

Fisica in Medicina

n. 2/2009
Aprile - Giugno

Periodico trimestrale di formazione,
informazione e aggiornamento della
Associazione Italiana di Fisica Medica



www.aifm.it

Associazione Italiana di Fisica Medica

Presidente:

G. Pedrolì (Milano)

Consiglieri:

A. Crespi (Monza)

A. Del Guerra (Pisa)

G. Gialanella (Napoli)

S. Maggi (Ancona)

G. Meleddu (Cagliari)

M. Reggìo (Verona)

R. Ropolo (Torino)

A. Valentini (Trento)

Segretario-Tesoriere:

L. Bianchi (Busto Arsizio)

Periodico Fisica in Medicina

Direttore Onorario:

P. Tosi (Milano)

Direttore responsabile:

F. Levrero (Genova)

Segretario di Redazione:

N. Canevarollo (Genova)

Componenti del Comitato di Redazione:

G. Borasi (Reggio Emilia)

M.G. Brambilla (Milano)

M.C. Cantone (Milano)

C. Canzi (Milano)

R. Di Liberto (Pavia)

F. Di Martino (Pisa)

P. Isoardi (Torino)

P. Moresco (Pietra L.-SV)

L. Moro (Pavia)

L. Raffaele (Catania)

S. Squarcia (Genova)

C. Traino (Pisa)

F. Turrini (Varese)

Sommario

Verbale Assemblea Ordinaria AIFM	99
L'offerta formativa ECM dell'AIFM nel 2008 di C. Canzi e A. Crespi	105
Novità ICRP, ICRU, NCRP a cura di N. Canevarollo	
ICRP	106
ICRU	124
NCRP	129
Vibrazioni meccaniche e sistema nervoso di F. Bistolfi	107
La nanoscopia ottica in fluorescenza come nuova frontiera della microscopia ottica di A. Diaspro	119
Large Hadron Collider: l'apertura di un nuovo orizzonte di S. Squarcia	125
Dosimetria individuale di pazienti sottoposti a terapia recettoriale con peptidi radiomarcanti di E. Grassi, F. Fioroni e G. Borasi	130
Il nuovo settore per le verifiche autorizzative ed ispettive in R.I. e R.M. di F. Campanella, R. Curini, M. Mattozzi e A.S. Panebianco	136
IAEA TEDOC 1540 - Aprile 2007 a cura di M.G. Brambilla	143
Documento HPA sulla radioprotezione delle gestanti a cura R. Luraschi	146
Cinema e scienza: un excursus sulla fisica al cinema di A. Testa	149
La dosimetria in radiologia di G. Ceresole (I Parte) a cura di L. Moro	156
Point/Counterpoint: rubrica di Medical Physics a cura di F. Levrero	164
Schema D.Lgs. di attuazione della Legge 4 marzo 2009 n. 15 a cura di G. Capelli	166
VI Congresso Nazionale AIFM - Programma scientifico	168

Stampato nel mese di Luglio 2009

Trimestrale dell'Associazione Italiana di Fisica Medica - autoriz. n. 24 del 18/11/94 Trib. di Genova Omicron Editrice - 16143 Genova, Via Imperiale 43/1 - tel. 010.510251/501341 - fax 010.514330 - e-mail: omicred@tin.it - www.omicred.com - Abbonamento annuo per i non iscritti euro 40,00 (I.V.A. assolta dall'editore - art. 74 lett. c D.P.R. 26/10/72 n. 633 e D.M. 28/12/72 - compresa nel prezzo dell'abbonamento). Tariffa **R.O.C.** - Poste Italiane S.p.A. Spedizione in Abbonamento Postale - D.L. 353/2003 (conv. in L. 27/02/2004 n. 46) art. 1 comma 1, DCB Genova

In copertina: quando la tecnologia diventa una "forma" d'arte: il magnete superconduttore di LHC, il più potente finora realizzato per la più grande macchina costruita dall'uomo (per gentile concessione dell'INFN)

NOTIZIARIO DI MEDICINA NUCLEARE ED IMAGING MOLECOLARE

Anno V, n. 2 - Maggio 2009



PERIODICO ELETTRONICO BIMESTRALE D'INFORMAZIONE IN MEDICINA NUCLEARE

A CURA DELL'ASSOCIAZIONE ITALIANA DI MEDICINA NUCLEARE ED IMAGING
MOLECOLARE

Iscritto al n. 813/05 del registro stampa del Tribunale di Milano , con ordinanza del 24.10.2005 dello stesso Tribunale

Direttore Responsabile: Luigi Mansi, luigi.mansi@unina2.it

Segretario Editoriale: Vincenzo Cuccurullo, vincenzo.cuccurullo@unina2.it

A due mesi dall'insediamento del CD - Il Consiglio Direttivo AIMN

La salute è il silenzio del corpo - Luigi Mansi

Riflessioni e testimonianza di un ex malato di cancro - Roberto dall'Olio

La sanità che vorrei... - Medici specialisti del centro PET-TC di Bolzano

Il "Targeted Imaging" - William C. Eckelman, traduzione a cura di Nicoletta Urbano

A proposito della tecnologia innovativa 3D-CBS - Dario Crosetto

Gruppi di studio AIMN - Luigi Mansi

Dal Forum dei Giovani AIMN - Stefano Panareo

La finestra sull'AIFM - Guido Pedrolì e Fabrizio Levvero

Alla ricerca del tempo perduto - Maurizio Bestagno

Nuclei familiari - La redazione

News - Vincenzo Cuccurullo

Verbale dell'Assemblea Ordinaria dei soci dell'AIFM

Non essendo stato raggiunto il quorum previsto in prima convocazione, l'Assemblea Ordinaria dei soci dell'Associazione Italiana di Fisica Medica si è riunita in seconda convocazione il giorno 27 marzo alle ore 18,00 presso l'aula A della Direzione Sanitaria dell'A.O. S. Camillo-Forlanini di Roma con il seguente Ordine del Giorno:

- 1) relazione del Presidente
 - 2) relazione del Segretario
 - 3) approvazione del bilancio consuntivo 2008 e preventivo 2009
 - 4) ratifica nuovi soci
 - 5) nomina Revisori dei Conti
 - 6) ratifica del Comitato Scientifico
 - 7) Codice Deontologico
 - 8) varie ed eventuali
- Sono presenti 26 soci.

Il Presidente nomina Segretario dell'Assemblea il Segretario Generale Dott. Lorenzo Bianchi.

Il Presidente apre l'Assemblea presentando una breve relazione sull'attività svolta nell'ultimo periodo. In particolare evidenzia il lavoro in corso al fine di ottenere il riconoscimento ministeriale dell'AIFM quale associazione professionale, sottolineando che i punti 5) e 7) all'ordine del giorno, relativi alla nomina dei Revisori dei Conti e al Codice Deontologico, richiedono decisioni necessarie al fine dell'applicazione del nuovo statuto e quindi sono ulteriori passi nella direzione di tale riconoscimento.

Fa inoltre presente che è ancora aperta la decisione su quale strada scegliere per ottenere un eventuale riconoscimento normativo della professione, che, come ben noto, sarebbe molto più importante del riconoscimento dell'AIFM come associazione professionale, e su quali debbano essere i rapporti da tenere con ANFeA a tal fine. Ricorda a tale proposito di aver inviato lo scorso dicembre una nota in cui si precisava che il rapporto con ANFeA sarebbe stato gestito direttamente dall'Associazione e che non vi era alcuna necessità che i soci AIFM si iscrivessero ad ANFeA anche per evitare doppioni non solo inutili ma forse anche potenzialmente controproducenti.

Comunica che anche per l'anno accademico 2008-09 non sono stati finanziati i contratti

di formazione per gli specializzandi in fisica sanitaria e che, nonostante inizialmente il Coordinamento dei Direttori delle Scuole di Specializzazione fosse intenzionato a non avviare i corsi del primo anno in assenza di tali contratti, non c'è stata poi una presa di posizione comune dei Direttori. Pertanto anche per l'anno accademico 2008-09, che del resto non si sa ancora quando avrà inizio, non ci saranno sostegni economici per gli specializzandi, salvo i pochi casi in cui sono le Università stesse o le Regioni a istituire borse di studio per le scuole di fisica sanitaria.

Comunica infine che, a seguito della deliberazione, da parte della ASL di Matera, con cui veniva nominata vincitrice del concorso pubblico per un posto di fisico del ruolo sanitario una candidata non in possesso né della laurea in Fisica, né della specializzazione in Fisica Sanitaria, l'Associazione ha presentato, insieme alla candidata risultata seconda in graduatoria, ricorso al TAR della Regione Basilicata contro tale deliberazione. Al termine della relazione il Presidente invita il Segretario Generale Tesoriere a tenere la propria relazione e ad illustrare il bilancio consuntivo dell'anno 2008 e preventivo dell'anno 2009. I documenti relativi sono allegati al presente verbale e ne costituiscono parte integrante (all. 1).

L'Assemblea approva all'unanimità il bilancio consuntivo dell'anno 2008 e quello preventivo dell'anno 2009.

Si passa successivamente alla ratifica dei nuovi soci, le cui domande di iscrizione erano state presentate dopo l'ultima Assemblea Ordinaria, tenutasi a Sestri Levante il 3.10.2008, e che erano già state approvate dal Consiglio Direttivo, come da elenco allegato al presente verbale, che ne costituisce parte integrante (all. 2).

L'Assemblea ratifica all'unanimità.

Il Presidente passa al successivo punto all'ordine del giorno relativo alla nomina dei Revisori dei Conti.

Ricorda che l'art. 11 dello Statuto stabilisce che, se ammesso per legge, il Collegio dei Revisori dei Conti possa essere sostituito da un Revisore dei Conti Unico e che il Comitato Direttivo ha deciso di proporre all'Assemblea dei soci di nominare questa figura al posto del

collegio in quanto, oltre ad essere ammesso per legge come richiesto, ciò corrisponde ad una semplificazione burocratica, tenuto anche conto che il bilancio dell'Associazione risulta essere semplice e di facile comprensione. Pone pertanto ai voti la suddetta proposta.

L'Assemblea approva a grandissima maggioranza con nessun voto contrario e un solo astenuto.

Il Presidente propone quindi la nomina quale Revisore dei Conti Unico della Dott.ssa Alessandra Lecchi. Il compenso richiesto dalla Dott.ssa Lecchi sarà di 1500,00 Euro all'anno.

L'Assemblea approva a grandissima maggioranza con nessun voto contrario e un solo astenuto.

Viene quindi messo in discussione il 6° punto all'ordine del giorno.

Il Presidente chiede, ai sensi dell'art. 16 dello statuto, la ratifica del Comitato Scientifico nominato dal Consiglio Direttivo, costituito, oltre che dal Direttore della Scuola Superiore di Fisica in Medicina Alberto Torresin, dai seguenti componenti: Danilo Aragno, Marta Bucciolini, Andrea Crespi (rappresentante della Direzione dell'AIFM per la qualità), Piero Feroldi, Cristina Marchetti, Giuliano Moschini (rappresentante dei Direttori delle Scuole di Specializzazione), Alberto Pilot, Michele Stasi.

L'Assemblea approva all'unanimità.

Successivamente il Presidente chiede che, in attesa di una più ampia revisione, che sarà presentata all'assemblea di Reggio Emilia, il Codice Deontologico sia denominato "Codice Deontologico dell'Associazione Italiana di Fisica Medica" e sia modificato in modo da tener conto della nuova denominazione professionale presente nello statuto e quindi sostituendo al termine "fisico medico" il termine "specialista in fisica medica".

Il Codice Deontologico così modificato è allegato al presente verbale e ne è parte integrante.

L'Assemblea approva all'unanimità.

Il Presidente passa infine all'ultimo punto all'ordine del giorno chiedendo al Segretario

Generale di fare un breve resoconto dell'audizione presso la Commissione Igiene e Sanità del Senato riguardante l'indagine conoscitiva in corso sul trasporto infermi e reti di emergenza - urgenza, a cui hanno partecipato quali rappresentanti dell'AIFM il Segretario Generale e il Direttore della Scuola Caldirola.

Bianchi riferisce che l'oggetto dell'indagine, di per sé, non è argomento specifico di pertinenza dei fisici, anche se in ogni caso vi sono spazi di intervento per quanto riguarda le reti trasmissioni dati e le apparecchiature radiologiche impiegate in regime di emergenza - urgenza. L'audizione è stata quindi orientata a far comprendere quelle che sono le competenze specifiche dei fisici all'interno del Servizio Sanitario Nazionale, sottolineandone l'appartenenza al ruolo sanitario, a differenza di altre figure, quali gli ingegneri clinici, che rientrano nel ruolo amministrativo; tali competenze, acquisite nel corso degli anni di formazione, consentono di essere l'interfaccia ottimale fra il quesito clinico posto dal medico e la tecnologia in grado di meglio rispondere al quesito specifico. Inoltre la rete di più di 600 fisici, organizzati in oltre 100 Servizi di Fisica Sanitaria, distribuiti su tutto il territorio italiano anche se in modo disomogeneo, può essere uno strumento potente per effettuare ricognizioni ed interventi su vasta scala. Al termine della relazione la Commissione XII ha incaricato l'AIFM di effettuare una ricognizione a livello nazionale sulla dotazione strumentale presente sui mezzi del 118 e sul parco macchine radiologiche a disposizione dei DEA, oltre a fornire indicazioni sullo stato dell'arte delle apparecchiature oggetto dell'indagine. I coordinatori dei gruppi regionali sono stati quindi informati e incaricati di effettuare la raccolta dati all'interno delle proprie regioni, a partire dalle indicazioni che i responsabili delle Aziende del 118 forniranno (a tal proposito è stato stabilito un contatto diretto con il Direttore Sanitario del 118 della Regione Lombardia, Dott. Salmoiraghi).

L'Assemblea si conclude alle ore 19,00.

Il Presidente *Guido Pedrolì*

Il Segretario dell'Assemblea *Lorenzo Bianchi*

Allegato 1
BILANCIO AL 31 DICEMBRE 2008

STATO PATRIMONIALE	Esercizio 2008	Esercizio 2007
ATTIVO		
Immobilizzazioni materiali		
- Computer	2.628	2.628
Disponibilità liquide		
- carte prepagate e paypal		1.347
- banche c/c e c/c postale	54.843	24.776
	<u>54.843</u>	<u>26.113</u>
Crediti diversi		
Ratei e risconti		
- risconti attivi		
- ratei attivi	2.666	20.772
	<u>2.666</u>	<u>20.77</u>
TOTALE	60.137	49.512
PASSIVO		
Fondo patrimoniale		
- avanzo di gestione 1999	11.200	11.200
- disavanzo di gestione 2000	-5.823	-5823
- disavanzo di gestione 2001	-33	-33
- avanzo di gestione 2002	12.996	12.996
- avanzo di gestione 2003	8.139	8.139
- disavanzo di gestione 2004	-9.912	- 9,911
- disavanzo di gestione 2005	-5.154	-5.154
- disavanzo di gestione 2006	-22.269	-22.269
- avanzo di gestione 2007	24.466	24.466
- avanzo di gestione 2008	5.769	
	<u>19.379</u>	<u>13.610</u>
Fondi ammortamento		
-Fondo amm.to computer	1.051	526
Debiti a breve		
- verso diversi	5.264	10.600
RATEI E RISCONTI		
- ratei passivi	28.323	18.656
- riscontri passivi	6.120	6.120
	<u>34.443</u>	<u>24.776</u>
TOTALE	60.137	49.512
RENDICONTO ECONOMICO: ENTRATE		
ENTRATE ORDINARIE		
- Quote associative	80.640	80.520
- Quote soci collettivi	2.400	
- Gestione congressuale 2007	710	18.000
- Corsi a pagamento	350	
- Quote assoc. non id.te e anni precedenti		11.924
- Erog.ni liberali		1.000
	<u>87.151</u>	<u>111.444</u>

PROVENTI STRAORDINARI		
- Sopravvenienze attive	5.420	0
	5.420	0
PROVENTI FINANZIARI		
- Interessi attivi c/c		118
TOTALE	92.571	111.562
	Esercizio 2008	Esercizio 2007
USCITE		
- Locazioni	1.500	2.360
- Telefoniche	110	95
- Servizi di segreteria e da terzi	60	60
- Contributi ad altre associazioni	10.335	9.954
- Stampa sociale		
Fisica Medica	20.776	23.803
Ristorni Elsevier		-2.292
Fisica in Medicina e Codice deontologico	14.387	20.631
- Stampati istituzionali e elettorali	1.056	
- Ammortamento Notebook	526	526
- Sito Internet ed abb.to	2.373	1.493
- Convegni e corsi e congressi	-10	
- Corsi ECM	4.128	5.112
- Premi e Borse di studio	3.045	
- Corrieri e postali	284	268
- Consulenze amm.ve e notarili		2.703
- Consulenza legale	3.672	
- libri e riviste		52
- rimborsi spese segreterie regionali	3.287	3.058
- Rimborsi spese segreteria (viaggi amm.ve)	5.050	6.185
- Rimborso spese CD	9.439	7.528
- Rimborso spese viaggi istituzionali	4.280	2.697
- Spese bancarie e di c.c.postale	2.150	2.503
- Omaggi e benemerienze		120
- Spese varie amministrative e manuntenzioni	354	240
- Sopravvenienze passive		5.200
	86.802	87.096
Disavanzo di gestione		
Avanzo di gestione	5.769	24.446
	92.571	111.562
DETTAGLI AL BILANCIO 31.12.2008		
RATEI ATTIVI		
- Iscrizione 2009 inc nel 2008	240	18.00
- Nota credito Elsevier da ricevere		2.292
- Rimborsi doppio pagamento da ricevere	361	361
- sopravvenienze differenze congresso	2.065	
- Interessi attivi c/c bancario		119
	2.666	20.772
DEBITI DIVERSI		
- Quote associative anno successivo	6.120	6.120
- Erario conto IVA	20	
- Cruccolini conto assicurazioni	5.244	10.600
	11.384	16.720

RATEI PASSIVI		
- Iscrizione FIRR e IRPA		5.570
- Studio Colella - cons. fiscale-amm.va	3.045	2.703
- Avv Ruscigno cons. legale	3.672	
- Rimborsi viaggi e ristoranti	1.072	514
- Contributo villa Cagnola	1.500	1.500
- Omicron s.r.l.	3.015	4.155
- Dominio Pysicamedica	124	
- Physica Medica		17.900
- Spese bancarie e postali		94
- Cruccolini per saldo premi	11.380	
- Rimborso spese segreteria	4.515	4.120
	28.323	18.656

DETTAGLI REND. ECON. - 31.12.2008	Esercizio 2007	Esercizio 2008
CONTRIBUTI AD ALTRE ASSOCIAZIONI		
- IOMP	1.534	1.636
- IRPA	5.420	5.420
- COLAP	250	
- EFOMP	2.981	2.748
- FIRR	150	150
	9.954	9.465
STAMPA SOCIALE		
- Rivista "Fisica in Medicina" e cod. deontologico	14.387	20.630
- Rivista "Phisica Medica"	20.776	21.511
TOTALE	35.163	42.141

PREVENTIVO ANNO 2009	2009
Entrate	
Avanzo gestioni precedenti	
Quote associative anno (600 soci ordinari x 120)	72.000
Quote associative anno (200 soci juniores x 60)	12.000
Soci collettivi	
Interessi attivi c/c	
Proventi straordinari Congresso Nazionale	23.000
Erogazioni liberali	
	107.000
Uscite	
Rimborsi spese direttivo	12.000
viaggi istituzionali	5.000
Consulenza amministrativo-fiscale	3.500
Consulenza legale	12.000
Revisore unico	1.500
Spese per segreteria	8.000
Physica Medica	20.000
Ristorni Elsevier	-5.000
Fisica in Medicina	14.000

Report AIFM	7.000
Spese bancarie (Paypal)	1.800
Spese bancarie BCI e c/c postale	700
Spese sito internet (www.aifm.it)	2.000
Consiglio prof.le e gruppi regionali	3.500
Oneri accreditamento Provider ECM	3.500
Quota per adesione IRPA	5.420
Quota per adesione EFOMP	3.000
Quota per adesione IOMP	1.700
Quota per adesione COLAP	250
Quota per adesione FIRR	150
Totale	<u>100.020</u>
Avanzo previsto	<u>6.980</u>

Allegato 2		
Nuovi soci da ratificare		
Gloria Vilches Freixsas	Alessandro Saraceno	Chiara D'Ambrosio
Alice Ferretti	Marta Marcantonini	Emanuele Gueli
Elisabetta De Sapio	Stefania Teodoli	Caterina Capomolla
Barbara Caccia		



Scuola Superiore di Fisica in Medicina "P. Caldirola"

**LA RADIOPROTEZIONE DEI LAVORATORI
E DELLA POPOLAZIONE: ASPETTI RILEVANTI
CONNESSI ALLE ATTIVITÀ SANITARIE**

Villa Cagnola, Gazzada - Ottobre 2009

4a edizione

Responsabile Scientifico: Antonella del Vecchio
Coordinatori Scientifici: Luisa Pierotti, Stefania Maggi
Durata del Corso: 3 giornate (data da stabilire)

L'OFFERTA FORMATIVA ECM DELLA AIFM NEL 2008

Cristina Canzi – Andrea Crespi

Nel 2008 l'AIFM ha proposto 10 eventi formativi accreditati con il sistema ministeriale ECM e sono riportati nella tabella.

TITOLO	LUOGO DELL'EVENTO	DATA INIZIO	CREDITI
Corso di formazione per esperti responsabili della sicurezza in risonanza magnetica	Roma	10-4-2008	30
Fisica, dosimetria e ottimizzazione nella diagnostica e terapia medico nucleare	Gazzada (Va)	14-5-2008	16
Utilizzo della tecnologia MOSFET nella pratica radioterapica: stato dell'arte, prospettive future	Bergamo	23-5-2008	5
Radioterapia a intensità modulata: aspetti clinici, tecnici, planning e dosimetria	Trento	29-5-2008	12
La sicurezza laser nelle applicazioni cliniche	Milano	5-6-2008	7
Esperienze degli ospedali lombardi a confronto nella radioterapia del distretto testa-collo	Milano	26-6-2008	4
Le applicazioni avanzate della fisica medica in radioterapia e nella diagnostica per immagini	Sestri Levante (Ge)	2-10-2008	7
La radioprotezione dei lavoratori e della popolazione: aspetti rilevanti connessi alle attività sanitarie	Bari	8-10-2008	18
Tecniche avanzate in RM: dai principi alle applicazioni in vivo	Como	5-11-2008	18
Esperienze degli ospedali lombardi a confronto nella radioterapia del distretto toracico	Milano	10-12-2008	4

Sei di questi eventi (60%) sono stati organizzati nell'ambito delle attività della Scuola Superiore di Fisica in Medicina "P.Caldirola" che negli ultimi 2 anni ha aumentato la propria offerta da 2-3 corsi all'anno a 4 e 6 rispettivamente nel 2007 e 2008. La Scuola Caldirola ha inoltre diversificato la sede dei corsi ambientandone solo 1 nella sede stori-

ca di Villa Olmo a Como e gli altri a Milano, Gazzada (Va), Sestri Levante (Ge), Roma e Bari per cercare di agevolare l'accesso dei soci. Bisogna purtroppo osservare che gli unici corsi svolti nel Centro-Sud Italia sono proprio quelli di Roma e Bari. E' venuto infatti a mancare, rispetto agli scorsi anni, il contributo alla proposta formativa dei gruppi

regionali della AIFM, ad eccezione della Lombardia che regolarmente propone 2 corsi all'anno. L'unico gruppo ospedaliero che con regolarità propone 1 corso all'anno è quello dell'Ospedale S.Chiera di Trento. Probabilmente negli ultimi tempi molti colleghi avranno optato per l'accreditamento regionale di loro proposte formative poiché ha procedure più snelle rispetto a quello ministeriale, tuttavia questi eventi hanno bisogno di maggiore "pubblicità" in quanto meno "visibili" non essendo raggruppati in un unico elenco come quello del sito WEB ECM ministeriale.

Gli argomenti trattati nei 10 corsi sono prevalentemente di radioterapia (40%), tuttavia tutti i settori che coinvolgono la disciplina del fisico medico sono stati considerati con almeno 1 evento riguardante la radiodiagnostica, la medicina nucleare, la risonanza

magnetica e la radioprotezione.

Il credito medio per ora di lezione è di 0.94 in linea con gli scorsi anni; il range è 0.78-1.2 e questi estremi corrispondono rispettivamente ai corsi con più (150) e meno (24) posti disponibili.

Tre dei 10 corsi sono stati gratuiti.

L'obbligo dell'aggiornamento professionale è ormai in vigore dal 2002 e tante aziende ospedaliere si sono organizzate affinché i propri dipendenti acquisiscano crediti mediante eventi interni. Questo tipo di aggiornamento è sicuramente molto agevole ed economicamente vantaggioso ma spesso è generalista. L'aggiornamento specifico per la nostra professione è garantito dalle proposte della AIFM che però risultano ancora non uniformemente distribuite sul territorio nazionale.

Novità ICRP, ICRU, NRCP e altro

a cura di Nuccia Canevarollo



INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION

ICRP 107 "Nuclear Decay data for Dosimetric Calculation"

Mentre è terminato il periodo di consultazioni del draft di uno degli ultimi lavori ICRP dal titolo "Preventing Accidental Exposures from New External Beam Radiation Therapy Technology", di cui sono state fatte alcune anticipazioni nell'ultimo numero del nostro periodico, è uscita la Pubblicazione 107 "Nuclear Decay Data for Dosimetric Calculation", il database elettronico dei dati fisici richiesti nel calcolo di quantità radioprotezionistiche operative specifiche per i radionuclidi. Il database sostituisce quello della Pubblicazione 38 e sarà usato in futuro dalla ICRP per i coefficienti di dose di intake o di esposizione a radionuclidi nell'ambiente e nelle attività lavorative. Esso contiene dati sulle energie e intensità di emissione di 1251 radionuclidi, dei quali 922 isotopi con emivita maggiore di 10 minuti e 329 isotopi con emivita minore di 10 minuti. Il CD che accompagna la pubblicazione è stato concepito per una facile consultazione da parte dell'utente ed esiste una applicazione Windows che fornisce visualizzazioni complete di un dato radionuclide e la possibilità di eportare i dati delle emissioni per calcoli successivi.

Ancora in corso invece i lavori per "The ICRP Reference Computational Phantoms of The Adult Male and Female", nel cui draft viene specificato lo scopo del lavoro, che consiste nella descrizione dei nuovi fantocci a voxel di riferimento RMCP e RFCP, utilizzati nella Pubblicazione 103 per l'aggiornamento dei coefficienti di conversione delle dosi agli organi. I fantocci sono derivati da dati reali provenienti dall'imaging medico. Il report descrive il metodo usato in tale processo e le caratteristiche dei modelli a voxel derivanti. Ancora, la pubblicazione sarà accompagnata da un CD contenente i dati numerici dei fantocci.

VIBRAZIONI MECCANICHE E SISTEMA NERVOSO

Azioni lesive ed effetti terapeutici

di Franco Bistolfi

1. Introduzione
 2. Richiami sulla fisica delle vibrazioni meccaniche di bassa frequenza.
 3. Azioni lesive delle vibrazioni meccaniche sul sistema nervoso
 - 3.1 Sindrome da vibrazioni mano-braccio
 - 3.2 Sindrome da vibrazioni al corpo intero
 4. Effetti terapeutici da vibrazioni meccaniche sul sistema nervoso
 - 4.1 Dolore lombare cronico
 - 4.2 Fibromialgia nelle donne
 - 4.3 Dolore da polineuropatia in pazienti con HIV
 - 4.4 Vibrazioni meccaniche come anestetico locale
 - 4.5 Vibrazioni piezoelettriche di un ago o di un catetere per facilitare l'anestesia ultrasuono-guidata di un nervo periferico
 5. Discussione e conclusioni
- Bibliografia

1. Introduzione

In una visione generale delle vibrazioni di bassa frequenza cui l'uomo può essere esposto, Hong e coll. (1) le riassumono in tre categorie: vibrazioni trasmesse simultaneamente a tutta la superficie corporea da parte di suoni di alta intensità in aria o in acqua; vibrazioni trasmesse al corpo intero attraverso una superficie di supporto (piedi, sacro), come si verifica nell'uso di veicoli e nell'impiego terapeutico di pedane vibranti; vibrazioni, trasmesse agli arti superiori da parte di strumenti vibranti manovrati con la mano.

Secondo von Gierke (2) tutti gli stimoli meccanici (suoni, infrasuoni, vibrazioni) pur avendo molti elementi in comune rivelano differenze importanti nell'intensità delle risposte fisiologiche. Ciò si verifica specialmente per le *vibrazioni unidirezionali* generate da oggetti vibranti a fronte delle *vibrazioni pluridirezionali* generate in aria da suoni e infrasuoni.

Il campo delle vibrazioni trasmesse da strumenti vibranti è stato oggetto di estese ricerche in Medicina del Lavoro, principalmente mirate su due complessi fisiopatologici: la sindrome da vibrazioni al sistema mano-braccio e la sindrome da vibrazioni al corpo intero, ma prima di considerare i sintomi neurologici presenti in queste due sindromi professionali e i possibili

impieghi terapeutici delle vibrazioni in campo neuropatologico, riteniamo interessante qualche richiamo sulla fisica delle vibrazioni meccaniche di bassa frequenza.

2. Richiami sulla fisica delle vibrazioni meccaniche di bassa frequenza

Poichè le vibrazioni sono una forza meccanica variabile nel tempo sinusoidalmente e caratterizzata dalla *velocità* in m/s e dall'*accelerazione* in m/s per s (m/s^2), si impone la necessità di calcolare la 'root mean square' (rms) dell'accelerazione, onde averne il valore medio effettivo ponderato in frequenza. Anzichè in m/s^2 , l'accelerazione di una vibrazione può anche esprimersi con il suo ordine di grandezza, indicandone il livello logaritmico in dB rispetto al valore di riferimento $a_0 = 10^{-6} m/s^2$.

Il rapporto fra i due modi di esprimere l'accelerazione è dato da

$$L = 10 \log \left[\frac{a}{a_0} \right]^2 = 20 \log \left[\frac{a}{a_0} \right]$$

dove L è il livello di vibrazione in dB, a è l'accelerazione in m/s^2 e a_0 , è l'accelerazione di riferimento (1). Ad esempio, se $a = 1.0 m/s^2$ (che possiamo anche scrivere $10^0 m/s^2$), il livello L in dB sarà:

$$L = 20 \log \left[\frac{10^0}{10^{-6}} \right]$$

$$L = 20 [\log 10^0 - \log 10^{-6}]$$

$$L = 20 [0 - (-6)] = 120 \text{ dB}$$

Le pubblicazioni ISO 5349 e ISO 2631 contengono linee guida per le vibrazioni al sistema mano-braccio e rispettivamente al corpo intero. In quei documenti i 4 fattori fisici che determinano la risposta dell'uomo alle vibrazioni risultano essere l'intensità, la frequenza, la direzione e la durata della vibrazione; vi è anche prescritto che il valore effettivo rms dell'accelerazione debba misurarsi lungo i tre assi ortogonali del sistema interessato. Nel sistema mano-braccio, l'asse Z è l'asse longitudinale dell'avambraccio, l'asse Y segue la direzione dal 1° al 5° metacarpo e l'asse X è perpendicolare ai primi due (3,4,5). Per il corpo intero, Z è l'asse longitudinale testa-piedi, Y l'asse trasversale e X l'asse antero-posteriore.

Nel corpo umano, *gli assi XY e Z non sono ugualmente sensibili agli effetti da vibrazione*. Per il sistema mano-braccio, ad es., gli effetti prodotti da uno strumento vibrante impugnato dal soggetto sono maggiori lungo l'asse Z rispetto agli assi X e Y, ma gli effetti acuti complessivi da vibrazione saranno meglio rappresentati dalla somma vettoriale dei valori rms di accelerazione lungo i tre assi, come prescrive l'ISO 5349 (6).

I gruisti sembrano più sensibili alle vibrazioni del corpo lungo gli assi X e Y rispetto a quelle verticali lungo l'asse Z (7). Anche uno studio di Sorainen e Rjtkönen (8) sui conducenti di locomotori diesel ed elettrici concludeva che alla massima velocità le vibrazioni di 1 - 1.6 Hz del sedile di guida erano prossime al limite ISO 2631/1 di "riduzione dell'efficienza lavorativa da fatica" lungo l'asse Y, direzione considerata più pericolosa delle altre due.

Aspetti fisici importanti per i soggetti professionalmente esposti a vibrazioni sono la *risonanza* e l'*impedenza meccanica*. Negli operatori di motoseghe esposti a vibrazioni del sistema mano-braccio si riscontrano fenomeni di risonanza su avambraccio e gomito tra 10 e 16 Hz (9), ma anche a 20 Hz (10). Per contro, nei soggetti esposti da seduti o in stazione eretta a vibrazioni al corpo intero di 1-20 Hz lungo l'asse Z una prima risonanza principale per il corpo si rileva intorno a 5 Hz, ed una seconda risonanza principale fra 8 e 12 Hz (11). Anche i grandi organi addominali vibrano in risonanza a frequenze molto basse (9) e questo spiega la grande sensibilità dei visceri addominali all'azione degli infrasuoni di pochi Hz in aria.

I surriferiti valori di risonanza non sono assoluti, in quanto dipendono anche dalla impedenza meccanica della regione esposta, fattore che a sua volta influisce sulla frequenza e sull'intensità della vibrazione. Così, ad es., la *tensione muscolare* e la stessa *posizione del corpo* sono decisive nel determinare gli effetti da vibrazione. La frequenza di risonanza del corpo intero, infatti, tende a diminuire se il soggetto esaminato passa dalla posizione eretta a quella sdraiata(11) perché in questo cambio di posizione cambia anche lo stato di tensione dei vari gruppi muscolari e, con essa, l'impedenza. Osservazione in accordo con quanto dimostrato sperimentalmente da Kihlberg (12) in soggetti operanti con diversi tipi di martello pneumatico; l'aumento di forza nell'impugnare o nello spingere lo strumento aumentava l'impedenza e con questa anche la frequenza di risonanza. Infatti, aumentare la forza di impugnatura significa contrarre la muscolatura, per cui il sistema mano-braccio viene a comportarsi *come una molla più rigida* e la frequenza di risonanza aumenta.

Sul piano fisico, oltre alla frequenza e alla grandezza di una vibrazione in m/s², merita una particolare attenzione anche il tipo di vibrazione in quanto l'assorbimento di energia meccanica nella mano e nel braccio dell'operatore ne dipende moltissimo. Ciò è stato dimostrato da Burstrom e Söransson (13) con vibrazioni al sistema mano-braccio di tipo impulsivo ("shock-type") in confronto a vibrazioni in onda continua. La vibrazione di tipo impulsivo genera ad ogni impulso un transiente energetico iniziale con un picco di accelerazione molto elevato.

Diversi autori hanno dimostrato che le vibrazioni di tipo impulsivo portano a una maggior prevalenza di sintomi vascolari rispetto alle vibrazioni non impulsive. Lo stesso dicasi per gli *effetti sul sistema nervoso* (diminuita sensibilità vibrotattile) e sull'apparato locomotore del sistema mano-braccio. Nella *vibrazione di tipo impulsivo* ed anche nel *rumore di tipo impulsivo*, si assume che una maggior quantità di energia assorbita per unità di tempo (potenza) rappresenti un fattore di rischio aggiunto (14). V'è inoltre da considerare che uno stimolo meccanico caratterizzato da rapide variazioni nel tempo ha maggiori probabilità di dar luogo nei tessuti alla *trasduzione mecano-elettrica* (effetto TEMA invertito) cui possono conseguire azioni lesive da parte delle brevi staffilate elettriche indotte dalla vibrazione a impulsi.

3. Azioni lesive delle vibrazioni meccaniche sul sistema nervoso

Le azioni lesive più note nei soggetti professionalmente esposti alle vibrazioni meccaniche generate da motoseghe, martelli pneumatici, guida di veicoli pesanti, trattori, scavatrici, macchine forestali, veicoli militari, veicoli fuoristrada, treni ed elicotteri (15,16,17,18) si configurano in due sindromi ampiamente studiate in Medicina del Lavoro: la sindrome da vibrazioni mano-braccio e la sindrome da vibrazioni corpo intero. Di entrambe le sindromi professionali prenderemo in particolare considerazione soltanto gli effetti e i sintomi neuropatologici, come contraltare agli effetti terapeutici indotti sul sistema nervoso da vibrazioni meccaniche di breve durata

3.1 Sindrome da vibrazioni mano-braccio

Questa sindrome comprende un insieme di effetti vascolari (angiospasma, fenomeno di Raynaud secondario, microangiopatia, trombosi), effetti osteoarticolari, effetti ischemici, anche a distanza dall'arto esposto alle vibrazioni ed effetti neurologici.

I *sintomi neurologici* della sindrome vibrazionale mano-braccio consistono in alterazioni della via somatosensoriale, della via uditiva, delle funzioni cognitive e della velocità di conduzione nervosa. Le alterazioni del SN autonomo sarebbero invece rivelate dall'ipotensione ortostatica, da una sudorazione eccessiva, da disturbi del sonno e da impotenza (19). Altri autori (20), per contro, riconoscono le alterazioni dell'attenzione e di altre funzioni cognitive ma non le alterazioni della via uditiva e del tratto somatosensoriale.

A parte l'interesse intrinseco dei sintomi neurologici centrali riportati da Murata e coll. (19) e da Hirata e coll. (20), essi costituiscono una prova della *trasmissione delle vibrazioni dal sistema mano-braccio fino alla testa e all'encefalo*; trasmissione che tuttavia subisce per le vibrazioni di 12-16 Hz una attenuazione durante il percorso nella misura di 20-25 dB (10).

Per quanto riguarda la velocità di conduzione neurosensoriale e neuromotoria, uno studio elettrofisiologico di Bovenzi e coll. (2) su operatori forestali addetti all'impiego di motoseghe ha dimostrato una proporzionalità inversa fra la velocità di conduzione e la durata dell'esposizione professionale.

I disturbi neurologici della sindrome vibrazionale mano-braccio, oltre che dalla durata dell'esposizione, dipendono anche dall'intensità di vibrazione (rms dell'accelerazione)

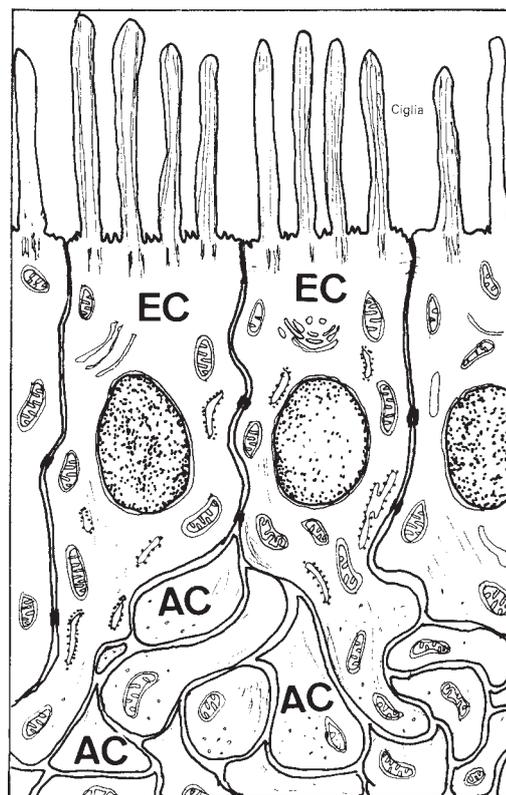


Fig. 1. Disegno dei rapporti fra cellule ependimali (EC) e i sottostanti *astrociti* (AC). I due tipi di cellule comunicano mediante sinapsi elettriche, in quanto le cellule ependimali mancano di una membrana basale.

Da G. Goglia "Istologia Speciale".

Piccin Nuova Libreria spa. Padova 1988, Fig. 28-32, parzialmente modificata.

dallo spettro di frequenza delle vibrazioni e dalla forza con la quale l'operatore impugna lo strumento (la 'gripping force') (22). Si è infatti osservato che *una impugnatura meno stretta diminuisce molto il rischio neurologico da vibrazioni*.

Oltre ai sintomi neurologici funzionali della sindrome mano-braccio sono state descritte *alterazioni istologiche* di fibre mieliniche e amieliniche, di cellule gliali, nonché segni di *edema intraneurale* (23), tutte manifestazioni la cui patogenesi è oggi inquadrabile in capitoli di meccanobiologia cellulare(30).

3.2 Sindrome da vibrazioni al corpo intero

Le possibili sorgenti di vibrazioni per il corpo intero includono scavatrici, trattori, gru, macchine forestali, veicoli fuoristrada, veicoli militari su terreno accidentato, treni ed elicotteri (15,16,17,18). È tuttavia segnalata la possibilità di vibrazioni al corpo intero e in particolare alla colonna vertebrale lombare anche nell'impiego

di strumenti vibranti adoperati manualmente (10).

Le componenti di questa sindrome comprendono effetti vertebrali (ernia discale e sciatica), sintomi gastrointestinali e sintomi neurologici sui quali ci soffermeremo in particolare. La percezione delle vibrazioni dipende dall'accelerazione della vibrazione in m/s^2 (18), come si è detto a proposito della sindrome mano-braccio. Ma occorre precisare che nelle vibrazioni al corpo intero cui un soggetto è esposto si devono considerare i tre assi dello spazio (X,Y Z), dove Z è l'asse maggiore longitudinale (asse testa-piedi), Y l'asse trasversale e X l'asse anteroposteriore. La vibrazione totale deve quindi esprimersi come *somma vettoriale dell'accelerazione vibrazionale rms lungo i tre assi*.

Qui di seguito indichiamo alcuni valori tipici di accelerazione in m/s^2 rms nei conducenti di bus (0.36-0.56), di trattori (0.35-1.45), di elevatori (0.79-1.04) (17). In Olanda, oltre 400.000. conducenti sono esposti a vibrazioni corporee totali di $0.63 m/s^2$ rms per 4 ore o più (16). Per frequenze vibrazionali da 5 a 20 Hz la soglia media di percezione di una vibrazione sinusoidale lungo l'asse Z è di 0.01-0.02 m/s^2 (24), cioè di 1-2 cm/s^2 .

Esistono *misure di controllo* atte a ridurre la grandezza delle vibrazioni al corpo intero (25) od anche a eliminarle con opportune soluzioni ingegneristiche (16). Da una vasta rassegna critica della letteratura fino al 1986 (26), relativa a circa 43000 operatori esposti a vibrazioni al corpo intero ed a 24000 persone appartenenti ai gruppi di controllo non esposti, emerge che gli operatori professionalmente esposti da seduti a vibrazioni al corpo intero con livelli vibrazionali prossimi o superiori ai *Limiti di Esposizione* (ISO 2631 del 1974E) manifestano un aumentato rischio di affezioni del sistema muscolo-scheletrico, del sistema nervoso periferico e del sistema vestibolare ma anche, con probabilità più bassa, un rischio di effetti detrimentali per altri organi (apparato digerente, vene periferiche, ghiandole endocrine).

La *ridotta acuità visiva* a seguito di vibrazioni al corpo intero di 4-10 Hz è una ulteriore prova che le vibrazioni, anche trasmesse da una superficie di supporto quali i piedi o il sacro dell'operatore, *si propagano fino al cranio* (27). L'effetto cessa rapidamente alla rimozione della causa vibratoria, soprattutto alle frequenze più alte di vibrazione >10 Hz, ma

persiste per un tempo molto lungo alle frequenze <10 Hz; il che suggerisce l'intervento di risonanze specifiche non solo con l'occhio, ma forse anche con le componenti cerebrali dell'apparato visivo.

Sintomi neurologici in lavoratori esposti a vibrazioni al corpo intero di 7-13 Hz comprendono attacchi di depressione, come pure la sincronizzazione e l'aumento in ampiezza delle onde alfa nell'EEG. Jansen fa tuttavia notare che anche impulsi luminosi alla frequenza di 10 Hz possono indurre sincronizzazione del ritmo alfa, come se nel corpo umano esistesse un sistema di integrazione dei diversi sensi quale descritto da Licklieder (28) e da Keidel (29).

Si rammenta che anche il rumore intenso può indurre sintomi neurologici (disturbi del sonno, *annoyance*, disturbi mentali) e che l'esposizione agli infrasuoni può correlarsi con perdita di concentrazione, disturbi del sonno, *annoyance*, disordini ipotalamici, intensa affaticabilità nervosa e stress di lunga durata (30), per cui i sintomi neurologici da vibrazioni al corpo intero e al sistema mano-braccio diventano l'espressione di un *meccanismo patogenetico comune alle tre classi vibrazionali*. Emergono per importanza patogenetica le vibrazioni indotte da parte del *rumore intenso*, degli *infrasuoni* e delle *vibrazioni* nel liquido cefalorachidiano, con conseguenti stimoli vibrazionali mecano-elettrici sulle lunghe ciglia delle cellule endodiali che tappezzano il III ventricolo (fig. 1) e, tramite queste ultime, sui sottostanti centri vegetativi dell'area limbica (ipotesi dell'autore nel rif. 30).

La suddetta interpretazione trae convalida dagli esperimenti nel ratto di Nakamura e coll. (31,32), secondo i quali rumori a larga banda di 120 dB e vibrazioni al corpo intero di 20 Hz e 4 g agiscono come fattori stressanti, inducendo un aumentato turnover di corticosterone e dopamina. Secondo questi autori, la risposta degli organismi al rumore e alle vibrazioni al corpo intero sarebbe mediata in maniera critica dalle modificazioni del sistema dopaminergico nell'amigdala e nell'ipotalamo (componenti dell'area limbica): dunque un dimostrato legame fisiopatologico fra rumore e vibrazioni che ne sottolinea la stretta parentela sul piano fisico.

Anche in base ad osservazioni sull'uomo (102 pazienti su 290 lavoratori di varie industrie esposti a vibrazioni intense) Tzvetkov e coll. (33) concludono che le modificazioni precoci di

** 1 g = 9,8 m/s^2 , corrispondenti a 0.98×10^5 pascal (circa 1 atm)

ordine biochimico e neuro-ormonale riscontrate dopo esposizione a vibrazioni dei tipo mano-braccio, corpo-intero e misto, sono l'espressione di una reazione aspecifica di stress all'insulto vibrazionale. In campo sperimentale, *effetti neuroendocrini sull'asse ipofiso-surrenalico* prodotti da vibrazioni meccaniche sono riferiti da Kapanadze (34) nei ratti e in una vasta rassegna di Prisby e coll. (35).

Sono stati infine dimostrati sicuri effetti sinergici nella *associazione fra rumori e vibrazioni*. A seguito di sperimentazioni su soggetti sani (età media 25.7 anni) esposti a vibrazioni 'mano-braccio' (30 m/s², pari a circa 3 g, e 60 Hz) e al rumor bianco di 90 dB (A), separatamente o simultaneamente con lo schema temporale 3' esposizione, 1' pausa, 3' esposizione, etc per 5 volte, Zhu e coll. (36) concludono che l'esposizione simultanea al rumore e alle vibrazioni peggiora l'innalzamento della soglia uditiva in misura maggiore del solo rumore, nonostante il fatto che la sola vibrazione del sistema mano-braccio nei tempi brevi della sperimentazione descritta non influisca sullo spostamento della soglia uditiva: classico esempio di *vero sinergismo fra due stimoli meccanici* in parte diversi fra loro.

Gli stessi autori, per contro, avevano dimostrato in precedenti ricerche che la *prolungata esposizione* alle vibrazioni del sistema mano-braccio può contribuire a un maggiore innalzamento permanente della soglia uditiva: chiara evidenza che le onde vibrazionali di bassa frequenza applicate alla mano riescono a pervenire fino al cranio del soggetto attraverso l'arto superiore e la colonna cervicale, pur subendo durante il percorso un indebolimento di 20-25 dB (10).

Anche Tzaneva e coll. (37) hanno riscontrato nei lavoratori esposti a vibrazioni meccaniche e rumore intenso un insieme di sintomi (tinnitus, vertigine, cefalea, disturbi dell'equilibrio) che depongono per un *sinergismo neurotossico* dei due agenti fisici ai disopra di un certo livello.

4. Effetti terapeutici delle vibrazioni meccaniche sul sistema nervoso

Da una eccellente rassegna di letteratura di Prisby e coll. (35), relativa agli effetti delle vibrazioni meccaniche sui diversi tessuti dell'uomo e di mammiferi da esperimento, risulta che la frequenza e la durata di una WBV (Whole Body Vibration) possono incidere favorevolmente o sfavorevolmente sulle prestazioni neuromuscolari di un soggetto. Nel macacus rhesus, ad as., frequenze vibrazionali di 6-8 Hz

con accelerazione di 1 g** per 1-3 ore al giorno inducono riduzione del tempo di conduzione nervosa (effetto stimolante), mentre una frequenza più alta (12 Hz) porta all'aumento del tempo di conduzione (effetto rallentante).

Vibrazioni di bassa frequenza ma di lunga durata possono compromettere quelle funzioni che richiedano tempi di risposta rapidi. Al contrario, WBV di breve durata possono rivelarsi efficaci in individui a ridotta funzionalità motoria, quali soggetti anziani, pazienti affetti da *m. di Parkinson* o da *sclerosi multipla*. In questi pazienti, la WBV è addirittura descritta come ottimale rispetto a certe terapie farmacologiche. Su pazienti affetti da sclerosi multipla, 5 sedute WBV di 60" a 2.0-4.4 Hz con 3 mm di ampiezza vibrazionale possono migliorare il test del "tempo impiegato per alzarsi e andare", unitamente al controllo posturale e alla motilità generale del paziente.

Nel m. di Parkinson, Turbanski e coll. (38) hanno potuto dimostrare il miglioramento della *stabilità posturale* su un totale di 52 pazienti suddivisi in due gruppi, uno sperimentale e uno di controllo. A seguito di una esposizione WBV a 6 Hz con ampiezza di 3 mm in 5 sedute di 60" ciascuna, la stabilità posturale spontanea risultava migliorata, tanto che secondo gli autori la WBV dovrebbe entrare nei protocolli di terapia fisica per il Parkinson.

Anche Boyd Brewer e McCaffrey (39), in un'ampia rassegna sulla suonerapia vibroacustica (v. Appendice) citano uno studio randomizzato condotto su 60 pazienti di Parkinson trattati o con suonerapia vibroacustica o con suonerapia sola, per un totale di 25 sedute in 9 mesi. I pazienti trattati con la suonerapia vibroacustica dimostravano un miglioramento in certe attività quotidiane, quali il rigirarsi nel letto, rifare il letto, deglutire il cibo, ma nessun miglioramento a livello di stato mentale, umore e comportamento.

Secondo Bruyere e coll. (40), la WBV su pedana vibrante migliora le *alterazioni dell'equilibrio nell'anziano*, causate sia dall'astenia muscolare che da deficit dell'apparato vestibolare, aumentandone la capacità motoria e la deambulazione con riduzione conseguente del rischio di cadute e fratture. In questo studio i soggetti vengono esposti in posizione verticale sulla pedana vibrante a 4 sedute al giorno di 1 minuto ciascuna e intramezzate da 90 secondi di pausa, 3 volte alla settimana per 6 settimane. Delle 4 sedute, la 1^a e la 3^a impiegano vibrazioni di 10 Hz con ampiezza da picco a picco di 3 mm; la 2^a e la 4^a impiegano vibrazioni di 26 Hz con ampiezza di 7 mm.

Nei *soggetti reduci da un ictus* e in fase postacuta van Nes e coll. (41) applicano la WBV su pedana vibrante a 30 Hz con ampiezza vibrazionale di circa 3 mm, con brevi sedute quotidiane di 4 x 45" intramezzate da 1 minuto di riposo. Anche in questo caso si ottiene un buon controllo dell'equilibrio, ma senza differenze evidenti rispetto ai consueti esercizi fisioterapici musico-guidati.

In uno studio italiano di Melchiorri e coll. (42) la vibroterapia attraverso manopole vibranti a 30 Hz, in sedute quotidiane di 5 esposizioni di 1 minuto intervallate da pause di 1 minuto, 5 volte alla settimana per 12 settimane, si è rivelata molto utile nei *malati paraplegici su sedia a rotelle* migliorandone la forza delle braccia e conseguentemente sia la propulsione della sedia che i trasferimenti posturali (sedia-letto, sedia-water, sedia automobile).

Gran parte degli studi sugli effetti terapeutici delle vibrazioni in campo neurologico vertono sul *controllo del dolore*. Da un lavoro di Kevin C. Smith, (43) emerge che fra il 1983 e il 2003 erano stati pubblicati almeno 25 lavori sull'impiego delle vibrazioni meccaniche a scopo antalgico in casi di dolore cronico lombare, di dolori muscolari vari, dolori acuti della regione oro-facciale, dolore sinusale, dolori nell'arto fantasma (arto amputato). Qui prenderemo in esame solo alcuni impieghi delle vibrazioni meccaniche a scopo antalgico (4.1-4.5).

4.1 Dolore lombare cronico

Rittweger e coll. (44) ricordano innanzitutto che nella fisiopatologia del dolore lombare cronico sono coinvolti non soltanto il sistema nervoso, ma anche la muscolatura e il tessuto connettivo. Sessanta pazienti di entrambi i sessi (età media 51.7 anni), affetti da dolore lombare cronico datante in media da 13 anni, vennero trattati per 3 mesi o con esercizi di estensione lombare (LEX) o con vibroterapia su pedana vibrante. Numerose le condizioni di *esclusione dallo studio* che riportiamo, per sottolineare come la vibroterapia non debba essere attuata con leggerezza: osteoporosi vertebrale, tumori vertebrali primitivi o metastatici, ernia del disco, fratture recenti dello scheletro assiale, spondilite, artrite reumatoide, malattie ossee sistemiche, stato generale compromesso da malattie neoplastiche o infiammatorie, insufficienza cardiaca, recenti operazioni addominali, endoprotesi d'anca o di ginocchio, aneurisma aortico, trombosi venosa recente, arteriopatie occlusive, gravidanza.

Entrambi i gruppi venivano sottoposti a 2

esercizi alla settimana, o di LEX o di vibroterapia, per 6 settimane, seguite da altre 6 settimane con un solo esercizio alla settimana. La frequenza vibrazionale della WBV era 18 Hz con ampiezza massima di 6 mm. Durata dei singoli esercizi 4 minuti all'inizio, gradualmente portati a 7 minuti.

I risultati dello studio suggeriscono che sia la LEX che la vibroterapia su pedana sono in grado di alleviare il dolore cronico lombare e migliorare di conseguenza la qualità della vita, ma senza differenze significative fra i due metodi. Quanto al *meccanismo d'azione* della WBV, Rittweger e col. (44) ipotizzano lo scatenamento di riflessi nervosi di stiramento nei muscoli del tronco, che ne favorirebbero l'attivazione e il rafforzamento, analogamente agli esercizi di estensione lombare. Le vibrazioni verticali della piattaforma a 3-10 Hz evocerebbero inoltre l'attività elettrica del muscolo erettore vertebrale, secondo quell'effetto TEMA invertito da noi più volte considerato (45).

4.2 Fibromialgia nelle donne

Sindrome complessa, più frequente nella donna che nell'uomo, caratterizzata da dolori articolari e muscolari cronici e diffusi; talvolta accompagnata da altri sintomi, compresi sintomi psicologici e neurologici (46). Di patogenesi multifattoriale, la sua diagnosi e il trattamento restano difficili. Alcuni trattamenti comprendono anche metodi psicoterapeutici in considerazione di certe note psicosomatiche caratterizzanti la sindrome.

Due recenti lavori propongono, sia pure con diversa metodologia, l'impiego di terapie vibrazionali. Alertorn-Geli e coll. (47) hanno trattato 36 donne (età media 56 anni) affette da fibromialgia, suddividendole in tre gruppi: un gruppo soltanto con esercizi (EG), un gruppo con esercizi seguiti da vibroterapia (EVG) e un gruppo di controllo (CG). Gli esercizi consistevano in attività aerobica, stretching, tecniche di rilassamento e venivano effettuati per 90' due volte alla settimana per 5 settimane (gruppo EG). Nel gruppo EVG, dopo ogni seduta di esercizi veniva effettuata anche una WBV per 6 settimane.

Le pazienti dovevano quindi rispondere alle domande di un questionario sia all'inizio che dopo 6 settimane di trattamento, onde poter accertare il grado di dolore, affaticamento, rigidità e depressione. Il dolore e l'affaticamento risultarono significativamente ridotti rispetto all'inizio soltanto nelle pazienti EVG, per cui gli autori concludono che "un programma di esercizi tradizionali di 6 settimane con supplemento

di vibroterapia riduce in maniera sicura dolore e fatica, mentre gli esercizi da soli non sono seguiti da miglioramento””.

Cogan e coll. (46) hanno invece trattato 159 pazienti consecutive con un protocollo terapeutico basato sulla *suonoterapia vibroacustica* (v. Appendice). Il trattamento dura diverse settimane con sedute molto più lunghe -42'- di quelle viste negli altri studi. Data l'estrema complessità del trattamento, si rimanda al lavoro originale.

È tuttavia interessante l'ipotesi degli autori, secondo la quale le stimolazioni sensoriali acustiche e somatiche tipiche di questa forma di vibroterapia potrebbero evocare risposte psicoemozionali capaci, a loro volta, di modificare la fisiologia del soggetto. I risultati positivi di questo studio erano statisticamente documentati già alla fine del primo mese di cura e si mantenevano nei mesi successivi fino - in certi casi - a 8 anni dopo il trattamento.

La segnalazione riveste un interesse meccanobiologico, in quanto sottolinea quei *rapporti fra suoni vibrazioni meccaniche effetti somatici coclea-mediati e non-coalea-mediati* da noi considerati unitariamente nella monografia del 2004 (30).

4.3 Dolore da polineuropatia in pazienti con HIV

La *polineuropatia distale simmetrica* nei pazienti con HIV provoca dolori così intensi da limitare fortemente l'attività fisica del soggetto. I sintomi più frequenti sono sensazioni urenti e dolorose alla pianta dei piedi, ma anche parestesie sul dorso e alla pianta dei piedi. I sintomi sono simmetrici e distribuiti a calzettone. Più tardi interessano anche le mani. Fra le possibili cause si ammettono processi infettivi, l'infiltrazione nervosa da parte del virus ma anche la tossicità dei farmaci antiretrovirali. La terapia farmacologica è solo parzialmente efficace, per cui si giustifica la ricerca di trattamenti non farmacologici (48).

Lamentando il fatto che le segnalazioni sugli effetti antalgici della vibroterapia molte volte non sono accompagnate da una adeguata impostazione sperimentale, Paice e coll. (48) hanno studiato gli effetti sul dolore in questi pazienti secondo un programma randomizzato e controllato in gruppi paralleli, con vibrazione attiva e simulata ('sham') nel quale sia il paziente che l'investigatore erano all'oscuro del trattamento eseguito.

Sia la piattaforma vibrante a 58 Hz per 45' che il paziente, seduto con i piedi appoggiati sulla piattaforma, erano circondati da una sorta

di scatola metallica dove comparivano un segnale luminoso e un ronzio udibile. Tutti i pazienti, pertanto, vedevano il segnale luminoso e udivano il ronzio, ma solo una parte di essi erano anche sottoposti alla vibrazione. Quaranta soggetti (28 uomini e 12 donne) entrarono nello studio e quasi tutti riferivano che il camminare o lo stare in piedi peggioravano i dolori.

Al termine della seduta di 45' si riscontrarono diminuzioni statisticamente significative del dolore in confronto al punteggio pretrattamento in entrambi i gruppi, ma senza differenze significative fra i gruppi trattati con vibrazioni e i gruppi 'sham'. Risultati, dunque, in parziale contrasto con quelli di altri studi vibrazionali condotti sull'uomo e seguiti da effetti antalgici significativi, che gli autori attribuiscono a diverse possibili cause: differenze nei parametri e nella durata delle vibrazioni; l'aver misurato i risultati subito dopo la seduta e non anche a distanza di tempo; possibile effetto placebo nei gruppi 'sham'.

Ma a questo proposito, Paice e coll. (48) ipotizzano che il risultato antalgico nei pazienti 'sham' potrebbe anche essere un vero e proprio effetto terapeutico provocato dal riposo di 45' dopo la camminata per raggiungere la sede della sperimentazione. Spiegazione in armonia col fatto che quei soggetti già spontaneamente interponevano periodi di riposo per attenuare i loro dolori.

4.4 Vibrazioni meccaniche come anestetico locale

Kevin G. Smith e coll. (43) ricordano che molte procedure dermatologiche richiedono veri e propri interventi chirurgici, per i quali si impone una anestesia locale, talvolta difficile e non sempre bene accetta. Nè mancano i rischi, quando si debba procedere a un blocco nervoso al polso o alla caviglia nel trattamento dell'iperidrosi palmare o plantare con iniezioni di botulino A, oppure quando si debbano trattare col laser vaste aree cutanee, come in presenza di vene varicose.

Le vibrazioni meccaniche a scopo anestetico locale sono impiegate da molti anni e con grande efficacia. Per il meccanismo d'azione ci si richiama alla teoria del controllo a cancello, teoria neurofisiologica consolidata che vede coinvolte la fibre nervose A-β, Aδ e C, interposte fra i recettori cutanei e il cervello, per cui il colpire o il pizzicare la pelle può agire da controstimolazione e così alleviare una determinata sensazione dolorosa.

A tal fine, Smith e coll. (43) usano vibrator manuali di vario tipo, alcuni direttamente

manovrabili dallo stesso dermatologo, altri invece richiedenti la presenza di un assistente.

I vibratori vanno applicati in singolo o in doppio a una distanza di pochi cm dall'area interessata. La vibrazione (75 o 95 Hz) deve partire 2-3 secondi prima della procedura dermatologica in modo che possa stabilirsi una adeguata inibizione del dolore a livello midollare.

L'anestesia vibrazionale è soprattutto sperimentata nelle dolorose procedure iniettorie del botulino A nel palmo della mano o nella pianta dei piedi, ma anche nel trattamento della psoriasi ungueale mediante iniezioni nella piega ungueale prossimale, nonché in certe procedure di chirurgia estetica.

Rispetto al blocco dei nervi periferici, i vantaggi dell'anestesia vibrazionale vanno visti nell'evitare gli effetti collaterali del blocco nervoso, consistenti in una importante vasodilatazione.

4.5 Vibrazioni piezoelettriche di un ago o di un catetere per facilitare l'anestesia ultrasono-guidata di un nervo periferico

L'imaging ultrasonico, utile per facilitare le procedure del blocco anestetico di nervi periferici sia con iniezione singola (ago) sia mediante catetere a permanenza, presenta notevoli difficoltà nel confermare l'esatta localizzazione della punta dell'ago o del catetere rispetto al nervo da anestetizzare. Klein e coll. (49) descrivono un nuovo metodo per migliorare la visualizzazione della punta dell'ago o del catetere, basato sull'indurre nell'ago o nel catetere vibrazioni di 1-8 Hz in modo da renderne possibile la rivelazione al color-Doppler.

Ciò si ottiene modificando la punta dell'ago o del catetere e applicandovi un attuatore piezoelettrico accoppiato a un opportuno generatore. La piccola vibrazione della estremità prossimale dell'ago (o del catetere) si trasforma in una grande vibrazione della estremità distale. Tutto l'ago vibra, ma la grandezza delle vibrazioni è massima sulla punta e soltanto queste ultime cadono nel range di rivelazione Doppler. In questa particolare applicazione, le vibrazioni (di alta frequenza) imposte all'ago o al catetere non sono il mezzo direttamente terapeutico, bensì rappresentano un ingegnoso artificio per facilitare indirettamente le manovre terapeutiche di anestesia regionale a mezzo di aghi o cateteri a permanenza.

5. Discussione e conclusioni

Le vibrazioni imposte al corpo umano da oggetti vibranti applicati alle mani o alla pianta

dei piedi *pervengono comunque al cranio e al cervello* anche se in parte ridotte di intensità, come dimostrano i sintomi neurologici centrali delle due sindromi vibrazionali professionali "mano-braccio" e "corpo intero" (par. 3.1 e 3.2), nonché gli effetti terapeutici che si ottengono con le vibrazioni in diverse condizioni neuropatologiche (par. 4 e 4.1-4.4).

I dati esaminati confermano, inoltre, che anche per le vibrazioni meccaniche come per altri agenti fisici e chimici si possono avere *azioni lesive o effetti terapeutici* in funzione della "dose". I parametri della esposizione (intensità, frequenza vibrazionale, direzione, durata e tipo di vibrazione, se cioè continua o impulsata) sono fattori importanti e distinguono le vibrazioni meccaniche coinvolte nel mondo del lavoro da quelle usate a scopo terapeutico, ma il parametro che maggiormente distingue i due gruppi è la *durata di esposizione allo stimolo meccanico*.

Infatti, a fronte di una esposizione di alcune ore al giorno per molti giorni al mese in certe attività lavorative, i tempi delle applicazioni terapeutiche sono *brevissimi*, con sedute singole fatte di 4 o 5 esposizioni di 60" intramezzate da pause di riposo di 60" o 90", e soltanto in certi casi si raggiungono i 4'-7' (par. 4.1) oppure i 10'-45' (par. 4.3 e Appendice). Le brevi applicazioni terapeutiche si ripetono per 2, 3, 5 volte alla settimana per 6-12 settimane.

La *frequenza vibrazionale* ha un range piuttosto ampio, dai 2-4 Hz per la sclerosi multipla e dai 6 Hz per la m. di Parkinson ai 75-95 Hz a scopo anestetico locale, ma più spesso è incentrata intorno ai 20-30 Hz. Ovviamente, nella suonerapia vibroacustica (v. Appendice) le frequenze sono più alte, da 30 a 600 Hz, pur restando nella banda delle basse frequenze acustiche.

È interessante sottolineare che le frequenze vibrazionali impiegate nella sclerosi multipla (2-4 Hz) e nella m. di Parkinson (6 Hz) **cadono nello stesso ordine di grandezza delle frequenze elettromagnetiche** (5 Hz) impiegate con successo da Sandyk in molti casi di sclerosi multipla, casistica ampiamente discussa dallo scrivente in due recenti lavori (50,51). Ma questa stessa osservazione apre anche un discorso sui *meccanismi d'azione* delle vibrazioni meccaniche in neurologia sia nell'indurre effetti lesivi che effetti terapeutici. Il tema è di indubbio interesse fisico e neurofisiologico e potrebbe prendere le mosse dalla considerazione che le vibrazioni meccaniche agiscono in due modi: come energia meccanica vera e propria e come energia trasdotta in segnali elet-

tromagnetici (effetto TEMA invertito) (45).

Come *energia meccanica*, le vibrazioni inducono vibrazioni nelle cellule neuronali e nel liquido cefalorachidiano. Come *energia trasdotta* in segnali elettromagnetici di pochi Hz, esse possono interferire con le frequenze elettroencefalografiche (0.5-3 Hz, onde delta; 4-7 Hz, onde theta; 8-13 Hz, onde alfa; 13-30 Hz, onde beta) (52).

Va inoltre ricordato che nelle cellule neuronali, e in particolare nel lungo assone compreso fra pirenoforo e sinapsi, si svolgono intensi *processi di trasporto attivo* di sostanze varie (proteine, neurotrasmettitori, RNA, mitocondri) (53), con una velocità di trasporto che

può raggiungere i 40 cm in 24 ore (54). È quindi lecito ipotizzare che vibrazioni deboli e di brevissima durata o intense e prolungate possano indurre rispettivamente *stimolazione* o *rallentamento* di varie attività neuronali (v. anche Bovenzi e coll. al par. 3.1).

In conclusione, si può dire che dalla letteratura sugli effetti lesivi e terapeutici delle vibrazioni meccaniche in campo neurologico emergono spunti di fisica medica il cui interesse scientifico *non può lasciare indifferente la comunità fisica ospedaliera*, non soltanto per i problemi già noti in Medicina del Lavoro, ma anche per la grande pubblicizzazione oggi data ai più vari sistemi di vibroterapia ad uso casalingo.

APPENDICE

La *suonoterapia vibroacustica* (39), al confine fra musicoterapia e vibroterapia, utilizza le vibrazioni sonore di bassa frequenza ma ancora udibili (30, 60, 120, 600 Hz) prodotte da sorgenti inserite in particolari materassi o in sedie reclinabili per dare al soggetto in terapia *stimolazioni tattili e udibili*. In questa sorta di 'massaggio sonoro' vi è un simultaneo coinvolgimento della mente, tramite la via cocleare, e del corpo, tramite la sensibilità acustica e la sensibilità somatica localizzata nei recettori cutanei del Pacini, veri e propri organelli piezoelettrici sensibili alla pressione meccanica.

Le frequenze fra 30 Hz e 120 Hz si rivelano terapeutiche in casi di autismo, cefalea, crampi muscolari. Le frequenze fra 60 Hz e 600 Hz, in particolare fra 60 e 300 Hz, producono un ottimo effetto antalgico ad ampiezze specifiche (v., ad es. par. 4.2).

La vibroterapia vibroacustica sembra anche efficace nel ridurre certi sintomi della malattia di Parkinson (v. par. 4), stati di tensione e affaticamento, nonché nell'alleviare l'ipertonìa muscolare in bambini handicappati e con esiti di paralisi cerebrale. Le sedute, da 10' a 45', non sono seguite da effetti negativi o pericolosi; soltanto in certi casi la prima seduta provoca una leggera sonnolenza.

Ci si muove quindi nell'ambito della *musicoterapia*, oggi materia scientifica di ricerca e insegnamento a livello universitario (55,56,57) dove l'agente terapeutico non è soltanto fatto di veri e propri brani musicali, ma anche di *suoni isolati* di bassa frequenza dotati di un particolare impatto emozionale (tonalità maggiore o minore).

È noto dalla fisica che le basse frequenze sonore al disotto dei 200 Hz (voce di baritono e basso, violoncello, sassofono basso, pianoforte nelle scale basse, organo a canne) penetrano facilmente nel corpo ed hanno un forte impatto emotivo e somatico. Le basse frequenze sonore giungono facilmente ai centri neurovegetativi dell'area limbica (ipotalamo, amigdala, ippocampo, ipofisi) tramite la via cocleare (come le alte frequenze), ed anche tramite vie extracocleari a partenza dalla cute, dal tessuto connettivo e dalla via osteotimpanica; il che spiega gli svariati effetti terapeutici ottenibili con la suonoterapia vibroacustica.

Nessun effetto magico, dunque, ma semplicemente azioni fisiche, fisiologiche e fisiopatologiche delle *vibrazioni sull'uomo* (rif. 30, ai cap. 2 e 3), che possono anche rappresentare per il fisico medico un notevole ampliamento della sfera d'azione professionale.

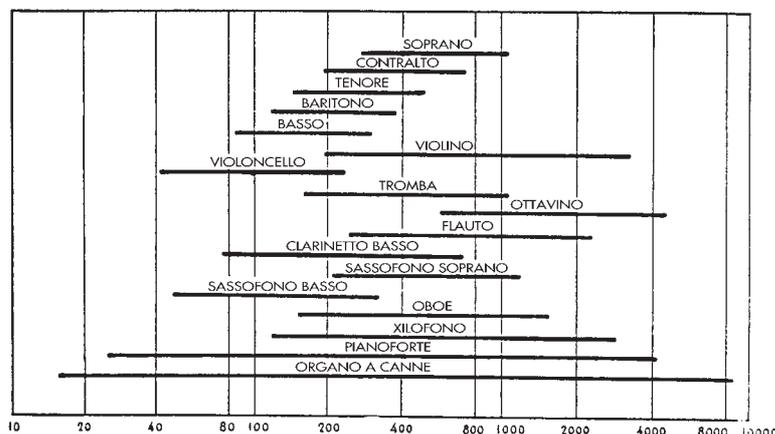


Fig 2. Intervalli di frequenza del canto maschile e femminile e di alcuni strumenti musicali. Le frequenze più basse dell'organo sconfinano nella zona degli *infra-suoni*.

Le frequenze inferiori a 200 Hz possono avere effetti fisiologici significativi, coclea-mediati e non-coclea mediati.

Da Van Santen G.W. "Introduction to a study of mechanical vibration". Philips Technical Library. Elsevier Press. Inc., Houston 1953, pag. 90. Parzialmente modificata.

Bibliografia

1. Hong G, Yong-kui M, Jie W. Adjusting the evaluation limit for broad-band whole-body vibration.
Am Ind Hyg Assoc J 1996; 57: 476-479
2. von Gierke HE. Effects of infrasound on man. In Pimonow L (ed.) *Infrasound. Proceed Intern Colloquium on Infrasound*. Paris 1973. Editions du Centre National de la Recherche Scientifique. Paris 1974, 417-433
3. Ozkaya N, Goldsheider D, Willems B. Effect of subway car design on vibration exposure.
Int J Ind Ergonomics 1997; 19: 377-385
4. Schiavi A, Frigerio F, Minoia C. Esposizione a vibrazioni del sistema mano-braccio su addetti a macchine frangiroccia.
G Ital Med Lav Erg 2000; 22(1): 19-23
5. Mohammed Mirbod S, Yoshida H, Jamali M e coll. Assessment of hand-arm vibration exposure among traffic police motorcyclists.
Int Arch Occup Environ Health 1997; 70: 22-28
6. Stelling J., Dupuis H. Different acute effects of single axis and multiaxes hand-arm vibration.
Int Arch Occup Environ Health 1996; 68: 236-242
7. Malchaire J, Piette A. Relation between vibration levels and perceptive and appreciative judgements of overhead crane operators.
Ann Occup Hyg 1991; 35(6): 613-618
8. Sorainen E, Rytökönen E. Whole-body vibration of locomotive engineers.
Am Ind Hyg Assoc J 1999; 60: 409-411
9. Jansen G. Survey of research done in Germany concerning the effects of infrasound in man. In Pimonow L (ed.) (v. rif. 2), pag. 85-106
10. Pope MH, Magnusson M, Hansson T. The upper extremity attenuates intermediate frequency vibrations.
J Biomechanics 1997; 30(2): 103-108
11. Kitazaki S, Griffin MJ. Resonance behavior of the seated human body and effects of posture. *J Biomechanics* 1998; 31: 143-149
12. Kihlberg S. Biodynamic response of the hand-arm system to vibration from an impact hammer and a grinder.
Int J Ind Ergonomics 1995; 16: 1-8
13. Burström L, Sörensson A. The influence of shock type vibrations on the absorption of mechanical energy in the hand and arm.
Int J Ind Ergonomics 1999; 23: 585-594
14. Griffin, quoted by 13
15. Dupuis H. Medical and occupational preconditions for vibration-induced spinal disorders: occupational disease n.. 2110 in Germany.
Int Arch Occup Environ Health 1994; 66: 303-308
16. Burdorf A, Swuste P. The effect of seat suspension on exposure to whole-body vibration of professional drivers.
Ann Occup Hyg 1993; 37: 45-55
17. Bovenzi M, Hushof CTJ. An updated review of epidemiological studies on the relationship between exposure to whole-body vibration and low back pain (1986-1997).
Int Arch Occup Environ Health 1999; 72: 351-365
18. Morioka M, Griffin MJ. Difference thresholds for intensity perception. of whole-body vertical vibration: Effect of frequency and magnitude.
J Acou. Soc Amer 2000; 107(1): 620-624
19. Murata K, Araki S, Okajima F e coll. Effects of occupational use of vibrating tools in the autonomic, central and peripheral nervous system.
Int Arch Occup Environ Health 1997; 70: 94-100
20. Hirata M, Matsumoto T, Toibana N e coll. Involvement of the central nervous system in vibration syndrome.
Int Arch Occup Environ Health 1995; 67: 173-178
21. Bovenzi M, Giannini F, Rossi S. Vibration-induced multifocal neuropathy in forestry workers: electrophysiological findings in relation to vibration exposure and finger circulation.
Int Arch Occup Environ Health 2001 73: 519-527
22. Nishiyama K, Taoda K, Yamashita H, Watanabe S. The temporary threshold shift of vibratory sensation induced by a vibrating handle and its gripping force.
Int Arch Occup Environ Health 1996; 69: 45-52
23. Draicchio F, Palmi S, Berlingo EL. Fisiopatologia dei movimenti ripetitivi e delle vibrazioni al sistema mano-braccio.
G Ital Med Lav Erg 2001; 23(2): 105 109
24. Yeovart NS. The effect of infrasound on man. In Pimonow L (ed), come al rif. 2, pag. 291-306
25. Lings S, Leboeuf-Yde C. Whole-body vibration, and low back pain: A systematic, critical review of the epidemiological literature 1992-1999.
Int Arch Occup Environ Health 2000; 73: 290-297
26. Seidel H, Heide R. Long-term effects of whole-body vibration: a critical survey of the literature.
Int Arch Occup Environ Health 1986; 58: 1-26
27. Coermann RR, Lange WO. Visual acuity under vibration.
Human Factors 1962; 4: 291-300
28. Licklider JCR. Auditory frequency analysis. Originale in: *Third London Symp. on Information Theory*. The Royal Institution. London 1965
29. Keidel WD. Originale in *Kybernetische Systeme des menschlichen Organismus*. Arbeitsgemeinschaft für Forschung des Landes NRW, Heft 118. Westd. Verlag, Köln e Opladen.
30. Bistolfi F. *Suoni e Vibrazioni sull'Uomo, Rischio Beneficio*. Omicron Editrice, Genova, 2004
31. Nakamura H, Moroji T, Nohara S e coll. Effects of whole-body vibration stress on substance P-and Neurotensin-like immunoreactivity in the rat brain.

- Environm Res 1990; 52: 155-163
32. Nakamura H, Moroji T, Nohara S e coll. Activation of cerebral dopaminergic system by noise and whole-body vibration. Environm Res 1992; 577: 10-18
 33. Zvetkov D, Boev M, Baykoushev B. Vibrations-Discriminant models and possibilities for prognosticating specific and nonspecific effects. Ann Occup Hyg 1992;. 36: 253-264
 34. Kapanadze N. State of hypophysis-adrenal gland in conditions of vibration pathology and its correction in experiment. Georgian Medical News 2006; 137: 97-99
 35. Prisby RD, Lafage-Proust MH, Maleval L, Belli A, Vico L. Effects of whole-body vibration on the skeleton and other organ systems: what we know and what we need to know. Ageing Res Reviews 2008; 7: 319-329
 36. Zhu SE, Sakakibara H. Combined effects of hand-arm vibration and noise on temporary threshold shifts of hearing in healthy subjects. Int Arch Occup Environ Health 1997; 69: 433-436
 37. Tzaneva L, Savov A, Damianova V. Audiological problems in patients with tinnitus exposed to noise and vibrations. Central Europ J Public Health 2000; 8(4): 233-235
 38. Turbanski S, Haas CT, Schmidtbleicher D e coll. Effects of random whole-body vibration on postural control in Parkinson's disease. Res Sports Med 2005; 13(3), 243-256
 39. Boyd-Brewer G, McCaffrey R. Vibroacoustic sound therapy improves pain management and more. Holist Nurs Pract 2004; 18(3): 111-118
 40. Bruyere O, Wuidart M-A, Di Palma E e coll. Controlled whole-body vibration to decrease fall risk and improve health-related quality of life of nursing home residents. Arch Phys Med Rehabil 2005; 86: 303-304
 41. van Nes IJW, Latour H, Schils F e coll. Long-term effects of 6-week whole-body vibration on balance recovery and activities of daily living in the postacute phase of stroke. A randomized, controlled trial. Stroke 2006; 37: 2331-2335
 42. Melchiorri G, Andreoli A, Padus E e coll. Use of vibration exercise in spinal cord injury patients who regularly practise sport. Functional Neurology 2007; 22(3): 151-154
 43. Smith KC, Comite SL, Balasubramanian S e coll. Vibration anesthesia: A non invasive method of reducing discomfort prior to dermatologic procedures. Dermatology Online Journal 10(2): 1
 44. Rittweger J, Just K, Kautzsch K e coll. Treatment of chronic lower back pain with lumbar extension and whole-body vibration exercise. A randomized controlled trial. Spine 2002; 27(17): 1829-1834
 45. Bistolfi F. Effetto TEMA e TEMA invertito. In rif. 30, pag. 99-101
 46. Cogan J, Camus M, Saucier J-F e coll. A new application of sound resonance technology therapy for the treatment of fibromyalgia: A retrospective analysis. Complementary Therapies in Clinical Practice 2006; 12: 206-212
 47. Alentorn-Geli E, Padilla J, Moras G e coll. Six weeks of whole-body vibration exercise improves pain and fatigue in women with fibromyalgia. Journal of Alternative & Complementary Medicine 2008; 14(8): 975-981
 48. Paice JA, Shott S, Oldenbur FP e coll. Efficacy of a vibratory stimulus for the relief of HIV-associated neuropathic pain. Pain 2000; 84: 291-296
 49. Klein SM, Fronheiser MP, Reach J e coll. Piezoelectric vibrating needle and catheter for enhancing ultrasound-guided peripheral nerve blocks. Anesth Analg 2007; 105: 1858-1860
 50. Bistolfi F. Extremely low frequency pulsed magnetic fields and multiple sclerosis: effects on neurotransmission alone or also on immunomodulation? Building a working hypothesis. The Neuroradiology Journal 2007; 20: 676-693
 51. Bistolfi F. Effetti terapeutici dei campi magnetici ELF sulla sclerosi multipla. Fisica in Medicina, 1/2008, 22-30
 52. Bistolfi F. Esiste una magnetosensibilità differenziata fra le diverse zone del cervello umano? Fisica in Medicina, 3//2008, 199-214
 53. Chevalier-Larsen E, Holzbaur ELF. Axonal transport and neurodegenerative disease. Biochim et Biophys Acta 2006; 1762: 1094-1108
 54. Alberts B, Bray D, Lewis J e coll. Biologia Molecolare della Cellula. Traduzione italiana di Guardo M, Corte G, Melloni E. Zanichelli, Bologna 1991
 55. Bence L, Méreaux M. Musicoterapia. Xenia Edizioni, Milano, 1990
 56. Benenson R. Manuale di Musicoterapia. Edizioni Borla, Roma, 1998
 57. Scarpa A. Etnomedicina. Franco Lucisano Editore, Milano, 1980



Tema Sinergie e PTW, protagonisti in Radioterapia presentano

PTW DAVID verifiche dosimetriche IMRT in vivo

- ▶ **Monitoraggio della dose** erogata al paziente (in accordo a EURATOM 97/43) e verifica del MLC durante il trattamento IMRT (step & shoot oppure dinamico);
- ▶ **registrazione, analisi e documentazione** completa di ciascuna seduta di trattamento, senza aumentarne la durata;
- ▶ **tecnologia wireless** (Bluetooth per la trasmissione dati, alimentazione tramite accumulatori Ni-MH ricaricabili);
- ▶ **innovativa tecnologia MIC** (Multiwire Ion Chamber technology) e disponibilità totale del campo luminoso anche quando PTW DAVID è inserito nell'accessory tray (camera otticamente trasparente);
- ▶ **specifico per ciascun modello** MLC ELEKTA, SIEMENS, VARIAN in commercio.

Per maggiori informazioni, il personale specializzato TEMA SINERGIE è a Vostra disposizione.

La nanoscopia ottica in fluorescenza come nuova frontiera della microscopia ottica

Alberto Diaspro

Nanophysics Unit, The Italian Institute of Technology, IIT - Genova

“L’acqua correva piano piano sotto il cielo.”

[Cesare Pavese, *Il compagno*,
Giulio Einaudi Editore, Torino]

Nel 1959 Richard Feynman, laureato Nobel per Fisica, presentava una lettura al Caltech, in periodo natalizio, con un avvincente titolo “C’è ancora un sacco di spazio la in fondo!”^[1] trattando di scenari e intuizioni che si sono recentemente avverati, dalla possibilità di pilotare farmaci nel corpo umano dentro nano-navicelle fino all’abilità di esplorare il vivente a livello molecolare e submolecolare. Il raggiungimento del livello nanoscopico nell’esplorazione del vivente sta effettivamente a significare che si può cogliere un dettaglio dell’ordine della decina di nanometri in quell’intricato sistema biologico che è la cellula che costituisce organi e tessuti. La moderna nanoscopia ottica, di cui tratteremo nel seguito, si può considerare figlia di due importanti “rivoluzioni” in microscopia ottica: la microscopia a eccitazione multi fotonica e gli impressionanti sviluppi nel campo delle proteine fluorescenti visibili recentemente riconosciuto con l’assegnazione del Nobel a Shimomura-Chalfie-Tsien. Vedremo come un nuovo attore entrerà nella definizione di risoluzione: la fotofisica delle molecole fluorescenti. In microscopia ottica le differenti metodiche avanzate hanno sfruttato la cosiddetta fotofisica delle molecole usate per marcare i soggetti biologici di interesse. La FRET (Fluorescence Resonance Energy Transfer) sfrutta un trasferimento energetico non radiativo per esplorare domini di interazione dell’ordine dei 5-10 nm, la FRAP (Fluorescence Recovery After Photobleaching) sfrutta lo spegnimento delle molecole di marcatura per studiare processi diffusivi in comparti cellulari e le cinteiche di fenomeni di binding-unbinding su scala molecolare, l’FCS (Fluorescence Correlation Spectroscopy) estende gli studi sulla diffusione alle singole molecole e la FLIM (Fluorescence Lifetime Imaging Microscopy) permette di studiare gli effetti del cosiddetto affollamento molecolare monitorando, attraverso le variazioni del tempo di vita media della fluorescenza dei marcatori, gli effetti dei primi vicini sulle macromolecole biologiche oggetto di studio - l’intensità di fluorescenza permette di localizzarle ma il tempo di

vita fornisce informazioni fondamentali sui primi vicini e sulle condizioni di affollamento molecolare.

In Nanoscopia ottica viene “sgretolata” la cosiddetta barriera di diffrazione che definisce i limiti della microscopia ottica. Le leggi della fisica, infatti, impongono un limite di risoluzione invalicabile posto intorno a 200 nm e questo limite, con interazioni ottiche nella regione visibile e in campo lontano, non può assolutamente essere superato. Il limite dipende dal colore della radiazione utilizzata o lunghezza d’onda, dalle proprietà molecolari del mezzo in cui la radiazione si propaga e dalle caratteristiche geometriche della lente. Il modo nuovo in cui questo limite viene “sgretolato” si riferisce alla conoscenza delle proprietà fotofisiche delle molecole fluorescenti utilizzate. Il moderno “uovo di Colombo” riguarda il fatto di riuscire ad eliminare, in modo otticamente e spazialmente controllato, una parte del segnale proveniente dalle molecole fluorescenti eccitate: immaginate che la “rotonda” segnatura prodotta da un puntino luminoso possa essere ridotta dalla sovrapposizione con una ciambella che lascia passare la luce che ne attraversa il centro e annichila, ad una certa lunghezza d’onda, il segnale intorno. Allora le dimensioni del “buco della ciambella” saranno responsabili della risoluzione: più questo “buco” sarà piccolo migliore sarà la risoluzione. La domanda immediata è dunque: come controllare le dimensioni del “buco della ciambella”? Nel seguito la risposta.

Negli ultimi decenni si può dire che vi sia stato un “crescendo” nella nascita di tecniche e metodi microscopici unito ad una continua ossessione per il miglioramento della risoluzione^[2]. Questa “ossessione” è particolarmente sentita in microscopia ottica dove il vincolo imposto dalla diffrazione, e sintetizzato da Ernst Abbe nella sua famosa “formula della risoluzione”, ha sempre costituito un insuperabile limite^[3]. Tuttavia, nel 2003, Stefan Hell utilizzava un nuovo termine per la microscopia ottica: Nano-

scopia ottica [4]. L'implicazione di questa nuova terminologia sta nel fatto di poter accedere al dominio di risoluzione delle decine di nanometri anziché delle centinaia. Oggi, senza violare le leggi della fisica, si raggiunge il limite dei 10 nm nel piano e di qualche decina di nm lungo l'asse z ottenendo un miglioramento che va dalle 3 a 14 volte il limite di Abbe [5, 6]. In termini di precisione, differente dalla risoluzione in quanto legata prevalentemente all'abilità di localizzare spazialmente un oggetto, si è raggiunto il limite dei 2-5 nm seppur con una metodica, comunque in evoluzione, non ancora applicabile a campioni biologici in stato fisiologico [7]. Qui saranno ricordati i criteri di risoluzione [8] e saranno brevemente trattate alcune delle recenti metodiche di nanoscopia ottica: 4Pi, STED (STimulated Emission Depletion) e PALM (PhotoActivated Localization Microscopy) [6]. La Nanoscopia ottica si può considerare figlia di due importanti "rivoluzioni" in microscopia ottica come quelle portate dalla microscopia confocale e a due fotoni [9], e degli impressionanti sviluppi nel campo delle proteine fluorescenti visibili [10, 13]. Tuttavia è la caratterizzazione fotofisica e biofisica delle proteine fluorescenti visibili a permettere la definizione di un nuovo paradigma per la risoluzione. La risoluzione ottica, portata all'estremo ottico utilizzando lenti e sorgenti di illuminazione con la metodica del 4Pi, viene stravolta da un fattore correttivo che introduce il ruolo della molecola fluorescente, sia questa una proteina o una molecola artificiale, nella definizione della capacità risolutiva [6]. Il classico criterio di risoluzione di Lord Rayleigh parte dalla forma della funzione tipica dello strumento (point spread function, PSF) [16] associata alle caratteristiche della lente e alla lunghezza d'onda utilizzata. Poiché una pura descrizione matematica non tiene conto, in prima approssimazione, del rumore, Ronchi [14] sosteneva che la risoluzione associata all'immagine rilevata era ciò che meglio descriveva i limiti dell'osservazione. Ora secondo una definizione classica di risoluzione, questa si definisce come l'abilità di risolvere due sorgenti puntiformi (due dettagli nell'immagine) ovvero come la capacità dello strumento utilizzato di renderli distinguibili. Qui entra in gioco la "distorsione" introdotta dalla diffrazione e si rientra nel criterio di Rayleigh, a sua volta definito su una sorta di ispezione visuale o di valutazione intensitometrica. Utilizzando dispositivi sofisticati per la rivelazione di intensità luminose, la distanza di risoluzione è definibile come quella distanza tra due figure di diffrazione per cui la derivata seconda della composizione delle intensità decade a zero. Utilizzando

lizzando queste considerazioni o la relazione di Abbe, figura 1, si giunge ad una distanza di risoluzione di circa 200 nm nel piano e pari alla lunghezza d'onda lungo la terza dimensione per quanto riguarda l'osservazione di oggetti con il microscopio ottico.

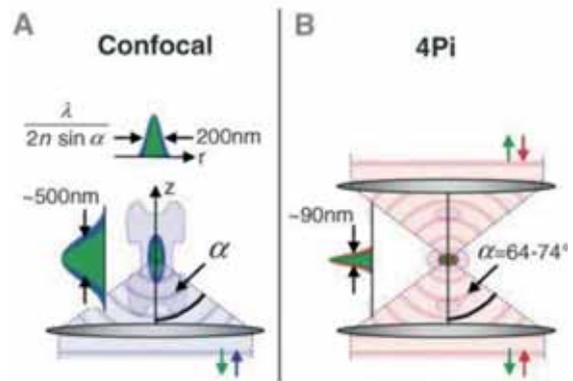


Fig. 1 - Schema Confocale (A) e 4Pi (B) con definizione del profilo di risposta a sorgente luminosa puntiforme di dimensioni più piccole della risoluzione ottica, vignetta tratta da [6] per scopi di divulgazione e didattici.

D'ora in avanti, per semplicità, ci riferiremo alle sole molecole fluorescenti considerate come sorgenti puntiformi elementari e al fenomeno della fluorescenza, prendendo come riferimento di partenza le soluzioni praticate nella microscopia confocale e a due fotoni [17]. I lavori fondamentali di Toraldo di Francia [18, 19] e di Lukosz [20, 21] sul potere risolutivo, la super-risoluzione e i gradi di libertà in un'immagine, e la possibilità di eccedere il limite di risoluzione classico con un sistema ottico, rispettivamente, costituiscono un importante punto di partenza per lo sviluppo e l'implementazione delle moderne tecniche ottiche ad alta risoluzione spaziale. Confinando l'interazione con la materia da osservare, ovvero concentrando energeticamente lo sforzo di sondaggio, si può migliorare l'abilità di osservazione del dettaglio e volendo conoscere le proprietà di un insieme basta sondare la materia porzione per porzione, ovvero attuare una scansione. Questo concetto viene messo brillantemente in pratica nei microscopi a sonda a scansione [2]. Vale la pena di precisare che alla definizione di risoluzione riguardante la separazione di due punti si aggiunge la risoluzione a singolo punto o sorgente luminosa. In questo caso ci si riferisce alla capacità del sistema di ispezione di determinare con una certa precisione la posizione, ovvero le coordinate secondo un sistema di riferimento, di una sorgente puntiforme immersa in un sottofondo "rumoroso". Il trattamento di

segnali per il recupero di informazioni immerse in rumore spazia da trattamenti classici [15, 16] fino a trattamenti delle immagini registrate e digitalizzate estremamente efficaci come quelli a passi d'interazione e a strategia definita di ricostruzione del segnale [22]. In questo contesto relativo alla "ossessione per la risoluzione" vengono sviluppate tecniche che permettono di migliorare le cose a livello della immagine "ethereal". Oggigiorno lo scenario delle tecniche microscopiche è decisamente affollato [23]. Tratterò qui brevemente, ma spero efficacemente: 4Pi, STED e PALM. Altri interessanti approcci riguardano la strutturazione e destrutturazione della radiazione luminosa [24, 25] e l'ambito del cosiddetto "imaging" di singola molecola [26, 27].

Ora, la microscopia confocale realizza una riduzione dello spot di diffrazione nella fase di "lettura" dell'immagine per ottenere un miglioramento della risoluzione. L'utilizzo di una barriera fisica, il cosiddetto pinhole, unito ad una illuminazione punto per punto, quasi alla Lukosz, di tipo puntiforme permette di migliorare la risoluzione nelle tre direzioni di un fattore circa di radice di 2. Anche la microscopia a due fotoni offre una dipendenza quadratica come quella ottenibile con il microscopio confocale. Purtroppo la necessità di utilizzare fotoni a lunghezza d'onda doppia, o in generale più lunga, rispetto al caso confocale, peggiora la risoluzione da un punto di vista strettamente ottico, si veda ancora di figura 1a. Tuttavia, in termini di contrasto la situazione migliora in un modo tale da rendere le prestazioni comparabili a quelle di un microscopio confocale, grazie all'assenza di segnale di sottofondo dovuta alle caratteristiche intrinseche della metodica [9]. In entrambi i casi, pur nelle migliori implementazioni, la barriera imposta dalla diffrazione non risulterebbe solo spostata e non sgretolata. L'analisi delle prestazioni tridimensionali può essere svolta usando considerazioni classiche [9, 17, 29, 30]. Per quanto riguarda la risoluzione assiale questa è migliorabile ad esempio usando più di una lente, figura 1b. Se la lente potesse produrre un fronte d'onda completamente sferico la simmetria sarebbe completa anche lungo la direzione z. L'idea generale è quella di aumentare proprio l'apertura numerica del sistema ottico, questa è la chiave di volta per la metodica 4Pi, figura 1b, in grado di fornire un miglioramento da 3 a 7 volte della risoluzione assiale [31]. Nella microscopia 4Pi le immagini vengono prodotte utilizzando due lenti affacciate, a grande apertura numerica. Il modo migliore per realizzare un tale schema è quello di avvalersi delle proprietà di confinamento ottico dell'eccitazione a due

fotoni [9]. In questa modalità funziona il primo sistema commerciale mai sviluppato e realizzato per microscopia, prodotto recentemente dalla Leica Microsystems (Mannheim, Germania). Il sistema 4Pi produce delle immagini che richiedono un filtraggio per rimuovere i lobi di interferenza necessariamente prodotti dai due obiettivi affacciati. L'idea in fondo è semplice, la risposta di una sorgente puntiforme non è più confinata nello spot centrale ma è distribuita su due spot laterali. Questo affina lo spot centrale, offrendo il miglioramento risolutivo, attraverso gli spot laterali che sotto certe condizioni sono simmetrici e possono essere facilmente rimossi. Figura 2 mostra un esempio di risoluzione assiale di circa 98 nm ottenuto su un film fluorescente ultrasottile di spessore di circa 5 nm [32]. Il sistema richiede ovviamente degli accorgimenti.

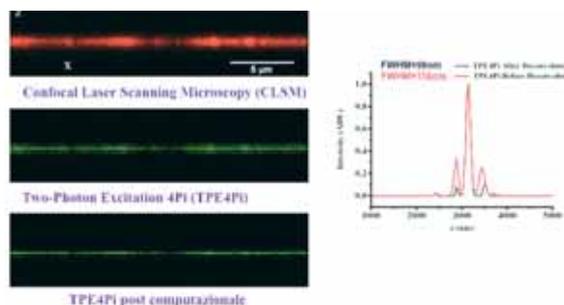


Fig. 2 - Esempio di immagine di strato fluorescente ultrasottile con 4Pi con ottenimento di una risoluzione assiale, dopo elaborazione del segnale, di circa 98 nm [32]. L'immagine è stata acquisita presso i laboratori della Leica Microsystems di Mannheim.

Un punto critico risiede nel montaggio del campione che deve essere alloggiato, in mezzo alle due lenti affacciate, perturbando il meno possibile la simmetria. Per questo motivo sono preferibili campioni sottili con moderata variazione di indice di rifrazione rispetto al mezzo di montaggio, tipicamente glicerolo o altro mezzo appropriato [33]. L'implementazione del 4Pi apre una finestra importantissima nello studio di sistemi biologici ed offre per la prima volta al microscopista la possibilità di usare un sistema bilanciato in risoluzione lungo i tre assi: finalmente è possibile realizzare voxel cubici al massimo della risoluzione. Il sistema 4Pi non "sgretola" ancora la barriera imposta dalla diffrazione ma pone il microscopio al massimo delle sue potenzialità ottiche. Sempre negli anni novanta si comprende quanto possa essere utile sfruttare le proprietà fotofisiche delle molecole fluorescenti per migliorare la risoluzione. Per superare la barriera di Abbe, che non previene la possibilità di localizzare oggetti sparsi

alla precisione del nm [34], occorre escogitare un modo per distinguere un numero arbitrario di molecole densamente impacchettate entro distanze inferiori al limite di risoluzione. Questo è possibile utilizzando registrazioni sequenziali ovvero transizioni delle molecole fluorescenti da uno stato A (ad es., bright) ad uno stato B (ad es., dark), ed eventualmente viceversa, leggendo il segnale proveniente da quelle luminose (bright) di volta in volta. Un modo relativamente semplice per fare questo, migliorando così a livello nanometrico la capacità di localizzare una molecola fluorescente, consiste nell'utilizzare proteine fluorescenti fotoattivabili [12] accoppiate ad un meccanismo di spegnimento progressivo per la determinazione della posizione dell'insieme più piccolo rivelabile. Pur semplicisticamente, su questa idea è basata la metodica PALM [7], figura 3: Betzig e colleghi accendono proteine fotoattivabili in zone sparse del preparato per poi spegnerle selettivamente sfruttando il fotodecadenimento. La posizione dell'insieme di molecole è determinato calcolandone il centro di massa (ovvero di luminosità) di volta in volta. Questo

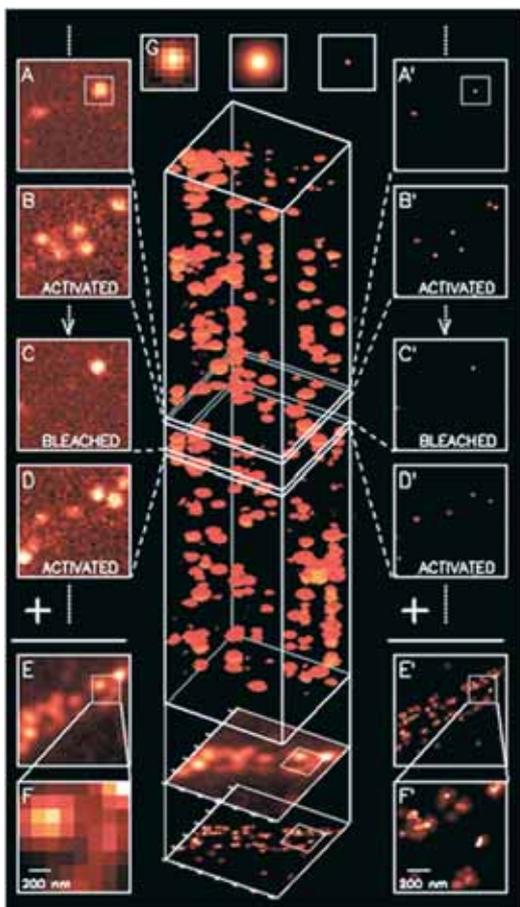


Fig. 3 Schema di principio di PALM.

viene fatto sfruttando da un lato una metodica ad alta risoluzione e confinata alla membrana basale come la microscopia in fluorescenza a campo prossimo e dall'altro la conoscenza della PSF del sistema. Una volta spente tutte le molecole accese ne vengono accese e spente delle altre. In questo modo è possibile realizzare una mappa di posizioni con accuratezza nanometrica. La nota dolente della metodica risiede nel tempo necessario a costruire una statistica appropriata di centri di massa, dalle 20 alle 80 ore di acquisizione, ed il fatto di poter produrre immagini da campioni fissati. Inoltre i campioni sono generalmente costituiti da criosezioni dello spessore di circa 25 nm particolarmente adatti per sviluppi in microscopia correlativa [35]. Poiché le proteine fotoattivabili sono la chiave di tale processo si pensa che una loro eccitazione a due fotoni possa favorire un miglioramento della metodica [36] permettendo di ottenere anche il superamento di un vincolo imposto dalla microscopia in campo prossimo che riguarda il fatto di essere confinati alla membrana basale [37]. Altrettanto importanti, in questo ambito, risultano essere le caratteristiche spazio temporali del fenomeno di fotodecadenimento [38].

Un modo efficace ed elegante per spostare la microscopia nel dominio della nanoscopia utilizzando le proprietà fotofisiche delle molecole fluorescenti è quello realizzato con la metodica STED, figura 4.

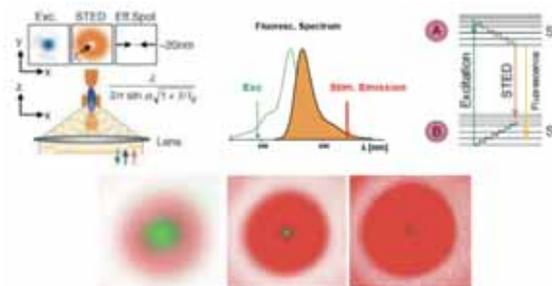


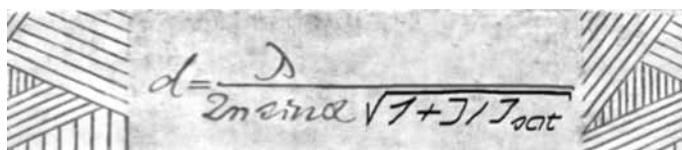
Fig. 4 Vignetta del meccanismo di formazione di immagine alla base della microscopia STED.

Anche in questo caso le origini datano i primi anni novanta e l'idea è di per sé relativamente semplice [39]. Considerando lo spot di fluorescenza limitato dalla diffrazione ed ottenibile in modalità convenzionali, la STED permette in qualche modo di annichilare il segnale di fluorescenza convenzionale in una regione programmabile e di ridurlo a dimensioni infinitesime. Le molecole fluorescenti vengono eccitate e simultaneamente spinte ad emettere in una regione spettrale al di fuori della regione spettrale di osservazione. La quantità di mole-

cole “spinte” a questa emissione stimolata è funzione della radiazione utilizzata, detta “radiazione di STED”. Questa radiazione di STED è fortemente legata alle caratteristiche fotofisiche della molecola fluorescente e alle possibilità tecniche di illuminazione del campione. Occorrono in pratica molecole specifiche e linee di illuminazione STED, tipicamente laser, altrettanto specifiche, accoppiate ad una geometria ottica che permetta di confinare la conseguente annichilazione della fluorescenza. Una molecola che avrebbe emesso fluorescenza non la emette più se forzata ad una emissione stimolata altrove. La geometria iniziale del metodo è estremamente semplice: immaginate di disporre di uno spot circolare di fluorescenza e realizzate intorno a questo spot una ciambella bucata che induca emissione stimolata. A questo punto la risoluzione sarà determinata dalle dimensioni del buco della ciambella. Si può dimostrare che per alte intensità di eccitazione STED, che in ogni caso non compromettono la vitalità del sistema biologico, è possibile ridurre le dimensioni del buco della ciambella a livello infinitesimo sgretolando così la barriera di risoluzione [6]. Ad oggi il risultato migliore ottenuto è di circa 7,6 nm nel piano (si veda il testo in uscita a Ottobre 2009, A. Diaspro, Optical Nanoscopy and Multidimensional Fluorescence Microscopy, Taylor and Francis-CRC press).

Se questo è estremamente interessante, pur presentando alcune limitazioni prevalentemente date dall'individuazione di molecole fluorescenti appropriate, è ancora più interessante il fatto che è stato possibile riscrivere, dopo circa 150 anni, la relazione di Abbe dotandola di un fattore correttivo al denominatore: la radice quadrata del rapporto tra la intensità massima di STED e la cosiddetta intensità di saturazione (quella che in condizioni normali produce una ciambella che riduce la fluorescenza ad un valore pari a $1/e$) più uno. Quando il rapporto tra le intensità si avvicina a 90 si riescono a raggiungere valori impensabili di

risoluzione nanometrica nello spazio tridimensionale occupato dal campione, in condizioni vitali [40]. Anche per la metodica STED, giunta ad una buona maturità applicativa, Leica Microsystems ha sviluppato un modulo commerciale. Attualmente presso l'Istituto Italiano di Tecnologia e' in fase di sviluppo e realizzazione il primo Nanoscopio ottico italiano integrato basato su sorgenti laser a luce bianca. Vale la pena di porre l'accento che l'aspetto più significativo resta il fatto che nella definizione del limite di risoluzione compaiono per la prima volta le caratteristiche fotofisiche delle molecole fluorescenti ovvero le caratteristiche di una specifica interazione luce-materia, emendando la relazione di Abbe, figura 5.



$$d = \frac{\lambda}{2 m \sin \alpha \sqrt{1 + I / I_{sat}}}$$

Fig. 5 Emendamento alla formula di Abbe. Il termine I/I_{sat} può tendere ad infinito portando la risoluzione ad un limite infinitesimo [6]. I è legato alla intensità di radiazione di deplezione usata e I_{sat} al valore, caratteristica foto fisica della molecola, di intensità che permette di depopolare al 50% lo stato eccitato prima che avvenga il naturale decadimento per fluorescenza.

Nuovi miglioramenti sono dietro l'angolo, a portata di mano, nello spirito delle previsioni di Feynman.

Bibliografia

1. Feynman RP (1960) Engineering and Science. Il testo in italiano è pubblicato in: Feynman RP (2002) Il piacere di scoprire, Capitolo 5, Adelphi.
2. Diaspro A (1996) IEEE EMBS Magazine 15: 29.
3. Abbe E. (1873) Arch.Mikroskops Anat., 9:413.
4. Hell SW (2003) Nat Biotechnol., 21(11):1347-55.
5. Willig KI, Kellner RR, Medda R, Hein B, Jakobs S, Hell SW (2006) Nat Methods, 3:721.
6. Hell SW (2007) Science, 316:1153.
7. Betzig E (2006) Science, 313: 1642.
8. den Dekker AJ, van den Bos A (1997) J.Opt.Soc.Am. A, 4: 547.
9. Diaspro A, Chirico G, Collini M (2005) Quart.Rev.Biophys. 38:1-72.(Open access: <http://www.biomedical-engineering-online.com/content/5/1/36>.)
10. Tsien RY (1998) Annual Review of Biochemistry, 6: 509.
11. Diaspro A (2006) .Microsc. Res. Tech. 69: 149
12. Patterson GH, Lippincott-Schwartz J (2002) Science, 297: 1873.
13. Patterson GH, Lippincott-Schwartz J (2004) Methods, 32:445.
14. Ronchi V (1961) J.Opt.Soc.Am. 51:458.
15. Castleman KR (1979) Digital Image Processing; Prentice-Hall.
16. Bertero M, Boccacci P (1998) Introduction of Inverse Problems in Imaging; IOP.

17. Diaspro A. (2001) Confocal and Two-Photon Microscopy: Foundations, Applications, and Advances; Wiley-Liss.
18. Toraldo di Francia G. (1955) J.Opt.Soc.Am. 45:497.
19. Toraldo di Francia G. (1969) J.Opt.Soc.Am. 59:799.
20. Lukosz W (1966) J.Opt.Soc.Am. 56:1463.
21. Lukosz W (1967) J.Opt.Soc.Am. 57:932.
22. Mondal PP, Vicidomini G, Diaspro A (2007) J. Appl. Phys. 102:044701.
23. Garini Y, Vermolen BJ, Young IT (2005) Curr Opin Biotechnol., 16:3.
24. Gustaffsson MG (2005) PNAS USA, 102(37):13081.
25. Heintzmann R, Jovin TM, Cremer C (2002) J. Opt. Soc. Am. A, 19: 1599.
26. Moerner WE (2007) PNAS USA, 104: 12596.
27. Diaspro A, Krol S, Campanini B, Cannone F, Chirico G (2006) Optics express 14: 9815.
28. Bianco B, Diaspro A (1989) Cell Biophysics, 15: 189.
29. Tommasi, T., Diaspro, A., and Bianco, B. (1993) Signal Proc. 32: 357.
30. Mondal PP, Diaspro A (2008) Opt.Comm. 281: 1855
31. Hell SW, Stelzer EHK (1992) Opt. Comm.93:227.
32. Vicidomini G, Schneider M, Bainchini P, Krol S, Szellas T, Diaspro A (2007) J. Microscopy, 225: 88.
33. Staudt T, Lang MC, Medda R, Engelhardt J, Hell SW (2007) Microsc. Res. Tech. 70:1.



Report No. 159 Risk to the Thyroid from Ionizing Radiation

Il Report è un aggiornamento del No. 80 “ Induction of Thyroid Cancer by Ionizing Radiation”, pubblicato nel 1985 e ristampato nel 1987. Lo scopo di quest’ultimo lavoro è quello di fornire un riferimento completo ed autorevole sui rischi per la tiroide derivanti da radiazioni ionizzanti.

È importante segnalare che le conclusioni del Report 159 differiscono significativamente da quelle del Report 80, in conseguenza del fatto che i dati che sono stati pubblicati dal 1985 in poi hanno portato alla revisione dei modelli di rischio per la tiroide derivante dall’esposizione a radiazioni ionizzanti. Inoltre gli studi che hanno riguardato larghe fasce di popolazione esposta in adolescenza o infanzia al radioiodio, in concomitanza all’incidente ai reattori nucleari di Chernobyl, hanno fornito ulteriori approfondimenti circa l’efficacia del radioiodio nel produrre il cancro tiroideo.

Per la popolazione nella fascia più elevata di rischio (quella che si trovava tra 0 e 14 anni al momento dell’incidente) il Report 159 preferisce applicare un modello che porta ad una stima di un fattore di rischio nel corso della vita pari a 1,5 volte quello stimato nel Report 80.

Per la popolazione nel suo insieme, invece, il rischio stimato dal nuovo Report è inferiore.



Report No.160 Ionizing Radiation Exposure of the Population of the United States (2009)

Come già segnalato nell’ultimo numero del periodico, un numero limitato di copie in pre-pubblicazione di questo Report era stato presentato al meeting annuale NCRP tenutosi a Bethesda il 2 e 3 marzo scorsi, ma adesso il Report è disponibile in formato elettronico e in copia cartacea.

Large Hadron Collider: l'apertura di un nuovo orizzonte

Prof. Sandro Squarcia

Laboratorio di Fisica e Statistica Medica - Dipartimento di Fisica e Sezione INFN di Genova

CERN (Ginevra) 10 September 2008: "È un momento fantastico ora possiamo guardare avanti verso una nuova era per poter comprendere le origini e l'evoluzione del cosmo" questo è stato il commento di Lyn Evans project leader di Large Hadron Collider (LHC, *grande collisore di adroni*) quando il primo fascio di protoni ha attraversato con successo l'intero percorso di circa 27 chilometri del più potente acceleratore di particelle del mondo [1]. Questo storico evento ha segnato una tappa fondamentale, dopo oltre due decenni di preparazione, aprendo una nuova era di scoperte scientifiche.

Nel 1929 Robert Van de Graaf costruì una macchina per accelerare particelle. Poco dopo Ernest Lawrence inventò il ciclotrone, il primo acceleratore di particelle capace di raggiungere alte energie. Fu chiaro immediatamente che queste macchine acceleranti avevano un grande potenziale, oltre che per la ricerca della fisica fondamentale, anche nello sviluppo delle applicazioni mediche e industriali. Lawrence ne fu un pioniere impiegando le radiazioni per combattere il cancro. Oggi, quasi ottanta anni dopo, più di 15.000 acceleratori in uso nel mondo danno un contributo essenziale al nostro benessere e a tanti prodotti importanti nella vita quotidiana. Più del 97% di questi acceleratori sono impiegati in molti settori applicativi, mentre alcune centinaia vengono usati per la ricerca scientifica. La fisica delle particelle, attraverso macchine come LHC, può spiegarci moltissimi misteri, portarci alle soglie di un nuovo mondo e fornirci una nuova idea su come si è formato e funziona l'Universo nel quale viviamo.

Un acceleratore di particelle permette infatti di raggiungere energie utili ad analizzare la struttura intima della materia. In queste macchine le particelle elettricamente cariche come elettroni o protoni

sono accelerate e acquistano una grande energia. Lanciate a una velocità prossima a quella della luce verso un bersaglio entrano in collisione. I fisici possono studiare nuove particelle e le leggi che ne regolano il comportamento ponendo ai propri strumenti obiettivi ambiziosi per precisione e qualità delle misure. Se l'uso di tecnologie nuove, costantemente aggiornate e migliorate, è una necessità per i risultati immediati della ricerca, queste portano anche un'onda lunga di ricadute e applicazioni utili nei campi più diversi.

Una macchina come LHC è un salto di potenza: con gli acceleratori esistenti si può arrivare fino a 1000 miliardi di elettronvolt, con il Large Hadron Collider possiamo arrivare a 14.000 miliardi di elettronvolt. Con un'energia così grande è possibile andare molto indietro nel tempo, studiare cioè quello che accadde pochi istanti dopo il Big Bang quando l'energia dell'Universo era pari a quella esistente nelle interazioni all'LHC. In questo modo si cercherà di capire di più sui nuclei degli atomi composti da protoni e neutroni a loro volta formati da quark tenuti insieme da particelle chiamati gluoni (dall'inglese gluon, colla).

LHC (Fig.1) costruito all'interno di un tunnel sotterraneo situato al confine tra la Francia e la Svizzera, originariamente scavato per realizzare il Large Electron-Positron Collider (LEP), è l'acceleratore di particelle più grande finora realizzato al



Fig. 1 - Il Large Hadron Collider nella pianura tra l'aeroporto di Ginevra e il Jura

mondo. Può infatti accelerare protoni e ioni pesanti fino a 99.9999991% della velocità della luce e farli successivamente scontrare, raggiungendo un'energia, nel centro di massa, di 14 TeV, energia mai raggiunta in un laboratorio di fisica sperimentale.

Per realizzare LHC è stato necessario costruire oltre 1600 magneti superconduttori (Fig.2), di cui più di un quarto costruiti in Italia, raffreddati alla temperatura di 1.9 K (-271.25 °C) da elio liquido superfluido, che realizzano un campo magnetico di circa 8 T, necessario a mantenere in orbita i protoni all'energia prevista. Il sistema criogenico di LHC è il più grande che esista al mondo oltre ad essere il luogo "massivo" più freddo dell'universo. Questa temperatura è infatti più fredda di quella dello spazio cosmico, la cui radiazione di fondo ha una temperatura di 2.726 K.

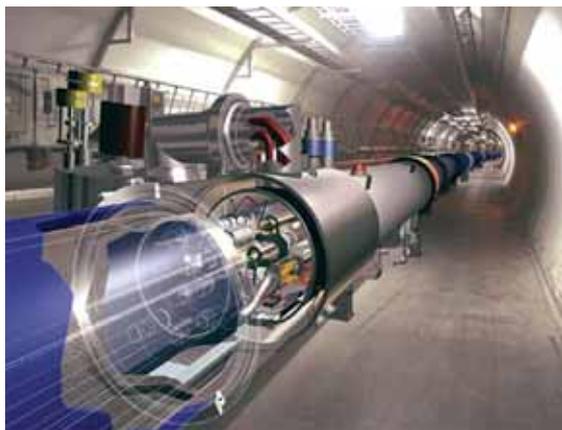


Fig.2 - Sezione di un magnete superconduttore di LHC all'interno del tubo a vuoto

L'entrata in funzione dell'acceleratore, inizialmente prevista per la fine del 2007, è avvenuta il 10 settembre 2008. Le prime collisioni all'energia di 900 GeV sarebbero dovute avvenire nei primi giorni della settimana del 22 settembre 2008 ma i tempi si sono dilatati poiché, il 19 settembre, si è verificato un guasto, causato dalla rottura di una flangia di un magnete, che terrà fermo l'acceleratore per vari mesi. Le prime collisioni avverranno, salvo imprevisti, a fine anno.

La macchina accelera due fasci di particelle che, circolando in direzioni opposte, ciascuno contenuto in un tubo a vuoto, collidono in quattro punti lungo l'orbita, in corrispondenza di caverne nelle quali il tunnel si allarga per lasciare spazio a grandi sale sperimentali. In queste stazioni sono piazzati

enormi apparati costituiti da numerosi rivelatori che utilizzano tecnologie diverse e operano intorno al punto in cui i fasci collidono. Nelle collisioni saranno prodotte, grazie alla trasformazione di una parte dell'altissima energia in massa, numerosissime particelle, fino a 600 milioni al secondo, che attraverseranno e saranno misurate dai rivelatori dei differenti esperimenti (Fig.3).

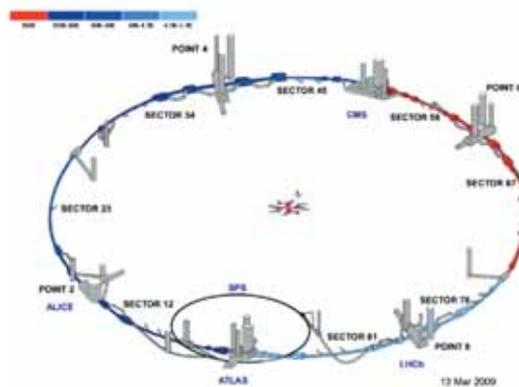


Fig. 3 - Schema degli esperimenti LHC

I fisici di tutto il mondo si propongono di utilizzare LHC per avere risposte a varie questioni che reputano fondamentali per il proseguimento dell'indagine fisica. In primo luogo la scoperta del bosone di Higgs, particella prevista nel Modello Standard, che potrebbe spiegare l'origine della massa delle particelle. Poi determinare cosa sono la materia oscura e l'energia oscura (sappiamo infatti che il 96% della massa dell'universo è costituita da materia diversa da quella ordinaria, di cosa si tratta? E ancora esistono le particelle supersimmetriche (SUSY)? Come è possibile spiegare l'asimmetria tra materia e antimateria, cioè la quasi assenza di antimateria nell'universo?

Gli esperimenti di LHC permetteranno (forse) di vedere come si è formata la massa, una proprietà della materia che ci permette di esistere. Senza la massa infatti l'Universo potrebbe essere solo un oceano di particelle che si muovono alla velocità della luce. Difficilmente potrebbero aggregarsi fra di loro. Le molecole sarebbero rare, mentre galassie, stelle e pianeti non esisterebbero. Così come la vita. La particella responsabile della presenza della materia nell'Universo viene chiamata "bosone di Higgs": la sfida di LHC è vederla per la prima volta grazie all'enorme energia con cui si fanno scontrare fra loro

gruppi di protoni (Fig.4).

LHC potrebbe anche rivelarci le dimensioni extra, cioè altre dimensioni dello spazio oltre alle tre (più il tempo) che ci sono familiari. Queste dimensioni, se esistono, sono estremamente piccole e “arrotolate” su loro stesse. Ma avrebbero un ruolo fondamentale per capire molte anomalie che i fisici stanno vedendo. Per esempio, nella forza di gravità sulle grandi distanze.

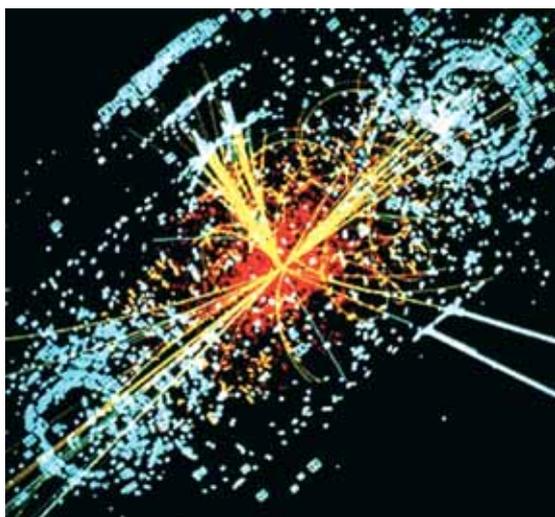


Fig. 4 – Simulazione del decadimento di un bosone di Higgs

Dovunque noi guardiamo, nel nostro Universo, da un filo d'erba a un ammasso di galassie, noi vediamo materia fatta di particelle “ordinarie”, la materia così come la conosciamo. Ma i calcoli relativi ai movimenti delle galassie, ci dicono che questa materia rappresenta solo il 4% di tutto ciò che esiste e che tutto il resto è composto da materia oscura e energia oscura. Sappiamo che ci sono, ma non sappiamo di che cosa sono fatte. Inoltre, è estremamente difficile trovarle e studiarle. Due esperimenti di LHC, in particolare ATLAS [2] e CMS [3], cercheranno delle particelle mai viste finora, le cosiddette “particelle supersimmetriche” che, secondo alcune ipotesi, potrebbero rivelarci molto sulla materia oscura.

Se è vero che viviamo in un Universo fatto di materia, è anche vero che, ormai da alcuni decenni, sappiamo che esiste l' antimateria. Anzi, la usiamo addirittura nelle macchine per esami diagnostici come la PET. All'inizio dell'Universo, materia e antimateria dovevano essere pari e il loro destino apparente sarebbe dovuto essere quello di scom-

parire tutte e due, annichilandosi a vicenda. Invece non è accaduto e la materia di cui siamo fatti ha prevalso. Perché? LHCb [4], guarderà con grande precisione la differenza tra materia e antimateria, per capire altre differenze oltre a quelle, troppo piccole per spiegare la realtà del cosmo, trovate finora dagli scienziati.

ALICE [5] cercherà di ricreare le condizioni primordiali del Big Bang per analizzare quel “brodo” di particelle composto da un plasma di quark e gluoni mentre i due rivelatori più piccoli TOTEM [6] e LHCf [7] sono studieranno le collisioni che producono particelle a piccolo angolo rispetto alla direzione dei fasci.

ATLAS (*A Toroidal LHC ApparatuS*) è il più grande rivelatore mai costruito per la fisica delle particelle: 46 m di lunghezza, 25 m di larghezza e 25 m di altezza, peso circa 7000 tonnellate. Il suo magnete toroidale è costituito da otto bobine superconduttrici (Fig.5). Diversamente dalla maggior parte dei rivelatori di particelle, ATLAS non ha bisogno di grandi quantità di metallo per contenere il campo, perché il campo stesso è contenuto all'interno di una forma di ciambella, definita dal bobine. Questo aumenta la precisione delle misurazioni che si possono ottenere.

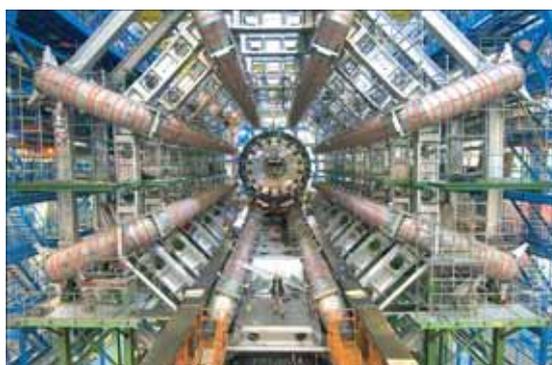


Fig. 5 – Vista generale di ATLAS

Anche CMS (*Compact Muon Solenoid*) è un rivelatore “ermetico”: ha 21.6 m di lunghezza per 14.6 m di diametro per un peso totale di circa 12500 tonnellate. I rivelatori sono racchiusi all'interno di un magnete solenoide superconduttore, costruito grazie all'INFN di Genova e all'Ansaldo Superconduttori, che crea un campo magnetico di 4 T parallelo all'asse dei fasci (Fig.6). Il campo magnetico permette di curvare le particelle

cariche, consentendo la misura del loro impulso e del segno della loro carica.

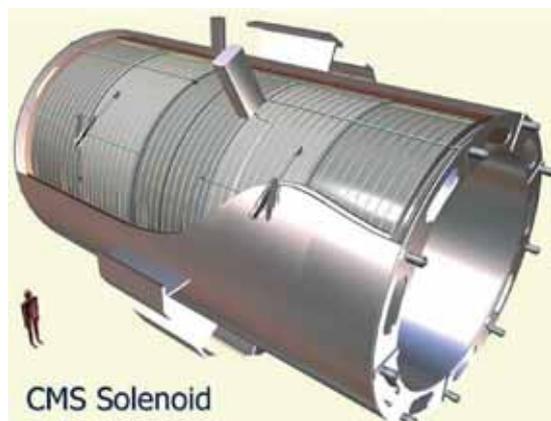


Fig. 6 - Schema del magnete superconduttore di CMS

Entrambi questi apparati sono formati da una serie di cilindri concentrici attorno al punto di interazione, cioè dove si scontrano i fasci di protoni, e possono essere divisi in quattro parti principali: il rivelatore interno, i calorimetri, gli spettrometri muonici ed il sistema dei magneti superconduttori. Ciascun componente è formato da vari strati. I rivelatori sono complementari: il rivelatore interno traccia precisamente le particelle, i calorimetri misurano l'energia delle particelle più facili da arrestare e lo spettrometro muonico fornisce ulteriori misure sui muoni più penetranti. Il sistema di magneti deflette le particelle cariche nel rivelatore interno e nello spettrometro muonico, permettendo così la misurazione delle loro quantità di moto.

Le sole particelle stabili a non poter essere rilevate direttamente sono i neutrini: la loro presenza è dedotta da apparenti violazioni della conservazione della quantità di moto durante una collisione. Per svolgere questo compito, il rivelatore deve essere "ermetico", deve cioè permettere la misura di tutte le altre particelle, coprendo (quasi) tutto l'angolo solido intorno al punto di interazione, senza punti ciechi. Mantenere l'efficienza dei rivelatori in un'area soggetta ad intense radiazioni come quella che circonda il punto di interazione è una sfida costruttiva non indifferente.

Secondo alcuni il Large Hadron Collider potrebbe causare la distruzione della Terra creando un buco nero stabile [8]. Gli scien-

ziati del CERN fin dall'inizio hanno sempre sostenuto che non c'è nessun pericolo: la radiazione di Hawking, una radiazione termica che si ritiene sia emessa dai buchi neri a causa degli effetti quantistici, impedisce ai mini buchi neri di essere una minaccia, perché li farà evaporare in una frazione di secondo.

Tuttavia alcuni catastrofisti non sono d'accordo con la valutazione dei rischi del CERN e temono che la minaccia sia reale. Nel marzo 2008 vennero citati in giudizio presso una corte delle Hawaii il CERN, il Fermilab di Chicago e il Dipartimento dell'Energia degli Stati Uniti per aver partecipato alla costruzione dell'acceleratore, nel tentativo di impedire l'entrata in funzione del LHC, ma persero la causa. Nel settembre 2008 altri catastrofisti si sono rivolti alla Corte Europea dei diritti dell'uomo per fermare l'esperimento, ma la Corte Europea ha respinto la richiesta.

Il 20 giugno 2008, l'LHC Safety Assessment Group (LSAG), il team che si occupa della valutazione di rischio per l'LHC, ha rilasciato un rapporto sulla sicurezza che riafferma ed estende le precedenti conclusioni riguardo al fatto che *"le collisioni provocate dal LHC non presentano alcun pericolo e non vi è motivo di preoccupazione"* [9].

Se è vero infatti che con LHC si possono ottenere collisioni a energie mai ottenute prima da nessun altro acceleratore di particelle, è anche certo che nell'Universo i raggi cosmici producono molte collisioni tra particelle a energie ancora più elevate di quelle ottenibili con LHC. I raggi cosmici sono particelle prodotte da fenomeni cosmici di varia natura: le energie e le frequenze con cui questi raggi colpiscono l'atmosfera terrestre sono state misurate in grande dettaglio negli ultimi settanta anni da molti esperimenti indipendenti.

È facile quindi calcolare, partendo da queste due grandezze, quante collisioni a energie superiori a quelle di LHC sono avvenute sulla Terra nei quattro miliardi di anni della sua esistenza; il risultato è che sono un numero centomila volte maggiore delle collisioni che verranno prodotte a LHC durante tutto il periodo in cui l'acceleratore sarà in funzione: la Terra, fortunatamente, esiste ancora! Il Sole ha una superficie diecimila volte più grande della Terra per cui, sul Sole,

sono già avvenuti più di un miliardo di esperimenti equivalenti a quelli che faremo a LHC e il Sole, per nostra fortuna, continua a esistere!

Anche se non è avvenuta finora nessuna interazione LHC però ha già battuto alcuni record interessanti: se il polo sud è il posto più freddo della Terra (-80 °C), il tunnel di LHC risulta essere uno dei punti più freddi di tutta la galassia (-271 °C). Se il Sole, con una temperatura di 20 milioni di gradi, è il posto più caldo del sistema solare, nei punti di intersezione di LHC si raggiunge una temperatura di 10 milioni di bilioni di gradi.

Non si sa quale nuova fisica sarà possibile scoprire ma si è certi che riproducendo in laboratorio quegli eventi che sono avvenuti quattordici miliardi di anni fa nell'Universo appena nato, apriremo un nuovo e affascinante orizzonte alla nostra conoscenza.

*“Considerate la vostra semenza:
fatti non foste a viver come bruti,
ma per seguir virtute e conoscenza.”*

Dante Alighieri, Divina Commedia,
Inferno canto XXVI, 118-120

Bibliografia

- [1] <http://public.web.cern.ch/Public/en/LHC>
- [2] <http://atlas.web.cern.ch/Atlas/>
- [3] <http://cms.web.cern.ch/cms/>
- [4] <http://lhcb.web.cern.ch/lhcb/>
- [5] <http://aliceinfo.cern.ch/Collaboration/>
- [6] <http://totem.web.cern.ch/Totem/>
- [7] <http://public.web.cern.ch/Public/en/LHC/LHCf-en.html>
- [8] Dimopoulos, S. and Landsberg, G. *Black Holes at the Large Hadron Collider*. Phys. Rev. Lett. 87 (2001).
- [9] Ellis J, Giudice G, Mangano ML, Tkachev I, Wiedemann U *Review of the safety of LHC collisions*. Journal of Physics G: Nuclear and Particle Physics. 35, 115004.



*International Commission on
Radiation Units and Measurements, Inc.*

Citato tra i Coming Soon della pagina online dell'ICRU, **Quantitative Aspects of Bone Densitometry (ICRU Report 81)**, tratta delle quantità e unità usate nella densitometria ossea sia con tecnica con radiazioni ionizzanti che con ultrasuoni. Nelle tecniche a raggi X, le quantità più importanti sono la densità minerale ossea (BMD) e la massa minerale ossea (BMM), mentre per le tecniche a ultrasuoni lo sono la velocità sonora ossea (VOS o SOS) e la attenuazione ultrasonora a banda larga (BUA). Queste quantità vengono definite precisamente in accordo al SI e agli standard ISO e vengono affrontate le loro ambiguità d'uso. Per esempio, si specifica come la BMD misurata con i sistemi a raggi X ad assorbimento di doppia energia (DEXA) debba portare il suffisso BMDa, per differenziarsi dalla quantità volumetrica vera misurata dalla tomografia computerizzata quantitativa (QCT). Un altro suggerimento viene dato nel rinominare il contenuto minerale osseo (BMC) come massa minerale ossea (BMM). Benché i differenti principi fisici impiegati poco influenzino la prospettiva clinica di porre diagnosi di osteoporosi o rischio di frattura o altro, il Report tratta del confronto tra l'utilità clinica delle quantità fisiche specificatamente nello studio dell'osteoporosi, anche se le stesse quantità vengono impiegate anche in altri campi. Nell'ultima parte del Report, si confrontano i principi fisici e le fonti di errore nelle varie tecniche: l'assorbimento radiografico, la radiogrammetria, l'assorbimento a doppia energia, la tomografia computerizzata quantitativa si basano su ben noti principi fisici dell'assorbimento dei raggi X, laddove la propagazione e l'assorbimento di onde ultrasonore è molto più complesso, con il coinvolgimento di non una sola quantità come il coefficiente di assorbimento nel caso dei raggi X, ma probabilmente una moltitudine di variabili che dovrebbero consentire una valutazione della resistenza ossea alla propagazione dell'onda meccanica come combinazione di proprietà strutturali e materiali.

DOSIMETRIA INDIVIDUALE DI PAZIENTI SOTTOPOSTI A TERAPIA RECETTORIALE CON PEPTIDI RADIOMARCATI

Elisa Grassi, Federica Fioroni, Gianni Borasi

Servizio di Fisica Sanitaria

A.O. di Reggio Emilia "Arcispedale Santa Maria Nuova", Reggio Emilia.

PREMESSA

L'introduzione nel campo della terapia medico-nucleare dell'utilizzo di isotopi β -emittenti ha suscitato un rinnovato interesse nei confronti della dosimetria interna⁽¹⁾. La terapia con radionuclidi dei tumori che esprimono i recettori della somatostatina è oggi eseguita con peptidi, quali DOTATOC (DOTA-D-Phe1-Tyr3-octreotide) e DOTATATE (DOTA0,Tyr3-octreotate), marcati con radionuclidi beta emettitori di alta e media energia, come ^{90}Y ($E_{\text{ave},\beta} = 0.935$ MeV, $E_{\text{max}} = 2.27$ MeV; $T_{1/2} = 2.7$ d) e ^{177}Lu ($E_{\text{ave},\beta} = 0.130$ MeV, $E_{\text{max}} = 0.497$ MeV; $T_{1/2} = 6.7$ d)⁽²⁾.

Questi sono impiegati principalmente nella cura palliativa dei tumori neuroendocrini.

L'impiego di ^{68}Ga -DOTATOC nella diagnostica PET-CT consente, inoltre, di identificare questo tipo di tumore in modo nettamente superiore rispetto alle tecniche tradizionali di medicina nucleare, permette di pianificare in modo migliore il trattamento del paziente e gioca un ruolo importante nella valutazione del paziente in corso di terapia.

La valutazione della massima attività somministrabile al paziente per terapia, compatibilmente con la dose assorbita dagli organi a rischio, avviene attraverso lo studio dosimetrico del paziente, facendo uso di radiofarmaci surrogati della molecola di trattamento, come ad esempio ^{111}In -DOTATOC.

Di questa metodica verrà discusso in seguito, poiché ad oggi è uno dei metodi maggiormente diffusi nei centri che eseguono questo tipo di trattamento.

MATERIALE E METODI

Caratteristiche e necessità di uno studio dosimetrico

Premesso che solo un'adeguata captazione da parte delle cellule neoplastiche può assicurare l'idoneità del paziente a questo tipo di trattamento, viene generalmente eseguita un'indagine preliminare con l'intento di quantificare la

reale affinità del farmaco per i recettori tumorali.

Nel nostro centro lo studio PET-CT con ^{68}Ga -DOTATOC è ritenuto un requisito fondamentale per la scelta dell'arruolamento del paziente in questo specifico protocollo terapeutico in accordo con M. Gabriel et al.⁽³⁾

Il passo successivo all'arruolamento è la sottomissione del paziente allo studio dosimetrico, o in data antecedente al primo ciclo di cura, o fra il primo ed il secondo ciclo di trattamento. Lo scopo dello studio dosimetrico non diventa pertanto predittivo della dose da somministrare per ciclo, ma fornisce una indicazione della massima attività cumulativa somministrabile di quel radionuclide specifico su tutti i cicli di cura.

La più diffusa tecnica dosimetrica è quella planare con ^{111}In -DOTATOC, a viste coniugate⁽⁴⁾.

Essa consiste nella acquisizione di una serie di scintigrafie del corpo intero con gamma-camera e nella raccolta di una serie di campioni biologici (ematici e/o urine). Accanto a tecniche di imaging dosimetrico di tipo planare, le tecniche tridimensionali, quali SPECT-CT e PET-CT, stanno riscuotendo sempre maggior riscontro, grazie al loro doppio contenuto informativo.

Per coerenza con la terapia e per una migliore interpretazione del risultato, il protocollo dosimetrico viene eseguito con protezione renale.

Le farmaco-cinetiche di ^{111}In -DOTATOC e di ^{90}Y -DOTATOC e le dosi ai reni da essi ottenute sono molto simili fra di loro^(5,6), pertanto la simulazione del trattamento con l'isotopo gamma emettitore ^{111}In non introduce una rilevante fonte di errore.

M.G. Stabin⁽⁷⁾ sostiene che la combinazione di tutte le cause di errore in gioco nella stima dosimetrica comporti un fattore di incertezza pari almeno a 2. Questo valore potrebbe diventare addirittura maggiore a causa della incertezza nei processi fisiologici e a causa dell'evol-

versi della malattia anche in corso di terapia.

Se viene eseguita una dosimetria personalizzata, cercando di essere estremamente accurati nella fase di acquisizione delle immagini, di analisi quantitativa (delle immagini, per esempio, ma non solo), di rielaborazione dei dati (ad es. fitting delle curve attività-tempo) e di personalizzazione delle dimensioni reali degli organi dei pazienti, molte delle incertezze intrinseche nel modello possono essere rimosse e l'incertezza globale nel calcolo della dose all'organo critico del paziente può essere ridotta a valori del 10%-20% circa.

Per ottimizzare le cause di errore è necessario raccogliere un numero sufficiente di punti di misura su di un intervallo di tempo abbastanza lungo per caratterizzare completamente sia la fase di uptake che quella di clearance. E' inoltre necessaria una buona qualità delle immagini, eventualmente integrando l'informazione derivante dall'imaging planare con quella delle immagini tomografiche (ad es. acquisendo almeno uno studio SPECT).

Come già accennato, scopo della dosimetria è valutare la massima quantità di attività somministrabile in relazione alla tossicità agli organi a rischio.

In questo tipo di terapia l'organo a rischio per eccellenza è il rene, benchè possa essere valutata anche la dose assorbita da fegato, milza, cuore, polmone e midollo rosso, salvo coinvolgimenti di questi organi da parte della malattia. Secondo quanto riportato da R. Barone et al⁽⁸⁾ per evitare fenomeni tardivi di tossicità renale l'attività somministrata cumulativa di ⁹⁰Y-DOTATOC nei diversi cicli di cura non dovrebbe comportare una dose ai reni superiore a 23Gy. Il valore di 23Gy rappresenta il limite per danni renali in massimo il 5% dei pazienti a 5 anni⁽⁹⁾. Da stime effettuate dallo stesso gruppo, la somministrazione di tali attività dovrebbe consentire di non superare la soglia di sicurezza dei 2Gy al midollo rosso.

F. Forrer e H. Maecke⁽¹⁰⁾ discutono il fatto che da certe fonti di letteratura parrebbe opportuno escludere da terapia quei pazienti la cui dose ai reni superasse i 27Gy. Tale scelta porrebbe in risalto l'aspetto etico, poiché questi pazienti non hanno generalmente altra possibilità di trattamento.

D'altro canto non è ancora del tutto chiara la correlazione, se esiste, fra dose assorbita e tossicità renale in radioterapia con radionuclidi, pertanto i due autori arrivano alla conclusione che il valore limite individuato di 27Gy possa servire solo da linea guida per la scelta dell'at-

tività da somministrare e non come giustificazione per escludere un paziente dalla terapia.

Come sostenuto dal gruppo di Bad Berka, invece, al di là del limite di dose, la tossicità al rene può essere gestita ed ottimizzata agendo sia sull'intervallo di tempo fra i cicli di cura (modalità di frazionamento), sia sulla massima attività somministrata per ciclo⁽¹¹⁾.

I valori di dose di riferimento (i 23Gy piuttosto che 27Gy) utilizzati sono mutuati dall'esperienza della radioterapia con fasci esterni (TD_{5,5} piuttosto che TD_{5,50}). Pertanto le condizioni di irraggiamento, il rateo di dose di erogazione (in radioterapia con fasci esterni di 1-10mGy/min) e l'uniformità della distribuzione di dose sono completamente diversi.

Nella terapia con radionuclidi il rateo di dose è basso ed è variabile nel tempo a causa dell'effetto del decadimento fisico e biologico. La distribuzione intrinsecamente non uniforme del radionuclide comporta una distribuzione disomogenea della dose. L'irradiazione del corpo è localizzata nei tessuti maggiormente captanti e la non uniformità di dose è legata al metabolismo paziente-specifico, al tipo di farmaco e alla funzionalità degli organi del paziente.

Per tali problematiche la tendenza attuale è di interpretare i risultati della dosimetria ai reni in termini di Biological Effective Dose (BED), grandezza, che, per sua definizione, dipende dalla dose assorbita individualmente dal singolo paziente per ciclo di cura, dal numero di cicli di terapia e dalle proprietà radiobiologiche del tessuto irradiato. Più fonti^(12,13,14) ritengono la BED ormai un parametro fondamentale per la previsione della tossicità renale nel corso della pianificazione del trattamento con radionuclidi.

Si consideri un andamento mono-esponenziale della curva attività-tempo per i reni e da questo si ottenga l'emivita efficace di quest'organo a rischio. La BED per il rene è così definita a partire dal modello lineare-quadratico⁽¹²⁾:

$$BED = \sum_i D_i + \frac{\beta}{\alpha} \times \frac{T_{1/2rep}}{(T_{1/2rep} + T_{1/2eff})} \times \sum_i D_i^2$$

dove D_i è la dose al rene erogata nell' i -esimo ciclo; α/β è il parametro radiobiologico pari a 2.6Gy per il tessuto renale sano; $T_{1/2rep}$ è l'emivita di riparo del danno sub-letale (2.8 h per il rene); $T_{1/2eff}$ l'emivita efficace paziente-specifica del radiofarmaco nel rene, desunta dalla curva attività-tempo.

L. Bodei et al⁽¹²⁾ ritengono che sussista una correlazione fra la BED ai reni e la nefrotossicità, mentre non hanno riscontrato alcuna correlazione fra tossicità e numero di cicli di cura,

probabilmente a causa del numero non sufficiente delle osservazioni.

La nostra esperienza

Per questa serie di ragioni abbiamo valutato di considerare quale riferimento e limite per l'attività somministrabile, non la dose assoluta assorbita dall'organo a rischio, quanto la BED, calcolata a partire dalla curva attività-tempo paziente-specifica.

Abbiamo scelto come soglia di allarme, in termini di BED il valore di 50Gy, equivalente a erogare una dose di 28Gy con frazionamento di 2Gy/frazione e α/β pari a 2.6Gy con i fasci esterni.

La dosimetria è eseguita su tutti i pazienti arruolati somministrando circa 185MBq di ^{111}In -DOTATOC.

In accordo con il personale medico è stato deciso di somministrare attività standard di ^{90}Y -DOTATOC per ogni ciclo di trattamento: circa 2000MBq/frazione nei soggetti con fattori di rischio e circa 3700MBq/frazione nei soggetti non a rischio.

Analogamente, abbiamo intenzione di procedere nei trattamenti con ^{177}Lu -DOTATOC somministrando circa 3700MBq/frazione nei soggetti a rischio e 7400MBq/frazione nei soggetti non a rischio.

L'intervallo inter-frazione previsto è compreso fra i 60 ed i 90 giorni.

Viene valutato il passaggio a ^{177}Lu -DOTATOC nei pazienti che abbiano ormai raggiunto un valore di BED elevato rispetto al limite imposto di 50Gy, tenuto conto anche del quadro clinico del soggetto.

Le scintigrafie a corpo intero sono eseguite su di un arco temporale al massimo di 5 giorni, acquisendo fino a 5 punti di misura (~30min; 4h; 20h; 30h; 44h; 90h). Analogamente con i campioni di sangue (volume richiesto 0.5 ml) raccolti in provette di capacità 1ml e misurati con spettrometro multicanale al germanio

intrinseco.

Viene raccolto, se necessario, un campione di urina, escreto dall'istante dell'iniezione fino all'istante della prima scintigrafia, con lo scopo di normalizzare l'attività totale presente nel corpo intero al momento della prima scintigrafia. L'anticipazione del primo punto anche a 15-20 minuti dall'iniezione permette in molti casi di non perdere conteggi, acquisendo il paziente a vescica piena.

Il personale tecnico preposto alla acquisizione delle scintigrafie annota sul modulo riportato in figura 1 i parametri di posizione delle testate e del lettino, affinché queste siano rispettate nelle acquisizioni successive. Abbiamo notato, infatti, che molti dei casi dosimetrici anomali riscontrati in questi primi anni di esperienza erano dovuti in buona parte al diverso posizionamento delle testate e del paziente nel corso della dosimetria da parte degli operatori.

La dosimetria viene eseguita facendo uso da un lato del software ULMDOS^(15,16) per la gestione delle immagini, dei dati biologici raccolti e il calcolo delle curve attività tempo secondo il metodo MIRD⁽⁴⁾, dall'altro di OLINDA/EXM⁽¹⁷⁾ (Organ Level Internal Dose Assessment), come codice di calcolo della dose assorbita agli organi critici considerati a partire delle curve attività-tempo.

Viene personalizzata la dimensione degli organi del paziente, eseguendo un'operazione di contornamento sulle immagini CT relative allo studio PET-CT con ^{68}Ga -DOTATOC di arruolamento, che è generalmente l'informazione temporalmente più vicina. Lo strumento utilizzato è il pacchetto Advantage Sim MD della postazione di lavoro Advantage Workstation 4.4 di GE. In questa fase viene richiesto, soprattutto in alcuni casi, l'intervento del medico a supporto del fisico.

Al termine di questo processo è calcolata la BED del rene per il singolo paziente, secondo la relazione sopra riportata.

DATI CLINICI DEL PAZIENTE

NOME:			
COGNOME:			
ID:			
DATA DI NASCITA:			
MEDICO RESPONSABILE:		Ga-PET/CT	<input type="checkbox"/> Sì
ALTEZZA (cm)			<input type="checkbox"/> No
PESO (kg):		spessore (cm):	
ORA DELLA INIEZIONE:		ematocrito -%:	
DOSE:	MBq	ORE:	
RESIDUO:	MBq	ORE:	

ACQUISIZIONE WHOLE-BODY (barrare la casella dove necessario)

PROTOCOLLO DI ACQUISIZIONE*:	<input type="checkbox"/> DT WB DOTATOC	<input type="checkbox"/> ALTRO:	
INIZIO SCANSIONE (cm):			
FINE SCANSIONE (cm):			
LUNGHEZZA DELLA SCANSIONE (cm):		HEAD 1 (cm):	
POSIZIONE DEL LETTINO (cm):		HEAD 2 (cm):	
PRIMA DI INIZIARE LA PRIMA SCANSIONE			
Raccolta bidone urine?	<input type="checkbox"/> Sì	<input type="checkbox"/> No	

INDICARE i seguenti parametri della SCANSIONE:

T.P.I.		Velocità di scansione (cm/min)	giorno ed ora esatta dell'acquisizione*	Nome operatore tecnico
~	30min	10		
~	4h	10		
~	20h	10		
~	40h	10		
~	90h	7		

* Si verifichi sempre:

- Multiple Energy: **Windows Only** sia per il Det 1 che per il Det 2
- le finestre energetiche: **140keV, 173k, 247keV (+/- 10%)** sia per il Det 1 che per il Det 2

RACCOLTA CAMPIONE EMATICO?				
~	30min	<input type="checkbox"/> Sì	<input type="checkbox"/> No	
~	4h	<input type="checkbox"/> Sì	<input type="checkbox"/> No	
~	20h	<input type="checkbox"/> Sì	<input type="checkbox"/> No	
~	40h	<input type="checkbox"/> Sì	<input type="checkbox"/> No	
~	90h	<input type="checkbox"/> Sì	<input checked="" type="checkbox"/> No	

Figura 1 Modulo di raccolta dati fornito al personale tecnico durante il ciclo di acquisizioni planari con lo scopo di uniformare le modalità di acquisizione.

RISULTATI E DISCUSSIONE

Nei grafici 1, 2 e 3 sono riportati gli istogrammi delle dosi biologiche ottenute sui nostri pazienti nel corso di questi primi anni di attività, suddivise per numero di cicli di trattamento.

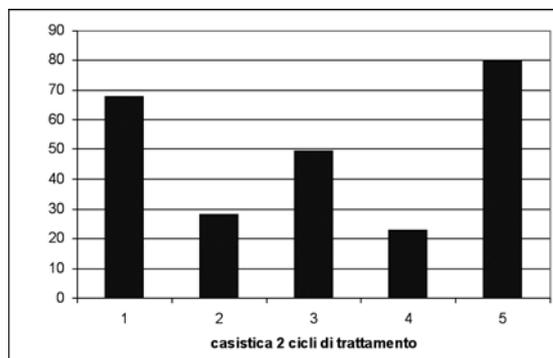


Grafico 1 BED ai reni ottenuta con 2 cicli di trattamento in alcuni dei nostri pazienti

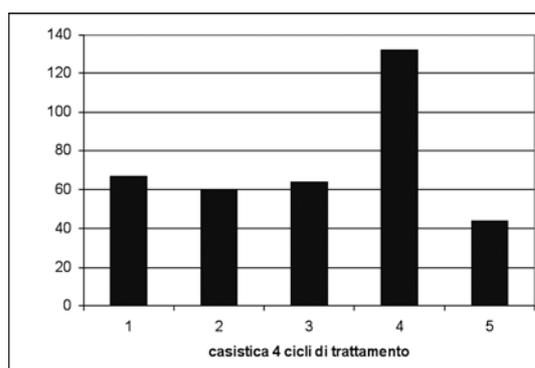


Grafico 2 BED ai reni ottenuta con 4 cicli di trattamento in alcuni dei nostri pazienti

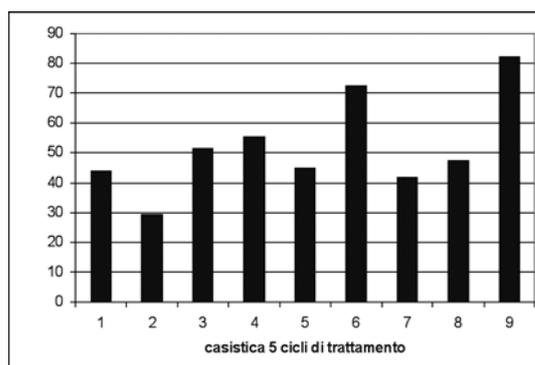


Grafico 3 BED ai reni ottenuta con 5 cicli di trattamento in alcuni dei nostri pazienti

Appare evidente la disomogeneità dei risultati ottenuti anche a parità di numero di cicli.

Si sottolinea il fatto che la BED tiene conto del frazionamento della attività somministrata, ma nella relazione non compare il fattore del tempo trascorso fra le singole frazioni.

Esistono situazioni in cui è necessario un numero elevato di cicli per il raggiungimento del valore soglia, mentre in altri casi con un numero bassissimo di cicli viene superato il limite dei 50Gy imposto.

Nella maggior parte dei casi, il superamento dei 50Gy ha interessato pazienti con una bassissima aspettativa di vita.

Siccome i pazienti arruolati non hanno generalmente altra alternativa di cura e non raggiungeranno mai la regressione totale, l'obiettivo del trattamento è il raggiungimento del valore di BED massima possibile, compatibilmente al quadro clinico del paziente.

CONCLUSIONI

La nostra casistica conferma l'esigenza dell'esecuzione di una dosimetria paziente-specifica.

È consigliabile l'impiego di tecniche dosimetriche più evolute della metodica planare a viste coniugate, quali ad esempio l'utilizzo di tecniche tridimensionali, la modellizzazione del rene (regione midollare e corticale)⁽¹⁸⁾ e la dosimetria a voxel⁽¹⁹⁾.

BIBLIOGRAFIA

- Daniel J Macey, Pat B Zanzonico, et al.: APM REPORT No. 71: *A primer for radioimmunotherapy and radionuclide therapy*, April 2001
- Asti M, De Pietri G, Fraternali A, Grassi E, Sghedoni R, Fioroni F, Roesch F, Versari A, Salvo D. *Validation of (68)Ge/(68)Ga generator processing by chemical purification for routine clinical application of (68)Ga-DOTA-TOC*, Nucl Med Biol. 2008 Aug;35(6):721-4
- M. Gabriel, U. Andergassen, I.J. Virgolini: *"Individualized molecular cancer therapy based on radiolabelled somatostatin analogues"*, memo 2008; vol.1: 171-175
- Jeffrey A. Siegel, et al: *MIRD Pamphlet No. 16: Techniques for quantitative radiopharmaceutical biodistribution data acquisition and analysis for use in human radiation dose estimates*, J. Nucl Med 1999; 40:37S-61S.
- Walrand S, Jamar F, Mathieu I et al: *"Quantitation in PET using isotopes emitting prompt single gamma: application to yttrium-86"*, Eur J Nucl Med Mol Imaging 2003; 30: 354-361.
- Cremonesi M., Ferrari M. et al: *"Biokinetics and dosimetry in patients administered with 111In-DOTA -Tyr3-octreotide: implications"*

- for internal radiotherapy with 90Y-DOTA-TOC", Eur J Nucl Med 1999;26:877-86
7. M.G. Stabin: "Uncertainties in internal dose calculations for radiopharmaceuticals" J.Nucl. Med. 2008;49:853-860.
 8. Raffaella Barone, Stéphan Walrand et al.: "Therapy using labelled somatostatin analogues: comparison of the absorbed doses with 111In-DTPA-D-Phe1-octreotide and the yttrium-labelled DOTA-D-Phe1-Tyr3-octreotide", Nucl Med Commun 2008, 29(3): 283-290
 9. ICRP Publication 41, *Radiation Protection, Nonstochastic Effects of Ionizing Radiation*, Oxford: Pergamon Press; 1991
 10. F. Forrer e H. Maecke: "Pretherapeutic dosimetry with radiolabelled somatostatin analogues" Eur J Nucl Med Mol Imaging 2005; 32:511-512
 11. Baum RP et al: "Clinical Results of intravenous and Intra-arterial peptide Receptor Radionuclide Therapy (PRRT) using Y-90 and Lu-177 DOTA-TYR3-OCTREOTATE in 151 patients with metastatic progressive neuroendocrine tumours (NET)", W J N M 2005; 4, S1:25-26.
 12. L Bodei, M Cremonesi, Ferrari M et al: *Long-term evaluation of renal toxicity after peptide receptor radionuclide therapy with 90Y-DOTATOC and 177Lu-DOTATATE: the role of associated risk factors*, Eur J Nucl Med Mol Imaging 2008 35:1847-1856
 13. Sebastien Beachler et al. "Extension of the biological effective dose to the MIRd schema and possibile implications in radionuclides therapy dosimetry", Med Phys 2008;35(3): 1123-1134
 14. L. Oehme, Dörr W, Wust P, Kotzerke: "Influence of time-dose-relationships in therapeutic nuclear medicine applications on biological effectiveness of irradiation" Nuklearmedizin 2008; 47:205-209
 15. Glatting G et al.: *Internal radionuclide therapy: the ULMDOS software for treatment planning*; Med. Phys. 2005; 32(7): 2399-2405
 16. Glatting G et al.: *Internal radionuclide therapy: software for treatment planning using tomographic data*, Nuklearmedizin 2006; 45:259-272
 17. Stabin MG et al.: *OLINDA/EXM: the second generation personal computer software for internal dose assessment in nuclear medicine* J. Nucl. Med; 2005; 46 (6): 1023-1027
 18. BW Wessels, MW Konijnenberg, RG Dale et al: "MIRD Pamphlet No. 20: the effect of model assumptions on kidneys dosimetry and response - Implications for radionuclide therapy", J Nucl Med 2008; 49:1884-1899.
 19. Cinzia Fabbri, Graziella Sarti, Marta Cremonesi, Mahila Ferrari, Amalia Di Dia, Monica Agostini, Francesca Botta, Giovanni Paganelli: "Quantitative analysis of 90Y Bremsstrahlung SPECT-CT images for application to 3D patient-specific dosimetry" Cancer Biother Radiopharm. 2009 Feb; 24(1):145-54.

ERRATA CORRIGE

Nell'articolo di M. Fiore e L. Trodella su "Ipofrazionamento: razionale biologico e applicazioni cliniche", pubblicato sul n. 1/2009 di Fisica in Medicina, a pagina 16, siamo incorsi nella involontaria omissione del coefficiente α in tutte le espressioni relative al modello lineare-quadratico.

Pertanto, le righe 17-29 della prima colonna vanno lette come segue:

"Secondo tale schema, la sopravvivenza cellulare dopo radioterapia è determinata dalla seguente relazione:

$$SF = e^{-n} = e^{-\alpha D - \beta D^2}$$

dove $n = (\alpha D + \beta D^2)$ = numero dei danni letali radio-indotti; D = dose somministrata di radioterapia; α, β = coefficiente dose-effetto del danno letale, e α/β = dose alla quale l'effetto di α è uguale all'effetto di β . Con questo modello applicativo viene quantizzata la sensibilità al frazionamento dei tessuti radiotratati, ovvero quanto l'uso di dosi elevate per frazione influisca sull'effetto biologico, in termini di rapporto α/β ."

Ci scusiamo con gli Autori dell'articolo.

La Redazione

Il nuovo Settore per le Verifiche Autorizzative ed Ispettive in Radiazioni Ionizzanti e Risonanza Magnetica

istituito con Decreto ISPESL del 6 Aprile 2009, pubblicato in G.U. - Serie Generale n. 102 del 05.05.2009.

F. Campanella**, R. Curini*, M. Mattozzi***, A.S. Panebianco***

Istituto Superiore per la Prevenzione e la Sicurezza del Lavoro
Dipartimento Igiene del Lavoro - Laboratorio Radiazioni Ionizzanti

* *Direttore del Dipartimento Igiene del Lavoro*

** *Ricercatore, con funzioni di Ispettore ed Istruttore nelle Radiazioni Ionizzanti ed in Risonanza Magnetica*

*** *Collaboratori T.E.R., con funzioni di Ispettori ed Istruttori nelle Radiazioni Ionizzanti ed in Risonanza Magnetica*

INTRODUZIONE

L'Istituto Superiore per la Prevenzione e la Sicurezza del Lavoro - ISPESL - è un ente di diritto pubblico, nel settore degli Enti Pubblici di Ricerca, dotato di autonomia scientifica, organizzativa, patrimoniale, gestionale e tecnica. È organo tecnico-scientifico del Servizio Sanitario Nazionale per quanto riguarda le attività di ricerca, sperimentazione, controllo, consulenza, certificazione, assistenza, alta formazione, informazione e documentazione in materia di prevenzione degli infortuni e delle malattie professionali, sicurezza sul lavoro nonché di promozione e tutela della salute negli ambienti di vita e di lavoro.

Delle competenze dell'ISPESL si avvalgono gli organi centrali dello Stato, preposti ai settori della salute - dell'ambiente - del lavoro - della produzione, nonché le regioni e le province autonome di Trento e di Bolzano.

Oltre all'attività di ricerca, è compito istituzionale dell'ISPESL fin dalla Legge 23 Dicembre 1978 n. 833 di supportare il S.S.N., fornendo informazioni, formazione, consulenza ed assistenza alle strutture operative per la promozione della salute, nonché promuovere iniziative di prevenzione e messa in sicurezza degli ambienti di lavoro per tutte le materie di propria competenza. Con l'emanazione del decreto 9 Aprile 2008 n. 81, l'Istituto è oggi chiamato ad espletare in aggiunta ai compiti già in essere, il nuovo ruolo di **vigilanza congiunta**, da svolgere con i Dipartimenti di Prevenzione delle ASL, sulle strutture sanitarie del Servizio Sanitario Nazionale, ovvero Aziende ospedaliere e presidi Sanitari pubblici e privati convenzionati con il SSN.

Nell'ottica del recepimento e dell'attuazione dei nuovi compiti che il decreto 81/08 ha assegnato all'Istituto, il primo atto significativo di innovazione nei regolamenti dell'ente è stata la recente istituzione, all'interno del Laboratorio Radiazioni Ionizzanti del Dipartimento Igiene del Lavoro, del "**Settore per le verifiche Autorizzative ed Ispettive in Radiazioni Ionizzanti (RI) ed in Risonanza Magnetica (RM)**" (decreto 6 aprile 2009 pubblicato nella Gazzetta Ufficiale - Serie Generale n.102 del 5 maggio 2009), mediante il quale è stata codificata l'attività istruttoria ed ispettiva già da anni svolta dal medesimo Laboratorio, oggi riconsiderata in recepimento dei nuovi disposti di legge a cui l'Istituto è tenuto ad ottemperare.

In realtà, quindi, si tratta dell'enucleazione opportunamente codificata di una specifica attività del Laboratorio RI, la cui strategicità è correlata alla necessità di garantire continuità operativa ad attività che impegnano fortemente l'Istituto verso l'esterno. Il Settore così istituito consentirà di fare fronte ad un carico di lavoro sempre più ingente, connesso con la crescente diffusione - sul territorio nazionale - di metodologie in ambito diagnostico, terapeutico, clinico, industriale e di ricerca, facenti uso di radiazioni ionizzanti e non ionizzanti. Parallelamente all'avanzamento di questa significativa evoluzione tecnologica, anche le misure di protezione dei lavoratori professionalmente esposti richiedono una continua riconsiderazione che tenga conto dell'evoluzione dei fattori di rischio, ovvero studi innovativi in settori sempre più di frontiera quali, per esempio, la radiologia interventistica e la Risonanza Magnetica ad "alto campo"

L'ATTIVITÀ ISPETTIVA

L'attività ispettiva viene svolta su tutto il territorio nazionale in tutti i presidi di Risonanza Magnetica ad uso medico diagnostico installati ed operanti in strutture sanitarie pubbliche, private convenzionate e non con il SSN, nel rispetto delle attribuzioni di legge, ovvero – ai sensi dell'art.7 comma 2 del DPR 542/1994 espletando le verifiche "...in ogni tempo..." "...anche su richiesta del Ministero stesso, della regione o della provincia autonoma...", o anche in virtù di convenzioni / accordi tra l'Istituto ed altri enti competenti, quali i Dipartimenti di Prevenzione delle ASL, per svolgere azioni di vigilanza congiunta ai sensi dell'art.9 comma i) del decreto 81/2008, o i N.A.S. competenti per territorio.

Essa consiste nell'istruttoria documentale della pratica associata alla "Comunicazione di installazione" pervenuta all'Istituto e nel successivo sopralluogo tecnico di verifica, finalizzato all'accertamento ispettivo della

- corretta installazione del tomografo e di dispositivi di sicurezza ad esso associati
- adeguatezza delle procedure tecniche e mediche adottate
- verifica di funzionamento dei sistemi di sicurezza legati alle diverse tipologie di magneti installati.

Fine dell'accertamento ispettivo è individuare le carenze tecniche, documentali e procedurali legate all'utilizzo in sicurezza dei tomografi RM a scopo medico diagnostico.

Il "Verbale d'Ispezione RM" è lo strumento attraverso il quale il funzionario incaricato espone le risultanze del sopralluogo ispettivo; in esso sono contenuti i parametri di controllo a cui fa riferimento nel corso dell'indagine (leggi vigenti, norme di buona tecnica, linee guida, check-list di sopralluogo) e nel quale esprime, al termine della verifica, un giudizio di merito relativamente allo stato del sito esaminato, ovvero di rispondenza dello stesso ai requisiti previsti negli "standard di sicurezza" in materia.

Il verbale è redatto al termine di ogni visita ispettiva e consegnato in copia originale a tutti i soggetti coinvolti (Presidio, ASL, ISPEL): **esso è un atto ufficiale rilasciato a nome per conto dell'istituto**, contiene al suo interno tutti gli elementi di riferimento dell'ispezione che ne identificano le specificità e viene firmato da tutti i soggetti presenti al momento del sopralluogo ispettivo in rappresentanza delle diverse istituzioni che ne ricevono copia con firme in originale.

Il modello di "Verbale d'Ispezione RM" adottato, è un documento dinamico, ovvero aggiorn-

nato periodicamente nella check-list dei controlli da effettuare sulla base dell'evoluzione normativa e tecnologica di settore o di evidenti elementi di novità che vengono a rappresentarsi sul campo. Il documento risponde ai seguenti requisiti:

- garantisce la standardizzazione del metodo di lavoro e l'omogeneità di trattamento
- rappresenta una sintesi del sopralluogo esperito per l'ASL che condivide l'atto ispettivo e congiuntamente all'ISPEL lo sottoscrive
- garantisce la trasparenza del controllo ricevuto
- si propone come modello per lo sviluppo di audit interni nelle strutture sanitarie

Il modello di verbale usato in RM è un documento trasparente sempre disponibile aggiornato sul sito dell'ISPEL a disposizione dell'utenza per effettuare degli audit interni di autovalutazione.

Le disposizioni impartite nel verbale di sopralluogo dall'ispettore dell'ISPEL si dividono in:

- **"indicazioni"**, ovvero azioni di rimedio che tendono ad ottimizzare il sito RM al fine di avere il pieno rispetto degli standard di sicurezza in tutti gli aspetti, ma che, se non recepite dal presidio, di fatto non prevedono di poter intraprendere azioni restrittive ai fini della sicurezza. Il mancato adempimento nei tempi previsti o a seguito dei ritenuti solleciti, va trasmesso al Dipartimento di Prevenzione dell'ASL territorialmente competente per le determinazioni del caso
- **"prescrizioni di sicurezza"**, ovvero azioni di rimedio che il presidio è tenuto ad attuare per ovviare a carenze riscontrate durante l'accertamento ispettivo e che, oltre a rappresentare un non rispetto degli standard di sicurezza, di fatto ingenerano rischi per la sicurezza dei lavoratori e della popolazione; a seconda della gravità è possibile prevedere un verbale negativo.

L'ATTIVITÀ ISTRUTTORIA

L'attività istruttoria - (in entrambi gli ambienti RI ed RM) viene svolta su tutto il territorio nazionale su richiesta del Ministero del Lavoro, della Salute e delle Politiche Sociali – Sezione Salute, ed è finalizzata alla formulazione di pareri alle Amministrazioni competenti in merito alle istanze per le quali l'Istituto è chiamato ad esprimersi per il rilascio di formale parere di competenza. A tal fine il presidente dell'Istituto, che rilascia il parere conclusivo dell'istruttoria

si avvale del parere tecnico contenuto nella relazione d'istruttoria prodotta dal funzionario incaricato a seguito dello studio documentale della pratica esaminata e dell'espletamento di eventuali sopralluoghi di verifica sul campo. Il Ministero - Sezione Salute a sua volta si avvale del parere dell'ISPESL per rilasciare un atto autorizzativo

- * al Ministero per lo Sviluppo Economico, nel caso dell'iter riguardante il Nulla Osta di Cat. A per le Radiazioni Ionizzanti;
- * al Consiglio Superiore di Sanità per le RM > 2 Tesla che, acquisiti i pareri dell'ISS e dell'ISPESL, a seguito di una seduta dibattimentale conclusiva con tutte le componenti istituzionali coinvolte, si esprime nel merito. Dalle risultanze emerse dal CSS il Ministero della Salute concede o meno l'autorizzazione.

Nel caso delle RI il parere tecnico espresso dall'Istituto può essere (a) FAVOREVOLE incondizionato, (b) FAVOREVOLE ma contenente **raccomandazioni** particolari, quali anche l'applicazione di "norme di buona tecnica" o l'adozione di "procedure di buona prassi", (c) FAVOREVOLE ma nel rispetto di specifiche e vincolanti **prescrizioni** (*) di sicurezza (In particolare per le R.I. - **ai sensi dell'Art. 28, comma 2 del D.Lgs.vo n. 230/1995**, "...nel Nulla Osta possono essere previste prescrizioni per gli aspetti connessi alla costruzione, le prove, l'esercizio e l'eventuale disattivazione dell'impianto..."), (d) NON FAVOREVOLE nel caso non rispetti i requisiti minimi di sicurezza richiesti dalle vigenti leggi per quanto di competenza dell'istituto. Nel caso delle proposte di installazione di apparecchiature RM > 2 Tesla a scopo di ricerca, il parere dell'Istituto può essere (a) FAVOREVOLE incondizionato, (b) FAVOREVOLE, ma contenente **condizioni** particolari a cui ottemperare preventivamente per il rilascio dell'autorizzazione finale nel rispetto dei vigenti standard di sicurezza; (c) NON FAVOREVOLE qualora non rispetti i vigenti standard di sicurezza.

Nel Dipartimento Igiene del Lavoro è istituito uno specifico Registro delle Relazioni tecniche rilasciate a fini autorizzativi in RI ed RM da parte del nuovo Settore, nonché un registro di conservatoria delle espressioni di parere finale da parte del Presidente dell'Istituto.

LA VIGILANZA CONGIUNTA CON LE ASL

Nel ruolo ispettivo in Risonanza Magnetica il Laboratorio RI, da almeno 5 anni a questa parte ha adottato un modello di lavoro "sul campo" che prevede nella fase di "sopralluogo sul

campo" il coinvolgimento dei Dipartimenti di Prevenzione delle Aziende Sanitarie Locali territorialmente competenti, attraverso l'invito - mezzo fax - dei distretti competenti a presiedere, congiuntamente all'Istituto, gli accertamenti ispettivi da svolgere sul territorio nazionale . Fermo restando quanto in precedenza espresso, è compito infatti delle ASL, in base all'art. 7.1 del DPR 542/1994, assolvere a compiti di vigilanza nel settore della RM ad uso medico diagnostico. Tale procedura ha permesso in questi anni, e lo consentirà ancora, di poter trasferire, dagli "specialisti" in materia dell'ISPESL agli organi di vigilanza locali, le competenze di minima nel settore delle verifiche di sicurezza in Risonanza Magnetica, così contribuendo a elevare lo standard qualitativo e di competenza dei dipartimenti di prevenzione delle aziende sanitarie locali, all'interno dei quali, per lo più, la Risonanza Magnetica risulta essere considerata un'attività "di nicchia" e quindi nel quale c'è poca preparazione specifica. Dall'emanazione del decreto 81/2008 la vigilanza congiunta è divenuto "requisito di legge", rafforzando ancor più quindi quel ruolo che, almeno nelle materie specifiche del Settore di cui al decreto 6 aprile 2009, l'ISPESL ha assolto in modo precursore già da diversi anni.

È auspicio dell'Istituto, al riguardo, di poter presto esportare, anche nel settore delle radiazioni ionizzanti, quel modello di vigilanza congiunta che, nell'ambito della Risonanza Magnetica, si è fino ad oggi confermato un significativo valore aggiunto: se ciò avverrà, il ruolo dei funzionari incaricati nel Settore, non essendo al momento stabiliti "ope legis" compiti ispettivi che ricadano in capo all'Istituto, sarà da inquadrare ai sensi del Decreto 81/2008, ovvero supportare con ruolo di alta qualificazione tecnica e professionale l'azione di polizia giudiziaria dei Dipartimenti di Prevenzione. I criteri di codifica di questa nuova attività sono in fase di perfezionamento all'interno dell'Istituto dove, a tale proposito, è stata istituita un'apposita commissione per lo studio di un modello operativo.

GARANZIA DELLA PRIVACY

Massima riservatezza ed attenzione è garantita dal regolamento del settore nella gestione delle pratiche istruttorie ed ispettive, sia nelle radiazioni ionizzanti e sia in risonanza magnetica: il prelievo delle stesche dall'archivio cartaceo va annotato su apposito registro di entrata/uscita fascicoli apportando il giorno, l'ora e la firma del funzionario autorizzato al prelievo, per il quale è consentito la detenzione del fascicolo per i soli fini istituzionali e per il tempo necessario all'espletamento dell'istruttoria di cui è

incaricato. Per le altre finalità, quali ad esempio di natura statistica, non è consentito l'accesso alle informazioni delle singole pratiche a personale non preventivamente autorizzato dal Direttore del Dipartimento e debitamente informato sulle modalità di raccolta dei dati nel rispetto della dovuta privacy. L'utilizzo dell'archivio informatico è limitato alle persone facenti parti del Settore, con abilitazione all'utilizzo mediante apposita password, e comunque, fatto salvo quanto sopra esposto, una sola persona è incaricata - ed ha le chiavi di accesso - per poter apportare modifiche ed integrazioni ai contenuti delle "pratiche elettroniche".

GLI ULTERIORI COMPITI DEL NUOVO SETTORE

Al Settore così individuato, oltre ad essere state assegnate, in continuità con quanto già in essere da molti anni, quelle funzioni istruttorie ed ispettive a lungo espletate dal Laboratorio RI, per regolamento competono anche compiti di **studio, formazione, informazione, documentazione e banca dati**.

Lo **studio**, che rappresenta un elemento di novità, almeno per l'enfasi utilizzata, è correlato all'esigenza di produrre eventuali espressioni di parere, che vengano richieste anche in merito ai criteri ed agli approcci utilizzati ai fini della valutazione del rischio, ma anche per evidenziare l'importanza di quell'aggiornamento professionale che consenta, al personale addetto, di interpretare nel giusto modo quanto viene prodotto in base all'evoluzione tecnologica, eventualmente collaborando, in gruppi di lavoro all'uopo istituiti, con la comunità scientifica di settore. I funzionari del Laboratorio RI che svolgono l'attività ispettiva e istruttoria da almeno 5 anni sono chiamati ad assolvere anche al compito della **formazione**, negli ultimi anni sempre più richiesto soprattutto da parte delle Aziende Sanitarie Locali e delle Strutture sanitarie pubbliche e private: a tal riguardo si evidenzia che le iniziative in tale ambito vengono per lo più proposte e svolte prevedendo sia docenze frontali e sia simulazioni "sul campo" le quali, nella maggioranza dei casi, costituiscono il valore aggiunto significativo della formazione proposta.

L'attività di **informazione** viene svolta sia attraverso la pubblicazione di indicazioni operative, testi di buona prassi, linee guida su riviste di settore, eventualmente delle Associazioni scientifiche di riferimento, ma anche con la partecipazione in congressi, giornate di studio, seminari

Molto importante è anche il compito relativo

alla **banca dati**: la socializzazione dei dati inerenti gli ambiti della prevenzione rappresenta infatti una delle chiavi di volta attraverso le quali interpretare ed adottare il D.Lgs. 81/08. In tal senso, preme evidenziare come il "Settore verifiche autorizzative ed ispettive nelle radiazioni ionizzanti ed in risonanza magnetica" dell'ISPE-SL sia unico depositario dell'archivio completo di tutte le installazioni di Risonanza Magnetica "a corpo intero" ad uso medico diagnostico presenti in Italia (attività ispettiva RM), oltre a quello di tutte le installazioni che, utilizzando a scopi professionali le radiazioni ionizzanti, ricadono, ai sensi dell'art. 27 del D.Lgs. 230/95, nell'ambito del nulla osta di categoria A.

Tutte le attività del Settore enucleato nell'ambito del Laboratorio Radiazioni Ionizzanti del Dipartimento Igiene del Lavoro vengono espletate in ossequio ai principi istituzionali che sono alla base del ruolo dell'ISPE-SL, ovvero:

- fare **prevenzione**,
- **verificare la corretta valutazione dei rischi** negli ambienti di lavoro esaminati
- **mettere in sicurezza** lavoratori, ambienti, popolazione, pazienti - ove indirettamente correlati all'espletamento di una pratica di lavoro, quali quelle sanitarie
- trasmettere "**cultura della sicurezza**", ovvero rappresentare, nel ruolo istruttorio come nel ruolo ispettivo, di essere detentori di un bagaglio conoscitivo e culturale di alto livello da mettere a disposizione dell'utenza per individuare, capire e risolvere problematiche di sicurezza, alla luce del carattere "Superiore" dell'Istituto che si rappresenta

L'organizzazione in particolare dei compiti strettamente esecutivi, spettante al Direttore del Dipartimento Igiene del Lavoro, consentirà di perseguire un sistema di gestione che miri alla "**qualità totale**" e che faccia dell'attività ispettiva un servizio volto all'utenza, e nel quale, l'incaricato dell'istituto, deve garantire specifici standard professionali e di comportamento.

PROSPETTIVE

Istituendo, per il tramite del decreto 6 aprile 2009, pubblicato con gazzetta ufficiale - serie generale n. 102 del 5 maggio 2009, il nuovo "Settore per le verifiche autorizzative ed ispettive nelle radiazioni ionizzanti ed in risonanza magnetica, l'ISPE-SL si pone, con ancora maggiore solidità rispetto al recente passato, quale punto di riferimento nazionale nelle materie concernenti la sicurezza sul lavoro di specifica competenza.

È auspicio che nel prossimo e quanto più immediato futuro, oltre quelli in precedenza rappresentati, il Settore possa svolgere anche quei compiti di consulenza nella progettazione di nuovi siti di Risonanza Magnetica, in passato svolti con grande impegno dal Laboratorio Radiazioni Ionizzanti ed oggi sospesi, con i quali poter mettere a disposizione dell'utenza interessata tutta la sensibilità professionale e l'esperienza maturata da funzionari che, anche per il tramite delle competenze acquisite nell'espletamento dell'attività ispettiva, potrebbero apportare ulteriore valore aggiunto nella propria routinaria attività istituzionale. Il presunto conflitto di interessi tra l'attività ispettiva e quella di consulenza, motivo primo che ha portato di fatto ad una sospensione del servizio, è in

realità almeno discutibile alla luce del fatto che l'ISPESL non è organo di polizia giudiziaria, e svolge attività di controllo che assumono più il carattere della "verifica una tantum" piuttosto che della vigilanza sistematica.

È auspicio di tutti coloro che, all'interno dell'ISPESL, intenderanno impegnarsi in questo ambito così innovativo, assolvere con sempre maggiore specializzazione ai complessi compiti richiesti, potendo finalmente contare anche sulla formalizzazione e la codifica procedurale di un'attività che, seppure svolta in modo a volte eccessivamente pionieristico, ha portato l'Istituto ad essere considerato un punto di riferimento autorevole e credibile orientato al futuro e nell'interesse sociale della collettività.

LABORATORIO Radiazioni Ionizzanti

SETTORE PER LE VERIFICHE AUTORIZZATIVE ED ISPETTIVE NELLE RADIAZIONI
IONIZZANTI ED IN RISONANZA MAGNETICA (tel/fax 0694181439)
(decreto ISPESL 6 aprile 2009 pubblicato su G.U. n.102- Serie Generale del 05/05/2009)

VADEMECUM

PER L'ATTIVITÀ DI CONSULENZA ESPLETATA DALL' ISPESL SU
NUOVE INSTALLAZIONI DI APPARECCHIATURE DIAGNOSTICHE
A RISONANZA MAGNETICA

A chi è rivolta:

- L'attività di consulenza in materia RM dell'ISPESL è rivolta a **soggetti sia pubblici che privati** che intendono installare apparecchiature di Risonanza Magnetica destinate ad attività diagnostica medica.

Quando può essere espletata:

- Viene svolta solo in fase progettuale o comunque precedente al ricevimento dell'autorizzazione regionale all'installazione dell'apparecchiatura, dopo la quale l'Istituto diventa organo controllore con funzione ispettiva su tutto il territorio nazionale.

Perché richiederla:

- Il fine della consulenza è quello di **ricevere un benessere al progetto di realizzazione del sito RM**, al fine che il medesimo avvenga in recepimento della normativa vigente in materia, e tenendo debitamente conto degli aspetti legati alla Sicurezza dei lavoratori e della popolazione, compito istituzionale elettivo per l'Istituto.

Chi deve richiederla:

- È il soggetto che intende installare che fa richiesta di consulenza direttamente all'Istituto previa richiesta formale, eventualmente anticipata via fax per accelerare l'iter burocratico

Cosa è necessario avere:

- Gli Esperti per la Sicurezza, Medico Responsabile ed Esperto Responsabile, formalmente nominati.

- **Tipologia di apparecchiatura RM da installare e ditta fornitrice già individuate in via definitiva.**
- La disponibilità di una planimetria di base su cui poter lavorare, e riportante i locali a disposizione con le relative superfici e le possibili destinazioni d'uso applicabili.
- Qualora si tratti di un progetto già realizzato, una planimetria di quanto disposto completa di accessi, destinazioni d'uso dei locali e quanto di pertinenza al sito non previsto al suo interno (eventuali sale d'attesa, WC, locali refertazione, etc.)

Cosa non è necessario avere:

- La restante parte della documentazione di cui alla "Comunicazione di installazione.
- Eventuali autorizzazioni a corredo dell'istanza autorizzativa connessa alla RM.

Cosa bisogna fare:

- 1) Il soggetto richiedente invia all'ISPESL, all'attenzione del

Prof. Roberta CURINI Direttore del Dipartimento Igiene del Lavoro

Via Fontana Candida, 100040 Monteporzio Catone – ROMA (fax 0694181419)

una lettera come da modello di seguito riportato, compilata in ogni sua parte, comprensiva di dichiarazione di accettazione del pagamento del compenso economico spettante all'ISPESL sulla base del tariffario ufficiale dell'Istituto.

Da chi si è contattati:

- 2) Acquisita la richiesta di consulenza agli atti, sarà cura del personale incaricato nel "Settore per le verifiche autorizzative ed ispettive nelle Radiazioni Ionizzanti ed in RM" del Dipartimento Igiene del Lavoro contattare, via telefono/fax/E-mail, il responsabile del procedimento del soggetto richiedente la consulenza, il quale dovrà essere quindi opportunamente indicato (tel., fax, e-mail) sulla lettera di cui sopra, al fine di concordare la riunione operativa del caso.

Dove ci si incontra:

- 3) La consulenza verrà espletata presso il Centro Ricerche ISPESL di Monteporzio Catone o, alla bisogna, presso la Direzione Generale di Via Urbana 167, nei pressi della stazione ferroviaria "Termini".

Cosa fare dopo:

- 4) Recepite le indicazioni date dai funzionari incaricati ISPESL sulla base delle planimetrie, delle relazioni tecniche e delle ulteriori informazioni richieste, il Presidio, avvalendosi dei propri Esperti Della Sicurezza formalmente nominati, ciascuno per i propri adempimenti di competenza, invia all'Istituto **doppia copia** della documentazione (planimetria e relazione tecnica) riconsiderata nel corso della consulenza espletata. **Tutti i documenti vanno firmati in calce dall'Esperto Responsabile incaricato.**

A Questo punto:

- 5) L'Istituto, dopo aver scrupolosamente accertato il recepimento delle indicazioni date, e la rispondenza di quanto appreso alle note registrate sul "Quaderno di Laboratorio" dei funzionari coinvolti, e rappresentative dell'istruttoria svolta, provvede alla sua approvazione e – se del caso - alla trasmissione di ulteriori note di commento.

Quando la documentazione è definitivamente giudicata esaustiva:

- 6) Ad approvazione ottenuta, l'Istituto provvederà ad inoltrare al soggetto richiedente una copia vidimata del progetto e della relazione tecnica di accompagnamento con una nota di espressione di parere preventivo che, di fatto, rappresenta un benessere da parte dell'Istituto alla realizzazione del sito RM nelle specifiche convenute.

Ed infine:

7) L'Istituto provvederà a fatturare il compenso dovuto per l'attività in Oggetto al Presidio richiedente nelle modalità previste dal "Tariffario Ufficiale dell' ISPEL" , Decreto del Ministero della Salute 7 Luglio 2005 pubblicato in G.U. il 18 Luglio 2005.

Al soggetto richiedente non resterà che pagare il compenso dovuto all'ISPEL e dare il via alla realizzazione del sito RM.

Seguirà, a tempo dovuto, l'invio della "Comunicazione di installazione" e relativi allegati come da normativa vigente.

ALLEGATO : Modello di richiesta consulenza RM

All'attenzione del

Prof. Roberta CURINI
Direttore del Dipartimento Igiene del Lavoro
 Via Fontana Candida, 1
 00040 Monteporzio Catone – ROMA

OGGETTO: RICHIESTA DI CONSULENZA RELATIVA AL PROGETTO DI REALIZZAZIONE DI UN SITO DI RISONANZA MAGNETICA DESTINATO AD ATTIVITÀ DIAGNOSTICA MEDICA.

La struttura PUBBLICA () PRIVATA ()
 (*).....

ha intenzione di installare nella sede di
 (**).....

un'apparecchiatura a Risonanza Magnetica per uso medico diagnostico. **A tale scopo intende avvalersi del parere preventivo dell'ISPEL in merito al progetto di realizzazione del sito RM in recepimento delle specifiche previste dalla normativa vigente e dalle indicazioni dell'Istituto.**

Pertanto si dichiara disposto ad accettare il pagamento del compenso economico dovuto sulla base del tariffario ufficiale dell'ISPEL nelle modalità richieste.

Il sottoscritto legale rappresentante del Presidio richiedente delega come referente interno il Dr./Sign.

(***).....in qualità di (***).....

a presiedere alla consulenza in oggetto congiuntamente all'Esperto Responsabile incaricato.

Riferimenti:

Indirizzo/Telefono/Fax/E-Mail

-
- (*) Indicare la denominazione sociale del Presidio richiedente
 - (**) Indicare la sede del sito di installazione dell'apparecchiatura RM
 - (***) Indicare il nome dell'eventuale delegato del rappresentante legale del Presidio a presiedere alla consulenza (La presenza dell'Esperto Responsabile è obbligatoria!)
 - (****)Indicare qualifica e titolo del delegato

Specification and Acceptance Testing of Radiotherapy Treatment Planning Systems

IAEA TEDOC 1540 - April 2007

a cura di Maria Grazia Brambilla

Struttura Complessa di Fisica Sanitaria, A.O. Ospedale Niguarda Ca' Granda - Milano

Il documento si fonda sul presupposto che sia necessario supportare gli utenti nello sviluppo di procedure atte alla realizzazione dei test di accettazione, del *commissioning* e dei controlli periodici della qualità delle prestazioni dei sistemi per pianificazione radioterapica assistita dal computer (*treatment planning systems, TPS*), poiché si tratta di dispositivi ormai molto diffusi e praticamente indispensabili nel lavoro di routine, soprattutto nell'implementazione di tecniche sofisticate. Esso segue il rapporto tecnico dell'International Atomic Energy Agency (IAEA) n. 430 "*Commissioning and quality assurance of computerized planning systems for radiation treatment of cancer*" del 2004 e apparentemente ne è la naturale semplificazione, alla luce di quanto contenuto del Booklet n. 7 dell'European Society for Therapeutic Radiology and Oncology (ESTRO) "*Quality assurance of treatment planning systems: practical examples for non IMRT photon beams*" sempre del 2004. Il rapporto tecnico IAEA n. 430 sopra citato è però di un documento molto articolato, che comprende e descrive nel dettaglio un grandissimo numero di test e procedure di controlli dosimetrici e no. Il documento tecnico 1540 nasce invece per costituire delle linee guida per i test delle prestazioni di un sistema per la pianificazione computer-assistita che sia di aiuto soprattutto in centri in cui l'accettazione di tali dispositivi costituisca un pesante onere, a causa dell'elevato carico di lavoro e/o delle limitate risorse di personale.

Una rapida introduzione illustra il punto di partenza del documento, facendo chiaramente riferimento alle più recenti pubblicazioni sull'argomento a livello internazionale, dal rapporto tecnico IAEA 430, al Booklet n. 7 dell'ESTRO, al rapporto del Task Group 53 dell'American Association of Physicists in Medicine e al rapporto della Netherlands Commission on Radiation Dosimetry, affermando però che nessuna di esse è strutturata come un protocollo di semplice applicazione. Viene inoltre sottolineato che, rispetto a quella di qualsiasi altra apparecchiatura di normale utilizzo in radioterapia, l'accettazione del TPS è complicata dalla priorità di acquisire tutti i dati necessari all'implementa-

zione delle unità radiogene per le quali desidera conoscere la distribuzione della dose nel paziente. E' quindi evidente che l'operazione necessiti un lungo tempo prima di essere completata e che l'accettazione vera e propria accada prevalentemente ben dopo che il fornitore ha terminato l'installazione, se non si desidera confinare quest'ultima al mero compito di controllare su una lista che il materiale richiesto sia tutto stato consegnato e sia potenzialmente in grado di funzionare.

La normativa al riguardo è inoltre rimasta non particolarmente chiara sino al 2000, anno in cui l'International Electrotechnical Commission (IEC) ha pubblicato il rapporto 62083, "*Medical electrical equipment - Requirements for the safety of radiotherapy treatment planning systems*", inteso a costituire uno standard prevalentemente per i costruttori, anche se attualmente non è ben chiaro se e fino a che punto essa venga applicata. Il documento IAEA (che fa riferimento ai soli sistemi che lavorino su fasci di fotoni, mediante sole tecniche standard) giunge quindi alla necessaria conclusione che si debba fornire un primo insieme di dati mediante i quali configurare alcune unità di trattamento di riferimento sul nuovo TPS e un secondo insieme di dati che contenga il risultato delle misure eseguite su tali unità in condizioni di difficoltà crescente, attraverso i quali provare i risultati del calcolo eseguito dal sistema in condizioni analoghe. In questo modo, si eviterebbe all'utilizzatore l'impegno di acquisire i dati per la preparazione delle sue unità radiogene nel sistema e per il confronto del dato calcolato con il misurato al solo fine di completare le prove di accettazione del sistema in tempi rapidi. A tale scopo il documento è corredato da un CD-ROM contenente le informazioni suddette, da utilizzare naturalmente esclusivamente per dimostrare che le prestazioni del sistema siano conformi al rapporto IEC 62083.

Il secondo capitolo espone scopi e propositi della pubblicazione, esplicitando che essa serve sia per i costruttori/venditori/installatori che per coloro i quali acquistino o comunque utilizzino il prodotto. Viene inoltre nuovamente affermato che essa considera come punto di partenza il

rapporto IEC 62083 o, meglio, l'interpretazione che IAEA ne fa, cercando di mantenersi il più aderente possibile allo spirito con il quale esso è stato concepito. Infine si afferma che il documento IAEA cerca di tenere conto prevalentemente delle esigenze dei paesi in via di sviluppo e pertanto fa riferimento ai TPS di base, tralasciando dispositivi o moduli dedicati a tecniche particolari o sofisticate.

Il capitolo successivo è volto a chiarire il modo in cui utilizzare il documento, esplicitando in particolare i concetti di *type tests*, cioè le prove che deve eseguire il costruttore in casa madre, per stabilire che il sistema sia confacente a specificati criteri, e di *site tests*, cioè le prove che il sistema sia confacente a specificati criteri, da effettuarsi subito dopo l'installazione presso il cliente, eseguite congiuntamente da fornitore/installatore e cliente/utilizzatore, e di test addizionali, a completamento dei precedenti e stabiliti di comune accordo tra fornitore/installatore e cliente/utilizzatore. Concetti analoghi erano precedentemente stati introdotti nel Booklet n.7 con il nome di *vendor acceptance tests* e *user commissioning tests*, per i quali venivano piuttosto chiaramente indicate responsabilità e modalità. In modo un po' meno sistematico anche il rapporto tecnico IAEA n. 430 dava indicazioni analoghe, pur senza esplicitamente dare un nome alla categoria delle prove.

Il quarto capitolo è dedicato ad illustrare la provenienza e la genesi dei dati forniti sul CD-ROM e le modalità che ne consentono un corretto utilizzo.

Nei capitoli quinto e sesto, vengono esposti su tabelle sintetiche i *type tests* e i *site tests*, che fanno esplicito riferimento alla loro classificazione sul rapporto IEC 62083 e che sono spesso completati da chiarimenti sull'interpretazione da parte di IAEA e da dettagli specifici. Un'analoga breve tabella viene fornita nel capitolo settimo riguardo i test aggiuntivi, per il dettaglio dei quali si rimanda agli accordi specifici fornitore-utente. Sostanzialmente i *site tests* non sono che alcuni dei *type tests* e possono venire completati dalle prove mancanti con i test opzionali; ciò che è importante è che il fornitore debba dimostrare all'utente che il sistema che è stato appena installato soddisfa requisiti ben precisi e che i risultati delle prove sul sito non siano discosti per più dello 0.5% da quelli ottenuti in casa madre.

Le appendici A, B e C descrivono nel dettaglio i test dei vari tipi, con espliciti riferimenti ai dati forniti nel CD-ROM allegato e alle modalità con le quali servirsi, mentre l'allegato D for-

nisce una rappresentazione iconografica dei test, con una visione immediata delle posizioni di valutazione richieste.

Completano il lavoro i riferimenti bibliografici, per la verità estremamente familiari a chi si occupa dell'argomento, e un glossario che punta spesso alle definizioni delle pubblicazioni IEC.

Il documento è disponibile in rete, non corredato del CD-ROM cui fa riferimento, e le osservazioni fatte in qui sono pertanto limitate all'analisi del solo scritto; l'acquisto del rapporto comprende anche la fruibilità dei dati su CD-ROM, ma è subordinato a ordine e deve necessariamente sottostare alle limitazioni imposte dai tempi di consegna.

Anche senza la possibilità di verificare completamente quanto riportato nel supporto informatico allegato al rapporto, è comunque possibile apprezzare le intenzioni con le quali esso è stato concepito e approvato: l'utente, anche nelle realtà di centri di radioterapia ormai avviati e di consolidata esperienza, si trova spesso solo davanti al nuovo prodotto, del quale conosce le specifiche tecniche dichiarate dalla ditta, spesso scarse e improntate largamente a pubblicizzare il prodotto per allargarne il mercato. Il fornitore, che praticamente sempre, almeno in Italia, rappresenta soltanto il costruttore, si ritira, lasciando che l'utilizzatore se la sbroghi da sé con l'acquisizione dei dati e i controlli, oppure si limita a fare da tramite con la casa madre, in caso di problemi o richieste di chiarimenti specifici. L'informazione mediata è a volte anche fonte di fraintendimenti e di perdite di tempo uomo e tempo macchina, con le immaginabili conseguenze. Se a ciò si aggiunge una documentazione talvolta carente sulle modalità di acquisizione dei dati e sui principi su cui gli algoritmi di calcolo della dose o altro si fondano, l'orizzonte si delinea poco sereno per chi deve mettere in funzione clinicamente il sistema, specialmente se deve farlo in tempi rapidi. La documentazione fornita dal costruttore, inoltre, è spesso totalmente priva di informazioni sulle reali prestazioni del sistema, specialmente in termini dosimetrici, o comunque è molto carente e le richieste dell'utente al riguardo cadono nel vuoto.

Non è da dimenticare infine l'osservazione che il rapporto fa a proposito della dicotomia tra costruttore e fornitore, nel nostro paese esistente pressoché per il 100% dei sistemi commercializzati: chi realizza il prodotto non corrisponde a chi lo commercializza e, spesso, l'utilizzatore si trova di fronte anche a una terza figura, che è l'installatore del sistema, ultima

interfaccia con l'utente, quasi mai in grado di rispondere a quesiti specifici e costretto a riportare ad altri le richieste. Questa situazione, soprattutto se il prodotto è di nuova introduzione sul mercato, è piuttosto difficile da affrontare, per la mancanza di esperienza o di adeguato addestramento da parte di fornitore/installatore e aggiunge ulteriore disagio all'utente. Un'altra dicotomia si trova in casa dell'utente stesso, dove il cliente, ovvero chi realmente acquista il prodotto, non corrisponde a chi poi l'utilizza e solo in realtà in cui è consolidata la presenza del fisico in ambito medico e in cui esiste una solida e fattiva collaborazione con il fruitore ultimo del prodotto realizzato dal TPS, cioè il servizio di Radioterapia, si può fare in modo che l'acquisto venga fatto sulla base di considerazioni complete e non di natura puramente economica.

A partire da questi presupposti, il documento proposto dall'IAEA mette in condizione l'utilizzatore di avere a disposizione un prodotto che già il costruttore ha dovuto, per sua parte, validare secondo criteri chiari e provenienti da fonte autorevole; non solo, ma la documentazione ottenuta a seguito di queste prove deve essere prodotta come parte del manuale d'uso del sistema. Inoltre, all'atto dell'installazione,

l'utilizzatore può avere il supporto del fornitore per la validazione del sistema sul sito, ottima occasione per familiarizzare con il sistema ed effettuare un addestramento addizionale. Qualsiasi prova ulteriore si ritenga inoltre di aggiungere a quelle stabilite dai *site tests* va poi dibattuta e condivisa con il fornitore, evitando così fastidiose e spesso sterili discussioni, a seguito delle quali, avendo ormai acquisito il sistema, l'utilizzatore è costretto a "subirne" le prestazioni o le mancate prestazioni, prendendo esclusivamente atto di quanto il suo TPS sa o non sa fare.

Va comunque fatto osservare che l'esecuzione dei test diffusamente spiegati nel rapporto IAEA, in quanto eseguite su dati relativi a unità radiogene per così dire "ideali", non esentano l'utilizzatore dal validare il sistema con le unità radiogene configurate da lui o dalla casa madre per lui, con le quali verranno effettivamente realizzati i trattamenti. Si tratta però, a questo punto, di applicare dei criteri di validazione basati sul presupposto che il fatto che il sistema soddisfi i requisiti richiesti da IEC sia assodato, ma che sia necessario verificare come siano state inserite le unità radiogene di interesse clinico e come l'utente sia in grado di gestirle.

IL LINGUAGGIO MATEMATICO NELLA MRI

Brescia 16/17 settembre 2009

Sede: Sala Conferenze Casa di Cura "Domus Salutis"

Via Lazzaretto, 3 - 25123 Brescia - Tel e Fax 030/3709438

infocorsi@ufficioformazione.it - www.ufficioformazione.it

Responsabili scientifici: Dott. Alberto Dell'Aringa - Dott. Maurizio Francesio

XCV CONGRESSO NAZIONALE SOCIETA' ITALIANA DI FISICA

28 settembre - 3 ottobre 2009

Sede: Dipartimento Interateneo di Fisica "M. Merlin" di Bari

Via Amendola 173, 70126 Bari

Inaugurazione: Aula Magna "A. Alto" del Politecnico, Via Orabona 4, 70125 Bari

Presidente del Comitato Organizzatore Locale: Bruno Ghidini

Segretario del Comitato Organizzatore Locale: Francesco Romano

Eventi

Protection of Pregnant Patients during Diagnostic Medical Exposures to Ionising Radiation

Documents of the Health Protection Agency - March 2009

a cura di Rosa Luraschi

Scuola di Specializzazione in Fisica Sanitaria - Università degli Studi di Milano

La maggior parte delle esposizioni a radiazioni ionizzanti del prodotto del concepimento, sia a scopi diagnostici che per motivi occupazionali, non è di grado tale da poter provocare danni allo sviluppo dello stesso. Dosi elevate invece possono realmente causare malformazioni, ritardo di sviluppo e anche la morte dell'embrione o del feto. È quindi comprensibile che la donna gestante (talvolta anche il medico) che si trovi in una situazione in cui vi sia la certezza o il fondato sospetto di un'esposizione alle radiazioni manifesti una preoccupazione circa potenziali danni per la salute del nascituro, soprattutto se si è sottoposta a un esame diagnostico quando ancora non sapeva di essere incinta.

La raccomandazione *Protection of Pregnant Patients during Diagnostic Medical Exposures to ionising Radiation* è una revisione delle linee guida prodotte nel 1998 dal National Radiological Protection Board (NRPB), ora parte dell'Health Protection Agency¹, dal The Royal College of Radiologists² e dal College of Radiographers³. Questo documento fornisce informazioni in merito agli effetti sulla salute di embrione e feto in seguito all'esposizione alle radiazioni ionizzanti durante la gravidanza, in particolare durante le prime settimane quando la donna ancora non è cosciente del suo stato interessante, e costituisce una guida pratica su come e quando prevenire o ridurre inutili esposizioni del feto nel caso in cui alle donne incinte siano indicate procedure mediche di diagnosi che coinvolgono raggi X o radionuclidi. Il documento si apre con l'elenco di tutte le raccomandazioni, utile nel caso di una rapida consultazione successiva alla lettura.

Nell'introduzione gli autori presentano l'argomento mediante un confronto diretto con le precedenti raccomandazioni del 1998 e specificano

1. La Health Protection Agency (HPA) ha il compito di fornire un approccio integrato per proteggere la salute pubblica del Regno Unito attraverso la fornitura di sostegno e consulenza per il SSN, le autorità locali, i servizi di emergenza, il Dipartimento di Sanità e le Amministrazioni Dedicato. L'Agenzia è stata istituita come speciale autorità sanitaria (SpHA) nel 2003.

2. The Royal College of Radiologists (RCR) dal 1975 è l'organismo professionale competente per la specializzazione di oncologia clinica e radiologia clinica in tutto il Regno Unito. Il suo ruolo è di far progredire la scienza e la

le loro attuali linee guida.

Le raccomandazioni sono tutte presentate nella seconda sezione: esse sono giustificate con una chiara esposizione scientifica e classificate secondo gli effetti deterministici e stocastici delle radiazioni ionizzanti. Per gli effetti stocastici, gli autori illustrano le tre principali possibilità di danno: l'induzione di cancro per esposizione alle radiazioni durante le prime 3-4 settimane di gravidanza nel feto, nell'embrione e gli effetti ereditabili.

Nell'ultima sezione il lettore può trovare utili consigli pratici per applicare queste raccomandazioni nel caso si debbano svolgere esami diagnostici con l'uso di radiazioni ionizzanti a donne in età fertile e nel caso si sia esposto inavvertitamente il feto.

I riferimenti bibliografici sono documenti nazionali e internazionali di recente pubblicazione.

Ritengo questo documento aggiornato e completo, un buon riferimento per chiunque debba decidere se e come fare esami diagnostici con radiazioni ionizzanti a donne in età fertile che potrebbero trovarsi nelle prime 3-4 settimane di gravidanza senza esserne al corrente.

Il parere in una parola	
Contenuto	Buono
Completezza	Buona
Originalità	Scarsa
Utilità	Ottima
Bibliografia	Aggiornata

Il documento è scaricabile gratuitamente dal sito: www.hpa.org.uk o direttamente dal link: http://www.hpa.org.uk/web/HPAwebFile/HPAweb_C/12382308487461

pratica di radiologia e oncologia, oltre all'istruzione pubblica e di fissare appropriate norme di buona pratica professionale. Il Collegio stabilisce e controlla anche il curriculum didattico per coloro che sono informazione per accedere alla professione.

3. Il College of Radiographers (CoR) rappresenta più del 90 per cento dei radiologi che si occupano di diagnosi e terapia nel Regno Unito. È responsabile per le loro prestazioni professionali, educative, pubbliche e lavorative. Fondata nel 1920, è una delle più antiche e più esperte organizzazioni di radiologia in tutto il mondo.



Sistema di frazionamento automatico

Mod. NMC-μ

Il sistema di frazionamento automatico Mod. NMC-μ è un sistema schermato a flusso laminare verticale progettato appositamente per la preparazione automatica di dosi per la diagnostica PET e per il frazionamento di dosi di radioisotopi della medicina nucleare convenzionale, in accordo con le procedure cGMP.

Il sistema di frazionamento automatico Mod. NMC-μ risulta una soluzione economica, versatile e tecnologicamente avanzata, per qualsiasi necessità nella dispensazione di prodotti radiofarmaceutici in PET e in medicina nucleare. Questo sistema è composto da:

► **Cella di manipolazione Med. Nucleare e PET Mod. NMC 30/DDS-VF** (foto 1)

Schermatura

Versione "Light"	Versione "Heavy"
- Schermatura Pb su tutti i lati: 30 mm Pb	- Schermatura Pb su tutti i lati: 50 mm Pb
- Finestra: 30 mm Pb Eq	- Finestra: 50 mm Pb Eq
- Area calibratore: 50 mm Pb	- Area calibratore: 50 mm Pb
- Peso totale: 3000 Kg	- Peso totale: 4000 Kg

Certificazioni

- U.S. Federal Standard 209E Classe 100 (M 3.5) (contaminazione particellare dell'aria)
- EEC GMP III ED. Classe "A" (contaminazione particellare dell'aria)
- ISO 14644-3 e NSF 49 (flusso laminare)

Dimensioni

Esterne: Larghezza: 1000 mm / Profondità: 850 mm / Altezza: 2480 mm
 Interne (utili): Larghezza: 740 mm / Profondità: 585 mm / Altezza: 730 mm

► **Nuova unità di frazionamento automatico delle dosi microDDS-A** (patent pending) (foto 2)

- Accuratezza in volume: $\sigma < 8 \mu\text{l}$
- Tempo medio di preparazione (per siringa): < 60 sec.

Esempi di accuratezza sull'attività in condizioni operative tipiche di una Radiofarmacia (Fine della sintesi: 120 mCi/mL - Siringa da 10 mCi e 30 mCi/mL - Siringa da 10 mCi):

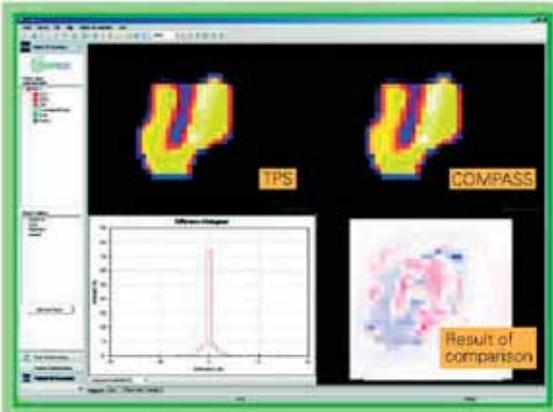
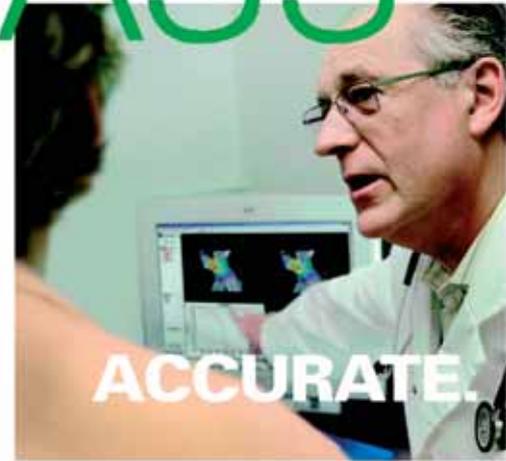
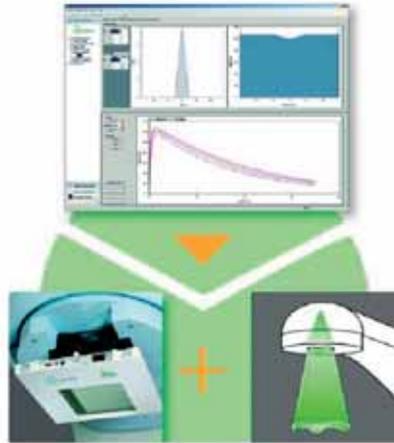
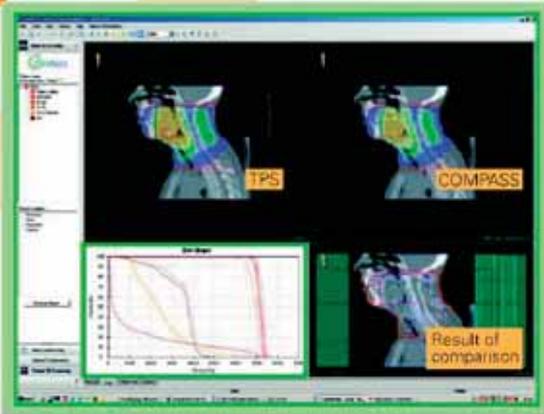
Concentrazione EOS	120	mCi/mL
Attività richiesta in siringa	10	mCi (i.e. 0,083 mL)
Accuratezza	9,6	%
Concentrazione EOS	30	mCi/mL
Attività richiesta in siringa	10	mCi (i.e. 0,33 mL)
Accuratezza	2,4	%

- Conformità all'FDA 21 CFR part.11
- Moduli: database pazienti, gestione calibratore di dose, misura residuo, statistiche, veloce e facile inserimento dati del paziente, archivio database delle dosi facilmente scaricabile on-line.



COMPASS

Your guide to next generation monitoring and verification



- Determinazione della distribuzione di dose durante il trattamento radioterapico del paziente (misura della mappa di fluenza e calcolo della distribuzione spaziale di dose).
- Visualizzazione della distribuzione di dose 3D sull'anatomia del paziente (immagini TAC).
- Comparazione tra la distribuzione di dose misurata e quella pianificata.



EL.SE. s.r.l.
Via Pier della Francesca, 26
20090 - Trezzano s/N (MI) - Italy

www.el-se.com
info@el-se.com

Cinema e scienza: un excursus sulla fisica al cinema

Antonella Testa

Dipartimento di Fisica - Università degli Studi di Milano

Quando si pensa al cinema la mente porta istintivamente all'associazione con l'intrattenimento, il divertimento, l'appagamento culturale. Ritenuto in molti casi una forma d'arte vera e propria il cinema è, come tale, dotato di un ben preciso linguaggio e di altrettanto precise tecniche espressive. Definito non di rado come "settima arte", per i più non ha nulla a che fare con la fisica o con la scienza in generale.

D'altra parte la nascita del cinema è per convenzione fatta risalire alla prima proiezione pubblica dei fratelli Lumière al Salon Indien del Grand Café, in Boulevard des Capucines, a Parigi. Era il 28 dicembre 1895: davanti a una platea curiosa e sorpresa si proiettavano una serie di piccoli filmetti, muti e in bianco e nero (il sonoro e il colore sarebbero giunti solo molto tempo dopo). È con la nascita del "pubblico", quindi, e con l'avvio della fruizione su ampia scala che il cinema muove ufficialmente i suoi primi passi. Eppure proprio quelle tecniche che diventeranno in seguito peculiari dell'industria cinematografica venivano già da tempo sperimentate in ambito scientifico.

Nel 1873 Pierre Jules César Janssen preparava l'osservazione di un importante evento astronomico, il passaggio di Venere sul Sole, previsto per il 9 dicembre 1874. Janssen era un astronomo che raggiunse grande fama quando, durante l'eclissi del 1868, riuscì a osservare un'anomalia nello spettro solare che in seguito permise di identificare un elemento chimico fino ad allora sconosciuto, l'elio. Il passaggio di Venere sul Sole è un fenomeno raro, che si presenta ogni 122 anni, a coppie di eventi separati da 8 anni: si è verificato solo 7 volte (l'ultima, nel 2004) in era telescopica. È un evento che non si può riprodurre in laboratorio, non è visibile ovunque sul globo e, pur nelle giuste condizioni, la sua osservazione può essere compromessa da avverse condizioni meteorologiche. Ha una valenza importante perché permette di calcolare le distanze nel Sistema Solare attraverso il metodo della parallasse trigonometrica.

È facile comprendere, dunque, che ci fosse una forte determinazione ad osservarlo, ma anche a poterlo registrare, per permettere la successiva analisi e interpretazione, basate su

dati oggettivi. Janssen mise a punto uno strumento, un "revolver fotografico", che accoppiava un apparecchio fotografico ad una lastra foto-sensibile che si muoveva meccanicamente, in moto automatico e a scatti regolari per ottenere una successione di fotografie al ritmo di poco meno di un'immagine al secondo. Un principio di funzionamento di base per il cinema, simile a quello della tecnica time-lapse, usata ancora oggi da documentaristi e cineasti. A tutti gli effetti, Janssen è un esponente del precinema, pur muovendo da obiettivi squisitamente scientifici.

Quello di Janssen non è che un esempio estratto dalla folta schiera di studiosi e scienziati tra i precursori del cinema. È celebre il caso di Eadweard Muybridge, il fotografo che per primo riuscì a fissare un passo di galoppo di un cavallo in una successione di 24 immagini, svelandone la dinamica e meritando la copertina di *Scientific American* nel 1878.

Ma il più celebre è probabilmente il fisiologo Etienne Jules Marey. Se oggi è normale per un medico dello sport disporre di strumenti di analisi del movimento di tendini e muscoli di un atleta, oltre un secolo fa gli scienziati si interrogavano ancora sulla fisiologia di base che regola il camminare, la corsa, il salto, alla ricerca di metodiche di analisi di fenomeni troppo rapidi e complessi per essere colti solo dagli occhi.



Dal film *Frequency*
(di G. Hoblit, 2000)

Marey si dedicò a lungo allo studio del movimento animale e umano, raffinando progressivamente gli strumenti di registrazione cronofotografica ma anche gli strumenti e le tecniche di restituzione e di proiezione, per ottimizzare l'effetto di illusione del movimento percepito dall'occhio umano, attraverso l'elaborazione operata dal cervello. Apparecchi e tecniche che sono strumenti di ricerca scientifica a tutti gli effetti.

L'esigenza scientifica di disporre di mezzi di osservazione, registrazione, interpretazione dei dati sempre più efficaci e potenti ha dato un forte impulso al cinema alle sue origini, trovando applicazioni anche in ambiti quali la promozione e la didattica delle scienze. Seppur a momenti alterni, è avvenuto anche successivamente e per tutto il secolo, fino ad oggi.

In questo senso è lecito annoverare il cinema e le sue tecniche tra gli strumenti scientifici, insieme a microscopi, telescopi, strumenti di misura e di didattica.

Come con gli strumenti scientifici, ben prima del volgere del secolo, il ricercatore ha piena consapevolezza che grazie al "cinema" può estendere i limiti dei propri sensi e governare lo spazio e il tempo: la perforazione di una bolla di sapone con proiettile in ripresa ultrarapida, la crescita di una pianta in ripresa intervallata, il movimento di un batterio in microcinematografia guidata. Può in altre parole "vedere l'invisibile", uno *slogan* che ben si presta a descrivere il fecondo intreccio tra cinema e scienza destinato a svilupparsi e declinarsi anche nella forma della simulazione di fenomeni previsti da una teoria. Come in ambito scientifico si simula la collisione di fasci di particelle in un acceleratore o l'interazione di galassie, così il cinema applica la tecnica di animazione o il 3D per ottenere grandi successi nelle sale: il caso più recente è forse quello del film *Wall-E* (di A. Stanton, 2008), premiato con l'Oscar per il miglior film d'animazione 2009, che ha goduto della partecipazione dell'Agenzia Spaziale Europea.

Come uno strumento scientifico il cinema, fin dalle sue origini, è stato usato anche come mezzo per registrare dati, per la didattica e la divulgazione scientifica: tra gli innumerevoli esempi che si potrebbero portare a suffragio di ciò basti pensare che nel 1897, solo due anni dopo la scoperta dei raggi X, John Macintyre presentava alla Royal Society a Londra sequenze che illustravano l'attività dello stomaco di un paziente dopo l'ingestione di bismuto. All'inizio del secolo in America gli studi Edison producevano filmetti di divulgazione sull'elettromagne-

tismo. In ambito medico in particolare, il cinema trovò presto ampia applicazione come strumento di didattica di tecniche chirurgiche o metodologie mediche, come è il caso del breve film *Neuropatologia* (1908), sul trattamento di una donna affetta da isteria. Nel 1923 Richard Fleischer animava le sequenze di *The Einstein's Theory of Relativity*, film a sequenze e cartelli destinato a spiegare al grande pubblico le questioni cruciali della Teoria della Relatività, con efficacia che farebbe invidia al miglior film didattico dei nostri giorni.



*Dal documentario
 The Einstein's Theory of Relativity
 (di R. Fleischer, 1923)*

A dispetto dell'opinione comune, pertanto, il cinema mostra fin dai suoi esordi una stretta relazione con la scienza. Una relazione biunivoca che, se da una parte risulta vantaggiosa per chi fa scienza, dall'altra lo sarà anche per l'industria dell'intrattenimento e dello spettacolo. Perché man mano che il cinema si plasma, con le sue tecniche e le sue professioni, intuisce che anche in ambito scientifico avrebbe potuto cogliere idee e personaggi per trame avvincenti.

I generi del cinema (documentario, biografie, animazione, fantascienza, fiction, ...) si definiranno solo nel corso dei primi decenni del XX secolo. Ma operando un rapido excursus tra gli *short film* degli esordi osserviamo già un'ampia varietà che trae spunto da soggetti scientifici, tra cui quelli di vari settori della fisica. Molti i film che raccontano il "reale" - ovvero i prodromi del documentario - anche se numericamente prevalgono quelli a soggetto entomologico, botanico e medico più che fisico. Qualche racconto biografico, che si colloca nella tradizione del film storico, punta a mettere in scena personaggi autorevoli, attingendo alla storia della fisica, come fu il caso delle produzioni italiane *Galileo Galilei* (1909) e *Giordano Bruno* (1908).



*Dal film Galileo
 (di J. Losey, 1974)*

Certamente gli autori (Méliès, Velle, de Chomon, Paul, ...) realizzano per lo più delle parodie, in cui la rappresentazione della scienza e degli scienziati risponde a criteri di svago e spassosità e non al desiderio di comunicare dei contenuti scientifici: nulla a che vedere con la realtà e la quotidianità della pratica scientifica. E anche i titoli storici, come lo è il citato *Galileo Galilei*, soffrono di mancanza di accuratezza e ricorso ai luoghi comuni. Ma ciò che è interessante, in questa sede, è che pur con i pochi strumenti allora disponibili, il cinema di spettacolo era attento a trarre stimoli dall'attività scientifica coeva, come oggi non accade. Basti pensare che l'industria cinematografica italiana non ha saputo cogliere l'occasione delle celebrazioni galileiane del 2009 (il IV centenario delle prime osservazioni al cannocchiale) che al contrario seppe fare un secolo fa, nel 1909.

Nel corso degli anni '30 si definisce il genere biografico, in cui l'intera vita oppure periodi della vita di un personaggio realmente esistito - sia questi uno scienziato o altro - sono la chiave di successo del film. "Ogni scena del film è basata su fatti realmente accaduti: e questa viva verità contiene più elementi appassionanti e drammatici dei più arditi voli della fantasia". Così recita il cartello di apertura dell'archetipo del genere, ovvero *The Story of Louis Pasteur* (di W. Dieterle, 1936). Da una biografia ci si aspetta aderenza ai fatti realmente accaduti, più che da altri generi (con l'eccezione del documentario). Da parte dello spettatore c'è una sorta di implicita accettazione del film come sostanzialmente autentico. In quegli anni i grandi studios americani, a cui si deve gran parte della produzione biografica del tempo, godevano di veri e propri dipartimenti di ricerca che fornivano ogni elemento utile: testi, documenti, riproduzioni di strumenti, fotografie. Materiale prezioso per l'intero staff, da sceneggiatori e registi fino a truccatori e costumisti.

Laddove era possibile familiari ed esperti incarnavano il ruolo del consulente scientifico. Eve Curie, dal cui libro è tratto il film *Madame Curie* (di M. LeRoy, 1943) collaborò fornendo materiale dell'archivio di famiglia; fisici del CalTech collaborarono per la replica degli esperimenti.

Per quanto intriso di romanticismo oltre la realtà, il film è una buona ricostruzione della storia di Marie Curie, impersonata da una Greer Garson resa straordinariamente simile alla scienziata polacca, come la conosciamo dalle immagini del suo tempo.



*Dal film Madame Curie
 (di M. LeRoy, 1943)*

L'adesione alla realtà veniva cercata con ogni mezzo anche dagli attori, come fu il caso, ad esempio, di Spencer Tracy che visitò ripetutamente i laboratori di Menlo Park per raccogliere ogni elemento utile all'interpretazione di Thomas Alva Edison in *Edison, The Man* (di C. Brown, 1940).

Tutto ciò non garantisce alla biografia l'etichetta di film "vero", naturalmente. Tanto più che molte questioni scientifiche sono gravate da controversie, non risolte per lungo tempo, nemmeno presso la comunità scientifica. Se si pensa al caso Meucci-Bell sulla paternità dell'invenzione del telefono, chiusa in seno al Congresso americano solo nel 2002, non ci si stupisce che due film coevi possano raccontare due "verità" diverse: *Antonio Meucci, il mago di Clifton* (di E. Guazzoni, 1940) e *The story of Alexander Graham Bell* (di I. Cummings, 1939).

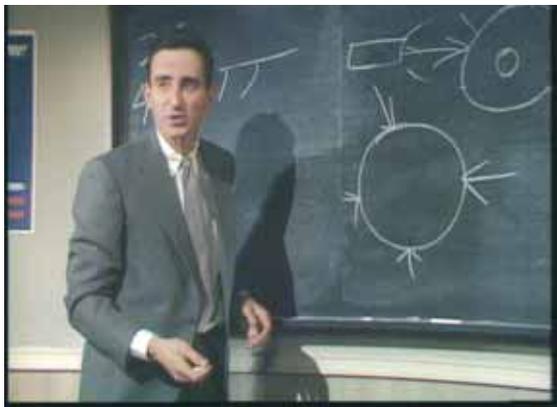
D'altra parte, anche consapevolmente, si ricorreva - allora come oggi - a strategie tecniche e narrative non realistiche pur di asservire la storia "vera": ne è un esempio la scena del citato film *Madame Curie* nella quale, per rendere più efficacemente l'emozione della sco-

perta del Radio, il volto dell'attrice viene inverosimilmente illuminato di luce diffusa.

Come ebbe a scrivere il produttore esecutivo del film sulla bomba atomica *The Beginning or the End* (di N. Taurog, 1946) sul copione consegnato ad Albert Einstein per la lettura: "Bisogna ammettere che la verità drammatizzata è una necessità per noi altrettanto irresistibile di quanto non sia la vera verità per uno scienziato".

Nel complesso della produzione filmica, i fisici e la fisica sono poco rappresentati al cinema, a confronto con gli altri scienziati e discipline. Questo vale però solo fino agli anni '50, quando la fisica irrompe sul grande schermo, come una delle tante conseguenze del lancio della bomba su Hiroshima e Nagasaki.

Fino ad allora lo scienziato - le figure più frequenti erano state quelle del chimico, medico o psichiatra - aveva incarnato molti degli stereotipi ancora oggi diffusi: l'apprendista stregone, il demiurgo, lo scienziato pazzo, il buono al servizio della società, il genio isolato e incompreso, il caparbio inventore, ... Dopo l'uso della bomba atomica il fisico diventa la figura prediletta per aggiornare quegli stereotipi ai fatti della storia. Spesso viene caricato di un'eccessiva consapevolezza delle possibili applicazioni belliche della propria ricerca, almeno questa è l'accusa mossa dagli storici, altre volte è l'ignaro artefice di collettive tragedie. Più avanti diventerà la vittima inconsapevole di intrighi internazionali. La filmografia da questo momento diventa estremamente ricca, inaugurata dal citato film di Taurog. L'atomica e la sua storia sono direttamente protagonisti di molti titoli, tra i più noti: *Oppenheimer* (di B. Davis, 1980), *The atomic café* (di K e P Rafferty, 1982), *L'ombra di mille soli* (di R. Joffé, 1989), *Copenhagen* (di H. Davies, 2002). Altre volte si prestano come argomenti per sviluppare una trama di fiction. Tra gli esempi celebri: *Maschere e pugnali* (di F. Lang, 1946), *Il dottor Stranamore* (di S. Kubrick, 1964), *The day after* (di N. Meyer, 1983), *Quell'ultimo giorno* (di K. Lopushanski, 1986).



Dal film *Oppenheimer*
 (di B. Davids, 1980)

Altre volte ancora sono temi sottesi all'interpretazione, da parte dell'autore o regista, della posizione etica di scienziati, come in *Ipotesi sulla scomparsa di un fisico atomico* (di L. Castellani, 1973), *Galileo* (di J. Losey, 1974) o *I ragazzi di Via Panisperna* (di G. Amelio, 1988).



Dal film *I ragazzi di Via Panisperna*
 (di G. Amelio, 1988)

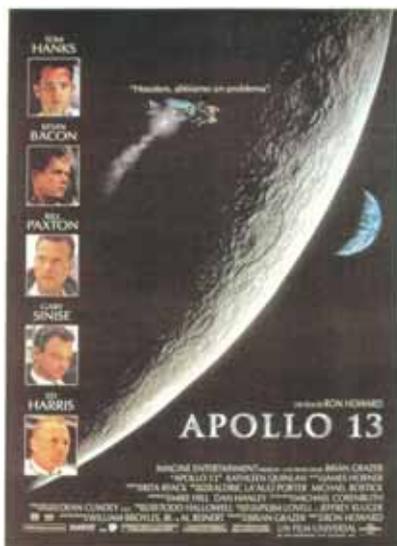
Sull'onda del picco di presenze del fisico "atomico" la fisica diventa spesso una disciplina foriera di disastri individuali e collettivi, non sempre a lieto fine: in parte a causa della mancanza di controllo di chi la pratica, in parte per sconosciuta manipolazione del fisico da parte di chi detiene il potere politico, economico o militare. Ne sono esempi *On the beach* (di S. Kramer, 1959), *Il sipario strappato* (di A. Hitchcock, 1966), *Sindrome cinese* (di J. Bridges, 1979) e molti altri ancora.

La fisica tratteggiata dal cinema è stata a lungo associata all'idea del rischio per l'individuo e per la società. Dagli anni '80 ha progressivamente lasciato questo ruolo alla biologia, alle biotecnologie e alla genetica, e naturalmente ai loro protagonisti, a riflettere la crescente diffusione dei risultati ottenuti in queste discipline presso il grande pubblico. Così, ad esempio, mentre il primo *Spiderman* anni '70 è tale a causa della puntura di un ragno sottoposto a una dose eccessiva di radiazioni, i più recenti *remake* di *Spiderman* sono il frutto delle manipolazioni genetiche.

Da quel momento il fisico e la fisica hanno perso posizioni in termini di frequenza di apparizione sul cinema. Comparse occasionali sono dovute a situazioni specifiche: ne è un esempio il film *Frequency* (2000) che portava al cinema la fisica di frontiera con un'interpretazione estrema dell'universo multidimensionale che permetteva la comunicazione tra dimensioni temporali differenti (con la partecipazione di Brian Greene).

In un altro genere, con una modulazione disordinata, la fisica trova spesso collocazione, nei suoi diversi ambiti di ricerca. Si tratta del filone catastrofico, che riflette di volta in volta i timori del momento. È esemplare il caso di uno dei film di maggiore successo dell'ultima decade, *The day after tomorrow* (di R. Emmerich, 2004) che vede nel ruolo di protagonista un climatologo del NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration), che ha previsto drammatici mutamenti climatici conseguenti al riscaldamento incontrollato prodotto da gas serra antropici.

Non ultimo, fisica e fisici sono spesso presenti in film su un tema che da sempre sta a cuore all'industria cinematografica, perché incarna profonde aspirazioni e sogni impossibili: l'esplorazione di ambienti estremi e l'esplorazione dello spazio, che si è molto nutrito della feconda scrittura di fantascienza ma anche dei risultati scientifici che si sono susseguiti, dal *Voyage dans la Lune* (di G. Méliès, 1902) di verniana memoria fino ad *Apollo 13* (di R. Howard, 1995), uno dei migliori esempi di film "scientifico".



Locandina del film *Apollo 13*
(di R. Howard, 1995/

Sebbene, come si è visto, la storia del cinema testimoni di uno stretto intreccio con la scienza fin dalle sue origini, di norma la fiducia di chi fa scienza nei riguardi del cinema è molto scarsa, perché il cinema piega la scienza alle sue esigenze. Ed è un peccato perché quando scienza e cinema di eccellenza si sono incontrate il risultato è stato perfetto sia sul piano scientifico che su quello cinematografico, come dimostrano ad esempio i film di animazione di fine anni '50 prodotti da Walt Disney, per la regia di Franck Capra e la consulenza scientifica di fisici del calibro di Bruno Rossi e del Nobel Carl Anderson (*Strange case of the cosmic rays, Our Mr. Sun*).

È innegabile che il cinema rappresenta per il grande pubblico un veicolo informale di comunicazione, e contribuisce a crearne un involontario bagaglio di conoscenze. Anche per questo, accanto a chi ritiene che la rappresentazione cinematografica influisca negativamente sull'opinione pubblica nei riguardi della scienza e degli scienziati, c'è chi considera il cinema una risorsa per incuriosire e scuotere le coscienze su temi cruciali quali i cambiamenti climatici.

E il dibattito spesso approda anche sulle pagine delle riviste scientifiche più prestigiose. Un esempio? Se da una parte K. Davidson (autore del libro da cui fu tratto il film *Twister*) sintetizzò la sua pessima esperienza con l'espressione "If Hollywood calls your laboratory, hang up" (*Nature*, n. 431), dall'altra, poco prima, A. Myles esortava a valutare positivamente le possibili ricadute di un film come il sopracitato *The day after tomorrow* nonostante gli errori scientifici "If it inspires a few of them [teenagers] to stick with physics for a couple more years and perhaps consider a university course in the geosciences, then it will have more than justified its special-effects budget" (*Nature*, n. 429).

ALTHEA FRAZIONATORE AUTOMATICO PER SIRINGHE



ALTHEA

Althea è una macchina automatica per la preparazione di siringhe di soluzioni radiofarmaceutiche.

La macchina può essere connessa ai moduli di sintesi o ricevere contenitori schermati contenenti flaconi preparati all'esterno.

L'uso di Althea riduce in modo considerevole la dose all'operatore e nello stesso tempo offre alcuni importanti vantaggi nell'organizzazione del lavoro.

Per ogni ricetta preparata sono archiviati in uno storico oltre ai dati relativi al paziente anche quelli riguardanti attività e volume presenti in siringa.

E' possibile inoltre la preparazione di siringhe con l'attività prevista ad una certa ora.

Se necessario Althea è in grado di aggiungere al preparato in siringa soluzione fisiologica in modo da raggiungere il volume richiesto.

Il risultato è una siringa da 5 ml, calibrata, contenente un volume adeguato e dotata di un tappino perforabile e di schermo in tungsteno.

Range di utilizzo

La minima attività che può essere dosata in siringa con l'accuratezza

del 10% dipende dalla concentrazione presente nel vial principale, secondo la formula:
valore dell'attività richiesta in siringa (MBq) > 1/8 del valore della concentrazione presente nel vial principale (MBq/cc)

Ad esempio, per la preparazione di una siringa con attività di 400 MBq il valore della concentrazione nel vial deve essere < 3200 MBq/cc.

Nello stesso tempo l'attività in un flacone da 15 ml non deve essere superiore a 48 GBq.

Inizia con questo numero la trascrizione della lezione tenuta dal prof. Giulio Ceresole in occasione del II Congresso Italiano di Radiologia Medica tenutosi a Genova dal 20 al 22 ottobre 1919.

Nel suo intervento, il prof. Ceresole presenta i metodi e le unità di misura che venivano utilizzati nei primi decenni del secolo scorso per caratterizzare dal punto di vista sia qualitativo che quantitativo i fasci di raggi X per uso diagnostico e terapeutico. Particolarmente accurata è pure la descrizione degli strumenti impiegati, perché di ciascuno vengono presentati i limiti e i difetti o ne vengono evidenziati pregi. Un ringraziamento particolare va all'amico Stefano Andreoli, del Servizio di Fisica Sanitaria degli Ospedali Riuniti di Bergamo, autore del ritrovamento di questo prezioso "cimelio storico" e a Mario Reggioni per le immagini.

a cura di Luca Moro
Servizio di Fisica Sanitaria,
Fondazione Salvatore Maugeri, Pavia

La Radiologia Medica vol VII, N. 1-2 Gennaio-Febrero 1920

PROF. GIULIO CERESOLE
(Venezia)

La dosimetria in radiologia

Oggi sappiamo che i raggi X sono vibrazioni elettromagnetiche dell'etere prodotte dall'arresto brusco di un elettrone in moto contro un ostacolo, sono quindi della stessa natura della luce. Un fascio di raggi X che esce da un'ampolla radiogena non può però essere esattamente paragonato ad un fascio di luce ordinaria perché costituito da due varietà di onde eterie e cioè da quelle generate dall'alterazione prodotta nel ritmo proprio degli elettroni costituenti l'atomo della materia dell'anticatode dall'urto del corpuscolo catodico e che sono del tipo delle ondulazioni periodiche della luce, e da quelle provenienti dal perturbamento dell'etere prodotto dall'arresto brusco dell'elettrone, che sono del tipo pellicolare o esplosivo e che hanno per caratteristica la rapida ammortizzazione delle loro vibrazioni.

Le onde elettromagnetiche dell'etere costituiscono una gamma che partendo dalle radiazioni elettriche o herziane, la cui lunghezza si misura a decine e centinaia di metri, giunge gradatamente ai raggi gamma delle sostanze radioattive, la cui lunghezza è dell'ordine del centomillesimo di millimetro, attraverso la zona degli *infra rossi*, dello spettro visibile e degli *ultra violetti*. Il posto spettante ai raggi X sta fra i raggi gamma e gli ultra violetti.

Esaminando uno schema nel quale sia figurata la porzione occupata dai singoli gruppi di ondulazioni elettromagnetiche dell'etere, vediamo che i raggi X occupano una zona notevolmente ampia, molto più ampia di quella occupata dallo spettro solare: ciò indica che il gruppo dei raggi X è costituito da ondulazioni di diversa lunghezza di onda fra le quali ci possono essere maggiori differenze che tra l'infrarosso e l'ultravioletto dello spettro solare.

Noi sappiamo effettivamente dalla teoria e dalla pratica che il fascio di raggi X uscente da un'ampolla radiogena, è costituito da fasci elementari di lunghezza diversa d'onda a seconda della natura del metallo del quale è fatto l'anticatode e della velocità di traslazione dei singoli elettroni costituenti il fascio catodico, i quali non hanno velocità uguali fra loro neppure se il tubo funziona con corrente continua, avendo Wehnelt potuto provare come i raggi catodici che nascono sull'orlo del catode abbiano anche in tal caso velocità differente da quelli che partono dal centro.

Per studiare qualsivoglia fenomeno naturale bisogna poter disporre di una misura alla quale

sia riferibile: senza misure nessuna legge fisica (nel senso lato del vocabolo) avrebbe potuto essere fissata.

Uno dei più grandi fisici di tutti i tempi *Lord Kelvin*, così si esprime:

“Io dico sovente che se potete misurare ciò di cui parlate e se potete esprimerlo con una cifra, comincerete a comprenderlo. Se non potete né misurarlo né esprimerlo con una cifra, le vostre cognizioni saranno miserevoli ed insufficienti. Che si tratti di una questione o di un'altra, comincerete forse ad avere una nozione superficiale, ma non ne possederete ancora la scienza completa.”

Per rilevare le misure necessarie allo studio delle leggi che reggono un dato fenomeno occorrono gli apparecchi di misura i quali servono a facilitare l'atto percettivo della valutazione del fenomeno scelto a base della misura e riferirla ad un valore numerico, in modo da rendere universalmente pratica ed accetta l'unità di misura.

Il fenomeno che si sceglie come mezzo di misura corrisponde generalmente ad una proprietà nettamente caratterizzata, facilmente percepibile e riconoscibile. Accade però di sovente che fenomeni della stessa natura abbiano proprietà così differenti che per misurarli si deve ricorrere a metodi di misura e a unità basate su principii differenti.

Questo è precisamente il caso delle radiazioni elettromagnetiche (vibrazioni trasversali dell'etere) che differenziano fra loro solamente per la lunghezza d'onda.

Se vogliamo misurare l'intensità delle onde herziane ricorreremo ai fenomeni di risonanza; se dell'infrarosso, ai fenomeni termici; se del violetto e ultra violetto, alle proprietà chimiche, ecc.

Dovremo usare quindi apparecchi specialmente sensibili per tali manifestazioni e solamente in tal modo avremo delle misure attendibili che non si potrebbero ottenere se si volessero misurare differenti regioni dello spettro collo stesso metodo di misura: per esempio un fascio della regione del rosso, servendoci di reattivi chimici o viceversa usando dell'actinometro o del bolometro, per un fascio della regione del violetto o dell'ultra violetto. In tal caso saremmo condotti ad erronei risultati perché la sensibilità di quei mezzi di misura non è adatta che per misurare quella data regione dello spettro nella quale l'azione termica e rispettivamente l'azione chimica è specialmente intensa.

Nel caso dei raggi X ci troviamo in una condizione molto analoga.

L'era della radioterapia si può dividere in due periodi, il primo delle applicazioni superficiali, il secondo della terapia penetrante profonda.

Nel primo si adoperavano raggi di limitato potere di penetrazione, mentre nel secondo si cerca l'uso di raggi che si avvicinino per quanto possibile ai gamma delle sostanze radioattive.

Nel primo periodo si ricorse a mezzi di misura basati su qualche spiccata proprietà dei raggi della lunghezza d'onda usati in quell'epoca e, sebbene in generale fossero metodi tutt'altro che precisi e sensibili, pure si generalizzarono perché servivano convenientemente allo scopo.

Nel periodo della terapia penetrante profonda si credette di poter continuare a servirsi delle unità e dei metodi di misura basati su reattivi specialmente sensibili a raggi di maggiore lunghezza d'onda, ma che invece non avevano uguale sensibilità per quelli più corti.

Inoltre si volle riportare la posologia degli uni agli altri e qui la possibilità di erronee conseguenze divenne maggiore, perché una differenza di lunghezza d'onda anche non molto notevole può portare una marcata variazione oltre che nelle proprietà fisiche, negli effetti biologi-

ci: basti pensare alle diverse regioni dello spettro solare la cui lunghezza d'onda diversifica di poche decimillesimi di millimetro e pure hanno proprietà tanto diverse sì biologiche che fisiche che, volendo misurare ad esempio la loro intensità, dobbiamo ricorrere a metodi di misura basati su effetti differenti e di natura diversa.

Il caso dei raggi X è analogo. E di ciò i radiologi si sono accorti da quando la terapia ultradura profonda si è andata generalizzando.

Si sono accorti che la sensibilità dei metodi di misura creati per i raggi usati nel periodo della terapia superficiale era molto diversa nel caso dei raggi duri, e che le unità posologiche che servivano per i primi hanno perduto di valore per i secondi.

Ed abbiamo assistito ad un fatto curioso: mentre nel periodo della terapia superficiale tutti gli studiosi si affannavano alla ricerca di un metodo e di una unità di misura, nel secondo periodo se ne disinteressano.

La spiegazione del fatto va ricercata nelle diverse proprietà dei raggi in funzione della loro lunghezza d'onda.

Essendo molto intensa l'azione flogogena dei raggi molli e semi-duri, era assolutamente necessario disporre di un metodo di misura che indicasse la dose che non si doveva oltrepassare per non avere la temuta radiodermite.

Con raggi duri invece l'azione flogogena è quasi eliminata mentre si manifesta l'azione elettiva. Non avendosi quindi più a temere la radiodermite, i radioterapisti si disinteressano delle misure precise limitandosi a quelle indirette (tempo di esposizione, milliamperaggio, scintilla equivalente) che nelle prime epoche della radioterapia si mostrarono insufficienti per dosare i raggi ad azione flogogena.

E questo nichilismo sembrava giustificato dai risultati.

Però a parte il fatto che una scienza non può chiamarsi tale se non dispone di metodi e di unità di misura, si cominciò a rilevare coll'uso dei raggi ultraduri qualche reazione tardiva a carattere cronico non completamente trascurabile. Quindi si delinea nuovamente la necessità pratica di una misura sufficientemente precisa.

Metodi di misura qualitativa - Unità di misura



*Fig. 1 Spinterometro di Beclère:
la tensione al tubo viene misurata dalla distanza di scarica tra i terminali: a forma di punta per tensioni più basse, di forma sferica per tensioni più elevate*

Ricorderemo solo quelli di uso generale o maggiormente noti:

a) MISURE INDIRETTE
(che valutano la tensione del circuito)

SPINTEROMETRO DI BÉCLÈRE
SCINTILLA EQUIVALENTE.

Il primo apparecchio per la misura di qualità usato in radiologia medica fu lo spinterometro di Bécclère, col quale si valuta qual è lo spessore dello strato d'aria la cui resistenza al passaggio della corrente in forma di scintilla è immediatamente inferiore alla resistenza

del tubo al passaggio della corrente.

Da questa misura non abbiamo nessuna indicazione diretta sul grado di durezza dei raggi emessi dall'ampolla: ma solamente sulla tensione del circuito secondario. Contro questo apparecchio furono lanciate moltissime critiche, delle quali ricorderemo due sole, la prima che le indicazioni dei diversi spinterometri non sono paragonabili far loro.

È bensì vero che la lunghezza della scintilla varia colla forma degli estremi dello spinterometro; a seconda che sono sferici o cilindrici o piatti, a seconda del raggio della sfera, del diametro del piatto o del cilindro, della forma colla quale questo finisce, (calotta sferica o superficie conica), secondo l'ampiezza dell'angolo della sezione dell'apice del cono, varia la lunghezza della scintilla, ma se si mantengono gli estremi sempre uguale per forma e dimensioni come già da principio propose Bécclère, le indicazioni diventano con grande approssimazione esatte.

La seconda che la durezza dei raggi emessi da un tubo essendo funzione del grado di vacuità dell'ampolla e quindi della resistenza di questa al passaggio della corrente, sembrerebbe che la misura della scintilla equivalente fosse buon criterio per valutare il potere penetrante dei raggi, mentre ciò non è.

Infatti la resistenza di un tubo al passaggio della corrente non è solamente funzione del suo grado di vacuità ma è intimamente legata al tipo e volume dell'ampolla alla forma degli elettrodi e alla massa dei pezzi metallici etc., come già dimostrò Villard molti anni fa.

Può darsi quindi che due tubi aventi un'eguale scintilla equivalente producano due fasci di differente durezza.

Ad onta di tutte le critiche, l'uso dello spinterometro si è sempre mantenuto in radiologia. Nel periodo della terapia *ultra penetrante* anzi ha guadagnato favore essendo un mezzo praticissimo per valutare, ogni volta che lo si desidera, il grado di durezza del tubo.

Cogli apparecchi *ultra potenti* moderni l'uso dello spinterometro può riuscire pericoloso al secondario del rocchetto per le fiammate che a volte scoccano fra gli estremi dello spinterometro.

Ad evitare questo grave inconveniente si può usare una modificazione proposta dal Trabacchi, il quale usa uno spinterometro a punte affilate inserendo una resistenza molto elevata nei conduttori che fanno le connessioni. Questa può essere costituita da un tubo di vetro di conveniente lunghezza chiuso con tappi di gomma attraverso i quali passano gli elettrodi che pescano nel tubo riempito di alcool coll'aggiunta di alcune gocce d'acqua. La scintilla che scatta è molto sottile ed anche sensibilmente raccorciata; con una vite micrometrica può essere esattamente misurata e la sua lunghezza si mantiene proporzionale alla tensione del circuito secondario. Per avere però indicazioni esatte, Trabacchi prescrive di metterlo in derivazione ai poli dell'ampolla.

Con questo dispositivo si evitano le sopraelevazioni di tensione accidentali di carattere oscillatorio, e la misura si fa con grande sicurezza e senza pericolo per gli apparecchi essendo eliminate le fiamme che possono compromettere gli avvolgimenti secondari. Questo spinterometro può venir tarato in Kilovolt.

È un apparecchio veramente prezioso le cui indicazioni sono praticamente attendibili.

Una tabella costruita sperimentalmente dal Trabacchi dimostra che coll'aumentare della distanza esplosiva aumenta proporzionalmente la tensione del circuito, portando in ascisse la prima ed in ordinata la seconda si ottiene una grafica circa rettilinea.

RADIOQUALIMETRO DEL BAUER.

Anche le indicazioni di questo apparecchio riguardano la tensione del circuito secondario, corrisponde quindi, come genere di misura, allo spinterometro; però è assai meno utilizzabile,



Fig. 2 Radioqualimetro di Bauer:

elettrometro statico che misura la tensione al catodo fornendo una valutazione indiretta della durezza del fascio mediante una scala arbitraria da 1 a 10, corrispondenti a decimi di mm di Pb in grado di "arrestare completamente" il fascio di raggi X.

e mentre può servire molto vantaggiosamente per misure comparative sullo stesso rocchetto o trasformatore, non serve affatto come apparecchio di misura assoluta. Uno stesso tubo con uno stesso regime ed invariato grado di durezza, misurato con due diversi radioqualimetri può apparire diversamente duro. Inoltre le sue indicazioni non hanno più alcun valore quando si tratti di tubi di elevato grado di durezza.

La deviazione delle due ali mobili, che è proporzionale alla carica con potenziali non troppo alti, raggiunge il suo massimo quando la tensione si avvicina ai 90.000 V.; a questo momento le indicazioni dell'apparecchio si arrestano. Questo strumento è quindi sotto ogni punto di vista notevolmente inferiore allo spinterometro, quando si pensi che le sue indicazioni variano colla forma della corrente che alimenta il tubo, colla frequenza, colla capacità del circuito, coll'isolamento più o meno perfetto dei due poli, e per la vicinanza di conduttori messi a terra.

KILOVOLTMETRO SCOTTI-BRIOSCHI.

Una parola pure va dedicata a questo strumento che è semplicemente un voltmetro derivato ai morsetti del primario del trasformatore. E' graduato in Kilovolts da 0 a 150. Rimanendo costante il carico dell'ampolla, le indicazioni dell'apparecchio varano secondo la durezza dell'ampolla, poiché si sa che nei trasformatori statici la corrente del circuito indotto reagisce sull'induttore.

Rocchi sperimentalmente ha studiato il rapporto che passa fra la scala radiocromometrica del Benoist e le indicazioni del Kilovoltmetro ed ha trovato che le indicazioni di quest'ultimo crescono colla durezza del tubo più rapidamente che non i gradi Benoist.

<i>Benoist</i>	2	3	4	5	6	7	8
<i>Kilovolt</i>	35	40	43	46	52	60	70

Pur essendo meno preciso della scintilla equivalente, il suo merito consiste nel consentire un controllo continuo della durezza dell'ampolla.

b) MISURE DIRETTA (basate sulla penetrabilità e sul radiocroismo della materia ai raggi X)

RADIOCROMOMETRO DI BENOIST.

Questo apparecchio indica il valore medio di penetrazione del fascio, risultante dai differenti gradi di penetrazione dei vari fasci elementari monocromatici.

Non è a credere che il valore indicato rappresenti il grado di penetrazione delle componenti più penetranti del fascio in esame.

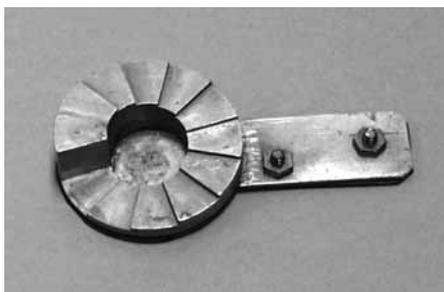


Fig. 3 Radiocromometro di Benoist: scala di 12 gradini in alluminio con al centro un disco di argento di 0,11mm di spessore. Ponendolo di fronte ad uno schermo fluorescente permetteva di valutare la proprietà di penetrazione del fascio X mediante il confronto tra la luminosità osservata al centro e quella dietro i gradini di Al.

Una utile modificazione fu proposta da Simeone d'Arman che portò a 24 il numero dei gradini di alluminio. Una causa d'errore nella valutazione della durezza dei raggi, messa in luce dal Trabacchi, si ha quando la misura invece che in base alla intensità di fluorescenza destata sul *platino cianuro di bario*, vien valutata in base alla immagine fotografica del radiocromometro.

La sensibilità ai raggi X di una lastra al bromuro d'argento dipende dall'assorbimento da parte del bromo e dell'argento di un determinata fascia dello spettro continuo emesso dal tubo. L'azione fotografica quindi è data per la massima parte dalle radiazioni che vengono assorbite dall'argento dell'emulsione; di conseguenza, se il fascio di raggi X viene a colpire la laminetta d'argento del Benoist prima di raggiungere la lastra fotografica, la porzione dello spettro continuo da cui dipende l'azione chimica, sarà assorbita in gran parte, o per lo meno ridotta d'intensità: l'azione fotografica ne risulterà fortemente diminuita. Quindi l'ombra della parte centrale del Benoist sul negativo apparirà più trasparente.

Fra tutti gli altri apparecchi costruiti sul principio del Benoist, il solo Wehnelt presenta un vantaggio rispetto l'uso dei raggi extra duri perché l'estensione della sua scala verso le minori lunghezze d'onda è più ampia.

Gli apparecchi basati sul principio del Benoist coll'indicazione del grado radiocromometrico ci danno il valore medio della durezza del fascio senza farci sapere quali sieno le componenti di minore lunghezza d'onda specialmente utilizzabili nella terapia profonda.

Per tale scopo ritengo, in base a mie esperienze, che sia molto vantaggioso fare la lettura dell'apparecchio dopo che il fascio cimentato è stato filtrato attraverso un filtro di spessore uguale a quello che si usa nelle applicazioni terapeutiche. In tal modo il fascio viene liberato da tutte le componenti di maggiore lunghezza d'onda e si avrà col grado radiocromometrico il valore della parte più penetrante del fascio, come realmente giunge alla pelle durante l'applicazione. Si avrà il vantaggio di avere un dato molto più attendibile. Con tale metodo il fascio appare sempre di maggiore durezza e il 12° grado B è quasi sempre sorpassato. Con questo metodo di misura riesce assai pratico ed utile il Benoist modificato dal D'Arman.

Per persuadersene basta ripetere la misura dopo che lo stesso fascio ha attraversato un filtro d'alluminio: si vedrà che il radiocromometro segnerà un valore maggiore. Questo fatto non va interpretato come una proprietà dell'alluminio di elevare il potere di penetrazione dei raggi come erroneamente fu creduto un tempo, ma come la conseguenza dell'epurazione del fascio, che liberato dei suoi elementi a lunghezza maggiore d'onda, può mettere in evidenza le componenti più penetranti che venivano sommerse dalla maggiore intensità degli altri e non potevano essere riconosciute.

Coll'uso delle radiazioni *ultra dure* le indicazioni del Benoist sono diventate insufficienti: i raggi oggi usati in terapia profonda danno quasi sempre un grado radiocromometrico superiore al 12.

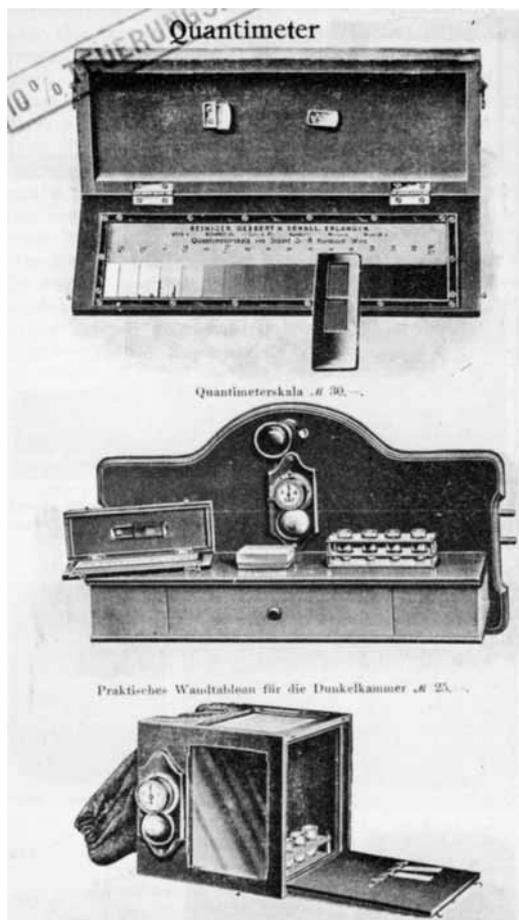


Fig. 4 Metodo di Kienböck (1905):

Metodo fotografico per la stima della dose al paziente. Piccole strisce di pellicola fotografica venivano poste sulla pelle del paziente durante l'esposizione radiologica. La dose veniva valutata confrontando l'annerimento della pellicola con la serie di gradi di annerimento fissati a priori (V. l'immagine della scatola in alto); nella parte centrale dell'illustrazione viene mostrato il mobile a muro per la strumentazione e nella parte inferiore la scatola a tenuta di luce per lo sviluppo delle strisce

METODO DI KIENBÖCK.

Kienböck propose di misurare la durezza dei raggi colla sovrapposizione di lamine di alluminio di vario spessore alle sue cartine reattive, stabilendo poi un rapporto fra il grado di impressione della parte della cartina coperta e quello della scoperta.

Quando il rapporto è di 10 a 2 o 10 a 3 indica raggi molto molli; di 10 a 4 molli; di 10 a 5 mezzo duri; di 10 a 6 duri.

Trattandosi però di raggi duri, le indicazioni della cartina non sono attendibili per le ragioni che saranno indicate a proposito della dosimetria quantitativa.

METODO DEL CHRISTEN.

All'8° Congresso della Società tedesca di Ra-diologia nel 1912 Christen proponeva la sua misura assoluta della qualità di raggi X ottenuta determinando il così detto "strato emivalente".

Considerando che l'opacità dei tessuti molli del corpo umano corrisponde con molta approssimazione a quella dell'acqua, propose di misurare lo strato d'acqua necessario a ridurre alla metà del suo valore un fascio di raggi X. È evidente che lo spessore di questo strato aumenterà progressivamente coll'aumentare della durezza del fascio, mentre quanto maggiore sarà il numero delle componenti molli, tanto minore sarà lo strato che ridurrà a metà l'intensità dell'irradiazione studiata.

Proponeva pure un apparecchio per la determinazione dello strato emivalente che però recentemente sostituì con un altro le cui indicazioni sarebbero assai più precise.

È costituito da una scala circolare di bachelite, resina sintetica, prodotto di una condensazione della molecola della formalina con quella del fenolo, il cui potere d'assorbimento è uguale a quello dell'acqua. Al centro presenta un disco girevole con quattro denti e quattro incisure di eguali dimensioni. Facendo girare il disco, una lastra sottostante viene colpita dalla metà dei raggi incidenti e presenterà quindi un annerimento circolare centrale corrispondente, annerimento che vien confrontato a quello dato dai vari gradini di bachelite circostante. L'altezza del gradino che avrà dato uguale annerimento corrisponderà allo strato emivalente cercato. Christen sostiene che tutte le scale di durezza in uso (eccetto quella di Villard) (vedi poi)

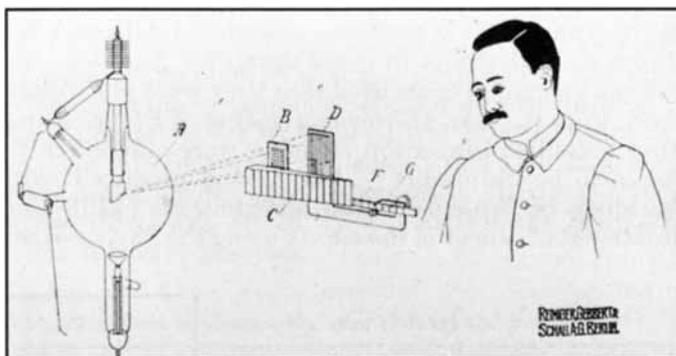


Fig. 5 Metodo di Christen (1912):

Introduzione del concetto di HVL. Il dispositivo consiste in una scala graduata di bakelite (C); sopra la scala di bakelite veniva posto un foglio di metallo pesante (B) cosparso di fori in modo che la superficie dei fori fosse esattamente la metà della superficie del foglio metallico. Osservando il dispositivo per mezzo di uno schermo fluorescente (D), e spostando il metallo (B) lungo i gradini di bakelite, lo spessore di dimezzamento nella bakelite poteva essere dedotto dalla posizione in cui si otteneva una uguale illuminazione uniforme dietro il foglio (B) e dietro il corrispondente gradino della scala C. Nel 1937 l'International Congress of Radiology (allora ICR) formalizzerà l'uso dell'HVL in materiali diversi (dal cellofan allo stagno) per la caratterizzazione dei fasci di raggi X in funzione dei diversi valori di kVp.

sono arbitrarie e incapaci di dare misure esatte quali le può dare la determinazione dello strato emivalente, come ricerche sperimentali glielo hanno dimostrato.

Dessauer, Ermst, Holzknacht ed altri però ritengono che neppure la determinazione dello strato emivalente dia un valore assoluto.

Secondo il Grossmann poi il valore dello strato emivalente varierebbe colla distanza focale e potrebbe esser ritenuto una costante fisica solo per distanze focali assai grandi.

RADIOSCLEROMETRO DI VILLARD.

Questo apparecchio basato sulla ionizzazione dell'aria e sul radiocroismo dell'alluminio è un vero strumento di precisione che dà il rapporto del grado di ionizzazione dell'aria traversata da un fascio di raggi X prima e dopo la filtrazione attraverso una lamina di alluminio. Il funzionamento di questo apparecchio è perfetto e le indicazioni scientificamente rigorose, e non variano né col variare dell'intensità, né della quantità di raggi. L'indice invece si sposta appena la durezza dei raggi varia. I valori indicati dall'indice, perfettamente obbiettivi, sono funzione del rapporto della intensità della ionizzazione prodotta dai raggi nell'aria prima e dopo aver attraversato il filtro d'alluminio, o in altri termini il rapporto fra la quantità di raggi che attraversano il filtro e la quantità totale dei raggi che giunge all'apparecchio, rapporto connesso indissolubilmente al grado di penetrazione dei raggi cimentati.

Il suo uso è estremamente facile e comodo perché l'apparecchio di ricezione basta sia esposto normalmente al fascio di raggi X che si vuol misurare, alla distanza di 30 o 50 cm. dall'ampolla e si legge sulla scala il grado di durezza segnato. Questo perfettissimo apparecchio è poco usato in causa del suo prezzo elevato.

Per servirsene coi raggi molto penetranti sarebbe però necessario che il filtro di alluminio avesse uno spessore maggiore, altrimenti la scala non è sufficientemente ampia. È da augurarsi che almeno per le indagini sperimentali sia maggiormente usato.

(1 - Continua)

Point/Counterpoint: rubrica di Medical Physics

Rassegna a cura di Fabrizio Levrero

Servizio di Fisica Sanitaria

Azienda Ospedaliera Universitaria S. Martino - Genova

Ci sono sufficienti evidenze e tecnologia disponibile per intraprendere un'immediata riduzione dell'esposizione degli utenti alle radiazioni elettromagnetiche da telefoni cellulari

Med. Phys. 35 (12), Dicembre 2008

Durante un popolare programma d'intrattenimento televisivo, il 27 maggio 2008, il dott. Vini Khurana affermò che il danno derivante dall'uso dei telefoni cellulari potrebbe avere maggiore ampiezza di effetti di quelli legati al fumo e all'amianto. Egli specificò che il rischio potrebbe coinvolgere tumori al cervello e alle ghiandole salivari, anomalie del comportamento, elettro-ipersensibilità, infertilità maschile. Successivamente, nel settembre 2008 il Parlamento Europeo ha votato limiti più bassi per l'esposizione a campi elettromagnetici. In netto contrasto, uno studio del *National Cancer Institute* statunitense afferma che non c'è aumento del rischio di tumore al cervello. La contrapposizione di queste due posizioni costituisce il dibattito della rubrica corrente.

Per l'affermazione del titolo interviene ovviamente VG Khurana, Neurochirurgo al *Canberra Hospital* e Professore Associato di Neurochirurgia all'*Australian National University* di Canberra che premette di usare il telefono cellulare, ma senza avvicinarlo direttamente all'orecchio. Egli cita ironicamente quello che definisce "il mantra" delle associazioni di produttori sull'inesistenza di letteratura *peer-reviewed* pubblicata su riviste internazionali, circa effetti avversi della radiazione elettromagnetica da telefonia mobile ed elenca una serie di lavori che suffragano la sua opinione. Egli rimarca anche che la tecnologia necessaria a limitare i danni denunciati da questi lavori esiste già: si tratterebbe semplicemente di utilizzare la telefonia via cavo tutte le volte che ciò è possibile e sistemi viva voce o auricolari a filo schermati per le radiazioni elettromagnetiche negli altri casi.

Per l'opinione contraria interviene JE Moulder, Direttore del Centro Medico per le Misure contro il Terrorismo del *Medical College* del Wisconsin, che insieme a un ingegnere

biomedico, un genetista tossicologo e un epidemiologo nel 2005 passò in rassegna 1700 pubblicazioni sull'argomento, concludendo che l'ipotesi di un'associazione tra cancro ed esposizione a radiazione a radiofrequenza è debole e non convincente. Egli aggiunge che non ci sono basi biofisiche per effetti significativi delle radiofrequenze, pertanto studi epidemiologici e/o sperimentali devono dimostrare una forte correlazione per superare questa barriera teorica.

Per garantire che il volume bersaglio non sia irradiato in modo insufficiente a causa dei movimenti respiratori che influiscono sulla distribuzione delle dosi, dovrebbe essere effettuato il calcolo 4D

Med. Phys. 36 (1), Gennaio 2009

Come realizzare un piano di trattamento per un tumore toracico soggetto a movimento respiratorio durante l'irraggiamento? Si può semplicemente trascurare il movimento e fare un trattamento statico o tenere conto anche del tempo e realizzare un cosiddetto trattamento 4D; le cose diventano ancora più complicate nel caso di variazioni significative della dose nello spazio come nei trattamenti IMRT... Il confronto di questo mese mira a stabilire se esista la necessità o perlomeno l'opportunità di realizzare trattamenti 4D.

Di parere favorevole è G Starkschall, Professore al Dipartimento di *Radiation Physics* all'Università del Texas. Egli spiega che la pianificazione 4D si basa su una serie di acquisizioni TC eseguite nelle diverse fasi respiratorie; per ciascuna fase respiratoria viene stabilita una configurazione dei fasci e le dosi conseguenti sono sommate per ottenere la distribuzione dosimetrica tetradimensionale complessiva. Ovviamente bisogna domandarsi se ha senso appesantire a tal punto la fase di pianificazione del trattamento. L'autore a questo proposito cita un suo lavoro relativo al trattamento di una particolare tipologia di tumore polmonare in cui dimostra che su 15 pazienti, 6 ottengono benefici apprezzabili da un trattamento 4D. Egli conclude affermando che questa nuova tecnica non comporta tanto un aumento dell'impegno degli operatori che

eseguono il piano di cura, quanto della potenza di calcolo richiesta per la pianificazione.

Contro l'affermazione del titolo interviene JP Gibbons, Direttore del Servizio di *Clinical Physics* al *Mary Bird Perkins Cancer Center* a Baton Rouge in Louisiana. Egli premette che il problema maggiore nel trattamento di lesioni polmonari consiste nella possibilità di sottodosare le regioni del tumore vicine ai bordi. Allo scopo di contrastare questo effetto esistono già strategie consolidate: la prima consiste nell'applicare un *gating* respiratorio sia durante la TC che fornisce le immagini utilizzate nella pianificazione, sia durante il trattamento stesso; la seconda consiste nell'ampliare i margini del volume bersaglio, tecnica che aumenta sicuramente la dose ai tessuti sani ma non inficia l'efficacia del trattamento che è l'argomento del dibattito; la terza introduce il concetto di funzione di probabilità di densità (pdf) e richiede l'introduzione di un errore sulle densità realmente presenti, un trattamento 4D che non tenga conto di questo può essere altrettanto inadeguato di un trattamento 3D.

La preparazione delle procedure di emergenza per un evento terroristico legato alle radiazioni, non dovrebbe differire da quella per eventi di tipo biologico o chimico

Med. Phys. 36 (2), Febbaio 2009

Fortunatamente, almeno fino a ora, pochi atti di terrorismo sono stati compiuti utilizzando agenti radioattivi, chimici o biologici, tuttavia esiste la possibilità che eventi di questo tipo si realizzino ed essere impreparati potrebbe essere devastante. La risposta d'emergenza deve essere veloce ed efficace. La pianificazione di una risposta di emergenza unica per fronteggiare tutte le situazioni sopra prospettate avrebbe le caratteristiche della rapidità, ma sarebbe efficace? Viceversa piani di emergenza diversi potrebbero essere più adat-

ti ma di attuazione meno tempestiva. Quale sia la strategia migliore da adottare è l'oggetto della discussione tra i due invitati.

DW Broga, Professore Associato di Radiologia e Direttore del *Office of Environmental Health and Safety*, concorda con l'affermazione del titolo. Egli cita il documento NCRP 138 e le linee guida del *Radiation Emergency Assistance Center/Training Site* (REAC/TS) che possono essere rispettivamente sintetizzate in "*keep it simple*" e "*less is more*". L'autore infatti prefigura realisticamente uno scenario in cui un evento del tipo di quelli citati nel titolo avvenga e il conseguente assalto a un qualunque Servizio di Pronto Soccorso, dove deve essere presente personale addestrato che possa nei primi 5 minuti fronteggiare l'emergenza. La decontaminazione, il contenimento e la gestione di tutti gli agenti citati è di fatto simile e non avrebbe senso pretendere una superspecializzazione delle procedure che genererebbe soltanto ritardo e confusione.

Per il parere opposto scrive invece RJ Vetter, *Radiation Safety Officer, Medical Director for Safety* e Professore di Biofisica alla *Mayo Clinic* di Rochester nel Minnesota. Egli concorda con il suo interlocutore sul fatto che sussistano delle analogie nelle operazioni di emergenza relative alle tre tipologie di evento, tuttavia almeno un elemento di forte differenza esiste: una sorgente di radiazioni può causare esposizione anche senza contatto. Anche livelli modesti di contaminazione possono essere rilevati con una strumentazione di base; diventa quindi fondamentale che nella procedura di emergenza sia inserito un processo specializzato per le radiazioni ionizzanti. Egli aggiunge che la migliore difesa da una contaminazione consiste nell'organizzazione di eventi formativi che consentano alle persone della popolazione di conoscere e mettere in atto delle misure difensive ragionevoli.

Schema di decreto legislativo di attuazione della legge 4 marzo 2009, n. 15 in materia di ottimizzazione della produttività del lavoro pubblico e di efficienza e trasparenza delle pubbliche amministrazioni

a cura di G. Capelli

In questo numero del Notiziario si è ritenuto utile riportare per "La Pagina Sindacale" le informazioni che seguono, e che rappresentano la sintesi di un paio di comunicati che il Segretario Dr. Paolo Levoni ha diffuso come informativa agli iscritti del sindacato SDS-SNABI.

Gli argomenti contenuti ci danno un'idea di come si sta evolvendo la struttura del lavoro pubblico (del quale gran parte dei Fisici Sanitari fanno parte) nel nostro Paese.

"Venerdì 15 maggio 2009 il consiglio dei ministri ha approvato il seguente :

Schema di decreto legislativo di attuazione della legge 4 marzo 2009, n. 15 in materia di ottimizzazione della produttività del lavoro pubblico e di efficienza e trasparenza delle pubbliche amministrazioni

Il predetto schema di decreto legislativo, esaminato e vistato dalla Ragioneria Generale dello Stato, è stato inoltrato alle Camere.

I punti più salienti dello schema di decreto legislativo varato il 15 maggio dal Consiglio dei Ministri sono i seguenti :

- Vengono introdotte norme che disciplinano il sistema di valutazione delle strutture e dei dipendenti delle amministrazioni pubbliche.

A tal fine è previsto che vengano definiti e assegnati gli obiettivi che si intendono raggiungere, che venga misurata e valutata la performance (organizzativa e individuale) e che i sistemi premianti siano utilizzati secondo criteri di valutazione del merito.

Per la misurazione e la valutazione della performance organizzativa e individuale intervengono :

- la Commissione per la valutazione, la trasparenza e l'integrità delle ammini-

strazioni pubbliche istituita dalla Legge 15/09

- gli Organismi indipendenti di valutazione della performance istituiti presso ogni amministrazione
- l'organo di indirizzo politico di ciascuna amministrazione
- i dirigenti di ciascuna amministrazione

In ogni amministrazione, l'Organismo indipendente compila una graduatoria delle valutazioni individuali del personale dirigenziale e del personale non dirigenziale, distribuendo il personale in differenti livelli di performance in modo che:

- il 25% viene collocato nella fascia di merito alta (alla quale corrisponde l'attribuzione del 50% delle risorse destinate al trattamento accessorio collegato alla performance individuale)
- il 50% è collocato nella fascia di merito intermedia (alla quale corrisponde l'attribuzione del 50% delle risorse destinate al trattamento accessorio collegato alla performance individuale)
- il restante 25% è collocato nella fascia di merito bassa (alla quale non corrisponde l'attribuzione di alcun trattamento accessorio collegato alla performance individuale).

La contrattazione collettiva integrativa potrà però prevedere deroghe alla percentuale del 25% della fascia di merito alta in misura non superiore a 5 punti percentuali in aumento, o in diminuzione, con corrispondente variazione compensativa delle percentuali delle restanti fasce.

L'articolo 44 prevede che il trattamento accessorio collegato ai risultati deve costituire almeno il 30% della retribuzione complessiva del dirigente; quest'ultima disposizione

non si applica alla dirigenza del Servizio Sanitario Nazionale. Le eventuali ricadute nel trattamento economico, se passasse tale posizione, sono state segnalate nella pagina sindacale del Notiziario N. 1-2009

Nello schema di decreto vengono costituiti due comparti di contrattazione collettiva nazionale (i contratti), cui corrispondono due separate aree per la dirigenza (un'apposita sezione contrattuale di un'area dirigenziale riguarda la dirigenza del ruolo sanitario di cui facciamo parte).

La contrattazione collettiva disciplina la struttura contrattuale e la durata dei contratti collettivi nazionali e integrativi che divengono triennali

Qualora, in sede di contrattazione con i sindacati, non si raggiunga l'accordo per la stipulazione di un contratto collettivo integrativo, viene previsto che l'amministrazione interessata possa provvedere, in via provvisoria, sulle materie oggetto del mancato accordo, fino alla successiva sottoscrizione (questa clausola appare un notevole passo indietro nel sistema delle relazioni sindacali).

Le pubbliche amministrazioni non potranno in ogni caso sottoscrivere in sede decentrata, contratti collettivi integrativi in contrasto con i vincoli e con i limiti risultanti dai contratti collettivi nazionali.

Per il controllo delle assenze sono confermate le misure già introdotte dal Ministro Brunetta e vengono previsti vari tipi di sanzioni per i casi di false attestazioni di presenze o di falsi certificati medici: licenziamento disciplinare e obbligo del risarcimento danno e creazione di una specifica fattispecie di reato per il dipendente stesso e per gli eventuali complici, compreso il medico. È inoltre previsto il licenziamento nel caso di ripetizione di assenze ingiustificate.

Riflessioni

Questo testo, che avrebbe dovuto essere scritto "d'intesa" con le Regioni come dalla previsione contenuta al punto 2 dell'art. 2 della Legge 15/09, in realtà è stato elaborato dal solo Ministero della Pubblica Amministrazione e Innovazione (negli ultimi periodi si è affermato il metodo di imporre le scelte contrattuali per legge n. d.r.).

La Conferenza unificata Stato - Regioni dovrà comunque essere chiamata ad una valutazione del testo, con la speranza sia

ancora possibile intervenire con sensibili modificazioni dei punti più controversi.

Il Ministro Brunetta aveva promesso che il testo sarebbe stato inviato anche ai sindacati, ma a tutt'oggi la promessa non è stata mantenuta.

Non può sfuggire la pericolosa manovra che, prevista dalla legge delegante, ha legiferato su buona parte delle materie fino ad oggi riservate alla contrattazione con i sindacati .

Altra novità degna di attenzione, è l'istituzione di una unica Area Negoziabile per la Dirigenza Sanitaria (medici, veterinari, biologi, chimici, fisici, farmacisti e psicologi).

Se l'ipotesi dovesse concretizzarsi ciò rappresenta un elemento decisamente positivo, le attuali sigle mediche - e non solo quelle - potrebbero doversi riaggregare per poter acquisire, nell'eventuale istituenda macroarea costituita da medici, veterinari e dirigenza sanitaria, un livello di rappresentatività non inferiore al 5% (che attualmente l'SDS-SNBI possiede nell'area contrattuale della dirigenza SPTA, ma che sarebbe inferiore al 5% in un'area condivisa con i medici)

Pertanto per ciò che ci riguarda, diviene indispensabile, considerato il numero dei Biologi, Chimici e Fisici (pochi !) iscritti, prevedere la confluenza e/o aggregazione che portino alla istituzione di un nuovo soggetto sindacale che rappresenti almeno il 5% del personale sindacale dell'area negoziabile di riferimento.

Le ipotesi attualmente oggetto di valutazione e di contatti informali, sono sostanzialmente due, entrambe percorribili, seppure con affinità e previsioni future, diverse:

- la confluenza in un sindacato medico, che vista la nostra storia e relative affinità, al momento non potrebbe che essere identificato nell'ANAAO ASSOMED (oggi il maggior Sindacato della Dirigenza Medica, domani forse di quella sanitaria);
- l'aggregazione con i nostri tradizionali cugini e compagni nelle trattative per i rinnovi contrattuali: AUPI (psicologi) e SINAFO (farmacisti) che porterebbe la Nostra rappresentanza a circa il 9 % dell'area contrattuale.



VI Congresso Nazionale AIFM

FISICA MEDICA E NUOVE FRONTIERE DELLA MEDICINA

Reggio Emilia

16 - 19 Settembre 2009

Organizzato dal Servizio di Fisica Medica dell'Arcispedale S. Maria Nuova di Reggio Emilia

Presidente del Congresso: Gianni Borasi **Segretario del Congresso:** Andrea Nitrosi

Comitato Organizzatore: Federica Fioroni, Mauro Iori, Marta Paiusco, Vando Piccagli



Comitato Scientifico: Luisa Begnozzi (*Roma*), Giacomo Belli (*Firenze*), Valentino Bettinardi (*Milano*), Maria Brai (*Palermo*), Marco Brambilla (*Novara*), Marta Bucciolini (*Firenze*), Riccardo Calandrino (*Milano*), Giancarlo Candini (*Ferrara*), Roberto Cirio (*Torino*), Leopoldo Conte (*Varese*), Giacomo Cuttoni (*Catania*), Mario de Denaro (*Trieste*), Paolo Francescon (*Vicenza*), Fabrizio Levrero (*Genova*), Mario Marengo (*Bologna*), Renato Padovani (*Udine*), Angelo Piermattei (*Roma*), Alberto Pilot (*Genova*), Salvatore Piraneo (*Agrigento*), Franca Podo (*Roma*), Giuseppe Sceni (*Reggio Calabria*), Alberto Torresin (*Milano*)



PROGRAMMA

MERCOLEDÌ 16/09/2009 (Pomeriggio)	10.15-10.35	Imaging della Mammella F. Sardanelli (<i>Milano</i>)
Saluti delle autorità e lezioni magistrali	10.35-10.45	Discussione
GIOVEDÌ 17/09/2009	10.45-11.00	<i>Intervallo - open bar</i>
RISONANZA MAGNETICA	11.00-11.20	fMRI: lo stato dell'arte G. Hagberg (<i>Roma</i>)
Imaging RM: sviluppi nella tecnologia e nelle sequenze	11.20-11.40	Come cambia la pratica clinica nell'Imaging del cervello S. Cirillo (<i>Napoli</i>)
Moderatori: A. Ragazzino - F. Levrero	11.40-11.50	Discussione
08.00-08.30 Tecnologia: lo stato dell'arte A. Torresin (<i>Milano</i>)	Aspetti normativi e di controllo	
08.300-9.00 Nuove sequenze e nuove applicazioni L. Nocetti (<i>Modena</i>)	11.50-12.10	I rischi per il paziente e gli operatori P. Vecchia (<i>Roma</i>)
09.00-09.15 <i>Intervallo - open bar</i>	12.10-12.30	Il quadro normativo e la sua evoluzione - F. Campanella (<i>Roma</i>)
RM: Dalla sperimentazione alla pratica clinica	12.30-12.50	I controlli di qualità L. Mascaro (<i>Brescia</i>)
Moderatori: A. Falini - A. Pilot	12.50-13.00	Discussione
09.15-09.35 La spettroscopia dal modello animale all'uomo - F. Podo (<i>Roma</i>)	13.00-14.00	<i>Pranzo</i>
09.35-09.55 La diffusione: il fenomeno fisico e le applicazioni cliniche - P. Scifo (<i>Milano</i>)	Relazioni Libere	
09.55-10.15 Come cambia la pratica clinica nell'Imaging del corpo A. Ragazzino (<i>Napoli</i>)	Moderatori: C. Danielli - F. Sardanelli	
	14.00-15.15	Interventi
	15.15-15.30	<i>Intervallo - open bar</i>

3T ed oltre

Moderatori: S. Cirillo - D. Aragno

- 15.30-16.00 Aspetti fisici - M. Tosetti (*Pisa*)
 16.00-16.30 Prospettive di applicazioni sull'uomo
 A. Falini (*Milano*)
 16.30-16.45 *Intervallo - open bar*
 16.45-17.30 **Sessione poster**
 17.30-18.30 **Gruppo di lavoro** F. Levrero
 Risonanza Magnetica
 17.30-18.30 **Gruppo di lavoro** P. Pelosi
 Bioetica

GIOVEDÌ 17/09/2009

TOMOGRAFIA COMPUTERIZZATA

Imaging CT: principi e metodi

Moderatori: F. Cardinale - S. Piraneo

- 08.00-08.30 Principi di valutazione della tecnologia
 P. Colombo (*Milano*)
 08.30-09.00 Principi di valutazione della dose e
 della qualità di immagine
 D. Origgi (*Milano*)
 09.00-09.15 *Intervallo - open bar*

Stato dell'arte

Moderatori: A. Siani - R. Ropolo

- 09.15-09.35 Sviluppi hardware - L. Pierotti (*Bologna*)
 09.35-09.55 Sviluppi software - C. Ghetti (*Parma*)
 09.55-10.15 Applicazioni all'imaging Cardiologico
 A. Vanzulli (*Milano*)
 10.15-10.35 Applicazioni all'imaging non Cardiolo-
 gico - F. Nicoli (*Reggio Emilia*)
 10.35-10.45 Discussione
 10.45-11.00 *Intervallo - open bar*

MDCT a bassa dose

Moderatori: P. Pattacini - M. De Denaro

- 11.00-11.20 Lo screening del polmone con MDCT a
 bassa dose - M. Bellomi (*Milano*)
 11.20-11.40 IL CAD nella CT a bassa dose
 R. Bellotti (*Bari*)
 11.40-11.50 Discussione

Aspetti dosimetrici e di controllo

Moderatori: F. Nicoli G. Tosi

- 11.50-12.10 Il problema della Dose nella MDCT
 M. De Denaro (*Trieste*)
 12.10-12.30 Sistemi automatici di riduzione della
 dose e loro verifica
 O. Rampado (*Torino*)
 12.30-12.50 Il problema della dose nella CT pedia-
 trica. Qual è il protocollo più corretto
 nei differenti esami?
 C. Fonda (*Firenze*)
 12.50-13.00 Discussione
 13.00-14.00 Pranzo

Relazioni Libere

Moderatori: M. Belloni - A. Borrini

- 14.00-15.15 Interventi
 15.15-15.30 *Intervallo - open bar*

Applicazioni avanzate

Moderatori: C. Bibbolino - G.F. Maleddu

- 15.30 16.00 Integrazione di immagini funzionali e
 morfologiche in neuronavigazione
 F. Cardinale (*Milano*)
 16.00 16.30 La TC intraoperatoria in Neuro-
 chirurgia - F. Ammannati (*Firenze*)
 16.30-16.45 *Intervallo - open bar*
 16.45-17.30 **Sessione poster**
 17.30-18.30 **Gruppo di lavoro** P. Colombo
 CMS
 17.30-18.30 **Gruppo di lavoro** A. Tofani
 Emergenze radiologiche

GIOVEDÌ 17/09/2009

RADIOLOGIA GENERALE

Sistemi digitali di acquisizione

Moderatori: S. Maggi - D. Visconti

- 08.00-08.30 Stato dell'arte dei sistemi Digitali CR e
 DR per esami statici
 G. Belli (*Firenze*)
 08.30-09.00 Sistemi di fluoroscopia con flat panel
 e ricostruzione 3D
 A. Trianni (*Udine*)
 09.00-09.15 *Intervallo - open bar*

Innovazione e Technology Assessment in Radiologia

Moderatori: C. Favaretti - G. Pedroli

- 09.15-09.35 Il ruolo delle Autorità nazionali e
 regionali nella promozione e
 razionalizzazione della innovazione
 tecnologica A. Liberati (*Bologna*)
 09.35-09.55 Il valore dell'innovazione tecnologica
 in Radiologia
 O. Tamburrini (*Catanzaro*)
 09.55-10.15 Il ruolo dell'Ingegneria Clinica
 P. Derrico (*Roma*)
 10.15-10.35 Il ruolo della Fisica Sanitaria
 S. Maggi (*Ancona*)
 10.35-10.45 Discussione
 10.45-11.00 *Intervallo - open bar*

Assicurazione della qualità

Moderatori: C. Bergamini - O. Tamburrini

- 11.00-11.15 Assicurazione della qualità in
 Radiologia - C. Bibbolino (*Roma*)
 11.15-11.30 Raccomandazioni Europee e audit
 clinico V. Viti (*Roma*)
 11.30-11.45 Integrazione nelle competenze
 A. Valentini (*Trento*)
 11.45-11.55 Discussione

La Radioprotezione dei pazienti alla luce dei recenti sviluppi della Radiobiologia

Moderatori: C. Bibbolino - C. Gandini

- 11.55-12.10 Effetti biologici delle basse dosi: una sfida attuale in radioprotezione
M. Belli (*Roma*)
- 12.10-12.25 Le dosi negli esami radiologici
G. Compagnone (*Bologna*)
- 12.25-12.40 Orientamenti della Comunità Europea nel monitoraggio della dose al paziente - R. Padovani (*Udine*)
- 12.40-12.55 Ruolo delle associazioni nel controllo della dose al paziente
D. Visconti (*Trento*)
- 12.55-13.00 Discussione
- 13.00-14.00 Pranzo

Relazioni Libere

Moderatori: A. Pilot - A. Nitrosi

- 14.00-15.15 Interventi
- 15.15-15.30 *Intervallo - open bar*

Controlli di qualità

C. Di Maggio - N. Parruccini

- 15.30-16.00 Controlli di qualità: criticità ed evoluzione delle procedure
P. Bregant (*Trieste*)
- 16.00-16.30 Valutazione e controllo dei monitor da refertazione - A. Crespi (*Monza*)
- 16.30-16.45 *Intervallo - open bar*
- 16.45-17.30 **Sessione poster**
- 17.30-18.30 **Gruppo di lavoro** G. Belli
Radiologia Digitale
- 17.30-18.30 **Gruppo di lavoro** S. Maggi
Health Technology Assessment

GIOVEDÌ 17/09/2009

**MAMMOGRAFIA ED ECOGRAFIA
RADIAZIONI NON IONIZZANTI**

Percezione visiva e valutazioni quantitative

Moderatori: R. Diliberto - A. Crespi

- 08.00-08.30 Progressi nella modellizzazione dei processi di percezione visiva in ambito radiologico - A. Taibi (*Ferrara*)
- 08.30-09.00 Valutazione dell'efficacia delle modalità diagnostiche con l'impiego di curve ROC multidimensionali
G. Candini (*Ferrara*)
- 09.00-09.15 *Intervallo - open bar*

GIOVEDÌ 17/09/2009

**MAMMOGRAFIA ED ECOGRAFIA
RADIAZIONI NON IONIZZANTI**

Percezione visiva e valutazioni quantitative

Moderatori: R. Diliberto - A. Crespi

- 08.00-08.30 Progressi nella modellizzazione dei processi di percezione visiva in ambito radiologico - A. Taibi (*Ferrara*)
- 08.30-09.00 Valutazione dell'efficacia delle modalità diagnostiche con l'impiego di curve ROC multidimensionali
G. Candini (*Ferrara*)
- 09.00-09.15 *Intervallo - open bar*

Progressi in Mammografia

Moderatori: R. Del Turco - P. Golinelli

- 09.15-09.35 Valutazione comparata dei sistemi mammografici - Lazzari (*Firenze*)
- 09.35-09.55 Tomosintesi: aspetti Fisici
G. Gennaro (*Padova*)
- 09.55-10.15 Tomosintesi: aspetti Clinici
C. Di Maggio (*Padova*)
- 10.15-10.35 Progetti avanzati
M. Gambaccini (*Ferrara*)
- 10.35-10.45 Discussione
- 10.45-11.00 *Intervallo - open bar*

Nuove metodiche e nuove tecniche in mammografia

Moderatori: C. Di Maggio - B. Lazzari

- 11.00-11.20 Metodi automatici e di percezione visiva per la valutazione della qualità di immagine in mammografia
M. Bertolini (*Reggio Emilia*)
- 11.20-11.40 SYRMEP - Mammografia con luce di sincrotrone: studio clinico e prospettive future - E. Quai (*Trieste*)
- 11.40-12.00 Il CAD in Mammografia 2D e 3D
M. Masotti (*Bologna*)
- 12.00-12.10 Discussione

Prospettive nell'impiego degli Ultrasuoni

Moderatori: C. Gori - L. Bianchi

- 12.10-12.25 Evoluzione nell'Imaging con ultrasuoni
R. Novario (*Varese*)
- 12.25-12.40 Applicazioni diagnostiche avanzate
A. Goddi (*Varese*)
- 12.40-12.55 Ecografia interventistica
G. Malferrari (*Reggio Emilia*)
- 12.55-13.00 Discussione
- 13.00-14.00 Pranzo

Relazioni Libere

Moderatori: M. Gambaccini - G. Malferrari

- 14.00-15.15 Interventi
- 15.15-15.30 *Intervallo - open bar*

Imaging ottico e LASER

Moderatori: A. Goddi - C. Gori

- 15.30-16.00 Imaging ottico: principi fisici e applicazioni cliniche - M. Carrara (*Milano*)
- 16.00-16.30 Radiometria a microonde per imaging di temperatura - F. Bardati (*Roma*)
- 16.30-16.45 *Intervallo - open bar*
- 16.45-17.30 **Sessione poster**
- 17.30-18.30 **Gruppo di lavoro**
P. Golinelli G. Gennaro
CdQ in mammografia digitale
- 17.30-18.30 **Gruppo di lavoro** R. Di Liberto
NIR

VENERDÌ 18/09/2009

RADIOTERAPIA DOSIMETRICA

Dosimetria in Radioterapia

Moderatori: L. Begnozzi - C.C. Fiandra

- 08.00-08.30 Sistemi di dosimetria 2D a confronto
F. Banci Buonamici (*Firenze*)
- 08.300-9.00 Lo stato dell'arte nella dosimetria clinica con EPID - L. Conte (*Varese*)
- 09.00-09.15 *Intervallo - open bar*

Metodi di dosimetria nella moderna Radioterapia

Moderatori: M. Bucciolini - S. Belletti

- 09.15-09.35 L'accuratezza della dosimetria con film gafcromici - L. Menegotti (*Trento*)
- 09.35-09.55 Dosimetria in vivo: nuove metodiche a confronto - A. Piermattei (*Roma*)
- 09.55-10.15 Dosimetria dei fasci ad alto rateo di dose: modalità a confronto
R.L. Laitano (*Roma*)
- 10.15-10.35 Dosimetria della IORT con Monte Carlo - S. Andreoli (*Bergamo*)
- 10.35-10.45 Discussione
- 10.50-11.05 *Intervallo - open bar*

Dosimetria delle tecniche ad arco

Moderatori: P. Francesconi - L. Menegotti

- 11.00-11.20 Dosimetria delle tecniche ad arco di tipo CD-ARC ed IMAT
M. Iori (*Reggio Emilia*)
- 11.20-11.40 Tomoterapia: dosimetria con rivelatori esterni e rivelatori integrati
A. Dassie (*Conegliano V. - TV*)
- 11.40-11.50 Discussione

Relazioni Libere

Moderatori: C. Garibaldi - G. Sceni

- 12.00-13.00 Interventi
- 13.00-14.00 *Pranzo*

Relazioni Libere

Moderatori: G.F. Loi - L. Raffaele

- 14.00-15.00 Interventi
- 15.00-15.15 *Intervallo - open bar*
- L'accuratezza dosimetrica e il suo impatto clinico**
Moderatori: C. Bianchi - L. Begnozzi
- 15.15-15.35 Strumento di valutazione dell'accuratezza dosimetrica
E. De Martin (*Milano*)
- 15.35-15.55 Quale accuratezza dosimetrica in RT: il punto di vista del clinico
F. Bertoni (*Brescia*)
- 15.55-16.15 Il calcolo della dose con il metodo Monte Carlo: limiti, vantaggi, stato dell'arte e possibili integrazioni nei TPS
D. Aragno (*Roma*)
- 16.15-16.30 *Intervallo - open bar*
- 16.30-17.15 **Sessione poster**
- 17.15-19.00 **Assemblea dei soci AIFM**

VENERDÌ 18/09/2009

RT - IGRT&IMAGING

I margini del bersaglio nella moderna Radioterapia

Moderatori: M. Ciocca - E. Barbieri

- 08.00-08.30 Il concetto di margine nella IGRT
C. Fiorino
- 08.300-9.00 L'impatto delle nuove tecnologie nella definizione del margine radioterapico - U. Ricardi
- 09.00-09.15 *Intervallo - open bar*

Le nuove tecnologie per una miglior localizzazione del bersaglio

Moderatori: R. Cirio - A. Fogliata

- 09.15-09.35 L'impatto della Cone Beam CT nell'accuratezza del trattamento radiante
S. Maggi (*Ancona*)
- 09.35-09.55 Applicazioni cliniche Cone-Beam
G. Mantello (*Fano - PU*)
- 09.55-10.15 Il tracking con il Cyberknife
S. Cora (*Vicenza*)
- 10.15-10.35 Cyberknife: indicazioni ed esperienza clinica - L. Fariselli (*Milano*)
- 10.35-10.50 Discussione
- 10.50-11.05 *Intervallo - open bar*

I nuovi sistemi di localizzazione

Moderatori: C. Fiorino - D. Aragno

- 11.05-11.25 Nuovi sistemi di localizzazione e di posizionamento
C.C. Fiandra (*Torino*)
- 11.25-11.45 Impiego di sistemi ottici di verifica di superficie - S. Zucca (*Cagliari*)
- 11.45-11.55 Discussione

Relazioni Libere

Moderatori: M. Cattaneo - M. Paiusco

12.00-13.00 Interventi

13.00-14.00 *Pranzo*

Relazioni Libere

Moderatori: L. Masi - C. Iotti

14.00-15.00 Interventi

15.00-15.15 *Intervallo - open bar*

Adaptive Radioterapy e calcolo avanzato

Moderatori: R. Calandrino - U. Ricardi

15.15-15.35 4D radiotherapy
M. Paiusco (*Reggio Emilia*)

15.35-15.55 Applicazioni dell'Adaptive Radiotherapy - M. Cattaneo (*Bergamo*)

15.55-16.15 Il calcolo della dose con il metodo Monte Carlo: limiti, vantaggi, stato dell'arte e possibili integrazioni nei TPS - M. Ciocca (*Milano*)

16.15-16.30 *Intervallo - open bar*

16.30-17.15 **Sessione poster**

17.15-19.00 **Assemblea dei soci AIFM**

VENERDÌ 18/09/2009

RADIOBIOLOGIA

Modelli radiobiologici

Moderatori: A. Ottolenghi - V. Tombolini

08.00-08.30 Modelli radiobiologici in RT
R. Ruggeri (*Messina*)

08.300-9.00 La Radiobiologia nelle nuove tecniche di trattamento - V. Valentini (*Trento*)

09.00-09.15 *Intervallo - open bar*

Imaging metabolico

Moderatori: M. Cattaneo - M. Krengli

09.15-09.35 Imaging metabolico nel trattamento RT - C. Iotti (*Reggio Emilia*)

09.35-09.55 Problematiche di segmentazione del BTv: integrazione delle differenti informazioni morfologiche e funzionali
G. Loi (*Novara*)

09.55-10.15 Algoritmi di registrazione deformabile nella pianificazione radioterapica
C. Cavedon (*Vicenza*)

10.15-10.35 Tecniche modulate ed altamente conformate per la "dose escalation"
M. Trovò

10.35-10.45 *Discussione*

10.45-11.00 *Intervallo - open bar*

La Radiobiologia nella clinica

Moderatori: R. Orecchia - A. Piermattei

11.00-11.20 Applicazioni della Radiobiologia in Brachiterapia - C. Bianchi (*Varese*)

11.20-11.40 Frazionamenti non convenzionali: metodi di calcolo automatico
P. Pedicini

11.40-11.50 *Discussione*

Relazioni Libere

Moderatori: A. Dassie - M. Benassi

12.00-13.00 Interventi

13.00-14.00 *Pranzo*

Relazioni Libere

Moderatori: G.F. Loi - L. Raffaele

14.00-15.00 Interventi

15.00-15.15 *Intervallo - open bar*

Ottimizzazione radiobiologica, fisica e clinica: problematiche a confronto

Moderatori: R. Ruggeri - GP. Frezza

15.15-15.35 Effetti radiobiologici della dose integrale e stima del rischio nelle tecniche radioterapiche con fasci esterni
A. Ottolenghi

15.35-15.55 Ottimizzazione dei trattamenti basata su modelli radiobiologici
M. Benassi

15.55-16.15 Impatto clinico delle nuove metodologie - V. Tombolini (*L'Aquila*)

16.15-16.30 *Intervallo - open bar*

16.30-17.15 **Sessione poster**

17.15-19.00 **Assemblea dei soci AIFM**

Gruppo di lavoro D. Aragno
Monte Carlo

VENERDÌ 18/09/2009

NUOVI TRATTAMENTI

L'evoluzione in Radioterapia

Moderatori: A. Ferri - R. Cirio

08.00-08.30 Tossicità e controllo locale dei trattamenti radioterapici: l'ottimizzazione dosimetrica e radiobiologica
R. Calandrino (*Milano*)

08.300-9.00 Medicina Molecolare e Radioterapia
R. Orecchia (*Milano*)

09.00-09.15 *Intervallo - open bar*

Nuove tecniche di trattamento in Radioterapia

Moderatori: P. Muto - N. Di Muzio

09.15-09.35 L'evoluzione tecnologica in stereotassia e nuovi sistemi di dosimetria
P. Francescon (*Vicenza*)

09.35-09.55 Aspetti dosimetrici in Tomoterapia Elicoidale - S. Broggi (*Milano*)

09.55-10.15 Introduzione nell'uso clinico del sistema VMAT - L. Masi (*Firenze*)

10.15-10.35 Introduzione nell'uso clinico del sistema Rapid Arc - A. Fogliata

10.35-10.45 Discussione

10.45-11.00 *Intervallo - open bar*

Partial breast irradiation

Moderatori: S. Andreoli - T. Palmieri

11.00-11.20 IORT: stato attuale e prospettive di sviluppo - M. Ciocca (*Milano*)

11.20-11.40 Il razionale clinico e radiobiologico della PBI - GP. Frezza

11.40-11.50 Discussione

Tecniche fisiche di chirurgia miniinvasiva e non invasiva

Moderatori: GP. Frezza - F. Nicoli

11.50-12.10 Tecniche di chirurgia miniinvasiva basate su metodiche fisiche
L. Solbiati (*Busto Arsizio - VA*)

12.10-12.30 L'HIFU nel futuro delle Radioterapia e della Chirurgia
G. Borasi (*Reggio Emilia*)

12.30-12.50 HIFU: l'esperienza dello IEO
F. Orsi

12.50-13.00 Discussione

13.00-14.00 *Pranzo*

Relazioni Libere

Moderatori: M. Brambilla - A. Colombo

14.00-15.00 Interventi

15.00-15.15 *Intervallo - open bar*

Radioterapia con adroni

Moderatori: R. Orecchia - F. Banci Buonamici

15.15-15.35 Acceleratori per la terapia con particelle pesanti - R. Cirio (*Torino*)

15.35-15.55 Aspetti dosimetrici di pianificazione dei trattamenti con protoni
L. Raffaele (*Catania*)

15.55-16.15 Protoni ed Adroni nella pratica clinica
M. Krengli (*Novara*)

16.15-16.30 *Intervallo - open bar*

16.30-17.15 **Sessione poster**

17.15-19.00 **Assemblea dei soci AIFM**

SABATO 19/09/2009

MEDICINA NUCLEARE IMAGING

Stato dell'arte e prospettive future della strumentazione medico nucleare

Moderatori: M. Salvatore - V. Bettinardi

08.00-08.30 Stato dell'arte nella tecnologia PET/SPECT - M.C. Gilardi (*Milano*)

08.300-9.00 SUV e segmentazione nella caratterizzazione e trattamento dei tumori
G. Lucignani (*Milano*)

09.00-09.15 *Intervallo - open bar*

Imaging e valutazioni quantitative

Moderatori: G. Lucignani - M. Marengo

09.15-09.35 Valutazione comparata dei sistemi PET in coincidenza e TOF
M. Stasi (*Torino*)

09.35-09.55 Quantificazione in PET/CT e tecniche dual point - C. Landoni (*Milano*)

09.55-10.15 Definizione dei volumi PET per la pianificazione del trattamento radioterapico - M. Brambilla (*Novara*)

10.15-10.35 Applicazioni delle tecniche 4D-PET/CT per la Diagnostica e la Radioterapia - V. Bettinardi (*Milano*)

10.35-10.45 Discussione

10.45-11.00 *Intervallo - open bar*

Imaging Molecolare

Moderatori: C. Landoni - M.C. Gilardi

11.00-11.20 Imaging Molecolare
M. Salvatore (*Napoli*)

11.20-11.40 Strumentazione e tecniche innovative nell'imaging molecolare
I. Castiglioni (*Milano*)

11.40-12.00 Produzione di nuovi isotopi radioattivi a scopo medico - M. Marengo (*Bologna*)

12.00-12.20 Imaging molecolare su piccoli animali
A. Del Guerra (*Pisa*)

12.20-12.40 Nuovi traccianti per una nuova diagnostica oncologica - S. Fanti (*Bologna*)

12.40-13.00 Discussione

13.00-14.00 *Pranzo*

Relazioni Libere

Moderatori: E. Inglese - M. Brambilla

14.00-15.15 Interventi

15.15-15.30 *Intervallo - open bar*

Diagnostica avanzata e valutazioni quantitative

Moderatori: A. Versari - A. Del Guerra

15.30-15.50 Cervello: progressi nella Diagnostica delle malattie degenerative
A. Pupi (*Firenze*)

15.50-16.10 Valutazioni quantitative nella diagnostica delle malattie degenerative
E. Vanzi (*Firenze*)

16.10-16.30 Nuove applicazioni della PET/SPECT nell'Imaging cardiologico
E. Inglese (*Novara*)

16.30-16.45 *Intervallo - open bar*

16.45-17.30 **Sessione poster**

17.30-18.30 **Gruppo di lavoro** - G. Pedroli
Fisica Applicata alla Medicina Nucleare

SABATO 19/09/2009

MEDICINA NUCLEARE TERAPIA

La terapia medico nucleare

Moderatori: L. Boldel - C. Chiesa

- 08.00-08.30 Stato dell'arte e nuovi orizzonti in Terapia Medico Nucleare
E. Bombardieri (*Milano*)
- 08.300-9.00 Applicazione dei modelli radiobiologici alla Terapia Medico Nucleare
L. Strigari (*Roma*)

09.00-09.15 *Intervallo - open bar*

Terapia medico nucleare e aspetti dosimetrici 1

Moderatori: E. Bombardieri - L. Bianchi

- 09.15-09.35 Nuovi modelli di calcolo nella dosimetria al midollo emopoietico e nella terapia delle patologie tiroidee
C. Traino (*Pisa*)
- 09.35-09.55 Terapia medico-nucleare del carcinoma differenziato della tiroide metastatico - M. Salvatori (*Roma*)
- 09.55-10.15 Dosimetria personalizzata nella terapia del carcinoma tiroideo
C. Chiesa (*Milano*)
- 10.15-10.35 La dosimetria con I 124 nei tumori della tiroide - G. Rossi (*Macerata*)
- 10.35-10.55 Valutazioni dosimetriche nel trattamento radiometabolico dell'ipertiroidismo - C. Canzi (*Milano*)
- 10.55-11.05 Discussione
- 11.05-11.20 *Intervallo - open bar*

Terapia medico nucleare e aspetti dosimetrici 2

Moderatori: M. Salvatori - C. Traino

- 11.20-11.40 Nuove prospettive delle terapie recettoriali - L. Boldel (*Milano*)
- 11.40-12.00 Aspetti dosimetrici nelle terapie con radiopeptidi marcati
M. Cremonesi (*Milano*)
- 12.00-12.20 Dosimetria previsionale nelle terapie delle metastasi ossee
L. Bianchi (*Busto Arsizio*)
- 12.20-12.40 Molecular imaging per la radioterapia
A. Versari (*Reggio Emilia*)
- 12.40-13.00 Discussione
- 13.00-14.00 *Pranzo*

Relazioni Libere

Moderatori: M. Cremonesi - D. Salvo

- 14.00-15.15 Interventi
- 15.15-15.30 *Intervallo - open bar*

Aspetti normativi e di Radioprotezione

Moderatori: L. Bianchi - C. Traino

- 15.30-16.00 I nuovi aspetti normativi e adeguamento delle strutture
D. Salvo (*Reggio Emilia*)
- 16.00-16.30 Radioprotezione degli operatori nelle terapie con beta emettitori
G. Sarti (*Caserta*)
- 16.30-16.45 *Intervallo - open bar*
- 16.45-17.30 **Sessione poster**
- 17.30-18.30 **Gruppo di lavoro** - G. Pedroli
Fisica Applicata alla Medicina Nucleare

SABATO 19/09/2009

INFORMATION TECHNOLOGY

L'Information Technology e la Radiologia

Moderatori: R. Golfieri - G. Saccavini

- 08.00-08.30 Information technology in sanità
S. Bronzoni
- 08.300-9.00 Architettura sistemi RIS-PACS
G. Barai (*Mantova*)
- 09.00-09.15 *Intervallo - open bar*

Innovazione e integrazione dei sistemi

Moderatori: P. Sacco - G. Barai

- 09.15-09.35 PACS dal 2000 ad oggi: cosa è cambiato, cosa aspettarci
A. Nitrosi (*Reggio Emilia*)
- 09.35-09.55 PACS di area vasta: le nuove dimensioni del problema
L. Pierotti (*Bologna*)
- 09.55-10.15 "Progetto PACS federato" della Regione Emilia Romagna
G. Pirini
- 10.15-10.35 PACS e standard internazionali
C. Saccavini (*Padova*)
- 10.35-10.45 Discussione
- 10.45-11.00 *Intervallo - open bar*

Progettazione e gestione

Moderatori: L. Pierotti - P. Messori

- 11.00-11.20 Dalla cartella clinica al fascicolo sanitario personale - L. Sartori
- 11.20-11.40 Strutturazione dei referti: aspetti clinici e di ricerca. Radlex questo sconosciuto! - R. Silverio (*Siena*)
- 11.40-11.50 Discussione
- 11.50-12.10 Risk Management (cosa abbiamo imparato dall'esperienza)
R. Golfieri (*Bologna*)

- 12.10-12.30 Aspetti legali: firma digitale, dematerializzazione, archiviazione, conservazione, ... - F. Vimercati (*Milano*)
- 12.30-12.50 L'interdisciplinarietà. Chiave del successo? - E. Moser (*Trento*)
- 12.50-13.00 Discussione
- 13.00-14.00 *Pranzo*

Relazioni Libere

Moderatori: P. Poggi - A. Torresin

- 14.00-15.00 Interventi
- 15.15-15.30 *Intervallo - open bar*

Nuovi scenari applicativi

Moderatori: E. Moser - A. Nitrosi

- 15.30-15.50 PACS e formazione
P. Sacco (*Siena*)
- 15.50-16.10 PACS Open Source
P. Poggi
- 16.10-16.30 Archivi multimediali al di fuori della Radiologia
P. Ghedini
- 16.30-16.45 *Intervallo - open bar*
- 16.45-17.30 **Sessione poster**
- 17.30-18.30 **Gruppo di lavoro** - G. Borasi
RIS-PACS

SABATO 19/09/2009

FISICA MEDICA

- 09.00-09.15 **Introduzione**
A. Del Guerra - G. Gialanella

Didattica

Moderatori: M.C. Cantone - R. Zannoli

- 09.15-09.45 Laurea Specialistica e Master
P. Bortignon

- 09.45-10.15 Scuole di Specializzazione
G. Gialanella
- 10.15-10.45 Dottorato di Ricerca
F. Pegoraro
- 10.45-11.00 *Intervallo - open bar*

Formazione

Moderatori: L. Conte - P.L. Indovina

- 11.00-11.30 Formazione europea in Fisica Medica
A. Savi
- 11.30-12.00 Il punto di vista degli utenti
M. Rebuzzì
- 12.00-12.30 Il punto di vista del CUN - P. Rossi
- 12.30-13.00 Discussione
- 13.00-14.00 *Pranzo*

Ricerca

Moderatori: F. Marchetto - A. Stefanini

- 14.00-14.30 Il progetto INFN-MED - G. Battistoni
- 14.30-15.00 Il progetto MRI a 7 T in Italia - G. Cioni
- 15.00-15.30 Nanoparticelle e nanotecnologie
F. Beltram
- 15.30-15.45 Discussione
- 15.45-16.00 *Intervallo - open bar*

Tavola Rotonda: il coordinamento della Ricerca di Fisica Medica in Italia

Moderatore: G. Pedroli

- 16.00-16.15 AIFM - A. Del Guerra
- 16.15-16.30 INFN - G. Cuttone
- 16.30-16.45 CNR - E. Molinari
- 16.45-17.00 MIUR - C. Peroni
- 17.00-17.15 ISS - V. Macellari
- 17.15-17.30 ENEA - F. Laitano
- 17.30-17.45 Discussione



Sede

Il Congresso avrà sede a Reggio Emilia presso il Complesso Universitario (ex Caserma Zucchi), sito in Viale A. Allegri n° 9. Si tratta di un bel palazzo ottocentesco che si articola su 3 piani per circa 10'000 mq complessivi. Il palazzo è stato modernamente ristrutturato ed è posto nel centro storico cittadino. Il lato posteriore è adiacente ad un ampio parcheggio, mentre quello anteriore è prospiciente al vasto parco pubblico in cui si trova il Teatro Romolo Valli.



GE Healthcare

Press Information

INAUGURATA A PARMA LA PRIMA “MR750 3.0T” IN ITALIA

È ora operativo presso l'Ospedale di Parma l'innovativo Discovery MR750 3T di GE Healthcare, un passo avanti che va oltre la risonanza magnetica tradizionale

Milano, lunedì 20 aprile – È stato inaugurato, presso la Sala Congressi dell'Azienda Ospedaliero-Universitaria di Parma, il **Discovery MR750 3.0T di GE Healthcare**.

L'installazione della risonanza magnetica Discovery MR750 3.0T di Parma è una delle prime in Europa, in contemporanea con St. Mary Hospital di Londra e Centre Hospitalier Robert Ballanger CHRB (Aulnay-sous-Bois) di Parigi.

Sono intervenuti il Direttore Generale dell'Azienda Ospedaliero-Universitaria di Parma, **Sergio Venturi**, il Sottosegretario di Stato al Lavoro, Salute e Politiche e Sociali, **Ferruccio Fazio**, il Rettore dell'Università di Parma **Gino Ferretti**, il Sindaco di Parma **Pietro Vignali**, il Presidente della Provincia di Parma **Vincenzo Bernazzoli**, l'Assessore Regionale dell'Emilia-Romagna alle Politiche per la Salute, **Giovanni Bissoni**, il Presidente della Fondazione Cariparma, **Carlo Gabbi**.

Per la stampa, la presentazione è stata preceduta da una visita guidata all'apparecchiatura, a cura del Direttore del Dipartimento di Neuroscienze dell'Ospedale, Girolamo Crisi, del Direttore del Dipartimento di Neuroscienze dell'Università, **Giacomo Rizzolatti** e del Presidente di GE Medical System Italia, **Vito Anelli**.

Equipaggiato con una tecnologia innovativa, il Discovery MR750 3.0T offre prestazioni diagnostiche nettamente superiori ai sistemi di generazione precedenti. La nuova RM permette di acquisire immagini fino a cinque volte più velocemente senza compromettere la risoluzione spaziale e aumentando la possibilità di applicazioni avanzate, tra cui esami del fegato routinari in 15 minuti ed esami completi della mammella in solo due sequenze.

"L'acquisizione della RM Discovery MR750 3.0T, che l'ospedale di Parma installa per primo in Italia, conferma la nostra dedizione nell'offrire ai cittadini servizi tecnologici all'avanguardia. Ringrazio la Fondazione Cariparma per il sostegno fondamentale che ha garantito, finanziando integralmente l'acquisto della nuova Risonanza" dichiara il Dottor Sergio Venturi.

"Utilizzeremo questa apparecchiatura per applicazioni neurologiche nell'ambito della ricerca relativamente allo studio funzionale del cervello e nell'ambito clinico-assistenziale avanzato relativamente alla neuro-oncologia" spiega il Dottor Girolamo Crisi, "Ulteriori applicazioni avanzate saranno sviluppate in ambito cardiaco".

"La RM Discovery MR750 3.0T è stata studiata con una nuovissima generazione di trasmissione di radiofrequenza a fibre ottiche (OpTix) che è in grado di aumentare le prestazioni d'esame migliorandone le qualità diagnostiche. Inoltre, grazie ad applicativi avanzati, esami normalmente difficili come quelli della neuro-oncologia, dell'addome, della mammella e del cuore, possono essere eseguiti molto più rapidamente e con un maggiore dettaglio anatomico" Spiega Pier Paolo Buò, Modality Manager Risonanza Magnetica GE Healthcare Italia.

Conclude Vito Anelli, Presidente GE Medical Systems Italia "GE è da sempre impegnata ad oltrepassare i limiti delle capacità di Risonanza Magnetica e noi crediamo che questo prodotto sia in grado di farlo adesso e nel futuro. Ci aspettiamo che questo prodotto sia affidabile e clinicamente in grado di semplificare gli esami RM senza compromettere qualità e produttività".