e quarto ordine sotto guida di micro-immagini RM. L'energia richiesta per dirigere questi EDDs deriva dalla forza dei segnali di radiofrequenza dell'unità RM. Questa tecnologia abbinata avrà tra le altre indicazioni la terapia della malattia coronarica. I sistemi PACS saranno così efficienti e diffusi che consentiranno trasmissioni di immagini in qualsiasi parte del mondo collegati alla scheda elettronica di cui è dotato il paziente. In questa evoluzione il radiologo che avrà una formazione professionale elettronica ed informatica potrà tenere sotto controllo l'imaging del futuro.*

*In appendice a quanto ho scritto nel mio articolo ritengo opportuno aggiornarvi su quanto sta attualmente succedendo negli Stati Uniti [14]. Di recente l'NIH ha finanziato tre grandi temi di ricerca uno dei quali ha il titolo "Nuove strade per scoprire" nell'ambito del quale sono stati scelti alcuni progetti di bioinformatica e biologia computazionale. Ne ricordo uno. Il Brigham and Women's Hospital di Boston opera attraverso il Centro "National Alliance for Medical Imaging Computing" che è costituito da un team multi-istituzionale che comprende computer scienziati, ingegneri software e ricercatori medici che si focalizzano sullo sviluppo di metodi computazionali per analizzare e visualizzare i dati di immagini mediche. Il progetto di ricerca ha come tema la schizofrenia. Per avanzare la frontiera della conoscenza di questa patologia mentale verranno utilizzati nuovi metodi computazionali, un robusto software integrato con imaging di risonanza magnetica strutturale, funzionale e di diffusione, elettroencefalografia quantitativa e PET.*

ing, a multiinstitutional team of computer scientists, software engineers and medical investigators who develop computational tools for analysis and visualisation of medical image data. Focusing on schizophrenia, the research project aims at increasing knowledge about the disease by using new computational methods, a robust software integrated with structural, functional and diffusion MRI, quantitative electroencephalography and positron emission tomography (PET).

Thanks to research by image scientists, radiologists will find themselves handling the diagnosis and treatment of a large part of tomorrow's medicine.

---

### Tomorrow's radiologist: what future?

We need to make a distinction between the near future and the distant future in relation to which radiologists will have to change many of their attitudes and rethink their professional training to accommodate the dramatic revolution and evolution of radiology.

To face the near future, we need to reconsider our strategy in fighting the various turf wars described above.

One of the main reasons why radiologists are losing many turf battles is no doubt their inadequate if not inexistent clinical culture: a high level of technical training is not sufficient for dealing with clinicians and their clinical queries. Medical practice is becoming increasingly interdisciplinary due to the vastness of knowledge involved. Good clinical training will enable radiologists to interact on a par with clinicians, even in view of the fact that clinicians are moving further and further away from the patient, being fascinated by the disease in contrast with the spirit of medicine passed down by Hippocrates. We have all found ourselves reporting without any clinical data because the patient was referred to the radiology department before being examined.

"Clinicalisation" is therefore one of the main steps. Clearly, this approach entails privileging organ pathology, which should be learned after having acquired a basic grounding. Each staff radiologist working in a complex facility will have to be superspecialised in the imaging of a specific organ system (nervous, musculoskeletal, chest, abdomen) to be able to take part in an interdisciplinary discussion as a key player rather than merely an "image reader" unable to tackle a clinical differential diagnosis. Only by doing this will radiologists be able to discuss complex radiological case studies with cardiologists, pneumologists, urologists, etc. A good example of good clinical training is the neuroradiologist whose comprehensive knowledge of anatomical-clinical neurology ensures excellent interaction with the neurologist and neurosurgeon. Clinicians will feel the need to seek the opinion of radiologists with good clinical knowledge; otherwise, PACS and teleradiology will prevail, with images arriving directly in the clinical departments and bypassing the radiologist. Although inevitable for simple cases, this is un-

*Il radiologo quindi, grazie alle ricerche dello scienziato dell'immagine, si troverà a gestire diagnosi e terapia di una parte cospicua della medicina del futuro.*

---

### Il radiologo domani: quale futuro?

*Distinguo anzitutto un futuro immediato e un futuro in proiezione in rapporto ai quali i radiologi devono anzitutto modificare molti dei loro atteggiamenti e in secondo luogo devono reinventarsi una nuova formazione professionale che affronti la eccezionale rivoluzione ed evoluzione della radiologia.*

*Il futuro immediato va affrontato riorganizzando la strategia con la quale combattere le varie battaglie di campo che ho ora trattato. Uno dei fattori principali che trovano i radiologi in ritirata in molte battaglie di campo è certamente nella maggior parte dei casi la modesta per non dire assente cultura clinica: una elevata preparazione tecnica infatti non è sufficiente per affrontare il collega clinico con i suoi quesiti. Nell'attività medica che sta diventando sempre più interdisciplinare per la vastità delle conoscenze che è necessario saper dominare, una buona conoscenza della clinica consente un dialogo allo stesso livello con il clinico anche perchè questi si sta sempre più allontanando dal malato affascinato invece dalla malattia in contrasto con lo spirito della medicina tramandato da Ippocrate. Tutti noi abbiamo l'esperienza di trovarci a refertare senza notizie cliniche perché il paziente è stato inviato in radiologia prima della visita. La clinicizzazione del radiologo è quindi uno dei passi fondamentali. È ovvio che questa impostazione porta a privilegiare la radiologia d'organo che peraltro deve essere acquisita dopo una preparazione di base generale. Nell'organico di una struttura complessa quindi è opportuno che ognuno dei radiologi sia super specializzato nella radiologia di un apparato (nervoso, muscolo-scheletrico, torace, addome) in modo da poter partecipare a un dibattito interdisciplinare come una figura di primo piano e non come un semplice lettore di immagini incapace di gestire una diagnostica differenziale clinica. Solo così potremo dibattere la casistica radiologica complessa con il cardiologo, il pneumologo, l'urologo, etc. Un buon esempio di quanto valida sia la preparazione clinica la troviamo nel neuroradiologo la cui conoscenza della neurologia anatomo-clinica è di ottimo livello, il che garantisce un ottimo dialogo con il neurologo e con il neurochirurgo. Un radiologo con buona cultura clinica farà sentire la necessità di essere interpellato dal collega; in caso contrario prenderà il sopravvento la tecnologia PACS e teleradiologica con le immagini che arrivano direttamente nei reparti clinici bypassando il radiologo: se ciò è inevitabile per la casistica semplice, non così avverrà per la casistica complessa che non può prescindere dal dibattito collegiale. La clinicizzazione del radiologo sarà completa quanto più egli riprenderà il contatto con il paziente; questo si verifica con l'ecografia quando il radiologo conducendo l'esame dialoga con il paziente e si trasforma, nel momento in cui gestisce la sonda, in un vero e proprio semeiologo clinico. Ma per tutte le altre modalità mal-*

likely to happen for complex cases that require a joint discussion. Clinicalisation also entails restoring the radiologist-patient relationship. This is the case in US where the radiologist talks to the patient while performing the examination and becomes, as he or she handles the probe, a true clinical semiologist. But for all the other modalities, despite the physician's respect for the radiologist who guides the diagnosis and treatment and documents treatment efficacy through follow-up examinations, patients do not perceive the importance of the role because of the minimal contact they have with the radiologist. This was found by Margulis and Sostman [15] on the basis of a questionnaire sent to 42 university departments and 24 private facilities. The survey showed that although present in the department, the radiologist does not see or talk to the patient. As a result, the patient is convinced that it is the referring doctor who reads the examination, even more so today as PACS allows him or her to view the image. Radiologists, on the other hand, justify themselves by saying they are overloaded with administrative and reporting work. Margulis and Sostman [15], however, state that radiologists need to restore the doctor-patient relationship, take the history and give patients information on the examination results so that patients may perceive they have been dealing with a doctor and not with a technician. I have had this experience in my private practice where this approach meant that the patients often wanted to see me before the clinician, who paradoxically devotes increasingly less time to the patient. This anecdotal data is confirmed by Margulis and Sostman [15], who mention private CT screening centres in the United States where the radiologist-patient relationship is becoming more and more popular. This relationship is the norm in breast imaging centres.

The relationship with patients is one of the radiologist's ethical duties, one that starts when informed consent is obtained. This should not be merely the bureaucratic signing of a form but the signing of a consent based on correct information that justifies performance of the examination despite the risks associated with it and with a view to solving the clinical problem troubling the patient. Contact with outpatients can be further improved by using internet technology: for example, by putting the report online as soon as it is ready, possibly together with the most significant images. Already in place in the United States, this system was found to increase patient satisfaction and foster acknowledgement of the radiologist as the professional actually responsible for the examination and result [16].

Clinicalisation of radiology will encourage medical graduates to choose radiology as their speciality given that diagnostic radiology is often discarded precisely because it is considered exclusively technical, increasingly complex and without contact with patients, the latter being the most meaningful aspect of medicine. Exclusively technical radiologists are destined to be progressively replaced by graduate radiographers and/or physicists with a sound medical knowledge.

*grado il ruolo del radiologo sia rispettato dal medico perchè la sua interpretazione guida la diagnosi e la successiva terapia e documenta l'efficacia di quest'ultima con il follow-up, ciò malgrado il paziente non percepisce questo ruolo proprio per il minimo contatto che ha con il radiologo, affermano Margulis e Sostman [15] che documentano questa affermazione sulla base di un questionario cui hanno risposto 42 Dipartimenti Universitari e 24 Centri privati. Da questa inchiesta risulta che il radiologo è presente nella sezione ma non si presenta al paziente né dialoga con lui. Il paziente alla fine è convinto che sia il curante a interpretare l'esame tanto più che oggi con il sistema PACS è anche in condizione di fargli vedere l'immagine. D'altra parte il radiologo si giustifica affermando di essere oberato dal lavoro gestionale e di refertazione. Egli invece, sostengono Margulis e Sostman, deve ritrovare il contatto con il paziente, raccogliere l'anamnesi, dargli le prime informazioni sull'esito dell'esame in modo che abbia la percezione che ha avuto a che fare con un medico e non con un tecnico. Io ho avuto questa esperienza nella mia attività privata dove con questa impostazione mi sono trovato molto spesso ad essere richiesto dal paziente prima del clinico che paradossalmente dedica sempre meno tempo al paziente. Questo dato aneddotico è peraltro confermato da Margulis e Sostman che citano i centri TC di screening privati negli Stati Uniti dove il contatto paziente-radiologo è la regola con un ritorno di popolarità. Tale rapporto peraltro è la regola nei centri senologici.*

*Il rapporto con il paziente è una delle responsabilità etiche del radiologo, rapporto che nasce al momento del consenso informato: questo non deve essere una semplice firma burocratica su un modulo bensì la firma ad un consenso basato su una informazione corretta che giustifica l'esame pur con i rischi ad esso connessi, nella logica di risolvere il problema clinico che angoschia il paziente. Il contatto con il paziente esterno è ancora perfezionabile ricorrendo all'uso della tecnologia internet e mettendo quindi in linea il referto non appena questo è pronto ed eventualmente le immagini più significative dell'esame: tale sistema è già operativo negli Stati Uniti dove si è notato una maggior soddisfazione del paziente che riconosce, fra l'altro, nel radiologo, il vero responsabile dell'esame e del risultato [16].*

*La clinicizzazione del radiologo favorirà la scelta della nostra specialità da parte del medico neolaureato che nel suo orientamento molto spesso scarta la radiologia diagnostica proprio perchè considerata esclusivamente tecnica e sempre più complessa e senza rapporto con il paziente che rappresenta il momento più pregnante in medicina. Il radiologo esclusivamente tecnico è destinato a essere progressivamente soppiantato dal tecnico radiologo laureato e/o dal fisico con buone conoscenze mediche: questi sono favoriti dall'imporsi della tecnologia PACS e della teleradiologia nonché dei computers con software dedicati al riconoscimento automatico d'immagine (CAD). Questi si stanno oramai imponendo in mammografia e stanno entrando nella diagnostica polmonare e in quella del grosso intestino mediante colonscopia virtuale [17-19]. È ovvio che il clinico operante nei grossi complessi ospedalieri in mancanza di un radiologo con cultura clinica sarà portato a gestirsi l'inquadramento diagnostico su immagini acquisite da altre figure tecniche.*



This is facilitated by PACS technology and teleradiology and by computers with software for automated image detection (CAD). These technologies have become common in mammography and are gaining ground in diagnostic imaging of the lungs and of the large bowel with virtual colonoscopy [17–19]. Clearly, the lack of radiologists with clinical knowledge will lead clinicians in large hospitals to make their diagnoses on images acquired by other technical professionals.

Clinicalised radiology also entails a need to recover the role of interventional radiologists who will need both hospital beds and a follow-up clinic for their work.

Patients undergoing percutaneous interventional procedures require adequate preparation and aftercare, as well as careful follow-up to check the success of the radiologist's intervention. Even in this case, patients will perceive that the radiologist has been crucial to the solution of their problem and can be relied on for the follow-up; in other words, the radiologist becomes their treating physician as well. The first example of this in Italy is Simonetti's centre. Radiologists and radiological staff clearly need to be competent in all vascular, urological, gastroenterological etc. interventional procedures, have their own catheterisation laboratory and ensure constant quality control. It should be noted that radiologists actually have the edge in the turf wars, as they have access to an array of imaging modalities to guide the procedure, and hospital management will consider the concentration of interventional procedures in a single facility devoted full-time to this activity as the economically soundest solution. The work of vascular or abdominal surgeons in this field is done part time, most of their time being devoted to the operating theatre or ward. This means that an interventional procedure facility that works part time is underutilised and therefore has higher costs.

Another limitation of nonradiologist specialists doing interventional procedures is the fact that they generally do not carry out all types of interventional procedures but only those pertaining to their speciality. In managing radiological facilities, department heads will need to give the right priority to interventional work. In other words, when modernising the facility, they will have to devote the same attention and effort to locating resources and improving organisation as they do to upgrading diagnostic technologies.

In order to survive, the radiologist of the near future will have to face up to the challenge of the dramatic technological revolution of the past few years. The advent of clinical spectroscopy, functional techniques in MRI and US, quantitative and volumetric analyses with various digital techniques, optical imaging [20], molecular imaging [21], nanotechnologies [22], the Internet revolution [23], percutaneous gene therapy [24] and the need for strategic planning [25], all this calls for a parallel revolution in professional education and training. This is the task of the speciality schools that, to ensure the survival of radiologists, need to foster a diagnostic culture that goes beyond macroscopic anatomy and

*Nel quadro della clinicizzazione si inserisce anche la necessità di recuperare il ruolo del radiologo interventzionale che per la sua attività necessita di alcuni letti di degenza e di un ambulatorio per il follow-up: il paziente che deve essere sottoposto ad una procedura interventzionale percutanea deve essere adeguatamente preparato prima dell'intervento e adeguatamente assistito dopo la procedura e tenuto sotto controllo nel follow-up per stabilire l'efficacia o meno di quanto il radiologo ha fatto. Anche in questo caso il paziente avrà del radiologo la percezione che è stato determinante nella soluzione del suo problema e che può affidarsi a lui anche per il follow-up successivo: in altre parole diviene anche il suo medico curante. Cito come primo esempio in Italia di questa realizzazione la struttura di Simonetti. È ovvio che il radiologo o lo staff radiologico deve essere competente per tutte le procedure interventzionali vascolari, urologiche, gastroenterologiche, etc., avere il suo laboratorio cateteri e assicurare un costante controllo di qualità. Va tenuto presente che nella battaglia di campo il radiologo ha il vantaggio di disporre di varie tecniche di imaging utili a guidare la procedura interventzionale e può godere del favore degli amministratori dell'ospedale che in un'attività concentrata in un'unica struttura dedicata full-time vedranno la soluzione più convincente da un punto di vista economico. L'attività infatti condotta da chirurghi vascolari o addominali è un'attività part-time perchè il maggior tempo è dedicato alla sala operatoria e/o al reparto: ne deriva che la struttura per l'attività interventzionale che lavora part-time è sottoutilizzata e comporta quindi un maggior costo di gestione. Un altro limite degli specialisti non radiologi che eseguono attività interventzionale è rappresentato dal fatto che in generale questo specialista non esercita tutta l'attività interventzionale ma si limita a quella specifica del proprio settore di competenza. Nella gestione della struttura radiologica l'attività interventzionale dovrà costituire una delle priorità del responsabile del dipartimento. In altre parole nell'aggiornamento della struttura il responsabile dovrà dedicare alla radiologia interventistica la stessa attenzione e lo stesso impegno nella ricerca delle risorse e nel miglioramento dell'organizzazione che vengono dedicati all'aggiornamento della tecnologia diagnostica.*

*Il radiologo del futuro oramai alle porte per sopravvivere deve saper affrontare e gestire la strepitosa rivoluzione tecnologica di questi ultimi anni. L'avvento della spettroscopia clinica, delle tecniche funzionali in risonanza magnetica e in ecografia, delle analisi quantitative e volumetriche con le varie tecniche digitali, dell'imaging a luce ottica [20], dell'imaging molecolare [21], delle nanotecnologie [22], della rivoluzione elettronica con l'uso di internet [23], l'avvento della terapia genica percutanea [24], l'esigenza di una cultura gestionale strategica [25], tutto ciò richiede una parallela rivoluzione nella formazione professionale. Ciò è compito delle scuole di specializzazione che devono realizzare, per la sopravvivenza del radiologo, una cultura diagnostica che non deve limitarsi all'anatomia e patologia macroscopica ma deve allargarsi alle strutture microscopiche e submicroscopiche: l'imaging molecolare ne è un esempio. Questa diagnostica per immagini microscopiche e submicroscopiche apre la diagnostica della malattia nella fase iniziale, asintomatica, a livello cellulare per cui verrà ridimensionato il*

pathology to incorporate all microscopic and submicroscopic structures: molecular imaging is one example.

This form of diagnostics based on microscopic or submicroscopic images opens the way for diagnosing diseases in the early, asymptomatic stage at the cellular level. As a result, our role will be reduced in early diagnoses using techniques such as US, CT and MRI. We therefore need to strengthen the teaching of the basic sciences – chemistry, biochemistry, physics, informatics and genetics – by relying on experts who cannot limit themselves to teaching theory but will have to help the radiologist apply these new techniques in clinical practice. These disciplines are, for example, fundamental for the correct management of PET, which is increasingly being used in combination with CT. It has been reported that 90% of PET machines sold in Europe are PET/CT machines [26]. With regard to this technology, there is the problem of reporting, which in most cases is done by the nuclear medicine specialist and the radiologist for their respective competences. If most of this activity is currently represented by oncological diagnostics (detection, staging and follow-up of lesions), the most convincing research on molecular imaging has been carried out with PET, as well as with very-high-field MRI (4–7 Tesla) for experimental studies.

How will the radiologist survive this revolution? Surely by acquiring a new culture but above all by interacting closely with the nuclear physician [27]. In some countries, such as Italy, these new technologies reopen the need to bring together diagnostic imaging and nuclear medicine in the same department, as is already the case in most North American and British hospitals. PET/CT fusion is, according to von Schulthess [26], the best catalyst for the fusion of diagnostic imaging and nuclear medicine. The mere number of modalities available for morphofunctional diagnostic imaging makes the need to combine a basic specialist culture with superspecialist organ-specific knowledge even more pressing.

Radiology residents need to be involved not only in learning but also in research on the grounds that “today’s research is tomorrow’s clinical practice” [28]. Until now, research has taken its cue from the advent and evolution of digital technologies and has focused on the creation of a new semiology and on the evaluation of diagnostic accuracy. In most cases, the research is funded and inspired by the industry and therefore aimed at achieving short- and medium-term socioeconomic outcomes. As Marano states [29], this is research funded by the market rather than by the university and scientific institutions on projects and protocols endorsed by them.

There is virtually a complete lack of hypothesis-driven basic research. The reasons for this are several, the most important being a lack of specific training in specialty schools and a lack of funds, which have been mostly diverted towards biological, scientific, and clinical centres. If we want competitive radiologists capable of driving the development of diagnostic imaging, a field that clinicians find so appealing as to want to invade it, we need to reverse the situation and train ra-

*nostro ruolo nella diagnosi precoce mediante tecniche quali ecografia, TAC ed RM. È necessario quindi potenziare l'insegnamento delle scienze di base – chimica, chimica biologica, fisica, informatica e genetica – coinvolgendo gli esperti di queste discipline che non devono limitarsi ad un insegnamento teorico ma devono affiancare il nuovo radiologo nella messa a punto clinica delle nuove tecniche. L'insegnamento di queste discipline è fondamentale ad esempio per una corretta gestione della tomografia ad emissione di positroni (PET) oggi sempre più abbinata alla tomografia computerizzata (TC). Si ritiene che in Europa il 90% delle macchine PET vendute sia rappresentato da macchine PET/TC [26]. Nasce per questa tecnologia il problema della refertazione che nella maggior parte dei casi è fatta dal medico nucleare e dal radiologo per le rispettive competenze. Se al momento la maggior parte di questa attività è rappresentata dalla diagnostica oncologica (riconoscimento di lesione, stadiazione e follow-up), alla PET fanno capo le ricerche più convincenti di imaging molecolare, cui si affiancano, a livello sperimentale, quelle con RM ad altissimo campo, 4–7 Tesla. Come sopravviverà il radiologo a questa rivoluzione? Sicuramente acquisendo una nuova cultura ma soprattutto interfacciandosi in modo molto stretto con il medico nucleare [27]. Queste nuove tecnologie riaprono in alcuni Paesi come il nostro la necessità di vedere nello stesso dipartimento la radiodiagnostica e la medicina nucleare, organizzazione già operante nella maggioranza degli ospedali nord-americani ed inglesi. La fusione PET/CT, sostiene von Schulthess, è il miglior catalizzatore per la fusione della radiodiagnostica e della medicina nucleare. Il numero delle tecnologie disponibili per la diagnostica d'immagine morfo-funzionale rende ancor più attuale l'esigenza di una cultura specialistica di base affiancata da una cultura superspecialistica d'organo.*

*È fondamentale che lo specializzando venga coinvolto oltre che nell'insegnamento anche nella ricerca ricordando che “la ricerca oggi è pratica clinica domani” [28]. Sinora la ricerca ha preso spunto dalla comparsa ed evoluzione delle tecnologie digitali e si è basata sulla messa a punto di una nuova semeiotica e sulla valutazione dell'accuratezza nella diagnosi di patologia. Si tratta nella gran parte dei casi di ricerca sponsorizzata dall'Industria e da questa ispirata, e quindi di ricerca finalizzata ad ottenere ricadute socio-economiche a breve e medio termine. Si tratta quindi, come dice Marano [29], di una ricerca finanziata dal marketing e non dall'Università e Istituzioni Scientifiche su progetti e protocolli da queste avallati. Manca pressoché del tutto la ricerca di base guidata da ipotesi che devono essere verificate. Certamente in radiologia abbiamo sofferto questo aspetto per diverse ragioni, anzitutto per la mancanza di training specifico nelle scuole di specializzazione e in secondo luogo per la mancanza di finanziamenti, diretti prevalentemente alle strutture biologiche, scientifiche e cliniche. Se vogliamo avere radiologi competitivi all'altezza di guidare lo sviluppo della diagnostica per immagini, che sempre più affascina i nostri colleghi clinici al punto da invadere il campo dell'imaging, è necessario rovesciare la situazione formando un gruppo di radiologi preparati alla ricerca. È interessante vedere il modello di formazione di ricercatori messo a punto negli Stati Uniti da Arenson, Dun-*

diologists to do research. The research training model devised by Arenson, Dunnick and Hillman in the United States [30] and discussed and approved by the Society of Chairmen of Academic Radiology Departments is interesting. Within a national programme for research training, they identify three tiers of academic radiology department, namely:

*Tier 1.* This comprises radiology departments with a strong history of competitive research and enjoying funding to support training of researchers. In this case, the residency programme envisages at least 1 but preferably 2 years of research which includes:

1. Laboratory, engineering or multidisciplinary clinical research to be conducted at institutions other than one's own
2. Research training in the resident's field of interest possibly followed by a PhD
3. Supervision by a tutor responsible for the resident's progress
4. Responsibility of the department head to provide adequate space and resources to ensure success of the research programme
5. Production of research meeting the requirements for publication and presentation
6. Training in preparing research grant applications

*Tier 2.* This comprises departments that receive annual funding to cover the costs of development, research and research training. These departments undertake to train a given number of researchers every year whereas the other residents acquire only limited research experience. Candidates for research training receive the same training as their tier 1 colleagues whereas the programme provided to other residents is as follows:

1. At least 3 months of research experience followed by the preparation of a publishable manuscript that may be ready 3 months after completing the research training period
2. A series of lessons, research presentations and critical thinking exercises that underline the importance of research in clinical practice

*Tier 3.* This group includes departments with insufficient human, research and financial resources to adequately train competitive researchers. In this case, residents follow programme 2 of the previous class.

After the presentation, the Society of Chairmen of Academic Radiology Departments drew the following conclusions:

1. All residents need to have research exposure modulated depending on the category of the Department attended
2. The training programme must be publicised among the radiological community and professional societies and in their journals
3. All programmes must envisage training in critical appraisal of scientific publications and presentations as a means to enhance clinical practice
4. Each department is invited to identify their tier, and those in the lower tiers are encouraged to endeavour to move up the tier ladder.

*nick ed Hillman [30], discusso e approvato dalla Società Americana dei Direttori di Dipartimenti Universitari di Radiologia. Nell'ambito di un programma nazionale di educazione alla ricerca sono state identificate 3 categorie di dipartimento e precisamente:*

*Categoria 1: comprende dipartimenti di radiologia con forte storia di ricerca competitiva e dotati di finanziamenti per supportare l'avviamento e la formazione di ricercatori. Il programma in questo caso prevede almeno un anno e preferibilmente due anni di ricerca che comprende:*

1. *esperienza di ricerca clinica di laboratorio, di ingegnerizzazione o multidisciplinare, esperienza da condurre in istituzioni diverse da quelle della propria sede;*
2. *educazione alla ricerca focalizzata nell'area di interesse dello specializzando seguita eventualmente da un PHD o dottorato di ricerca;*
3. *affiancamento di un tutore responsabile del progredire dello specializzando;*
4. *responsabilità del direttore del dipartimento ad assicurare spazi sufficienti e risorse per assicurare il successo del programma di ricerca;*
5. *ricerca con i requisiti per la pubblicazione e la presentazione;*
6. *insegnamento a preparare richieste di finanziamento per progetti di ricerca.*

*Categoria 2: comprende dipartimenti che hanno annualmente finanziamenti per coprire i costi dello sviluppo, di ricerca e di training di ricerca. Questi dipartimenti si impegnano a formare annualmente un certo numero di ricercatori mentre gli altri specializzandi acquisiscono una esperienza di ricerca limitata. I candidati dediti alla ricerca seguono il programma della categoria precedente mentre gli altri seguono il seguente programma:*

1. *almeno 3 mesi di esperienza nella ricerca seguiti dalla preparazione di un manoscritto da pubblicare che può esser pronto 3 mesi dopo aver completato il tirocinio di ricerca;*
2. *un ciclo di lezioni, di presentazioni di ricerca ed esercizi di pensiero critico che sottolinea l'importanza della ricerca nella pratica clinica.*

*Categoria 3: comprende dipartimenti con modeste risorse umane, di ricerca e finanziarie per educare adeguatamente ricercatori competitivi. In questo caso ci si limita al programma 2 della categoria precedente:*

*Dopo la presentazione la Società ha tratto le seguenti conclusioni:*

1. *tutti gli specializzandi devono avere una esperienza di ricerca modulata a seconda della categoria di Scuola frequentata;*
2. *necessità di pubblicizzare nella comunità radiologica e tra le varie società professionali e nelle rispettive riviste il programma di formazione dei ricercatori;*
3. *tutti i programmi devono prevedere corsi di valutazione critica di pubblicazioni e presentazioni scientifiche quale mezzo per accrescere la pratica clinica;*
4. *ogni dipartimento viene richiesto di assegnarsi la categoria di appartenenza e si invitano quelli di categoria inferiore ad adoperarsi per un avanzamento.*

*Gli autori così concludono: "il futuro della radiologia*

The authors conclude: "the future of radiology depends on the training of a new class of radiologists who are clinicians and scientists".

Continuing education is extremely important. Today, a large number of meetings, congresses and courses are accredited and therefore guarantee a sound education. The hospital or private radiologist who is overloaded with work often complains of the difficulty leaving his or her place of work for a few days. But today, this difficulty can be overcome thanks to the Internet, which provides excellent resources for continuing education. Web-based learning is very appealing: education is widely available, inexpensive (or free), always accessible, regularly updated and a huge amount of educational materials are available [23]. Constant technological developments and critical review of knowledge force radiologists to use Web sites for their continuing education, but not all Web sites undergo quality control and peer review. As a result, one needs to learn how to choose high-quality Web sites. The above authors [23] propose an evaluation grid based on six axioms:

1. The Web site authors must be identified so that contact can be made if the site raises questions.
2. Is the Web site funded by the government or by a private company? Is it aimed at education, advertising or both?
3. How current is the information? A good Web site will display when the information was last updated.
4. What are the sources of information? High-quality Web sites have articles and protocols that are referenced so the authors can be contacted for discussion.
5. It should be possible to assess the technical quality of the site. Technical parameters to be considered are image quality, audio discussion, identity of Webmaster for support and download speed.
6. Accuracy of the presentation is especially important.

The authors also present four broad categories of Web sites for radiology: (1) Metalink sites provide a large number of links on a single portal; (2) sites with teaching files, similar to our EuroRad; (3) subspecialty sites, such as those devoted to skeletal radiology, nuclear medicine etc.; (4) technique-based sites, such as those devoted to multislice CT. The internet provides radiologists with an infinite learning resource that allows them to keep up-to-date with recent developments.

In conclusion, to survive the tendency of other specialists to invade and occupy the radiology turf, the radiologist of the very near future will have to live up to the challenge by:

1. Acquiring a clinical culture in addition to a technical culture so as to be able to discuss diagnoses on an equal footing with clinicians
2. Restoring contact with the patient in all phases of the examination to become identified with the professional responsible for diagnosis and treatment in interventional activities
3. Becoming familiar with the basic sciences, physics, chemistry, biochemistry, genetics, informatics and nan-

*dipende dalla formazione di una nuova categoria di radiologi clinici e scienziati".*

*Estremamente importante è l'aggiornamento professionale: oggi una larga parte dei congressi, convegni e corsi sono accreditati e quindi sono la garanzia di un aggiornamento serio. Il radiologo operato di lavoro, vuoi ospedaliero, vuoi privato, si lamenta di avere difficoltà ad allontanarsi per alcuni giorni dal posto di lavoro. Oggi questa difficoltà è superabile perchè via internet sono disponibili ricchissime fonti di aggiornamento. L'apprendimento basato sulla ricerca web è molto attraente: l'aggiornamento è disponibile su larga scala, poco costoso (o gratuito), accessibile in ogni momento, regolarmente aggiornato ed è disponibile una vasta quantità di materiale educativo [23]. La costante evoluzione tecnologica e revisione critica del sapere costringe il radiologo ad utilizzare per l'aggiornamento i siti web che peraltro non hanno tutti un controllo di qualità e quindi un comitato di revisori. È necessario quindi saper scegliere i siti di ottima qualità. Gli autori sopracitati [23] propongono un loro schema di valutazione basato su sei assiomi.*

1. *Gli autori del sito web devono essere identificabili e contattabili se vi è un disaccordo con quanto viene sostenuto.*
2. *Il sito è finanziato da una istituzione governativa o da una compagnia privata? Lo scopo è educativo, pubblicitario o entrambi?*
3. *Quanto attuale è l'informazione che viene data? Un buon sito dovrebbe riportare la data dell'ultimo aggiornamento.*
4. *Quali sono le fonti di informazioni? Se il sito è di ottima qualità gli articoli devono essere completi di bibliografia, di una sezione discussione e possono suggerire protocolli.*
5. *Dovrebbe essere possibile valutare la costruzione del sito: i parametri tecnici quali la qualità dell'immagine, la discussione audio, la disponibilità del webmaster per l'assistenza, con che rapidità l'informazione viene scaricata.*
6. *Accuratezza della presentazione.*

*Alla fine gli autori presentano quattro larghe categorie di siti web rilevate per la radiologia: (1) siti metalink che consentono un grande numero di agganci (links) partendo da un unico portale; (2) siti con files d'insegnamento sull'esempio del nostro EuroRad; (3) siti subspecialistici come quelli dedicati ad esempio alla radiologia scheletrica, alla medicina nucleare etc.; (4) siti basati sulla tecnica come ad esempio quello dedicato alla TC multistrato. Il radiologo insomma trova in internet una fonte di apprendimento inesauribile che gli consente un aggiornamento costante.*

*In conclusione il radiologo del futuro che è già iniziato se vuole sopravvivere alla tendenza di altri specialisti di invadere ed occupare il campo della diagnostica per immagini deve affrontare nuove realtà quali:*

1. *Acquisire la cultura clinica oltre a quella tecnica per reggere il dialogo interdisciplinare nelle discussioni diagnostiche e giocare un ruolo inter pares nel rapporto con il clinico.*
2. *Ritrovare il contatto con il paziente in tutte le fasi dell'esame per conquistare il ruolo di responsabile del momento diagnostico e di quello terapeutico nell'attività intervenzionale.*
3. *Impegnarsi nell'apprendimento delle scienze di base, fisica, chimica, chimica biologica, genetica, informatica, nanotecnologie per essere capace di immergersi senza dif-*

otechnologies to be able to take on board new imaging techniques, such as molecular imaging, and new forms of percutaneous treatment, such as gene therapy

4. Fostering a multidisciplinary approach in his or her practice, made increasingly complex by technological advances: interaction with the nuclear physician is one of the first approaches determined by PET technology and PET/CT

5. Learning to use the Internet to learn and foster continuing education using dedicated, constantly available Web sites  
Continuing education is mandatory for a discipline that is constantly evolving. Recalling what the American philosopher Eric Hoffer said [31]: "In a time of drastic change it is the learners who inherit the future".

I end my presentation with a message: "Radiologists will survive if they are able to reinvent themselves".

*fiicoltà nelle nuove tecniche di immagine quali l'imaging molecolare e nelle nuove forme di terapia percutanea quale la terapia genica.*

4. *Favorire l'approccio multidisciplinare nella sua attività resa sempre più complessa dagli avanzamenti della tecnologia: l'interfaccia con il medico nucleare è uno dei primi approcci determinato dalla tecnologia PET, e PET/CT.*

5. *Acquisire la dimestichezza di navigare in internet per favorire l'apprendimento e l'aggiornamento su siti web dedicati e disponibili in ogni momento.*

*L'apprendimento costante in una disciplina in continua evoluzione è imperativo. Ricordo quanto ha affermato il filosofo americano, Eric Hofer [31] "Nell'era di cambiamenti drastici coloro che continuano ad apprendere sono quelli che ereditano il futuro".*

*Concludo con un messaggio: "Il radiologo sopravvivrà se saprà reinventarsi".*

## References/Bibliografia

- Levin DC, Rao VM (2004) Turf wars in Radiology: introduction. *JACR* 1:23–25
- Levin DC, Abrams HL, Castaneda-Zuniga WR et al (1994) Why radiologists lost coronary angiography and what can be done to prevent future similar losses. *Invest Radiol* 29:480–484
- Axelrod DA, Fendrick AN, Birkmeyer JD et al (2001) Cardiologists performing peripheral angioplasties (impact on utilization). *Effective Clin Pract* 4:191–198
- Levin DC, Rao VM, Parker L et al (2005) The changing roles of radiologists, cardiologists and vascular surgeons in percutaneous peripheral arterial interventions during a recent five-year interval. *JACR* 2:39–42
- Schnyder P, Capasso P, Meuwly JY (1999) Turf battles in radiology: how to avoid/how to fight/ how to win. *Eur Radiol* 9:741–748
- Levin DC, Rao VM, Maitino AJ et al (2004) Comparative increases in utilization rates of ultrasound examinations among radiologists, cardiologists and other physicians from 1993 to 2001. *JACR* 1:549–552
- Levin DC, Flanders SJ, Spettell CM et al (1995) Participation by radiologists and other specialists in percutaneous vascular and nonvascular interventions: findings from a seven-state database. *Radiology* 196:51–54
- Brealey S, Scally A, Hann S et al (2005) Accuracy of radiographer plain radiograph reporting in clinical practice: a meta-analysis. *Clin Radiol* 60:232–241
- Bradley AJ, Rajashanker GL, Atkinson SL et al (2005) Accuracy of reporting of intravenous urograms: a comparison of radiographers with radiology specialist registrars. *Clin Radiol* 60:807–811
- Williams CD, May L (2005) Progress report on the radiologist assistant. *ACR Bulletin* 60:4
- Batchelor JS (2002) Multidisciplinary boards might calm radiology raucous turf battles. *AuntMinnie-web*, August 2
- Dalla Palma L (2001) Radiologia anno 2001. In quale direzione stiamo andando? *Radiol Med* 101:4–17
- Arenson R (1997) The practice of medicine and radiology in 2020. *Radiology* 203:43A–46A
- Becker GJ (2005) Bioinformatics, computational biology and the National Centers for Biomedical Computing. *JACR* 2:398–399
- Margulis AR, Sostman DH (2004) Radiologist patient contact during performance of cross-sectional examinations. *JACR* 1:162–163
- Johnson AJ, Hawkins H, Applegate KE (2005) WEB-based results distribution: new channels of communication from radiologists to patients. *JACR* 2:168–173
- Dalla Palma L (2004) Advances in digital mammography. *Radiol Med* 107:474–479
- Abe H, MacMahon H, Shiraishi J et al (2004) Computer aided diagnosis in chest radiology. *Sem Ultrasound CT MRI* 25:432–437
- Yoshida H, Dachman AH (2004) Computer aided diagnosis for CT colonography. *Sem Ultrasound CT MRI* 25:419–431
- Zhu Q, Cronin E, Currier AA et al (2005) Benign versus malignant breast masses: optical differentiation with US guided optical imaging reconstruction. *Radiology* 217:57–66
- Salvatore M, Del Maschio A (2004) L'imaging molecolare: la nuova frontiera della diagnostica per immagini. *Radiol Med* 107:426–427
- Thrall JH (2004) Nanotechnology and medicine. *Radiology* 230:315–318
- Scarsbrook AF, Graham RNJ, Perris RW (2005) The scope of educational resources for radiologists on the internet. *Clin Radiol* 60:524–530
- Xiaoming Y (2003) Imaging of vascular gene therapy. *Radiology* 228:26–49
- Gill IE, Ondategui-Parra S, Nathanson E et al (2005) Strategic planning in Radiology. *JACR* 2:348–357
- Schulthess von GK (2005) PET/CT need not become a medical battleground. *Diagn Imag Eur May*:40
- Graham MM, Fajardo LL (2004) Radiology and nuclear medicine: building a stronger partnership. *JACR* 1:237–238
- Borgstede JP (2005) From research into practice. *JACR* 2:295–296
- Marano P (2005) La crisi della medicina accademica: ruolo del Collegio. *Relazione Collegio Professori di Radiologia*, Scanno, 30 giugno-2 luglio
- Arenson RL, Dunnick R, Hilman BJ (2002) Time for change: new emphasis on training for radiology research. *Acad Radiol* 9:695–699
- Hoffer E (1973) *Reflections on the human condition*. Harper and Row, New York