

RADIODIAGNOSTICA ORTOGNATODONTICA

Valutazioni dosimetriche circa indagini radiologiche routinarie nella pratica ortodontica

P. BRACCO

*Università di Torino
Istituto Policattedra
di Clinica Odontostomatologica
(Direttore: Prof. B. De Michelis)*

RIASSUNTO. — Scopo di tale lavoro è stato verificare, attraverso l'utilizzazione di metodiche dosimetriche tra loro diverse, l'entità di irradiazione di determinate zone del corpo umano durante comuni esami di radiodiagnostica ortognatodontica. Si è inoltre indagato circa la possibilità di ridurre le dosi con l'uso di schermi e pellicole diverse dalle tradizionali.

PAROLE CHIAVE. — Indagini radiologiche ortognatodontiche - Valutazioni dosimetriche - Protezione fisica e medica.

Premessa

Il presente lavoro è stato condotto, per quel che riguarda la ricerca sperimentale, sulle radiografie che vengono eseguite correntemente per la diagnosi delle malocclusioni ortodontiche.

Lo scopo era verificare, attraverso dati numerici, l'entità dell'irradiazione di determinate zone del corpo umano nel corso di tali esami radiodiagnostici.

Alcuni dei dati riferiti sono quelli ottenuti con le prime valutazioni del 1979-1980, altri invece si basano sui risultati delle più recenti sperimentazioni del 1982, da noi recentemente effettuate.

Man mano che si è proceduti con tale lavoro ci si è resi conto della vastità di tale problematica e di quante e quali siano le implicazioni collaterali.

È giocoforza, quindi, che invece di dare delle risposte definitive, anche se quelle date possono essere importanti, ci si sia sempre di più volti verso un'impostazione la più corretta possibile della problematica.

Di conseguenza gli ultimi dati dei rilevamenti eseguiti assumono maggior importanza solo se riferiti ai precedenti, alcuni dei quali sono stati confermati, altri infirmati e le differenti tecniche impiegate sono state

frutto di una continua esigenza di miglioramento perché, col passar del tempo e con l'aumentare delle nostre conoscenze in questo campo, maggiore è stata la necessità di precisione e rigore scientifico.

Nulla quindi di definitivo per ora, anzi riteniamo che un approfondimento dell'argomento sia di importanza non indifferente, soprattutto in un settore che è in continua evoluzione e che nel futuro rivestirà sempre maggior importanza sia da un punto di vista della patologia specifica delle malocclusioni, sia da un punto di vista più generale della prevenzione ed intercettazione delle malattie dell'apparato stomatognatico in senso lato.

Cenni di protezione fisica e medica

Il timore delle radiazioni ionizzanti è argomento di attualità e lo si può notare anche dalla compiacente divulgazione sui giornali non scientifici di notizie spesso imprecise ed allarmanti; per contro spesso si abusa delle radiazioni ionizzanti, sia in diagnostica, che in terapia.

Il medico ed il personale ausiliario ricevono nel corso di un anno una dose maggiore che il singolo paziente il quale, in media, viene spesso esaminato non più di una

TABELLA 1. — *Tabella riepilogativa D.M. 6/6/1968 e D.M. 2/2/1971.*

		Rem/ anno	Rem/ 13 set- timane
Lavoratori professionalmente esposti	Globale-totale	5	3
	Estremità	60	15
	Pelle e tessuto osseo	30	8
	Altri organi e cristallino	15	4
Gruppo 1 della popolazione (lavoratori occasionalmente esposti ma che non sono considerati esposti per ragioni professionali)	Globale-totale	1,5	0,4
	Estremità	18	4,5
	Altri organi e cristallino	4,5	1,2
Gruppo 2 della popolazione (manipolano apparecchi emittenti radiazioni ionizzanti o contenenti sostanze radioattive)	(Come per il gruppo 1)		
Gruppo 3 della popolazione (persone che si trovano abitualmente nelle vicinanze della zona controllata)	Globale-totale	0,5	
	Estremità	6	
	Pelle e tessuto osseo	3	
	Altri organi e cristallino	1,5	
Popolazione nel suo insieme	Per la popolazione nel suo insieme, la dose massima ammissibile significativa dal punto di vista genetico è di 5 rem procapite, accumulati sino all'età di 30 anni		

volta all'anno. Per questo motivo la radioprotezione è stata organizzata fin dal suo inizio come difesa del medico e del personale.

Tutta una serie di disposizioni legislative e parecchie circolari Ministeriali regolano la materia.

Tra le più importanti citiamo: D.P.R. 13/2/64 N. 185, D.M. 2/2/61, circolare M.S. 1/12/77 N. 73; D.M. 6/6/68; D.M. 2/2/71 circolare Ministeriale N. 73 dell'1/12/77 e Legge N. 833 del 23/12/78 ci limitiamo qui a citare una tabella riepilogativa del D.M. 2/2/71 relativa alle dosi e concentrazioni massime di radiazioni che, secondo la legge, un lavoratore può assorbire senza che da ciò derivi danno alla sua salute; e relativa alle dosi e concentrazioni massime ammissibile per la popolazione nel suo insieme e per i gruppi particolari della popolazione (tabella 1).

In media i pazienti ricevono una dose annuale di gran lunga inferiore ai medici ma poiché il numero dei pazienti supera di gran lunga il numero dei medici e del personale addetto ai reparti di radiologia, dette dosi saranno importanti ai fini del danno genetico dell'intera popolazione. Per questo motivo si presta particolare attenzione al danno genetico del paziente e si impongono misure per una riduzione della dose delle singole radiografie e del loro numero.

Tutto ciò perché le dosi assorbite a livello delle gonadi comportano il problema del danno genetico.

Per quanto il problema dell'azione mutagenica delle radiazioni sia molto complesso, possono essere considerati attendibili i seguenti concetti basilari:

a) il numero delle mutazioni radio-indotte è direttamente proporzionale alla dose di radiazioni assorbita;

b) non è dimostrata l'esistenza di una dose « soglia », al di sotto della quale l'effetto non si manifesta;

c) le alterazioni geniche sono sempre irreversibili;

d) la maggior parte delle mutazioni hanno carattere peggiorativo.

Le mutazioni radio-indotte, essendo in prevalenza recessive, non si manifestano in genere nella prima generazione; la probabilità che esse si rendano fenotipicamente evidenti è sottoposta al filtro delle condizioni demografiche della popolazione²⁰.

Il danno genetico, poi, è tanto più elevato, per la popolazione, quanto più alto è il numero dei soggetti irradiati, essendo così maggiori le probabilità di combinazione dei geni recessivi mutanti (per questo tipo di danno ha importanza solo la dose assorbita dalle gonadi nel periodo compreso tra il concepimento e la riproduzione)²⁰.

Il rischio di un danno genetico conseguente ad irradiazioni eseguite a scopo medico rappresenta valido argomento perché sia considerato il problema della protezione dei pazienti sottoposti, in età fertile, ad indagini o trattamenti radiologici.

L'adozione di provvedimenti atti a ridurre la dose di radiazioni assorbita dalle gonadi dei pazienti trova giustificazione nel prudente timore che la dose realmente assorbita sia maggiore di quella calcolata, nell'impossibilità di stabilire con precisione il limite di sicurezza genetica e nella fondata previ-

TABELLA 2. — Dose alle gonadi (mrad).

Tipo di esame	Maschi		Femmine	
	Min.	Max.	Min.	Max.
Uretrocistografia	320	17000	104	4000
Urografia	10,5	4000	50	4000
Pielografia	16	3800	71	4000
Anca	20	3600	11	1000
Femore	50	3500	9,6	300
Vertebre lombari	2,75	1700	20	2400
Bacino	20	2580	70	1000
Clisma opaco	0	515	20	2920
Colecistografia	0	56	0,3	550
Torace (radioscopia)	0,05	2,9	0,01	2,5
Torace (radiografia)	0	9,2	0	10
Torace (schermografia)	0,05	5	0,02	12

TABELLA 3. — Dose alle gonadi. Bambini (0-7 anni) 1955-1963 (mrad).

	Maschi		Femmine	
	Min.	Max.	Min.	Max.
Bacino	48	840	36	420
Clisma opaco	18	900	48	1500
Torace	0	450	0	240
Vertebre lombari	270	2700	160	1050

TABELLA 4. — Dose alle gonadi maschili (da Seelentag, 1958) (mr).

	Tecnica scorretta	Tecnica corretta	Rapporto
			corretto scorretto
Torace P-A	6	0,04	1 : 150
Addome A-P	2100	65	1 : 32
Ginocchio	> 600	1	1 : >600
Esame completo denti	200	6,5	1 : 34

sione di un progressivo aumento dell'irradiazione artificiale della popolazione per l'impiego crescente dell'energia nucleare, con varie finalità.

Attualmente, l'esposizione a scopo medico rappresenta ancora di gran lunga la fonte maggiore di irradiazione artificiale della popolazione.

Il rischio di danno genetico, una volta accettata la validità della relazione lineare dose-effetto, viene valutato considerando la *dose assorbita dalle gonadi*, la quale è utilizzata per il calcolo della dose geneticamente significativa.

Nella seguente tabella sono indicati valori minimi e massimi di dosi alle gonadi degli

TABELLA 5. — Valori di dose annuale geneticamente significativa per applicazioni mediche delle radiazioni ionizzanti.

	Dose (mrem/anno)			
	Radio-diagnostica	Radio-terapia	Isotopo diagnostica	Isotopo terapia
Argentina	37	—	—	—
Australia	150	28	—	—
Danimarca	27,5	—	—	—
Francia	58,21	5,6	—	—
Giappone	39	—	—	—
Gran Bretagna	14,1	4,99	0,03	0,15
Italia	44,3	—	—	—
Germania	17,74	2,2	0,01	0,18
Norvegia	9,97	—	—	—
Olanda	6,79	—	—	—
Egitto	6,98	—	—	—
Svezia	37,8	—	—	—
Svizzera	22,3	—	—	—
U.S.A.	170	12	—	—

adulti per quei tipi di esami in cui il rischio di danno genetico può essere maggiore (da A. vari e Rapporti vari, 1955-1963) (tabella 2).

L'esposizione dei bambini va considerata a parte, perché, data la loro piccola massa corporea, le gonadi dei bambini sono sempre più vicine ai bordi del fascio utile e sono quindi più esposte alla radiazione secondaria (tabella 3).

I valori minimi si riferiscono a procedimenti nei quali sono state applicate rigorose misure protettive; i massimi a metodiche gravemente scorrette²⁰.

La tabella dimostra di quanto possa aumentare l'irradiazione alle gonadi quando siano trascurati gli accorgimenti protettivi.

La dose geneticamente significativa per la popolazione, in conseguenza di esposizione alle radiazioni per scopi medici (Gm), è definita quella dose che, se fosse assorbita dalle gonadi di ogni membro della popolazione, causerebbe lo stesso danno genetico delle dosi assorbite dai vari individui effettivamente esposti^{3 20}.

Essa viene di solito espressa in unità rem come dose annuale.

La Gm viene stabilita mediante calcolo, utilizzando dei dati statistici: nella tabella 5, tratta dai rapporti UNSCEAR 1958 e 1962, sono elencati i valori di dose annuale geneticamente significativa stabiliti per i vari Paesi.

Citiamo questa tabella perché, da essa si ricava che il contributo della radiodiagnosti-

TABELLA 6. — Effetto del miglioramento della tecnica sul valore della dose geneticamente significativa (dal Rapporto Adrian, 1960).

Tipo di esame	(Mrem)		
	Dose effettiva	Dose escludendo le tecniche peggiori	Dose ammettendo solo le tecniche migliori
Cranio	0,03	0,01	—
Denti	0,03	0,03	—
Arto superiore	0,09	0,03	—
Torace	0,48	0,28	0,01
Pasto opaco	0,51	0,29	0,05
Addome	0,60	0,45	0,16
Clisma opaco	0,16	0,13	0,05
Anca	1,48	1,02	0,20
Femore	0,16	0,08	0,01

ca alla Gm supera in ogni paese quello della radioterapia, nonostante che i procedimenti terapeutici comportino singolarmente valori di dosi alle gonadi superiori a quelli delle indagini diagnostiche; il fenomeno è dovuto all'assai più larga diffusione degli esami radiodiagnostici tra la popolazione fertile ed alla maggior fertilità media dei soggetti esaminati per ogni gruppo di età.

La tabella 6, ricavata dal rapporto Adrian del 1960, dimostra quanto possa variare la Gm per le diverse indagini radiodiagnostiche a seconda dei fattori di tecnica e di metodologia.

Scelta dei dosimetri

Prima di illustrare i metodi dosimetrici impiegati per le indagini eseguite, riteniamo dover fare breve cenno circa la dosimetria in generale.

Il termine dosimetri è largamente usato in medicina e biologia per designare i metodi e le operazioni con le quali si procede a misure quantitative (assolute o relative) dei diversi agenti fisici impiegati a scopo diagnostico e soprattutto terapeutico (ad esempio: calore, ultrasuoni, raggi infrarossi, raggi visibili o raggi U.V., correnti elettriche, ecc.).

La dose di ognuno di questi agenti ne esprime pertanto la quantità impiegata, distinguendo tuttavia fra la *dose fisica*, valutata attraverso prestabiliti effetti fisici il cui valore risulti univocamente misurabile, e la *dose biologica* che, indipendentemente dalla dose fisica, ne indica la quantità necessaria ad ottenere un determinato effetto biologico (ad esempio, dose eritema).

Fra tutti i problemi di dosimetria il più importante è attualmente quello relativo alle radiazioni ionizzanti* sia per il largo impiego che se ne fa, sia in considerazione della gravità degli effetti biologici che possono derivare da una trascurata o inadatta dosimetria di questo tipo di radiazioni².

Poiché le radiazioni ionizzanti producono effetti biologici diversi in rapporto all'energia assorbita dai singoli tessuti, diviene necessario conoscere con sufficiente precisione la dose assorbita dai tessuti stessi negli impieghi clinici delle radiazioni.

La quantità di energia assorbita dai tessuti dipende:

- dalla qualità (e cioè dall'energia) del fascio incidente;
- dall'intensità del fascio incidente;
- dalla durata dell'esposizione.

Esistono quindi misure di qualità e misure della quantità dei raggi X.

Dato che nella pratica clinica è indispensabile prevedere l'azione biologica esercitata dalle radiazioni sui tessuti, i metodi di misura quantitativa tendono a definire con la massima precisione possibile la quantità di energia assorbita dalle singole unità biologiche in conseguenza dei diversi trattamenti³.

Da quanto precede si comprende che ogni determinazione quantitativa sulle radiazioni ionizzanti implica, in termini assoluti, misure di energia e poiché le energie in gioco sono piuttosto piccole, le determinazioni sperimentali risultano delicate².

Esistono metodi dosimetrici a camera di ionizzazione e metodi dosimetrici non ionometrici.

La misura della ionizzazione si esegue per lo più mediante una camera di ionizzazione o, meno frequentemente, con un contatore di Geiger-Müller.

La *camera di ionizzazione* (fig. 1), che può essere di varie dimensioni in rapporto alle diverse esigenze, è delimitata da una parete, di solito costituita di sostanze organiche, resa conduttrice all'interno con grafite, che funziona da elettrodo esterno e che è collegata a terra³.

*) Col nome di radiazioni ionizzanti sono genericamente designate quelle radiazioni elettromagnetiche e corpuscolari che per le loro caratteristiche particolari (elevata energia, massa e carica elettrica dei corpuscoli, natura delle particelle elementari che le costituiscono, ecc.) cedono la loro energia alla materia attraverso abbondanti processi di ionizzazione di atomi e molecole.

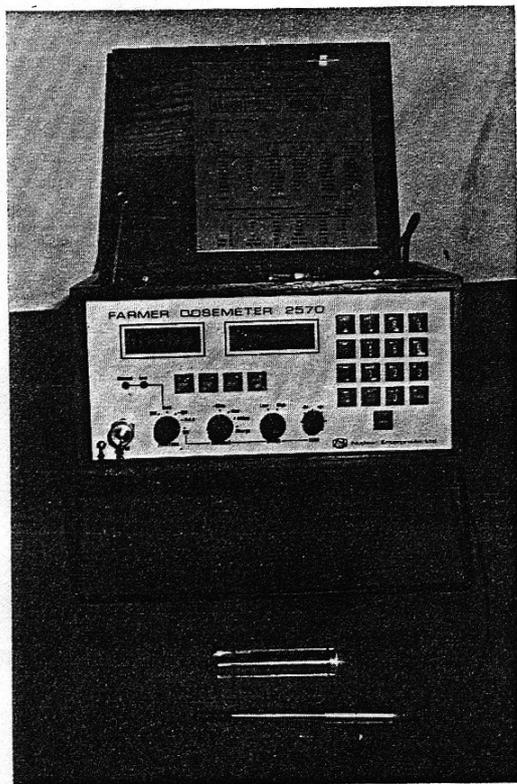


Fig. 1.

Nell'interno della camera, piena d'aria, è contenuto un elettrodo centrale che può esser collegato ad un galvanometro oppure ad un condensatore.

Ciò consente di misurare la quantità di corrente che, nell'unità di tempo attraversa la camera e che varia in rapporto diretto con la ionizzazione prodotta dalle radiazioni nell'aria contenuta nella camera.

Misure di quantità possono eseguirsi anche valutando l'«eccitazione» prodotta dalle radiazioni sugli atomi in particolari sostanze: si utilizzano cristalli organici o inorganici capaci di trasformare una parte della energia assorbita in energia luminosa, che si manifesta con un piccolo lampo o scintillazione. Gli apparecchi impiegati sono detti *scintillatori*³.

Non tratteremo oltre dei metodi dosimetrici, mediante uso di camera di ionizzazione o di contatore Geiger-Müller, né degli scintillatori.

Accanto alla dosimetria ionometrica si



Fig. 2.

sono sviluppati molti altri metodi di misura delle radiazioni ionizzanti che, per le loro caratteristiche, possono risultare utili in particolari situazioni.

Nell'ambito della *dosimetria chimica*, fra le molteplici reazioni hanno avuto maggior successo pratico quelle che si producono fra sostanze facenti parte di una soluzione, tanto meglio se acquosa. Le reazioni sono prodotte per radiolisi, come conseguenza delle eccitazioni e ionizzazioni indotte nelle molecole dalle particelle cariche veloci prodotte dalla radiazione ad alta energia.

Uno dei dosimetri chimici più diffusi è quello in cui il solfato ferroso sciolto in acqua si trasforma, per ossidazione, in solfato ferrico (dosimetro di Fricke): la quantità di questo è proporzionale alla dose assorbita, e viene misurata con metodo spettrofotometrico.

La misura delle dosi si estende però da 40.000 a 4.000 rad⁸.

Dosimetria fotografica^{3,8}

Il metodo fotografico, da noi utilizzato per le prime valutazioni, si basa sul grado di annerimento di una pellicola fotografica esposta ad un fascio di radiazioni. Lo avevamo scelto perché costituisce un metodo assai sensibile tenuto conto che per i fotoni ad alta energia il rendimento fotografico è circa 1.000 volte maggiore che per la luce³.

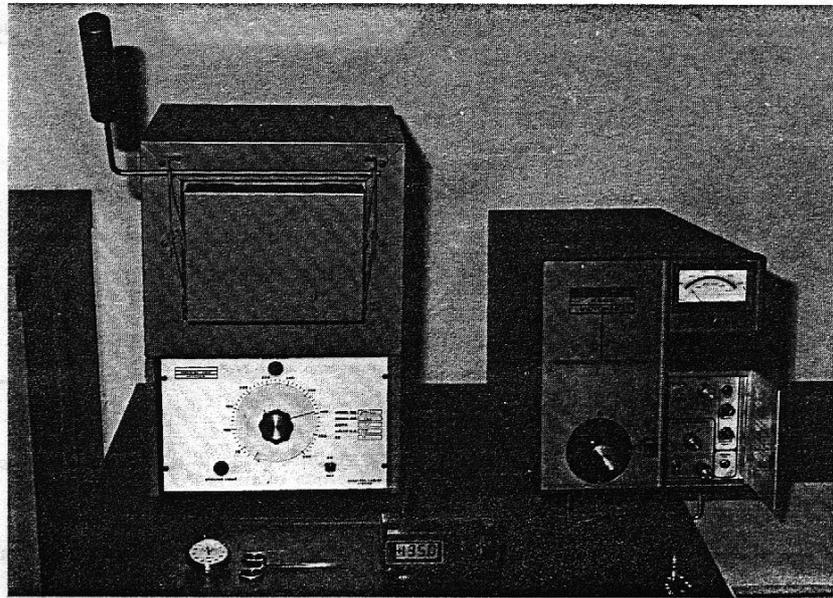


Fig. 3.

L'annerimento è proporzionale alla dose di radiazione e questo metodo consente altissime sensibilità (fino a frazioni di rad).

Tuttavia l'annerimento dell'emulsione fotografica è funzione anche dell'energia delle radiazioni, del tipo di radiazioni e di altri fattori che limitano la precisione delle rispettive misure. Su questo principio funzionano i diffusissimi dosimetri personali a « film badge », impiegati per il controllo delle dosi di radiazioni ionizzanti assunte in determinati periodi di tempo dal personale esposto al rischio di radiazioni (fig. 2).

*Dosimetri a stato solido*²³⁶⁷⁸¹²

Si indicano con questo termine tutti quei sistemi dosimetrici che si basano sull'impiego di rivelatori solidi nei quali la radiazione ionizzante provoca particolari fenomeni. Il sistema dosimetrico a stato solido che sembra oggi presentare le migliori prospettive di impiego su larga scala è la *termoluminescenza* (TL). I materiali TL tessuto-equivalenti più studiati finora sono il:

- fluoruro di litio (LiF)
- borato di litio ($\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$)

ai quali si è aggiunto da poco l'ossido di berillio (BeO).

Poiché per il presente lavoro sono stati impiegati dosimetri al LiF, riteniamo op-

portuno approfondire meglio alcune loro caratteristiche.

Abbiamo già detto che, per la misura della dose di radiazioni assorbita in seguito ad irraggiamento di un materiale, si sfruttano alcuni fenomeni che accompagnano tale assorbimento. Tra questi è utilizzata la proprietà dei cristalli semiconduttori di LiF detta « termoluminescenza ».

Tali cristalli immagazzinano parte della energia rilasciata dalla radiazione incidente in maniera permanente, fino a quando non li si porta a certi valori di temperatura (oltre i 100° e differenti per i diversi materiali TL); infatti in seguito a riscaldamento essi rimettono una frazione di tale energia sotto forma di luce, la cui intensità è direttamente proporzionale all'energia assorbita.

Il riscaldamento avviene tramite un piattello metallico; il segnale luminescente è in genere misurato con un fotocompilatore che lo trasforma in segnale elettrico; l'elettronica associata trasferisce questo dato su una scala e si ha così in uscita un valore numerico relazionabile con la dose assorbita in seguito a irradiazione.

Uno strumento di lettura per rivelatori termoluminescenti sarà quindi costituito da tre parti principali: un dispositivo di riscaldamento, dispositivo per la misura del-

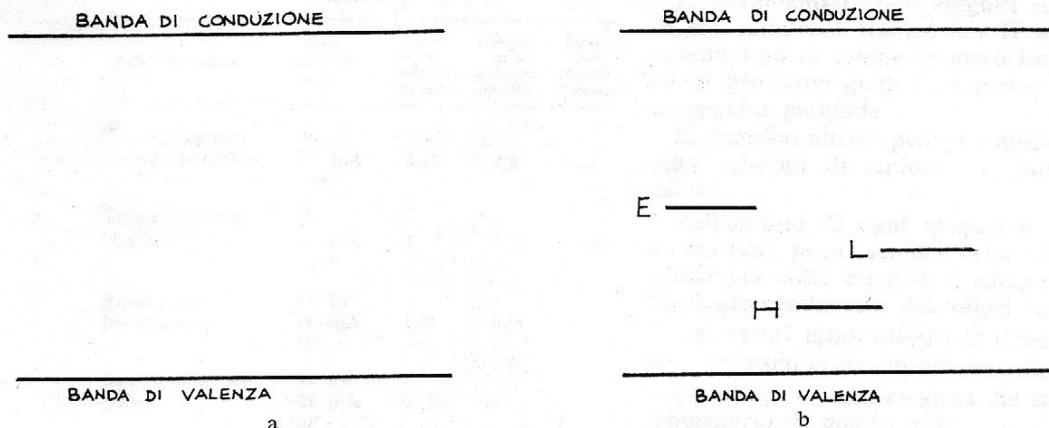


Fig. 4. — Diagramma delle bande di energia di un cristallo isolato elettricamente (a) e di un « reale » cristallo contenente impurità (b).

la luce ed una parte elettronica associata (fig. 3).

Il meccanismo di rivelazione si può comprendere più precisamente ricorrendo ad un modello molecolare (fig. 4). In questi cristalli gli elettroni dei livelli energetici più esterni sono liberi di muoversi in tutto il cristallo occupando livelli differenti da quelli di un atomo isolato.

Essi risultano raggruppati in bande di energia e la banda corrispondente al livello energetico più basso è quella di valenza.

Se si irradiano i cristalli l'energia viene trasferita agli e^- nella banda di valenza ed essi si spostano al livello più alto (banda di conduzione).

Durante questo trasferimento una parte di essi viene « intrappolata » in stati metastabili situati nella banda intermedia (detta

« zona proibita »), a causa di impurità opportunamente introdotte nei cristalli, e vi rimane per tempi piuttosto lunghi.

Il riscaldamento libera gli e^- dalle « trappole » ed essi ritornano nella banda di valenza con emissione di luce.

L'emissione di luce è quindi funzione della temperatura e del tempo di riscaldamento.

Si chiama glow-curve il grafico che mostra l'andamento dell'intensità di luce emessa in funzione del tempo di riscaldamento: esso presenta numerosi picchi in corrispondenza di diverse temperature (fig. 5).

Il segnale misurato è in genere l'integrale di questa curva, cioè la quantità totale di luce emessa sul tempo di riscaldamento.

Perché utilizzare i dosimetri TL?

I dosimetri a cristalli termoluminescenti presentano caratteristiche che rendono il loro uso molto frequente ogni qual volta si vogliono eseguire determinazioni dosimetriche con buona risoluzione spaziale, grazie alle loro dimensioni molto ridotte.

Altre caratteristiche sono una buona risposta in funzione dell'energia, la precisione, un range di misura molto ampio (20 mR + 50.000 R), piccole perdite d'informazione dovute a cause ambientali, tempi di lettura dell'informazione molto brevi, scarsa sensibilità a fattori esterni (temperatura, umidità, vibrazioni meccaniche, ecc.).

Gli svantaggi nell'uso di questi materiali sono i costi elevati e la perdita dell'informazione all'atto della lettura.

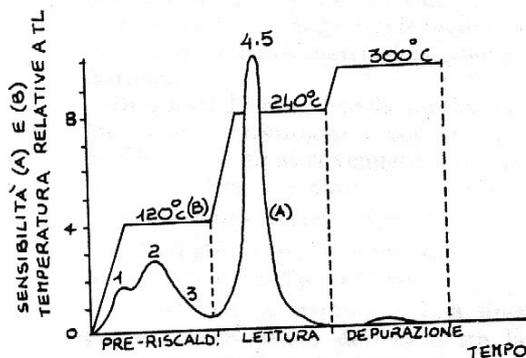


Fig. 5. — Grafico illustrante il ciclo di riscaldamento e la glow-curve per dosimetri in dischi a LiF.

TABELLA 7.

Tipo di esame	Tipo di radiazioni	Dose allo sterno (mrem)	Dose alla colonna (mrem)	Dose alle gonadi (mrem)
Teleradiografia postero-anteriore	75 kv 10 mA 0,8"	4,46	4,8	—
Teleradiografia latero-laterale	75 kv 16 mA 0,6"	3	2,05	0,1
Radiografia panoramica	65 kv 15 mA 15"	1,25	0,35	—
Radiografia del polso	50 kv 100 mA 1/10"	0,125	—	—

Valutazioni dosimetriche: metodiche, tecniche e risultati

I primi rilevamenti dosimetrici sono stati da noi eseguiti nel 1978-79 presso la Clinica Universitaria Odontostomatologica di Torino¹⁰.

Lo scopo era valutare la quantità di radiazioni che colpiva un paziente sottoposto ad esami di radiodiagnostica ortodontica e poiché lo schema protocollare di radiodiagnostica adottato presso il Reparto di Ortodonzia della I Divisione prevedeva generalmente:

- 1 teleradiografia in proiezione L-L
- 1 teleradiografia in proiezione P-A
- 1 radiografia panoramica
- 1 radiografia del polso

i nostri primi rilevamenti furono eseguiti per questi quattro tipi di esami: ci procurammo 13 films-badge richiedendoli al laboratorio di film-dosimetria-X-Gamma-guard di Saronno.

Di questi 13 films-badge uno venne impiegato come « testimone » per la mappatura ambientale e gli altri vennero posti, per ogni tipo di esame, su punti prestabiliti:

- uno sullo sterno a livello del manubrio;
- uno posteriormente sul rachide alla stessa altezza di quello sternale;
- uno, per le bambine, sulla linea xifopubica in un punto di mezzo tra la linea transtubercolare e la sinfisi e, per i bambini, all'altezza dei genitali esterni.

I rilevamenti furono eseguiti su bambini di età compresa tra i 6 e i 12 anni e per nessun tipo di esame vennero impiegati sistemi protettivi quali giubbotti o grembiuli di gomma piombifera.

Si usarono altresì pellicole normali e normali schermi di rinforzo al tungstato di calcio.

Nell'ambito di ogni gruppo di esami lo stesso film, posto sempre nella stessa sede, venne più volte esposto al campo di radiazioni ottenendo così dei valori totali.

Tali valori totali divisi per il numero delle esposizioni ci hanno fornito i valori medi.

La lettura è stata eseguita dal sopraccitato laboratorio di dosimetria.

Tali dati, comunque molto bassi, erano da considerare con ampio margine di approssimazione ed ulteriormente da verificare, soprattutto per quel che riguardava la teleradiografia L-L durante l'esecuzione della quale i films venivano impressionati da una radiazione obliqua; inoltre i films presentavano una forte dipendenza dall'energia che può portare ad errori nella determinazione della dose.

Successivamente impostammo con altri¹⁸, una ricerca dosimetrica sulla valutazione della dose al cristallino durante l'esecuzione della teleradiografia L-L. Perché questa scelta? Primo, perché la teleradiografia in proiezione L-L è sicuramente il tipo di esame diagnostico più eseguito in campo ortodontico assieme alla panoramica; nella pratica clinica infatti si fa uso frequentemente della sola laterale eseguita con la tecnica della tele-distanza che riduce al minimo l'ingrandimento geometrico e che consente un'agevole riproducibilità costante permettendo sovrapposizioni di tracciati cefalometrici nel tempo. Secondo, perché è l'esame più frequentemente eseguito tra quelli che comportano l'irradiazione diretta del cristallino, su pazienti in età scolare e prescolare, e il nostro interesse è stato motivato dal fatto che l'irradiazione è tra i più lesivi agenti catarattogeni, come hanno dimostrato Upton e coll. (15 R inducono modificazioni del cristallino) e di Merriam e Focht (200 R provocano cataratta) e le modificazioni irreversibili indotte sono tanto più gravi quanto più precoce è l'età in cui si viene esposti alle radiazioni ionizzanti^{15 19 21}.

Terzo motivo di tale scelta è stata la possibilità di poter utilizzare dosimetri termo-

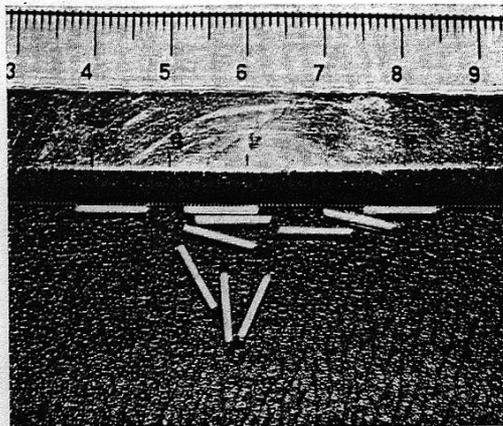


Fig. 6.

luminescenti realizzati con tubicini di vetro Pyrex riempiti con polvere al LiF tipo mini-TLD: tali dosimetri, avendo il vantaggio delle dimensioni ridottissime (6 mm di lunghezza x 1 mm di diametro), potevano essere posizionati nelle zone perioculari dando luogo ad una lettura mirata e selettiva e non interferivano con la lettura della lastra radiografica perché, pochissimo radiopachi, risultavano appena visibili sul radiogramma (fig. 6).

Per la valutazione della dose al paziente sono stati impiegati quattro dosimetri, che sono stati contrassegnati con i numeri 1, 2, 3 e 4.

Ciascun dosimetro è stato inserito a forza nell'estremità di un tubicino del tipo usato in radioterapia per contenere iridio, lungo 3 cm e con diametro di 1,5 mm.

Facendo guardare il paziente all'infinito, sono stati fissati i tubicini alla cute del volto con del cerotto, in modo che i quattro dosimetri venissero a giacere, parallelamente tra loro, su un piano frontale passante 2 mm posteriormente al solco sclerale, piano su cui giacciono anche i nuclei centrali dei due cristallini (v. fig. 1 e 7).

L'ordine in cui sono stati posizionati i dosimetri, sempre rigorosamente rispettato, era il seguente:

- n. 1 - lateralmente all'occhio destro,
- n. 2 - medialmente all'occhio destro,
- n. 3 - medialmente all'occhio sinistro,
- n. 4 - lateralmente all'occhio sinistro,

facendo sì che il piano orizzontale bipupillare tagliasse esattamente a metà, in modo ideale, ciascun dosimetro (v. fig. 2 e 7).

Sono state eseguite 100 proiezioni craniche laterali destre su pazienti dei due sessi di età compresa tra i 6 e i 12 anni, con le attrezzature e le modalità precedentemente descritte, ottenendo i seguenti valori bruti (valori di esposizione indicata):

n. 1	8 R
n. 2	3,4 R
n. 3	1,7 R
n. 4	0,86 R

Introducendo il fattore di esposizione in-

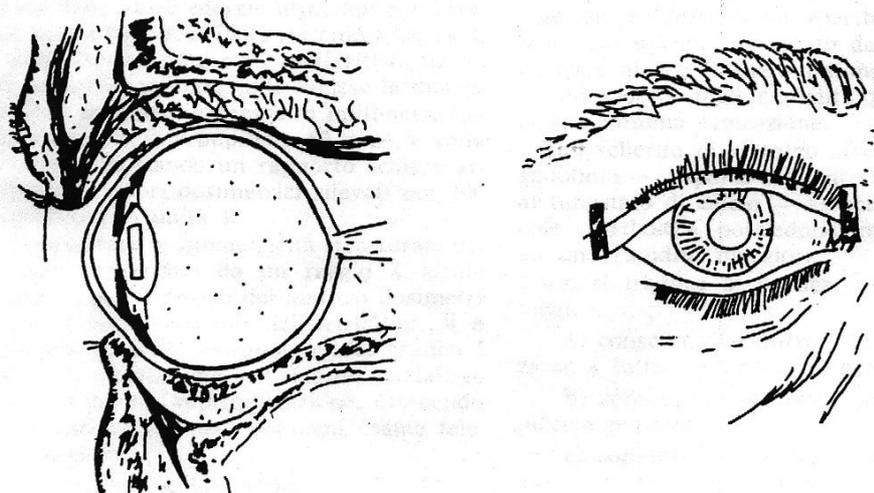


Fig. 7.

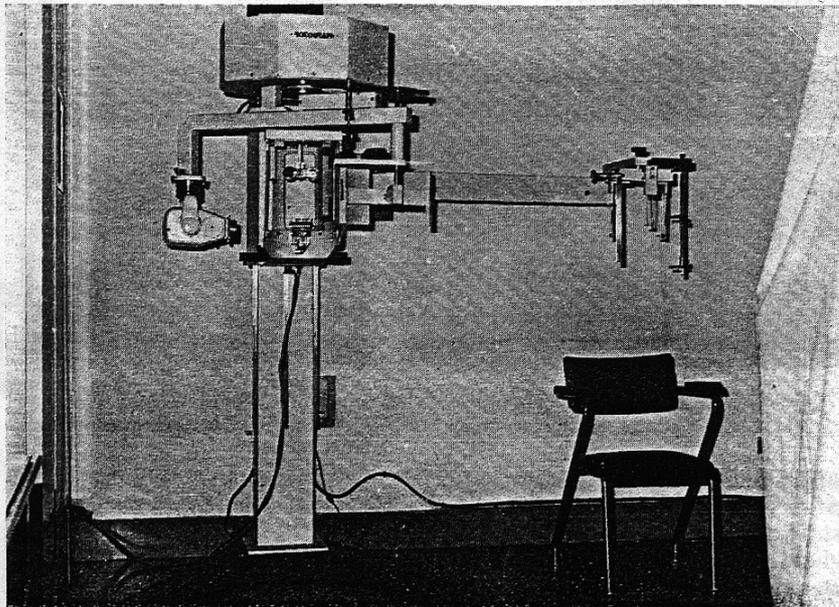


Fig. 8.

dicata ÷ effettiva pari ad 1,4 si sono ottenuti i seguenti valori corretti:

n. 1	5,71 R
n. 2	2,42 R
n. 3	1,21 R
n. 4	0,61 R

Il notevole decremento rilevato, pari al 56,71 % tra i dosimetri n. 1 e n. 2 e pari al 49,58 % tra i dosimetri n. 3 e n. 4, è giustificato dalle basse energie utilizzate per l'esame teleradiografico (75 kV × 10 mA × 0,6 sec.). I dati ottenuti sono stati trasferiti in un sistema cartesiano con sulle ascisse la distanza tra i dosimetri espressa in millimetri (distanza media interpupillare 60 mm), e sulle ordinate, adottando un rapporto scalare arbitrario, i valori dosimetrici rilevati per 100 esposizioni in unità R.

Considerata la simmetria strutturale dei tessuti attraversati da un raggio X ideale passante per il centro dei quattro dosimetri e per i nuclei centrali dei cristallini, si è ritenuto possibile estrapolare dal grafico i valori di irradiazione per ciascun cristallino con una buona approssimazione, ottenendo i seguenti valori medi per ogni esame teleradiografico:

cristallino occhio destro	33,7 mR
cristallino occhio sinistro	8,7 mR

Lo scopo di tali lavori non era solo quello di indagare e verificare le dosi di radiazioni assorbite dal paziente, ma anche quello di una possibile riduzione ulteriore del carico di radiazioni.

Si è pensato così di condurre un lavoro, parallelo al precedente, utilizzando particolari schermi di rinforzo detti a « terre rare »¹⁷.

Sono stati scelti gli schermi « Lanex » della Kodak, tipo Regular, accoppiati con pellicole sempre della Kodak « Ortho G », accoppiamento questo consigliato dalla casa produttrice, al fine di ottenere il massimo rendimento, cioè la miglior qualità dell'immagine con la minima esposizione.

Tali schermi di rinforzo all'ossisolfuro di gadolinio — rispetto ai tradizionali schermi al tungstato di calcio — associati alle pellicole « Ortho-G », possiedono una sensibilità ed una rapidità maggiori.

Ciò si traduce in pratica in diversi vantaggi:

- a) consente di ridurre i livelli di radiazioni, a tutto vantaggio dei pazienti;
- b) consente di utilizzare anche unità di piccola potenza;
- c) consente di ridurre il chilovoltaggio, aumentando così il contrasto nell'immagine;
- d) consente di ridurre il milliamperaggio,

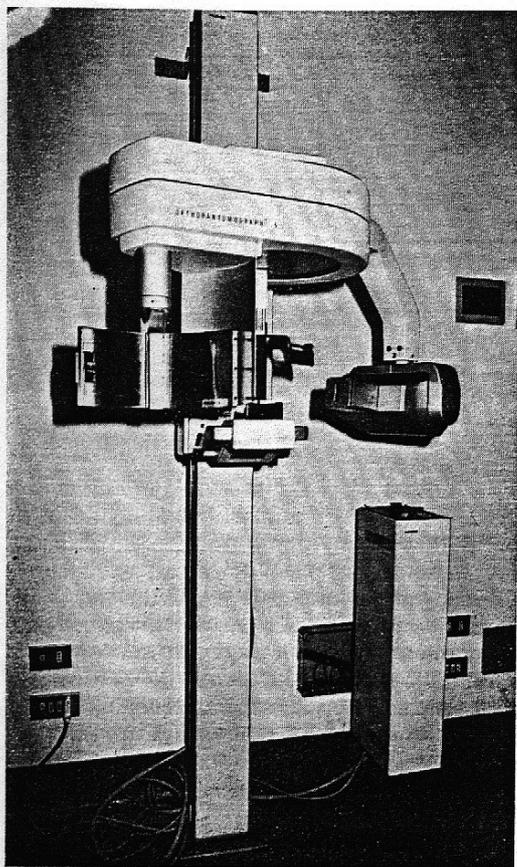


Fig. 9.

con il conseguente uso di una macchia focale ridotta a tutto vantaggio della definizione.

La metodica adottata è stata identica alla precedente ed identica è stata la procedura di lettura ed interpretazione dei dati dosimetrici ottenuti con i TLD.

Si è così ottenuto per il

cristallino destro	4,72 mrem
cristallino sinistro	0,88 mrem

I valori di irradiazione al cristallino nell'esecuzione di una teleradiografia latero-laterale destra, già molto bassi nel precedente rilevamento (33,7 mrem occhio destro; 8,7 mrem occhio sinistro) e ben lontani dai 15 rem: che rappresentano la dose minima che induce modificazioni irreversibili al cristallino, sono quindi stati ulteriormente ridotti — e in notevole misura — con l'utilizzazione di schermi e pellicole ad alto rendimento.

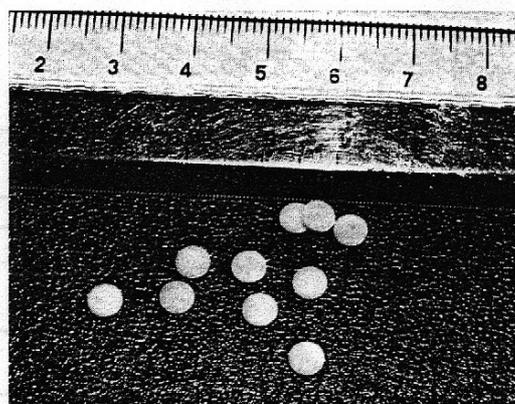


Fig. 10.

L'apparecchiatura utilizzata è l'ortopantomografo Rotograph della FIAD, con testa radiante Elin-Union tipo Elinax 90/20 da 85 kv (massimo) e 10 mA con filtro equivalente a 2 mm di Al; il tubo è un Comet tipo XL 90/0,08 con fuoco $0,8 \times 0,8$ mm (fig. 8).

Tale apparecchiatura radiogena è stata utilizzata come segue:

Rilevamenti eseguiti con schermi e pellicole tradizionali	Rilevamenti eseguiti con schermi a terre rare e pellicole più sensibili
(valori medi)	
75 kv	75 kv
0,6"	0,25"

È interessante notare che il tempo di esposizione scelto, determinato unicamente dal fattore qualitativo del radiogramma eseguito (nel senso che un tempo maggiore o minore causavano annerimento della pellicola con perdita di contrasto e definizione o rispettivamente sottoesposizione con immagine diafana e trasparente), è dell'ordine di circa 1/3 di quello necessario ad impressionare pellicole normali con schermi di rinforzo al tungstato di calcio.

Parallelamente alla riduzione dei tempi di esposizione si ha una diminuzione dell'irradiazione dei pazienti.

Ultimo lavoro eseguito in ordine di tempo è quello da noi condotto quest'anno sempre su piccoli pazienti (da 6 a 12 anni) di ambo i sessi sottoposti ai due più frequenti esami radiografici nella pratica ortodontica: la ra-

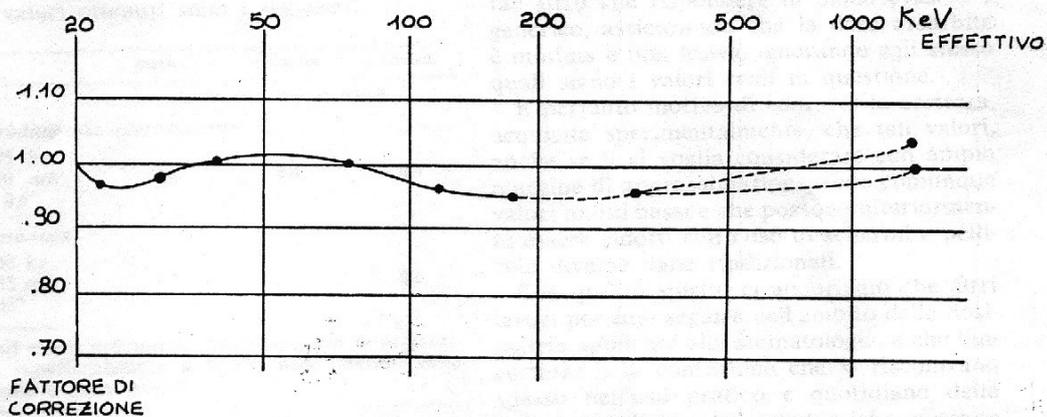


Fig. 11.

diografia panoramica e la teleradiografia in proiezione latero-laterale.

Nostra intenzione era ripetere l'indagine dosimetrica condotta nel 1978 con i films-badges utilizzando questa volta i dosimetri termoluminescenti TLD al fine di confermare o infirmare i risultati precedentemente ottenuti. Si è nuovamente lavorato con l'ortopantomografo modificato con l'apposito braccio portacefalostato della FIAD, modello Rotograph, già citato, con la stessa testata e lo stesso tubo utilizzato per i precedenti rilevamenti dosimetrici.

Caratteristiche tecniche: 85 kv massimi, 10 mA, fuoco del tubo $0,8 \times 0,8$ mm, 2 mm di filtro equivalente di Alluminio.

Per la radiografia panoramica si è lavorato con l'Orthopantomograph 5 della Siemens da 85 kv massimi, 15 mA, fuoco del tubo $0,6 \times 0,6$ mm, 1,2 mm di filtro equivalente di Alluminio (fig. 9).

Le pellicole utilizzate per la panoramica sono le Dupont Cronex 4 15×30 e per la teleradiografia le Fuji Medical 18×24 .

Gli schermi di rinforzo sono stati quelli tradizionali al tungstato di calcio. Non sono stati impiegati giubbotti o grembiuli di gomma piombifera.

I dosimetri TLD a LiF che abbiamo usato sono « chips » di diametro di 4,5 mm e 1 mm di spessore (fig. 10).

I rilevamenti sono stati eseguiti su 35 pazienti per ciascuno dei due esami ed i dosimetri sono stati posti in corrispondenza della colonna cervicale, dello sterno delle gonadi, esattamente come si era fatto per l'indagine

del 1978. I TLD sono stati inizialmente tarati per confronto con una camera a ionizzazione esponendoli al fascio di radiazioni dei due tubi; scopo di questa operazione era l'individuazione di un fattore di correzione dovuto alla diversa risposta in funzione dell'energia dei fotoni incidenti (fig. 11). Inoltre a parità di energia e di dose ogni singolo TLD ha una fluttuazione statistica attorno al valore vero.

I parametri che possono influenzare tali fluttuazioni sono svariati: la storia termica dovuta ai trattamenti precedenti, la diversa quantità di materiale, la quantità di « trappole » presenti, il processo statistico del passaggio degli elettroni attraverso i diversi stati energetici.

Allo scopo di minimizzare tali fenomeni sono stati utilizzati 3 TLD per ogni punto di interesse e gli stessi gruppi sono stati esposti in modo cumulativo sui 35 pazienti.

Ogni tripletta di dosimetri per poter essere applicata sul corpo dei pazienti ed utilizzata sempre nella stessa posizione veniva avvolta in una pellicola trasparente di Dompak su un margine della quale era applicata una striscia di cerotto.

Al termine dei rilevamenti giornalieri i dosimetri venivano riposti, con l'ausilio di una pressella per evitare il contatto con le dita, separatamente in capsule numerate simili a quelle utilizzate per i farmaci gastroprotetti.

Terminate le 35 esposizioni per la teleradiografia e le 35 per la panoramica si è proceduto alla lettura dei valori tramite procedimento precedentemente descritto.

I valori ottenuti sono i seguenti:

	Sterno	Colonna	Gonadi
(dose assorbita in mrem)			
<i>Teleradiografia latero-laterale</i>			
75 kv			
10 mA	2,5	9,4	0,4
0,6"			
<i>Panoramica</i>			
65 kv			
15 mA	1,7	1	0,6
15"			

Tali valori ottenuti si riferiscono alla dose assorbita superficialmente a livello dello sterno, della colonna e delle gonadi.

Come si può notare l'attuale indagine ci ha fornito valori mediamente un po' più elevati di quella precedente con dosimetri a pellicola; soprattutto la dose alla colonna per la teleradiografia risulta più elevata e la dose alle gonadi per la radiografia panoramica.

Tali dati, comunque, non sono da considerare di valore assoluto, anche se sono certamente attendibili ed indicativi, limitatamente però alle apparecchiature radiografiche impiegate e utilizzate come descritto.

La stessa metodica utilizzata potrebbe essere ulteriormente migliorata e sarà motivo di ricerca e lavoro per noi in un prossimo futuro per poter portare avanti, sistematizzando sempre meglio, l'affascinante discorso della dosimetria applicata alle indagini radiologiche ortodontiche.

Considerazioni conclusive

L'allarmismo e la prevenzione suscitati nel pubblico da certe campagne di stampa spesso gratuite e senza fondamento, nei riguardi della diagnostica radiografica, si possono combattere e vincere solo con l'utilizzazione sistematica dei più moderni strumenti che la scienza mette a disposizione del ricercatore nel campo della dosimetria, e con la più ampia divulgazione dei dati ottenuti.

Il presente lavoro è stato voluto e realizzato sotto lo stimolo indiretto di quei genitori cui è stata prospettata la necessità di sottoporre i figli agli accertamenti radiografici indispensabili per una corretta diagnosi ortodontica. Di fronte alla fatidica domanda: « Non faranno male al bambino queste radiografie? », lo stomatologo è inerme, e non può

far altro che rispondere in modo evasivo e generico, assicurando che la dose assorbita è minima e non lesiva, ignorando egli stesso quali siano i valori reali in questione.

E pertanto motivo di conforto la certezza, acquisita sperimentalmente, che tali valori, anche se li si voglia considerare con ampio margine di approssimazione, sono comunque valori molto bassi e che possono ulteriormente essere ridotti con l'uso di schermi e pellicole diverse dalle tradizionali.

Con questo spirito ci auguriamo che altri lavori possano seguire nell'ambito della dosimetria applicata alla stomatologia, e che l'incertezza e la confusione che si riscontrano spesso nell'uso pratico e quotidiano delle indagini radiologiche ortodontiche possano essere superate con adozioni di protocolli corretti dal punto di vista pratico, diagnostico e protettivo secondo il principio del massimo di informazione con il minimo danno.

Al presente lavoro hanno collaborato la Dottoressa Costa Giordana che ha raccolto il materiale da esaminare, la Dottoressa Silvia Anglesio e i Dottori Riccardo Ragone e Saverio Altieri della Sezione di Fisica Sanitaria distaccata presso la Divisione di Radioterapia diretta dal Prof. Sannazzari che lo hanno esaminato. A tutti il nostro ringraziamento per la preziosa collaborazione.

SUMMARY

P. Bracco: Dosimetric valuations about radiological routinary investigation in orthodontic practise. — The purpose of this work has been the verification of the entity of the human body definite areas during the execution of ordinary orthognatodontic radiological examinations by means of different dosimetric methods. Moreover we have investigated about the possibility of a dose-reduction using films and protection different from the traditional ones.

KEY WORDS. — Orthognatodontic radiological investigation - Dosimetric valuations in orthognatodontic radiology - Physical and medical safety in radiology.

[« Min. Ortognat. », 1, 51-64, (March) 1983 — P. Bracco: « Valutazioni dosimetriche circa indagini radiologiche routinarie nella pratica ortodontica »].

BIBLIOGRAFIA

- 1) Atoku S., Kinara T., Russell W. J., Beach D. R.: « Dose of critical organs from dental radiology ». Oral Surgery, 1976.
- 2) Becker K.: « Solid state dosimetry ». CRC Press Cleveland, 1973.

- 3) Benassi E., Juliani G.: « Elementi di radiologia medica ». Ed. Minerva Medica, 1977.
- 4) Bergstrom K., Jorulf H., Lofroth P.O.: « The eye lens. Some aspect of the radiation dose and protection of the patients and the personnel in pediatric radiology ». *Ann. Radiol.*, 1977.
- 5) Bracco P.: « Esami radiografici in preventivo-pedodonzia e preventivo-ortodonzia. Valutazioni dosimetriche ». *Dental Cadmos*, n. 5, 1980.
- 6) Busuoli G., Cavallini A., Pastremoli A.: « La valutazione pratica della dose di esposizione al paziente ed al personale della diagnostica radiologica mediante dosimetri e termoluminescenza ».
- 7) Cameron J. R., Suntharalingham N., Kenney G. N.: « Thermoluminescent dosimetry ». Univ. Wisconsin Press, Madison, 1968.
- 8) Casnati E., Scarpa G.: Rapporto CNEN RT/PROT (71) 16.1971.
- 9) Colangelo G.: « Radiologia ortodontica ». E.U.S., 1981.
- 10) Costa G.: « Accertamenti radiologici in preventivo ortodonzia e pedodonzia. Esami, tecniche, dosaggi ». (Tesi di Laurea in medicina e chirurgia, anno accademico 1977/78).
- 11) Ferraris R., Boltro E., Milani R.: « Dose assorbita dal cristallino nella tomografia dell'orecchio medio ». *J. Radiol. Electrol.*, 1977.
- 12) Kennedy G. N., Cameron J. R., Zimmermann D.: « Thermoluminescent dosimeter reading system ». *Rev. Scient. Instr.*, 1963.
- 13) Kels C.: « A study of thermoluminescent dosimetry ». *Radiology*, 1963.
- 14) Malsky S. J., Amato C. G., Roswit B., Spreckels C.: « A study of thermoluminescent dosimetry ». *Radiology*, 1963.
- 15) Merriam G.R., Focht E.F.: « A clinical study of radiation cataracts and the relationship to dose ». *Am. J. Roentgenol.*, 1957.
- 16) « Raccomandazioni della Commissione Internazionale per le Protezioni Radiologiche » (adottate il 17/1/1977). *Radiol. Med.*, vol. 64, gennaio 1978.
- 17) Romani A.: « Accertamenti radiologici in ortodonzia. Possibilità di ridurre i valori di esposizione mediante l'impiego degli schermi di rinforzo a terre rare ». (Tesi di specializzazione in odontoiatria e protesi dentaria, anno accademico 1978/79).
- 18) Rosso W.: « Valutazione della dose di esposizione al cristallino nella proiezione latero-laterale destra del cranio mediante dosimetri a termoluminescenza ». (Tesi di specializzazione in odontoiatria e protesi dentaria, anno accademico 1978/79).
- 19) Schmitt G., Ewen K.: « Aspects of radiation exposure of critical organs (gonads and lenses of the eyes) in X-rays diagnosis ». *Electromedica*, 1971.
- 20) S.I.R.M.N., Comitato per le Protezioni Radiologiche: « La protezione dei pazienti sottoposti ad indagini o terapie radiologiche ». Ed. Minerva Medica, 1966.
- 21) Upton A. C., Christenberay K. W., Melville G. S., Futh J., Hurst G. S.: « The relative biological effectiveness of neutrons, X-ray and gamma-rays for the production of lens opacities. Observation on mice, rats, guinea-pigs and rabbits ». *Radiology*, 1956.

[Indirizzo dell'Autore:

P. Bracco
Istituto Policattedra
di Clin. Odontostom. Univ. - Torino]