

Dosimetrie van Heelligaamsbestraling met Elektrone vir die Behandeling van Mycosis Fungoides

J. C. BOTHA, J. C. KOK, J. DUVENAGE, P. C. MINNAAR, J. D. ANDERSON

SUMMARY

A six-field method for whole-body radiation with 3,4 MeV electrons obtained from a Mevatron 8 linear accelerator, is described. The physical properties of the electrons are given, and a method is described whereby the whole-body isodose distributions can be predicted during whole-body irradiation.

S. Afr. Med. J., 48, 2479 (1974).

Mycosis fungoides, in sy verskillende vorms met wydverspreide infiltrasie van die vel, is 'n ontstellende siekte. Heel of gedeeltelike bestraling van die vel lewer in baie gevalle groot verligting aan pasiënte.¹⁻⁵ In sommige gevalle waar normale dermatologiese behandeling met steroïede en/of sistostatika nie suksesvol is nie, kan 'n poging aangewend word om eksfoliatiewe dermatitis te beheer met heelligaamsbestraling.¹⁻³

In enige tegniek vir heelligaamsbestraling is daar twee oorwegings: dat slegs die vel bestraal word en dat die area so egalig as moontlik bestraal word. Om dit te bereik is dit nodig om elektrone met energieë van 2 - 4 MeV te gebruik. Die diepteprofiel van die straling bestraal die vel doeltreffend en neem baie vinnig af, sodat die onderliggende weefsel en hemopoïetiese stelsel nie oormatig bestraal word nie.⁴ Afb. 1 toon die relatiewe dieptedosisse en die ooreenkoms tussen elektrone en sagte X-strale.

Die X-strale opgewek deur spannings wat varieer van 50 tot 90 kV is nie geskik vir heelligaamsbestraling nie, omdat die stralings òf te oppervlakkig is, òf te diep binnedring. Die voordele van die elektronbundel is duidelik. Daar is 'n plato wat aanvanklik redelik plat is en dan vinnig na nul afneem.

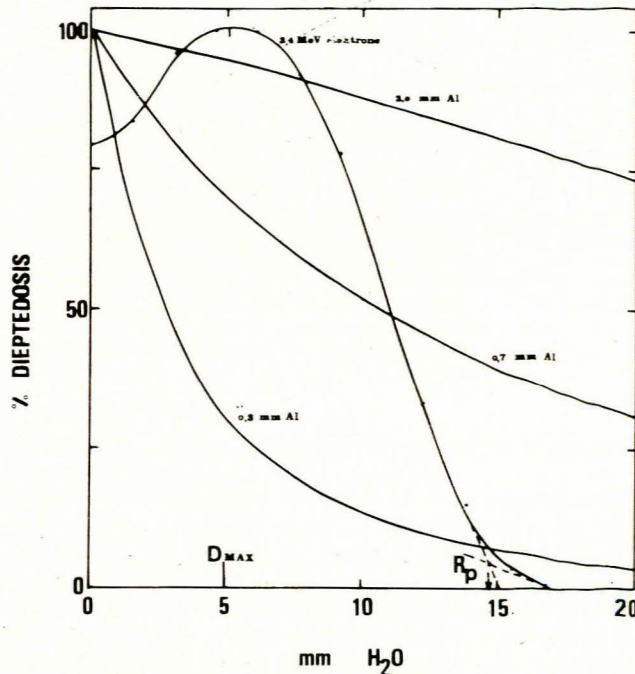
Department Biofisika, Universiteit van die Oranje-Vrystaat, Bloemfontein

J. C. BOTHA
J. C. KOK
J. DUVENAGE
P. C. MINNAAR, D.SC.

Departement Radioterapie, Universiteit van die Oranje-Vrystaat en Nasionale Hospitaal, Bloemfontein, OVS

J. D. ANDERSON

Ontvangsdatum : 26 Augustus 1974.

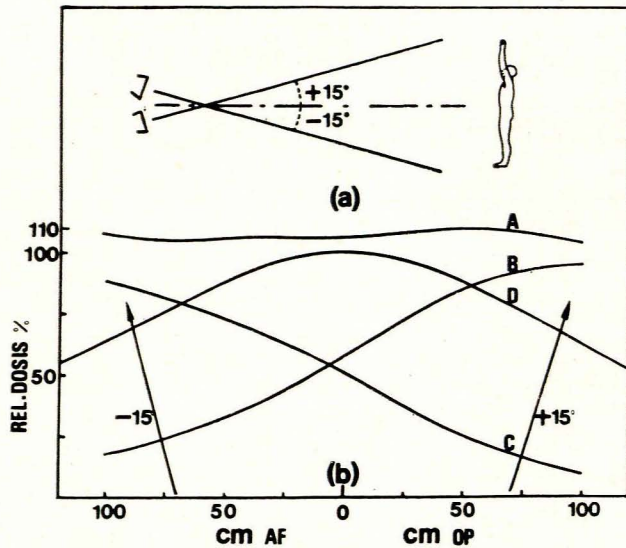


Afb. 1. Die persentasie dieptedosis as 'n funksie van diepte vir verskillende tipes straling, nl. elektrone met 'n energie van 3,4 MeV en X-strale met 'n HVL van 0,3 mmAl, 0,7 mmAl en 3,0 mmAl.

FISIËSE EIENSKAPPE VAN DIE ELEKTRONBUNDEL

Die Applied Radiation Mevatron 8 lineêre versneller lewer elektrone met energieë van 4, 7 en 10 MeV, asook X-strale van 8 MeV. Die maksimum elektronveldgroottes is 25 cm² op 1 meter vanaf die fokus en die dosistempo 200 - 500 rads/minuut. Om heelligaamsbestraling te doen is dit nodig om 'n veldgrootte van 2 × 1 m te gebruik. Dit word verkry deur die pasiënt 5 meter vanaf die fokus te plaas. Die bundelprofiel op dié afstand is nie plat nie (Afb. 2) en dus nie geskik vir bestraling nie.

Om die veld plat te kry is van die twee-veld metode van Stanford² gebruik gemaak. Die profiel van die twee skuinsvelde asook die resulterende som van die twee velde word in Afb. 2 aangetoon.



Afb. 2. Figuur (a) toon die wyse waarop die pasiënt bestraal word deur die versneller; (b) toon die relatiewe dosis soos in die vlak van die pasiënt gemeet. Kurwe D toon die bundelprofiel vir 'n enkele horisontale veld. Kurwes B en C toon die bundelprofiel vir die +15° en -15° velde respektiewelik, terwyl kurwe A die som is van kurwes B en C. Die kurwe A toon dat die resulterende veld 'n platheid het van ±2,5%.

Die velde word met hoeke van +15° en -15° vanaf die horisontale vlak na die pasiënt geskiet. Die afwaartse veld dra 'n relatiewe gewig van 0,9 ten opsigte van die opwaartse veld.

Die oorspronklike energie van die elektrone wat die versneller verlaat is 4 MeV maar soos die elektrone vanaf die versneller wegbeweeg, vind verstrooiing in die lug plaas en is die elektron-energie 'n funksie van die afstand vanaf die fokus van die versneller. Om die elektron-energie te bepaal is gebruik gemaak van 'n S. H. M. elektron-ekstrapolasie-dosimeter³ en van filmdigtheidsmetings. Die elektron-energie is bereken uit die formule:

$$E = \frac{R_p + 0,3}{0,52} \text{ MeV} \dots \dots \dots (1)$$

waar R_p die eindpunt van die elektrone is in terme van cm H₂O en verkry word soos in Afb. 1 aangetoon.

'n Lineêre regressie-analise toon dat die energie op 'n afstand r meter vanaf die versneller bereken kan word volgens die verband: $E_r = -0,16r + 4,23$, waar E_r die energie in MeV op r meter vanaf die fokus is.

Die dosistempo van die lineêre versneller is vir normale behandelingsmetodes veranderbaar tussen 20 en 500 rad/min. Vir heelligaamsbestraling word die primêre elektron-verstrooier uit die bundel verwyder en dan word 'n dosistempo van 2 500 rads/min verkry op 1 meter. Die dosistempo van die elektrone vanaf die fokus verander nie volgens die omgekeerde-kwadraatwet nie, maar wel volgens die verband:

$$D_r = D_1 \left(\frac{1}{r}\right)^n \dots \dots \dots (2)$$

waar D_1 die dosis op afstand 1 meter is en D_r die dosis op 'n afstand r meter vanaf die bron. Deur grafies log

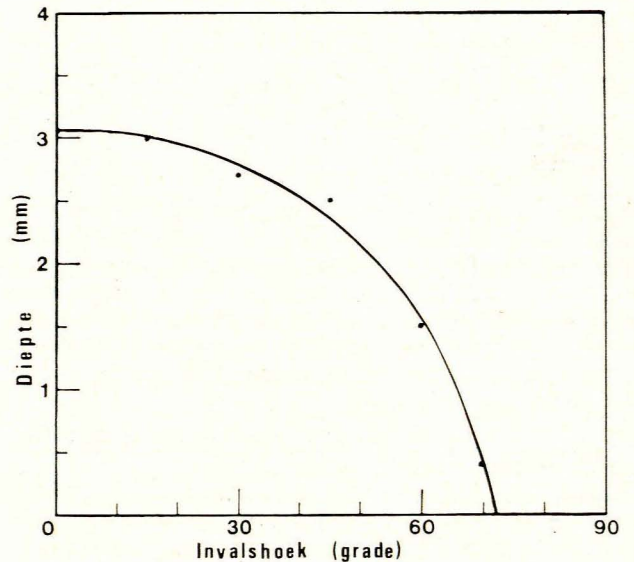
D_r teen log r te stip word 'n reguit lyn verkry met die volgende formule:

$$\log D_r = \log D_1 - n \log r \dots \dots \dots (3)$$

Deur 'n lineêre regressie-analise op die eksperimentele waardes te doen, is die volgende waarde vir n gevind: $n = 2,64$ met standaardfout $\pm 0,02$.

Die kalibrasie van die dosistempo is gedoen met behulp van 'n Baldwin Farmer substandaard dosimeter en die dosis word gespesifiseer op die diepte D_{maks} waar D_{maks} die diepte is waarby die elektron-opbou in die pasiënt 'n maksimum waarde bereik (sien Afb. 1).

'n Elektronveld wat loodreg op 'n oppervlak inval sal 'n maksimum opbou toon ongeveer 3-5 mm onder die oppervlak. Wanneer die hoek tussen die invalrigting en die invalsvlak minder as 90° is, verskuif die maksimum nader aan die oppervlak. Die verskynsel word in Afb. 3 aangetoon waar die maksimum dieptedosis aangetoon word as 'n funksie van die invalshoek.



Afb. 3. Die grafiek toon die verloop tussen die maksimum diepte en die hoek waarteen die straling die fantoom tref. By ongeveer 72° lê die maksimum direk op die oppervlak.

In wat volg sal aangetoon word dat die pasiënt met ses velde bestraal word. Bogenoemde verskynsel het dus tot gevolg dat 'n bepaalde punt met meer as een veld met verskillende invalshoeke bestraal word. Die dosis by die punt is die som van die bydraende velde en het tot gevolg dat die plato van die elektronveld nou vanaf oppervlak tot ongeveer 3-5 mm diepte strek.

VEILIGHEIDSASPEKTE EN VOORSORG-MAATREÛLS TYDENS ELEKTRONBEHANDELING

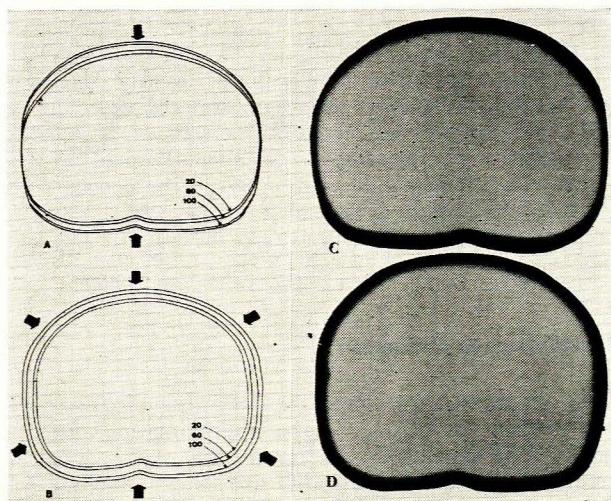
Aangesien die versneller geweldig hoë dosistempo's uitgee tydens heelligaamsbestraling, is die versneller voorsien van 'n spesiale sleutel sodat die primêre elektronabsor-

beerder nie tydens normale behandeling uit die bundel geneem kan word nie. Die dosistempo en totale gegewe dosis word deur die versneller gemonitor met 'n ingeboude dosiskamer en die totale dosis word ook by die pasiënt gemeet met behulp van 'n integreerende Philips-dosimeter wat by die pasiënt gemonteer word. Die dosimeter is in staat om die versneller af te skakel wanneer die verlangde dosis bereik is, indien die versneller se eie dosimeter en horlosie nie die versneller betyds afskakel nie. 'n Addisionele sekondêre emissie-kamer word gebruik om die versneller af te skakel wanneer die versneller die ingestelde dosistempo oorskrei.

'n Geskikte skerm word ook gebruik om die pasiënt se kop en oë af te skerm tydens bestraling om epiliasie en katarak te voorkom. 'n Dosis van 1 000 rad sal epiliasie tot gevolg hê, terwyl katarakvorming geïnduseer kan word deur 'n dosis van so laag as 'n paar honderd rad.

DOSISDISTRIBUTIE IN DIE PASIËNT TYDENS HEELLIGGAAMSBESTRALING

Daar is verskeie maniere om die pasiënt te bestraal: met twee opponerende velde, vier velde, of meer. Die studie het aangetoon dat 'n kombinasie van ses velde 'n baie homogene dosisdistribusie lewer. Die metode sorg ook dat daar nie versluisde areas op die liggaam as gevolg van afskerming deur ander liggaamsdele voorkom nie. Die ses velde word met 60° intervalle aangebring, soos in Afb. 4 (B) aangetoon is.



Afb. 4. (A) toon die isodosislyne vir twee velde soos gemeet op die romp van die Rando Alderson-fantoom; (C) toon die X-straal-film met die verswaring as gevolg van die elektrone; (B) toon die isodosislyne vir die ses-veldtegniek en (D) toon die ooreenkomstig-beligte X-straalfilm.

Die studie is gedoen met 'n Rando Alderson-fantoom. Die dosisdistribusie is gemeet deur film tussen die verskillende snitte van die fantoom te plaas. Die filmdigtheidsmeting is gedoen met behulp van 'n N. E. Radiological Densitometer Mk III met 'n ligbron van 1,5-mm deursnee. Afb. 4 (A) toon die dosisdistribusie wat verkry is vir twee opponerende velde en Afb. 4 (B) vir die ses-veld-metode vanaf die ooreenstemmende X-straal films, soos aangetoon in Afb. 4 (C) en (D) respektiewelik.

Om vooraf 'n berekening te maak van die dosis wat 'n pasiënt sal ontvang, is sirkelvormige wasfantome met verskillende radiusse met 'n enkele veld bestraal en die isodosislyne bepaal. Die vorm van die dosisdistribusie is soortgelyk aan die enkelveld wat inval van voor op die fantoom in Afb. 4 (A).

Die dosisverdelings word aangewend om die dosisdistribusie in 'n willekeurige liggaamsvorm te beskryf. 'n Sirkel met die geskikte straal word sodanig op die liggaamskontoer gelê dat die invalrigting van die bundel en dié van die veld op die sirkel ooreenkom. Die proses word ook vir die ander velde aangewend en rekenkundig gesommeer waar die velde mekaar oorvleuel. Uitstekende ooreenkoms is gevind tussen die berekende en gemete waardes.

TABEL I. TOTALE GEABSORBERDE DOSISSE

| Gegewe dosis | Totale dosis romp | Bobeen | Bo-arm | Pols | Vinger |
|--------------|-------------------|--------|--------|------|--------|
| 100% | 220% | 174% | 206% | 274% | 492% |

Aangesien sommige ledemate se deursnee vergelykbaar word met die penetrasiediepte van die elektrone, lewer 'n kombinasie van ses velde totale dosisse op die verskillende ledemate wat baie van mekaar verskil. Die dosisse is gemeet deur termoluminisente dosismeting. LiF-poeier is in kapsules in die heelliggaam-fantoom geplaas op die dosismaksima in die verskillende liggaamsdele. Die fantoom is toe met elektrone bestraal. Tabel I toon die dosisse wat die ledemate kry ten opsigte van die dosis op die romp wat as 100% geneem is. Dit is dus nodig om dunner liggaamsdele selektief af te skerm tydens bestraling om 'n homogene dosis te verkry. Die afskerming kan met perspex of wasplate van geskikte dikte verkry word.

VERWYSINGS

- Groelman, J. H., Bierman, S. M., Ottoman, R. E., Morgan, J. E. en Horns, J. (1966): *Radiology*, **87**, 980.
- Karzmark, C. J., Loevinger, R., Steele, R. E. en Weissbluth, M. (1960): *Ibid.*, **74**, 633.
- Smedal, M. I., Johnston, D. O., Salzman, F. A., Trump, J. G. en Wright, K. A. (1962): *Amer. J. Roentgenol.*, **88**, 215.
- Szur, L., Silvester, J. A. en Beevley, D. K. (1962): *Lancet*, **1**, 1973.
- Loevinger, R. (1953): *Rev. Scient. Instruments*, **24**, 907.