

Lezione tenuta dal prof. Giulio Ceresole in occasione del II Congresso Italiano di Radiologia Medica tenutosi a Genova dal 20 al 22 ottobre 1919. (ultima parte)

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

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

PROF. GIULIO CERESOLE
(Venezia)

La dosimetria in radiologia

Le questioni che oggi ci son poste sono le seguenti:

Come varia la sensibilità dei reattivi posometrici col variare della durezza dei raggi?

Che valore hanno le unità di misura create per i raggi molli e semiduri quando si usano per raggi ultraduri ?

Per il dosaggio biologico coi raggi ultraduri possono servire i dosaggi fisici ora in uso?

Per rispondere alla prima questione bisogna ricordare quali siano le leggi che reggono l'assorbimento da parte della materia dell'energia radiante in funzione della sua lunghezza d'onda.

Studieremo prima la questione riguardo ai metodi fotochimici.

L'assorbimento dell'energia radiante da parte della materia è retta da due principi che si integrano reciprocamente.

1.° - Quanto minore è la lunghezza d'onda di una radiazione e tanto meno questa viene assorbita dalla materia sulla quale viene a cadere.

Per questa legge la sensibilità dei dosimetri dovrebbe esser tanto minore quanto minore è la lunghezza d'onda dei raggi che li colpiscono.

Se ad esempio una pastiglia di platinocianuro di bario vira fino ad una data tinta con una quantità data di raggi di durezza 6 B, per virare alla stessa tinta con raggi di durezza 10 avrà bisogno di una quantità molto maggiore.

E fino a questo punto le conseguenze non sarebbero gravi in quanto che tale legge vale tanto per il dosimetro quanto per i tessuti del corpo umano e quindi se il dosimetro assorbe meno raggi anche i tessuti del corpo umano ne assorbono proporzionalmente minor quantità e l'errore viene in certo modo a compensarsi. (Però l'assorbimento di un dosimetro a peso atomico superiore a 24, sarà sempre maggiore di quello dei tessuti organici).

2.° - Ma le cose mutano grandemente in causa di un altro fattore.

I lavori di Barkla, Sadler etc. dimostrarono che la capacità di assorbimento per i raggi X di tutti i corpi a peso atomico superiore a 24 si modifica col crescere della durezza di questi raggi secondo la seguente legge «La capacità d'assorbimento diminuisce dapprima regolarmente per giungere al suo minimo colla durezza dei raggi che eccitano nel corpo in questione il suo irradamento secondario caratteristico, rimonta inseguito bruscamente e diminuisce di nuovo regolarmente dopo aver passato un certo limite».

La lunghezza d'onda assorbita selettivamente precede immediatamente la lunghezza d'onda

della radiazione K ed L di questo corpo; il che vuol dire che la radiazione assorbita selettivamente ha una lunghezza d'onda leggermente minore di quella della radiazione K o L emessa (legge Stokes).

I corpi che emettono irradiazione secondario molle (ferro, zinco, nichel, rame) presentano quindi modificazioni considerevoli nella loro capacità d'assorbimento con raggi molli, i corpi che emettono irradiazione secondario duro (argento, stagno etc.) presentano la stessa irregolarità coi raggi duri.

Ciò premesso, per rendersi conto dei possibili errori dei nostri quantitometri basati su azioni fotochimiche, basta pensare alla loro composizione chimica e confrontare gli elementi costituenti colla tabella di Barkla riguardante i dati sulla emissione dei raggi secondari di fluorescenza.

Gli elementi chimici che costituiscono le pastiglie per i dosimetri basati sull'effetto Villard sono platino, bario, carbonio, azoto, ossigeno, idrogeno. Gli ultimi quattro possono venir trascurati perché avendo peso atomico inferiore a 24 non emettono raggi secondari caratteristici e presentano un assorbimento regolare per tutti i gradi di durezza. Degli altri due elementi, platino e bario, il platino ha un assorbimento regolare per tutte le lunghezze d'onda praticamente usate in radioterapia. Il bario presenta invece un brusco aumento nel coefficiente d'assorbimento per i raggi duri.

Di conseguenza i quantitometri basati sull'effetto Villard devono essere inesatti nella dosimetria di quei raggi duri capaci di destare la radiazione di fluorescenza nel bario. Per questi raggi, daranno errore in meno: (la pastiglia indicherà una dose maggiore di quella realmente data).

Le cartine dosimetriche di Kienböck son costituite da gelatina, cloro, bromo, argento. I componenti della gelatina possono essere trascurati perché di peso atomico inferiore a 24.

Restano quindi l'argento, il bromo e il cloro; fra questi il più importante è l'argento che presenta un brusco aumento di assorbimento per i raggi duri, causa d'errore assai più marcata che non per il bario, questo quantitometro quindi dà indicazioni con enormi errori in meno per i raggi capaci di destare la fluorescenza dell'argento.

Queste sono le induzioni teoriche alle quali siamo condotti dallo studio delle leggi dell'assorbimento dei raggi X da parte della materia, Vediamo ora i risultati dell'esperienza.

Nogier e Bordier ritengono che il dosaggio col *platino cianuro* di bario sia praticamente esatto e che l'effetto biologico si svolga parallelamente all'intensità del viraggio.

Levy dichiara che il viraggio della pastiglia è ottenuto più rapidamente con raggi notevolmente duri.

Rosenthal asserisce che quanto più dura è l'irradiazione tanto meno agisce sui mezzi di misura. Usando raggi duri le cartine di Kienböck danno indicazioni assai diverse dalle pastiglie di *platino cianuro* di bario. Queste indicano quantità minori.

Grossman dimostra che le indicazioni del *platino cianuro* di bario e del Kienböck sono fallaci: tuttavia il primo è preferibile mentre il secondo è da rigettare.

Krause, Nemenoff, Schmidt sono dello stesso parere.

Agnes Savill sostiene che il viraggio delle pastiglie varia poco col grado di durezza dei raggi, salvo nei gradi estremi.

Holzknacht rifiuta assolutamente il Kienböck che falsa le dosi esagerandole specialmente

coi raggi duri. Questo difetto è comune alle pastiglie al *platino cianuro* di bario, ma in grado molto minore.

Kristien conferma che la pastiglia segna meno del Kienböch e nega l'asserto del Kienböch che i radiometri costituiti da un grosso strato di reagente (Sabourraud) virino più di quelli a strato sottile (Kienböck) anche nel caso dei raggi duri. La pastiglia è preferibile.

Kienböch stesso riconosce che le indicazioni dei due tipi di radiometri sotto concordanti solo per i raggi molli ma non lo sono più pei duri. L'errore può andare dal semplice al doppio.

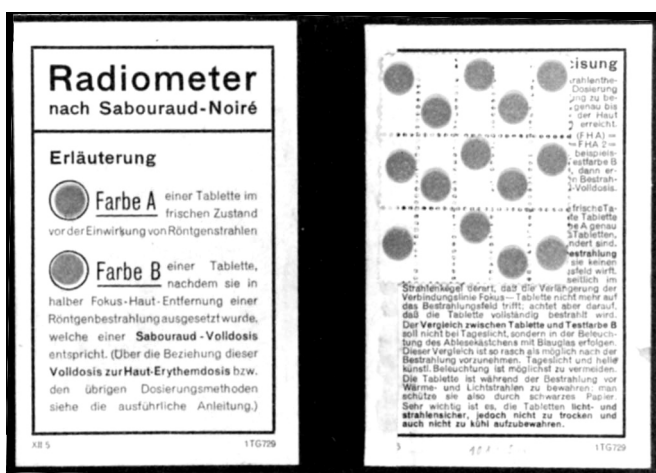
Levy Dorn e Schwarz rifiutano il Kienböch e preferiscono il Sabourraud sebbene non scevro d'errori.

Albert Weil è dello stesso parere.

Regaud e Nogier ritengono che raggi di quantità differente esercitano effetti differenti sul *platino cianuro* di bario.

SPEDER dimostra che il viraggio del platino cianuro di bario è più rapido con raggi molli che con raggi duri. Il giudizio dei più competenti radiologi adunque concorda in generate colle induzioni fisiche.

Nè il *platino cianuro* di bario nè il reattivo fotografico sono dosimetri fedeli, ma danno indicazioni erronee quando si tratta di raggi duri, però ciascuno in modo diverso.



Radiometro di Sabouraud - Noiré. Il radiometro consiste in un libretto contenente un certo numero di pastiglie di platinocianuro di bario (a destra dall'immagine). Sul lato sinistro in alto due dischetti con i colori di riferimento: il primo (Farbe A), rappresenta il colore delle pastiglie non esposte, il secondo (Farbe B) rappresenta il colore assunto da una pastiglia irraggiata con una dose equivalente a quella in grado di indurre epilazione. Per misure collegate a valori intermedi, si ricorreva ad un confronto ottico con vetri colorati a tinte diverse (tintometro di Lobivond. Tratto da R.F. Mould, "A Century of X-Rays and Radioactivity in Medicine")

Prendiamo ora in considerazione i quantitometri basati su effetti fisici.

a) Fluorometro di Guilleminot.

Abbiamo già dichiarato che quest'apparecchio è fisicamente bene immaginato. Infatti non risulta che la differente durezza dei raggi cimentati possa essere causa di erronei giudizi, e tanto più questo giudizio è retto, se si usa il primo modello col campione di radium, il quale è

Il platino cianuro di bario, coll'aumentare della durezza dei raggi, diminuisce progressivamente di sensibilità per effetto del minor assorbimento dei raggi corti, ma arrivando alle radiazioni più dure, la sensibilità si esalta in causa dell'assorbimento selettivo del bario.

Il reattivo fotografico invece si dimostra eccessivamente sensibile per i raggi duri e dà delle indicazioni false così da renderlo assolutamente inutilizzabile. Il platino cianuro di bario può invece essere considerato come un reattivo fedele, e praticamente utilizzabile. Questi fatti ci spiegano le enormi dosi di raggi che qualche autore tedesco che usava il Kienböck asseriva di aver somministrato in radioterapia ginecologica senza conseguenze spiacevoli.

un termine di confronto specialmente adatto alla valutazione dei raggi duri. Mentre i raggi molli agiscono in proporzione più che i duri sui reattivi chimici, i raggi duri hanno una azione proporzionale più intensa per destare la fluorescenza.

Questo strumento è notevolmente più preciso che non i precedenti: va fatta però una riserva per la misura delle lunghezze d'onda che eccitano la fluorescenza propria del bario. Non è quindi scevro da cause d'errore intrinseche.

b) Misure ionometriche.

Le ricerche di Barkla dalle quali risultò che i corpi a peso atomico inferiore a 24, non emettono raggi secondari caratteristici e presentano quindi un assorbimento regolare per tutti i gradi di durezza, ci danno ragione della grande esattezza delle indicazioni degli ionometri. Il reagente in tal caso è l'aria i cui elementi hanno peso atomico inferiore a 24.

Un'altra considerazione a favore della ionometria è che i tessuti molli del corpo umano sono costituiti quasi esclusivamente da elementi che hanno un peso atomico inferiore a 24; quindi il dosimetro la cui materia campione avrà pure un peso atomico inferiore a 24 darà le maggiori garanzie che la dose indicata come assorbita da quella è proporzionale alla dose superficiale assorbita dalla pelle.

Questo è precisamente il caso dell'aria.

L'aver eguale comportamento nell'assorbimento dei raggi X e un peso atomico molto vicino ha grande importanza, perché il potere ionizzante dei raggi è in relazione all'assorbimento da parte del gaz, quindi deve necessariamente dipendere dalla lunghezza d'onda in funzione della quale varia l'assorbimento e quindi la quantità di energia ceduta dalle radiazioni al gaz.

Infatti le ricerche di Beatty, Rutherford, Barnes etc. dimostrarono che è assai difficile assorbire completamente per ionizzazione una radiazione di elevato potere penetrante. Essendoci quindi analogia di comportamento tra la sostanza reattiva del dosimetro e i tessuti, le cause di errore saranno praticamente eliminate.

La ionometria a differenza di tutti i metodi di misura dei raggi X in uso può quindi essere considerata indipendente dal grado di durezza dei raggi, in quanto bisogna ritenere che lo sia anche il rapporto dei coefficienti di assorbimento dell'aria, dell'acqua e degli altri componenti le parti molli dei tessuti del corpo umano.

Secondo il Woltz perché la misura ionometrica sia assolutamente indipendente dal grado di durezza dei raggi, bisogna che abbiano un peso atomico inferiore a 24 non solo il gaz contenuto nella camera di ionizzazione (aria) ma anche il metallo che ne forma le pareti.

Da quanto abbiamo esposto si deve concludere che solamente i metodi ionometrici sono esenti da cause d'errore e rappresentano il solo mezzo veramente esatto per dosare una radiazione X indipendentemente dal suo grado di durezza.

*
* *

La seconda questione posta è:

Che valore hanno le unità di misura create per i raggi molli e semiduri quando si usino per raggi di alto potere penetrante?

In altre parole 5 H ottenute con un dosimetro (che supporremo scevro dalle cause di errore dovute all'assorbimento selettivo delle lunghezze d'onda che possono eccitare le irradiazio-

ni proprie del corpo) servendoci di raggi molli, corrispondono a 5 H ottenuti con raggi *ultra duri*?

Risponderemo richiamandoci nuovamente alle leggi che reggono l'assorbimento dei raggi da parte della materia. Da queste risulta che tale corrispondenza non può esistere perchè quanto minore è la lunghezza d'onda dell'irradiazione e tanto minore sarà la percentuale che ne assorbe il reattivo del quantimetro.

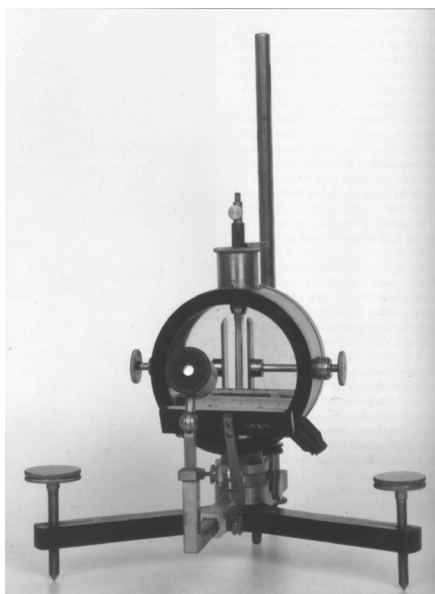
Quindi 5 H di raggi duri non corrispondono a 5 H di raggi molli, ma rappresentano una quantità di irradiazione notevolmente maggiore.

Neppure le misure ionometriche possono sottrarsi a questa legge. Infatti assorbendo anche l'aria minor quantità di raggi duri che non di molli, la stessa indicazione ionometrica ottenuta con raggi di differente potere penetrante non può rappresentare una quantità uguale, ma per i raggi duri starà ad indicare una quantità maggiore.

Colle misure ionometriche però si ha il grande vantaggio che la diminuzione di assorbimento avviene regolarmente in funzione della diminuzione di lunghezza d'onda, secondo una curva regolare.

Il Kienböck ritiene che fra la stessa dose segnata da un quantimetro con raggi molli o con raggi duri può esserci una differenza reale anche del triplo; 5 H coi raggi molto duri, effettivamente sono 10 o 15 H: vale a dire che per ottenere dal reattivo dosimetrico la reazione indicata come 5 H di raggi duri (meno assorbibili) occorre una irradiazione di quantità tripla; ne consegue che i raggi di qualità differente a dosi eguali esercitano sui reattivi effetti differenti.

Non possono quindi considerarsi uguali due dosi di raggi di qualità differente che producono lo stesso effetto sul dosimetro, ma se due irradiazioni hanno prodotto la stessa indicazione quantimetrica sotto lo stesso filtro pur essendo differenti entro limiti abbastanza vasti le condizioni di irradiazione, le due irradiazioni saranno identiche.



Splendido elettrometro per misure di radiazioni dotato di scala numerica e di microscopio di lettura (Elettrometro di Elster & Geitel, Museo di Storia della Fisica, Università di Padova).

Nel caso speciale del reattivo *platino cianuro* di bario, l'errore è molto più notevole, non tanto per l'assorbimento selettivo delle irradiazioni dure corrispondenti alla irradiazione propria del bario, quanto perchè essendo minore l'intensità del fascio che attraversa un grosso filtro è minore la quantità di raggi duri assorbiti, la durata dell'irradiazione si prolunga assai (coll'uso di filtri molto grossi può essere di un'ora e più) in tal caso l'autodeviraggio della pastiglia riduce assai l'effetto Villard e può anche annullarlo, dando come risultato la mancanza di indicazione della pastiglia e quindi la discordanza completa rispetto l'effetto biologico.

Questo comportamento della pastiglia si può mettere in evidenza anche coi raggi 6 B per i quali fu sempre usata, quando la quantità di irradiazione è così esigua da richiedere circa un'ora per ottenere la dose normale.

Molti anni fa ho potuto io stesso constatarlo quando ottenni la depilazione di un tricofitico usando la macchina elettrostatica. I raggi erano del n. 6B l'intensità

era di 1/2 decimo di m A. La durata della seduta era di un'ora e più e la astiglia non reagiva sebbene la caduta dei capelli indicasse raggiunta la dose 5 H.

Alcune esperienze da me eseguite confermano l'esistenza di questa causa d'errore. Ho istituito un confronto tra le indicazioni dell'ionometro e quelle della pastiglia usando filtri di alluminio di differente spessore e cioè 2 - 4 - 6 - 8 - 10 mm. di Al, prolungando l'irradiazione fino ad avere 4 *mega megaioni* sull'ionometro. Il tempo impiegato era, come si poteva prevedere progressivamente maggiore coll'aumentare dello spessore dell'alluminio e quando la dose di 4 *mega megaioni* segnata dal ionometro era raggiunta, si constatava che il viraggio della pastiglia diventava sempre meno intenso col crescere della durata dell'esposizione.

Questa diminuzione di reazione deve spiegarsi coll'autodeviraggio della pastiglia dovuto al prolungarsi eccessivo dell'applicazione, perché, se usando intensità maggiore si ottenevano i 4 *mega megaioni* in tempo più breve, la pastiglia appariva più virata e viceversa con esposizioni più lunghe per minore intensità usata.

Queste poche esperienze ancora inedite perchè non completate ci dicono che le pastiglie al platino cianuro di bario sono un mezzo di misura che non può servire per i raggi duri, contrariamente a quanto asseriscono alcuni autori francesi.

*
* *

Ed ora eccoci alla terza e più grave questione.

Come corrisponde la dosimetria fisica oggi esistente alle esigenze della dosimetria biologica conseguenti all'uso delle radiazioni ultrapenetranti?

Rispondiamo direttamente: non corrisponde più.

Quando i diversi autori studiarono e proposero i diversi quantitometri e le diverse unità, o riferirono direttamente la dose biologica alla reazione del quantitometro, vale a dire, crearono l'unità in base a una reazione biologica dovuta a raggi di una data durezza media, (Sabourraud, Holzkecht, Kienböck) seguendo un metodo scientificamente falso e inesatto ma praticamente utile; oppure riferirono l'azione biologica ad una grandezza, ben definita (Bordier, Guilleminot).

Tanto in un caso come nell'altro la scelta delle unità e della dose andava di pari passo colla determinazione dell'effetto biologico. Oggi invece quell'unità e quella dose dovrebbero servire per raggi di diversa durezza, da quelli per la quale furono create, di azione biologica ben differente.

Questo è il punto capitale della questione. I raggi di grande durezza di cui ci serviamo oggi hanno azione biologica diversa da quelli poco penetranti usati nel passato e la differente lunghezza d'onda porta con sè differente azione biologica. L'azione flogogena dei raggi molli è scomparsa lasciando il posto all'azione elettiva.

Di conseguenza non è più possibile riferire la dosatura dei raggi ultra penetranti, ad una dose basata sull'azione flogogena dei raggi molli della quale sono quasi sprovvisti.

A complicare la questione sorgono le nuove vedute sul modo di azione dei raggi. Mentre fino a poco tempo fa si riteneva che agissero in funzione della quantità assorbita dai tessuti, teoria sostenuta strenuamente da Guilleminot ancor oggi, ora valenti radiologi la ritengono dovuta solo parzialmente all'energia assorbita, ma principalmente a fatti di risonanza de-

nella materia, teoria che va prendendo sempre maggior piede. È doveroso ricordare che forse il primo ad enunciare un'idea di questo genere fu il nostro Maragliano, il quale ancora dodici anni fa al congresso internazionale di fisioterapia a Roma, così si esprimeva «Basandomi in ricerche sperimentali, parmi che l'azione biologica dei raggi dipenda non solo dalla quantità di raggi assorbiti dai tessuti, ma anche in parte dalle radiazioni che li attraversano.»

Queste nuove vedute e le moderne direttive della terapia hanno prodotto uno sconvolgimento nei criteri dosimetrici. La mancanza di un posometro adatto e ancor più la minore sensibilità degli elementi cutanei all'azione dei raggi *ultra duri* la quale consente una maggiore ampiezza nei limiti delle applicazioni radioterapiche grazie alla debole azione flogogena, hanno condotto al nichilismo dosimetrico i radioterapisti, che sono ritornati ai metodi dei primi tempi, quando il dosaggio quantitativo si faceva in base alla durata dell'irradiazione e al milliamperaggio e il qualitativo colla scintilla equivalente.

Ho voluto fare un'inchiesta fra i nostri colleghi e i risultati furono che la maggior parte non adoperava più alcun dosimetro, limitandosi a misurare la lunghezza della scintilla equivalente, a leggere il milliamperometro e a tener conto della durata dell'applicazione.

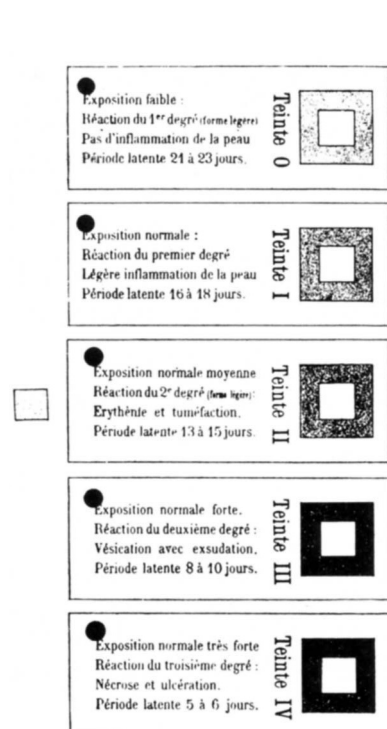
Qualche altro usa ancora tarare il rendimento della sua ampolla con una pastiglia di *platino cianuro* di bario sotto filtro.

Infine qualcuno si serve della pastiglia in modo paradossoso: quanto meno vira la pastiglia e tante più i raggi cimentati sono duri e adatti alla terapia profonda.

Una comunicazione di speciale interesse mi fu fatta dal collega Fiorini di Cremona.

Con un tubo Coolidge di 25 a 27 cm di scintilla equivalente, due milliampères, sotto filtro di 7 mm. di alluminio, con due ore di posa, poté provocare la caduta dei peli sul dorso di un coniglio senza apprezzabile lesione della pelle, mentre la pastiglia applicata sulla pelle stessa non virava o virava in modo non apprezzabile.

Dopo due mesi il pelo rispuntava.



Pure senza reazione apprezzabile ebbe la caduta dei peli della barba di un vecchio irradiato per epiteloma della mucosa orale. La caduta dei peli cominciò dopo 20 giorni circa dall'inizio della cura, dopo aver ricevuto sotto filtro di 7 mm. di alluminio alla distanza di 12 cm. con 1 1/2 2 m A., e scintilla equivalente di 22-30 cm. 3 1/2 ore di irradiazione.

Cromoradiometro di Bordier. Una scala di colori (Tinte) da 0 (in assenza di esposizione) a IV, correlate agli effetti biologici rilevati e valutati con altri metodi (Kienboch in particolare). Presumibilmente la parte sensibile era il piccolo quadrato centrale il cui colore, assunto in seguito ad irraggiamento veniva confrontato con il suo bordo. La tinta I (giallo-verde pallido) corrispondeva ad una dose di raggi X in grado di produrre epilazione 20 giorni dopo l'esposizione; la tinta II (giallo-zolfo) corrispondeva a forti reazioni eritematose con tumefazioni; la tinta III (giallo arancio scuro, color "gamboge") corrispondeva ad una dose in grado di produrre lesioni di secondo grado al derma. La tinta IV corrispondeva ad una dose elevatissima ottenuta sperimentalmente irraggiando con radium a brevissima distanza (1mm) per una settimana. Ovviamente non doveva mai venire erogata sulla pelle. (Tratto da R.F. Mould, "A Century of X-Rays and Radioactivity in Medicine").

La pastiglia di Bordier sulla pelle, dopo 3 1/2 ore segnava la tinta I.

Questo individuo ebbe complessivamente 24 ore di irradiazione sulla guancia senza presentare altra reazione che la caduta dei peli.

Viceversa in un'altra persona alla quale il Fiorini aveva dato circa 4 ore di irradiazione nelle stesse condizioni per fibroma uterino, non avendo apprezzabile viraggio della pastiglia, comparve in corrispondenza di una delle zone irradiate del ventre una radiodermite di 2° grado, mentre le altre zone non presentarono alcuna reazione. Trattavasi però solo apparentemente di una radiodermite di 2° grado, perciò guarì perfettamente in una diecina di giorni.

Un fatto simile di discordanza fra le pastiglie e l'effetto si può avere col radium.

Un preparato contenente 0,006 di radium puro può dare l'eritema alla faccia anteriore dell'antibraccio in 5 minuti, mentre il viraggio della pastiglia alla dose normale avviene solo in 4-5 ore. Anche Freund aveva già osservato la caduta dei capelli coi raggi talmente duri da essere praticamente considerati inassorbibili.

Ho voluto io stesso iniziare una serie di esperienze in quest'ordine di fatti. Come reagente biologico ho scelto il bulbo pilifero; come metodi di misura fisica ho adoperato contemporaneamente la pastiglia di Bordier e l'ionometro di Szilard. Le costanti dell'applicazione erano: 28 a 30 cm. di scintilla equivalente (14 B sotto filtro), filtro di alluminio di 10 mm.; circa 1 m. A; distanza dell'anticatode alla pelle 15 cm. Pastiglia di Bordier e camera di ionizzazione sotto filtro.

I risultati ottenuti da una prima serie di esperienze finora eseguite furono i seguenti:

Depilazione ottenuta dopo circa un'ora e mezza di irradiazione, la pastiglia di Bordier segnando un po' più di 0, mentre l'ionometro indicava 8 *mega megaioni*, cioè 9 H circa.

Da queste esperienze si può dedurre:

1° - Che per la caduta dei peli occorrono di raggi duri 14 B quasi la doppia dose fisica di quelli n. 6.

2° - Che mentre la pastiglia di Sabourraud segnava poco più di 3 H l'ionometro ne segnava 9 circa, enorme differenza che va spiegata come dipendente non esclusivamente da una minore sensibilità per i raggi duri del *platino cianuro* di bario ma anche e forse principalmente come conseguenza dell'autodeviraggio il quale predomina sul viraggio in causa della lunga durata dell'irradiazione.

3° - Che la dose biologica espressa con le antiche unità usate per i raggi molli non è più riferibile alla dose biologica per i raggi duri.

4° - Che l'ionometro è il solo mezzo di misura fisica adatta per raggi duri mentre le indicazioni della pastiglia non sono più attendibili.

Per ragioni indipendenti dalla mia volontà non ho potuto ulteriormente sviluppare queste esperienze che promettono già risultati degni di nota.

Quelle già compiute ci dimostrano che in fatto di dosimetria coi raggi ultra duri abbiamo tanto da rifare.

Dobbiamo ricercare dapprima la sensibilità dei vari elementi istologici normali e patologici ai raggi di vario potere penetrante con speciale riguardo alla gamma degli ultra duri e riferirla ad un fenomeno dosimetrico ben determinato.

Come fenomeno dosimetrico di riferimento io credo che per lo studio delle radiazioni dure non ci sia scelta, e che si debba servirci sempre di dati ionometrici, nessun altro metodo con-

sentendoci l'esattezza e la regolarità delle indicazioni degli ionometri.

Resta inteso che col ionometro possiamo solamente avere un dato di riferimento della dose assorbita, ma nessuna indicazione riguardo i fatti di risonanza, per i quali presentemente non disponiamo di mezzo alcuno. Comunque, ripeteremo associandoci pienamente alle vedute del Grossmann che per la determinazione inappuntabile della dose assorbita nei tessuti molli dell'organismo umano, debbonsi impiegare soltanto sostanze i cui elementi costitutivi abbiano piccolo peso molecolare; ciò perché solo queste sostanze presentano assorbimento di energia di raggi proporzionale a quello dei tessuti del corpo umano con raggi dotati di qualsiasi potere di penetrazione. A tale precetto corrisponde il dosimetro ionometrico, potendosi ammettere con tutta probabilità che la ionizzazione dell'aria prodotta dai raggi X nell'intero campo spettrale di essi, quale si ha in pratica, è proporzionale all'energia dei R. X. assorbita dall'aria.

Pertanto i dati dell'ionometro costituiscono misura positiva della ricercata dose di raggi. L'uso poi dell'ionometro sembrami tanto più indicato ora che l'azione biologica dei raggi è ritenuta dipendente da un fatto di ionizzazione. Tanto nel reattivo ionometrico che nel tessuto si avrebbe un fenomeno della stessa natura.

La ricerca della sensibilità dei vari elementi istologici rispetto ai raggi di varia lunghezza d'onda ci riconduce alla famosa questione della *dose biologica* per stabilire la quale parecchi studiosi hanno lavorato.

Ricorderemo Meyer e Ritter che ancora nel 1913 proposero una dose *biologica normale* basandosi sull'azione specifica dei raggi X N.º 5 B. W. sui tessuti linfoidei del topo: questa dose corrisponderebbe a 30 X.

Russ che tentò di determinare la quantità di raggi necessaria per produrre l'arresto dello sviluppo dei tessuti tumorali «essendo necessario per la terapia profonda che l'unità di misura esprima la varia sensibilità delle cellule neoplastiche alle radiazioni e precisamente corrisponda alla quantità di radiazioni necessarie per distruggere tali cellule.»

Le ricerche dell'autore furono dirette a stabilire la quantità delle varie radiazioni necessaria ad ottenere la distruzione di cellule neoplastiche in tumori sperimentali del topo.

E finalmente vengono i lavori importantissimi del Ghilarducci il quale in base alla costanza delle alterazioni osservate sulla mucosa dello stomaco dei giovani conigli ai quali sia stata somministrata della pappa di bismuto prima dell'irradiazione con raggi duri, proponeva già nel 1916 una *unità biologica di misura dei raggi* per la terapia profonda analoga alla dose dell'eritema per la terapia superficiale: «la dose minima efficace per la terapia profonda sarebbe quella capace di provocare in un coniglio da 850 a 1000 grammi una gastrite ulcerosa».

Nel suo recentissimo e dottissimo lavoro poi conclude che la varietà e gravità degli effetti osservati (azione elettiva, flogogena e distruttiva), il loro rapporto precisato colle varie qualità delle radiazioni da un lato, e dell'altro la varia localizzazione sugli elementi istologici componenti la parete dello stomaco in rapporto anche questo colle varie qualità delle radiazioni, offrono un campo assai più vasto di studio e di esperimenti e ricco di dati coi quali poter stabilire vari tipi di unità di misura biologica le quali potranno in seguito esser armonizzate colle varie esigenze della radioterapia.

«Così se si vogliono azioni circoscritte ma profondamente distruttive prenderemo come unità di misura biologica, l'energia radiante necessaria a produrre nello stomaco del coniglio l'ulcera e specialmente l'ulcera perforante.

«Se si credono più utili azioni flogistiche e necrotiche molto estese si sceglierà come unità

biologica di misura l'energia radiante necessaria a produrre la radiogastrite.

«Se infine si vuol trar profitto dall'azione elettiva sugli epiteli (senza effetti flogistici e distruttivi) sceglieremo come unità biologica l'energia radiante necessaria a produrre nello stomaco del coniglio degli epiteli».

Queste dosi biologiche proposte dal Ghilarducci meritano la maggiore considerazione perchè col loro mezzo siamo sulla via di raggiungere quel dosimetro biologico (basato direttamente sulla conoscenza precisa del valore di radiosensibilità delle varie cellule, però per poter essere di pratica utilità devono essere riferite ad una unità fisica (nel caso speciale ionometrica) altrimenti ci si troverebbe nelle stesse condizioni come voler dosare un medicamento chimico dal suo effetto biologico senza riferirci ad una quantità metrica. Secondo il Grossmann il concetto puro di «dose biologica» non ha valore pratico perchè tale dose sfugge alla misurazione e perchè se pur fossero definibili, le dosi biologiche nei diversi casi di applicazione dovrebbero desumersi da un principio empirico, così come le dosi «fisiche» atte ad ottenere i voluti effetti terapeutici si derivarono da dati empirici.

Gli interessanti lavori di Lédoux - Lèbard e Deauviller, ci fanno intravedere un felice avvenire per la tecnica radioterapica, profetizzando l'uso di tubi di tipo Coolidge a irradiazione omogeneo, lunghezza d'onda invariabile, basati sulla irradiazione secondaria omogenea dei vari metalli, che ci consentirà di raggi di durezza assai prossima a quella del radium, alimentati dalla corrente continua di un condensatore.

Con questo tipo di ampolle si potrà forse campionare un apparecchio di misura per l'effetto fisiologico di una data riga spettrale o della sovrapposizione di diverse righe spettrali e quindi la dosimetria si ridurrà ad una semplice valutazione di tempo.

In attesa però di questa età dell'oro della radioterapia conviene provvedere per un dosaggio fisico e biologico per i raggi di grande potere di penetrazione la cui necessità si impone perchè cominciamo ad aver notizie di accidenti tardivi abbastanza gravi dovuti ad irradiazioni di questa natura.

Per il dosaggio fisico dobbiamo servirci degli ionometri.

Per il dosaggio biologico dovremo cercare la sensibilità di ogni elemento istologico per ogni durezza di raggi servendoci eventualmente di raggi secondari omogenei.

Mi si obietterà che ammettendo l'azione di risonanza ci manca il modo di dosarla.

Però se, come pare, questa va di pari passo colla quantità assorbita, conoscendo il valore di uno dei due fattori, quello dell'altro può essere in tal caso trascurato.

Le poche esperienze che ho potuto istituire ci hanno dato un'idea di quello che potrebbe essere per una data durezza di raggi rispetto al bulbo pilifero la dose biologica e la sua rappresentazione fisica.

Vorrei ora fare una proposta al Congresso ed è questa:

Mi sembrerebbe che nella valutazione fisica e biologica dei raggi di grande penetrazione ci si potrebbe riferire come unità di misura ai raggi gamma del radium.

Trattandosi di irradiazioni molto penetranti, la somiglianza nel comportamento fisico e biologico è rimarchevole e si avrebbe il vantaggio di riferirci sempre a valori costanti.

Recentemente il collega Mazzoni a Firenze ottenne la depilazione servendosi dei tubetti di radium da terapia profonda; questa ad esempio sarebbe la via per stabilire la dose biologica per il bulbo pilifero per i raggi della massima durezza.

Delbet, Herrenschmidt, Mocquot sulla mucosa gastrica del cane sottoposta direttamente ai raggi *ultra penetranti* del radium ottennero alterazioni simili a quelle ottenute dal Ghilarducci coi raggi *ultra duri* e bismuto.

Ecco la via per poter riferire ad un valore preciso un'altra dose biologica.

Prevedo già che qualche collega mi obietterà che si conoscono alcuni fatti provanti che non esiste identità biologica assoluta fra raggi X e radium. Coi mezzi odierni si possono somministrare ai tessuti profondi quantità enormi di R. X ma i risultati non corrispondono a quelli dati dalle quantità molto inferiori delle sostanze radioattive.

L'obiezione ha il suo valore: tuttavia io ritengo che esista meno differenza di azione biologica fra i raggi X durissimi ed il radium ege fra un fascio X di raggi molli ed uno di raggi ultra-duri e tutta via i radiologi continuano a riferirsi nei dosaggi dei raggi duri ai valori creati per i raggi molli.

Io ho fatto una proposta, veda il Congresso se crede di appoggiarla.

Notizie dal CD ...

Lo scorso 15 febbraio si è conclusa a presso la sede di Villa Gagnola a Gazzada (VA) la verifica di mantenimento della certificazione ISO 9001:2008, effettuata dal personale dell'ente certificatore DNV Italia, relativamente all'attività di "Progettazione ed erogazione di eventi formativi in ambito ECM" della nostra Associazione. La verifica aveva avuto inizio in occasione dell'evento formativo "La Radioprotezione dei lavoratori e della popolazione: aspetti connessi alle attività sanitarie" svoltosi a Villa Olmo nei giorni 11-13 novembre 2009.

L'esito della verifica è stato positivo. I certificatori hanno accertato che il Sistema di Gestione per la Qualità dell'Associazione risulta ben implementato e conforme alla normativa di riferimento e hanno riconfermato la bontà della tabella degli indicatori utilizzati per il monitoraggio dei processi realizzativi aziendali. Nel corso della verifica sono solo state fatte alcune osservazioni in merito al contenuto delle locandine. Il Sistema, come documentato e applicato, soddisfa pertanto le condizioni necessarie per formulare la proposta di conferma di validità e di riemissione della certificazione.

Il CD intende ringraziare tutti coloro che, a titolo volontario, hanno reso possibile il raggiungimento di questo importante risultato.