

## 全腦 放射線 照射時 角膜에 미치는 線量測定에 關한 研究

서울대학교 醫科大學 放射線科學敎室

金 麒 煥 · 朴 贊 一 · 姜 渭 生 · 朱 東 雲

— Abstract —

### Measurement of Radiation Dose to the Eye-Lens with Bilateral Whole Brain Irradiation

Ki Hwan Kim, M.D., Charn Il Park, M.D.,  
Wee Saing Kang, M.D., Dong Woon Choo, M.D.

*Department of Radiology, College of Medicine, Seoul National University*

In 40 pateints with metastatic brain tumor and acute lymphoblastic leukemia received whole brain irradiation, the dose delivered to the eyelens was measured using T.L.D. chips applied on the eyes as usual shield.

The dose to the eyelens was expressed the relative dose to the mid brain dose. Radiotherapy was administered using Co-60 teletherapy with bilateral whole brain irradiation.

The results are as follows:

1. The dose to the right eye from its incipient field is 16.6% of tumor dose while the dose to the same eye from the opposite field is 41.2%. On left eye, 19.2% from incipient field while 39.2% from the opposite field.
2. Total received dose to right and left eyes is 28.9%, 29.8% of tumor dose respectively.
3. Comparing lens shield group with orbit shield group received dose is 22.5%, 15.8% of tumor dose, respectively.
4. The dose delivered to the eyelens in ipsilateral side depends upon internal scattering, location of lead shield and penetrating dose of lead in itself. The dose in contralateral side depends upon divergency of radiation beam and patient's malposition.
5. The dose to the eyelens should be less than 10% of tumor dose with adequate shield, also not missing the chance of leptomeningeal recurrence because of overshielding.

### I. 緒 論

최근 각종 암치료에 있어서 併行療法으로 팔목할만한 치료율의 上昇이 관찰되고 있으며 특히 全身 방사선 照射治療 및 全腦放射線 照射治療가 중요한 治療方法으로 施行되고 있다. 특히 小兒癌에서는 治療率 上昇으로 인한 長期 生存者가 증가됨에 따라 치료후 장기간후에 발

생되는 後遺症에 대한 관심도가 높아지고 있다. 全身放射線 또는 全腦放射線 照射治療時 방사선으로 인한 白內障의 형성은 잘 알려진 후유증의 하나이다. 그러나 실제 치료시에는 적절한 眼窩部의 局所 遮蔽로 그치고 있으며 水晶體에 조사되는 방사선량에 대한 관심도는 결여되고 있다.

과거 Cogan<sup>16)</sup>, Upton<sup>20)</sup> 등이 동물실험으로 방사선에 의한 白內障 形成에 대한 보고가 있었고, Merriam<sup>13,14)</sup>

등이 模型을 사용하여 수정체가 받는 放射線량을 測定하였지만 아직까지도 실제 全腦放射線 치료시 角膜에 미치는 방사선량 측정에 관한 연구는 全無인 실정이다.

이에 著者들은 全腦 放射線 照射 치료시 兩側 각막에 조사되는 방사선량을 T.L.D (熱螢光線量計)를 사용하여 측정 관찰하여 다소의 知見을 얻었기에 이에 보고하는 바이다.

## II. 対象 및 方法

1979년 7월부터 9월까지 서울대학교병원 치료방사선과에서 Co-60 遠隔治療機를 사용하여 全腦 放射線照射를 받은 환자 40례에서 T.L.D (熱螢光線量計)를 사용하여 兩側 각막의 흡수선량을 측정하였다.

치료선량과 치료방법이 서로 다른 세 群의 환자로 分類하여 I 群은 轉移性 腦腫瘍의 환자로 자기 子宮頸部癌, 肺癌의 原發性 병소로부터 전이된 환자였다. 치료선량은 3000 rad로서 하루에 300 rad씩 10회 照射 治療하였다.

II 群은 제IV病期の 非 Hodgkin's 淋巴瘤腫으로 C.V.M.P. (cytoxan, vincristine, MTx, prednisolone)의 화학요법과 併用한 경우로 2400 rad를 하루에 200 rad씩 12日間에 걸쳐 全腦放射線 照射치료를 시행하였다. III 群은 急性 淋巴球性 白血病 小兒환자로 역시 화학요법과 함께 1800 rad를 매일 180 rad씩 전뇌 방사선 조사치료를 시행했다.

照射野의 크기는 두개골과 年齡의 差에 따라 20×15 cm로부터 22×17 cm까지였다.

治療方法은 환자가 침상에 모로 누운 상태에서 Co-60 遠隔治療로 兩側面 照射法 (parallel opposing technique)을 시행하였다. S.S.D.(線源皮膚間距離)는 80 cm이었다.

照射下緣은 眼窩上方部の 鎌狀皮膚皺襞 (epicanthus)와 乳狀突起의 尖端을 연결하는 線을 표준으로 하였다. 전이성 腦腫瘍時는 眼窩를 모두 遮蔽했으나, 急性 淋巴球性 白血病의 경우엔 蜘蛛膜下部의 재발을 막기 위해 가능한한 水晶體만 遮蔽하도록 유의했다. 遮蔽物은 5半減層인 5 cm 두께의 납을 사용했다. 환자의 치료부위의 정확성을 기하기 위해 일주일에 한번씩 r-gram을 撮影하였다.

T.L.D.(熱螢光線量計) chip은 환자가 눈을 감은 상태에서 上眼瞼에 부착하였다. T.L.D.chip의 크기는 3 mm×3 mm 두께는 1 mm로 被暴 즉시 관독기(Thermoluminescent Dosimeter Reader Victoreen 2800)를 사용하여 被暴線량을 측정하였다.

## III. 結 果

전뇌방사선 조사시 수정체에 피폭된 방사선량은 I 群에선 照射野 同側일 때 18.3 rad, 23.7 rad로 중심선량의 12.2%, 15.8%로 측정되었다 (Table I, II). 그

Table I. Average absorbed dose.

Group	No. of Cases	Total Tumor Dose (rad)	Daily Tumor Dose (rad)	Rt beam(rad)		Lt beam(rad)		Total(rad)	
				Rt.	Lt.	Rt.	Lt.	Rt.	Lt.
I	18	3,000	300	23.7	75.9	52.6	18.3	76.3	94.2
II	12	2,400	200	16.4	39.7	36.0	18.7	52.4	58.4
III	10	1,800	180	16.9	24.5	47.3	24.0	63.0	48.6

\* Group I. Metastasis to brain II. Lymphoma(stage IV) III. Acute Lymphocytic Leukemia.

Table II. Percentage of absorbed dose related with tumor dose.

Group	No. of Cases	Total Tumor Dose (rad)	Daily Tumor Dose (rad)	Rt beam(%)		Lt beam(%)		Total (%)	
				Rt	Lt	Rt	Lt	Rt	Lt
I	18	3,000	300	15.8	50.6	35.1	12.2	25.4	31.4
II	12	2,400	200	16.4	39.7	36.0	18.7	26.2	29.2
III	10	1,800	180	17.5	27.3	52.5	26.6	35.0	27.0
Average percentage of absorbed dose				16.6	39.2	41.2	19.2	28.9	29.8

Table III. Total absorbed dose (rad)

Group	No. of Cases	Total Tumor Dose(rad)	Daily Tumor Dose(rad)	Rt eye	Lt eye
I	18	3,000	300	762	942
II	12	2,400	200	628	701
III	10	1,800	180	630	486

려나 反側일 때는 左右眼에서 52.6 rad, 75.9 rad로써 각기 중심선량의 35.1 %와 50.6 %의 높은 吸收線량이 側定되었다. 全吸收線량도 예상외로 높아 右眼이 76.3 rad, 左眼이 94.2 rad로써 중심선량의 25.4 %, 31.4 %이었다.

淋巴腫인 III群도 비슷한 소견을 보여 照射野 同側은 치료선량의 18.7 %, 16.4 %, 反側에선 39.7 %, 36.0 %로 측정되었다. 全吸收線량은 左右에서 29.2 %, 26.2 %를 보였다.

急性 淋巴球性 白血病인 III群에서도 同側인 경우 左右 角膜의 吸收線량은 중심선량의 26.6 % 17.5 %인데 반하여 反側일 때는 27.3 %, 52.5 %를 보였다.

세 群을 평균해본 결과 照射野 同側일 때 角膜의 吸收線량은 左右에서 19.2 %, 16.6 %인데 반해 反側일 때는 39.2 %, 41.2 %를 나타내어 거의 20 %에 상당한 차이를 보였다.

平均 吸收線량은 左右 29.8 %, 28.9 %의 비슷한 소견을 보였으나 예상보다 많은 결과를 나타냈다. I群에서 처럼 全治療線량이 3000 rad인 경우 左右眼에 받는 선량은 942 rad, 762 rad가량의 높은 被暴值를 보이게 된다 (Table III). 그러나 III群에서와 같이 치료선량이 1800 rad에 그치는 경우엔 左右眼의 被暴線량은 각기 486 rad, 630 rad가 된다.

Merriam등이 보고한 결과에 따르면<sup>13)</sup>, 上記 角膜의 吸收線량은 백내장을 충분히 일으키는 수준에 이르게 된

다. 또한 Brown 등의 보고와 비교해도<sup>2)</sup> 前上 眼組織에 충분한 後期 合併症을 초래할 수 있다.

眼窩全體를 차폐한 I, II群과 水晶體만 차폐시킨 III群을 照射野 同側에서 비교하면 I, II群에선 치료선량의 15.6 %, 16.1 %를 나타내나 III群에선 26.6 %, 17.5 %의 결과를 보여 약 6.7 %의 差異로 의미있는 결과를 발견하지 못했다 (Table IV).

全腦 放射線 照射治療時 同側보다 反側에 더 많은 放射線량이 피폭됨은 방사선의 放散이 主要因이나, 患者 頭部の 輕한 움직임으로도 反側 수정체의 피폭율이 상승됨을 고려하여야 한다.

#### IV. 考 按

放射線 治療는 치료율 상승뿐 아니라 長期 생존자율이 증가함에 따라 방사선 장애로 인한 後期 合併症을 極少化시키는 궁극의 목적이다.

小兒癌중 急性 淋巴球性 白血病과 腦髓質亞細胞腫 (medullo-blastoma) 등은 전뇌방사선 치료로 높은 치료율이 기대되고 있으며<sup>8,11,12)</sup> 또한 轉移性 또는 原發性 뇌종양의 最適 치료방법도 수술후 방사선 치료 혹은 방사선 단독치료로 치료율의 괄목할만한 상승율이 관찰되고 있음은 주지의 사실이다<sup>9)</sup>.

따라서 全腦 放射線治療時 全腦는 均等한 방사선량을, 주위 軟組織 및 水晶體에는 被暴量을 極少化함이 원칙이

Table IV. Comparison of lens shielding with orbit shielding in absorbed dose to both eyes.

Group	Shielding	Rt beam (%)		Lt beam (%)	
		Rt	Lt	Rt	Lt
I, II	Orbit	* 16.1	45.2	35.6	* 15.6
III	Lens	** 17.5	27.3	52.5	** 26.6

\* average % in incipient side of group I, II: 15.8 %

\*\* average % in incipient side of group III: 22.5 %

다.

그러나 全腦 放射線照射時 수정체의 피폭선량 및 백내장을 유발할 수 있는 방사선량과 잠복기간과의 상관관계에는 아직도 정확한 資料가 없는 실정이다.

白內障에 관해선 X-線이 발견된지 불과 2년후인 1897년 Chaluppecky가 토끼에서 50일동안 照射함으로써 유발시킨 실험이 있고<sup>4)</sup> 그후에도 동물실험에 관한 많은 보고가 있다<sup>6,20)</sup>. 臨床의으로 최초로 記述되기는 1928년 Rohrschneider에 의해서였으며 1952년 cogan에 의해 임상 및 병리검진이 확립되었다<sup>6)</sup>.

인체에 대해서는 Merriam<sup>13)</sup> 등이 頭蓋模型을 사용해서 水晶體 混濁을 일으키는 最少線量, 치료방법에 따른 同線量에서의 백내장 발생 빈도, 老少에서의 차이 등을 설명했는데<sup>13)</sup> 單一照射時 200 r, 3주내지 3개월에선 400 r, 3개월이상에선 550 r에서 충분히 白內障을 유발시킬 수 있다고 했으며 線量이 짊을수록, 같은 선량에서라도 치료기간이 짊을수록 백내장이 나타날때까지의 潛伏期는 짧다고 하였다. 또한 나이가 짊을수록 進行性 白內障이 많으며 빈도도 높다고 보고하였다. 그러나 백내장을 유발할만한 最少線量에 관해선 논란이 많으며 Ham 등은 500 r의 X-ray가 적절하다고 주장하였다<sup>10)</sup>.

Parker 등은 좀더 높은 線量에서도 視力維持가 가능하다고 보아 1~3개월 동안 500 rad 이상 받은 환자 30名中 4名이, 1000 rad 이상에선 14名中 4名만이 白內障을 일으켰다고 한다<sup>17)</sup>.

放射線 白內障의 特徵은 眼底鏡상 後極쪽으로 斑點이 나타나며 水晶體의 混濁이 오는 것이라고 하나<sup>13)</sup> 다른 원인에 의한 白內障때도 비슷한 소견이 보이기 때문에 Sinskey는 특징이 없다고까지 한다<sup>19)</sup>.

그외에도 눈에 대한 放射線 效果는 다양해서 脫睫毛, 眼瞼紅疹, 結膜充血등을 유발한다. 이중에서도 局所 角膜炎에서 全上皮缺損에 이르기까지 角膜 손상을 일으키는 것이 문제가 된다. 眼瞼의 meibomian 腺을 파괴하면 淚膜 (tear film)을 형성하는 油性物質을 내고 각막 건조와 상피손상이 뒤따른다. 각막을 보호하는 眼瞼의 작용도 眼瞼 緣部の 굴곡이나 결막의 角質化로 因해 없어지게 된다. 이와같은 效果에 대하여 Brown 등은 수정체에서 보다 더욱 민감해서 수정체가 860~1300 red를 照射받아야 하는데 비해 220~860 rad 만 照射받아도 임상증상이 發現된다고 한다<sup>2)</sup>.

Merriam 등이 직접 模型을 사용해서 線量測定을 한 외에도<sup>14)</sup> 진단부문에서 뇌동맥촬영도중 수정체에 흡수되는 선량을 측정한 보고가 있는데 이것 역시 模型을 사용한 것이었고 이들은 17 rad 까지 받다고 보고했다<sup>1)</sup>.

線量測定은 계산상으로는 대단히 복잡하며 等線量曲線을 이용하여 재는 방법이 있기는 하나 모든 照射野의 크

기, 거리, Diaphragm 설비에 적합치 않을뿐 아니라 일반적인 深部線量圖表 (depth dose table)는 平滑面에서 시작되기 때문에 굴곡이 심한 顔面, 특히 眼球周圍에서는 정확히 적용하기 어렵다. 그리고 直射線內에서 顔面상에 여러모양의 차폐물이 있는 경우 더욱 線量測定을 어렵게 한다.

따라서 著者들은 熱螢光線量計 (T.L.D)를 사용하여 측정하였다. 열형광선량계는 방사선에 照射된 물질을 加熱하면 그 물질이 방사선 피폭량에 비례하여 빛(光)을 발생하는 작용을 이용한 것으로 크기가 작으며 感度가 좋고, 에너지의존성, 방향의존성, 선량應答의 直線性 再現性등의 특성이 있다<sup>3)</sup>. 그중 가장 큰 利點은 Li-F-Teflon과 생체조직은 原子번호가 아주 近似하므로 吸收된 양은 특별한 교정없이도 생체조직에 대해 적용시킬 수 있다는 점이다.

各 臟器를 방사선 치료후 疾病率로 보아 분류하는데<sup>15)</sup> 眼球는 type II로써 치명적은 아니지만 罹患率이 높은 部類에 속한다.

轉移性 뇌종양의 치료시 Co-60에 의한 遠隔回轉照射 치료시에는 수정체에 腫瘍線量 3500 rad에 대해 450 rad 받고 이 선량은 3~4주내에 40%의 국소적인 백내장을 일으킬 수 있는 가능성이 있다고 한다<sup>14)</sup>.

著者들의 경우엔 右眼이 종양치료선량의 28.9%, 左眼이 29.8%의 높은 흡수율을 보여 Merriam<sup>13)</sup>, Brown<sup>2)</sup> 등의 백내장 유발 최소선량과 비교하면 위험수준을 上廻하는 결과를 보였다.

照射野의 反對側에서 평균 40.2%의 높은 吸收線量を 보인 이유는 Co-60 방사선의 放散때문으로 설명이 가능하다. 頭蓋骨과 같이 標約 容積이 비교적 클 때 한 點의 線源에서 방사선이 collimator를 통해 照射野에 도달하면 同側의 眼窩를 중심으로 차폐한 경우 反側에선 放散效果에 의해 直射線內에 들게 되므로 차폐효과가 감소된다.(Fig.1). 더구나 反側으로 약간의 頭部 斜位만 취해도 이 효과는 몇배 加重될 것이다.

그밖에 線源으로부터의 基準 漏出線量的 영향이 있리라 생각되나 일반적으로 무시되고 있다. 매일 치료를 받을적마다 환자의 위치를 點檢했다해도 약간의 誤差는 勘耐해야 하고, 치료도중 특히 小兒인 경우 不動姿勢를 취하지 못함으로 해서 오는 효과가 또한 큰 영향을 미칠 수 있다.

照射野 同側의 흡수선량은 反側에 비해 훨씬 낮은 수치를 보이긴 했으나 평균 17.9%로 나타났다. 원인은 우선 内部散亂 (internal scattering)을 들 수 있다 Co-60와 같이 高에너지에선 低에너지에 비해 背後 散亂이 비교적 적지만 일반적으로 깊이가 깊어질수록 照射물질의 內徑이 클수록, 照射野크기가 클수록 增加하는데 보

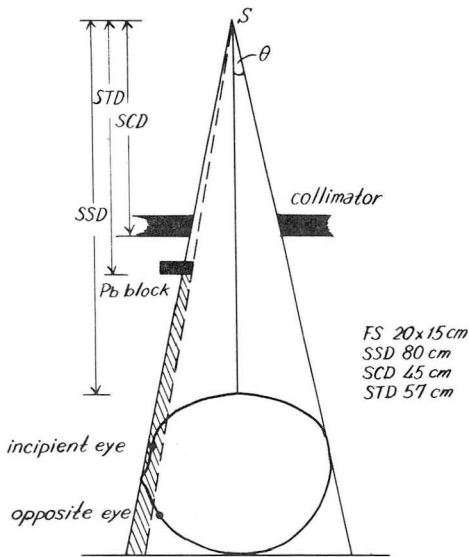


Fig. 1. Effect of divergency of Co-60 beam on opposite eye

통 15cm 깊이에선 入射線量の 20% 정도 内部散亂을 보인다. 또한 5半減層인 5cm 두께의 납으로 차폐했으나鉛 자체의 透過線량이 있어 5% 以下の 선량흡수는 어찌할 수 없으며, 遮蔽의 위치가 조금만 바뀌어도 同側眼에 받는 線량은 크게 변화할 것이다.

轉移性 腦腫瘍에서 全腦 照射를 할 때 대개는 眼窩를 충분히 遮蔽하고, 急性 淋巴球性 白血病과 같이 「聖域」(sanctuary) 치료를 할 때는 蜘蛛膜下部的 재발을 막기 위해 水晶體 자체만 遮蔽하는 것이 通例이다. 이때 양자의 角膜 흡수선량을 비교한다는 것은 큰 흥미거리이다. I, II 群에서의 결과를 보면 照射野 同側 反側이 左右 각기 15.8%, 40.4%이며, III 群에선 22.5%, 40.0%의 결과를 보였다 (Table IV). 그러나 실제로 反側에선 放散에 의해 遮蔽효과가 감소함으로 同側에서만 비교하는 것이 타당하다. 결과에서 보듯이 同側의 두 群 사이에선 큰 差 없이 약 6.7%의 차이로 III 群에서 약간 증가된 양상을 보였다. 아마도 이 원인은 前記한 다른 要因의 기여도가 크기 때문일 것이다.

著者들의 測定결과 예상외로 많은 量이 角膜에 미치는 것을 알았다. 방사선 작업에 종사하는 자들의 最大許用線량은 1년에 15 rem으로 규정하고 있지만 (ICRP 1966) 이런 추천으로부터 환자에 대한 최대허용피폭선량에 대한 결론을 내릴수는 없다. 角膜의 두께가 0.6~0.8mm, 前室이 3~3.6mm, 水晶體의 前後半徑이 4.5mm이므로 角膜前面으로부터 수정체 중앙까지의 最大거

리는 9mm 정도이다. 따라서 각막의 흡수선량이 수정체와 같다는 결론을 내릴수는 없으나 前記한 바와같이 충분히 白內障을 일으킬 수 있는 危險 水位가 된다.

Chan 등은 照射野가 眼窩를 포함하는 惡性腫瘍에서 眼球에 미치는 방사선량과 그 영향에 관해 보고했다<sup>5)</sup>. 6000 rad 가량의 治療線量을 받은 환자중 임상적으로 확실한 白內障이 10%에서 나타났으며 5-F.U (fluorouracil)와 동시에 사용하면 50%에서 보였다 한다. 放射線을 단독으로 사용할 때 慢性 結膜突이 20%에서 角膜 病變은 75%에서 나타난다고 한다. 다행히 全腦放射線 照射時엔 치료선량이 1800~3000 rad에 그치며, 5-FU 등의 經動脈 화학요법과 併用하는 일이 없지만 後期 放射線 障礙를 무시할 수 없다.

Merriam에 의하면 3주 내지 3개월간 分割 治療한 경우 수정체의 흡수선량이 750~950 rad이면 60%, 950~1150 rad이면 75%, 그 이상이면 100%에서 白內障이 보이고 潛伏期는 1000 rad 이하가 6년 2개월, 1000~2000 rad가 5년 2개월, 그 이상이면 2년 정도라고 한다<sup>14)</sup>. 특히 小兒인 경우엔 백내장의 발생빈도가 높고 靜止性보다 進行性인 경우가 많다.

著者들의 측정결과는 이에 해당하므로 앞으로 충분한 經過觀察이 요구된다.

Dyke 등이 髓質亞細胞腫 (medulloblastoma)의 치료시 실제 환자에서 예측하지 않고 模型을 사용한 결과 兩眼에서 腫瘍線量の 10%라고 보고했으나<sup>11)</sup> 이때는 Co-60의 半影 (penumbra) 領域인 2.5cm 두께의 납줄을 全腦照射野 下緣에 遮蔽시킨 결과이다. 즉 半影領域에서 벗어나야만 적은 흡수선량을 얻을 수 있다는 결론인데, 白血病과 같은 경우엔 腦膜백혈병이 集狀 (focal) 軟腦網膜 (pia-arachnoid) 侵潤으로 시작되기 때문에 모든 腦膜표면이 照射野에 包含되도록 해야 한다.

그러나 腦實質 전이성 종양인 경우엔 이러한 遮蔽방법도 고려할 대상이 될 것이다.

그 외에도 前記한 여러 要因을 제거 내지 감소시킴으로써 角膜 吸收線量を 10%내외로 줄일 수 있도록 해야 한다.

## V. 結 論

서울大學校病院 治療방사선과에서 Co-60로 全腦 放射線 照射를 받은 급성 임파구성 백혈병 및 전이성 뇌종양 환자 40例를 選別하여 熱螢光線量計를 사용해서 兩側 角膜에 미치는 방사선량을 측정하고 그 원인을 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 右眼에선 照射野 同側일 때 治療線량의 16.6% 反側일 때 41.2%였다. 左眼에선 照射野 同側일 때 19.2%, 反側일 때 39.2%였다.

2. 左右 角膜에 미치는 全흡수선량은 치료선량에 대해 각기 29.8 % 28.9 %의 높은 율을 보였다.
3. 水晶體 차폐를 한 群과 眼窩 차폐를 한 群과 비교하면 각기 치료선량의 22.5 % 15.8 %를 보여 6.7 %의 差로 水晶體 遮蔽時 흡수선량이 높았다.
4. 同側 각막에 미치는 방사선량은 鎔遮蔽자체의 透過線量, 内部散亂, 線源에서의 自然漏出, 鉛차폐의 위치에 따라 좌우된다. 反側에 각막에 미치는 放射線量은 Co-60 방사선의 放散과 치료시 부정확한 환자의 자세가 主 원인이다.
5. 全腦 放射線 照射時는 방사선에 의한 白內障의 발생빈도를 낮추기 위해 가능한 한 角膜에 미치는 선량을 치료선량의 10 %내외로 낮추게끔 적절한 遮蔽와 치료방법이 必要하며, 동시에 過剩遮蔽로 인한 蜘蛛膜下 재발을 극소화해야 한다.

## REFERENCES

1. Bergstrom K. : Eye lens doses in carotid angiography. *Acta Radiol* 12: 134-40, 1972.
2. Brown N. : Effects of fast neutrons on the eye. A preliminary communication. *Br. J. Ophthalmol* 59(9): 510-3, Sep. 1975.
3. Cal M. Mansfield : Application of T.L.D. in clinical radiation dose measurements; Presented as a workshop at annual meeting of Americal Society of Therapeutic Radiologists. Rey Biscayne, Florida Oct. 30, 1974.
4. Chaluppecky H. : Ueber die Wirkung der Roentgen Strahlen auf das Auge und die Haut, Quoted by Merriam; reference (13).
5. Chan R.C. : Effects of irradiation on the eye. *Radiology* 120(3): 673-5, Sep. 1976.
6. Cogan D.G. : Clinical and pathological characteristics of radiation cataract. *AMA Arch. Ophth.* 47: 55-70, Jan. 1952.
7. D' Angio. G.J. : Protection of certain structures from high doses of irradiation. *Am. J. Roentgenol* 122(1): 103-8, Sep. 1974.
8. Dritschilo A. : The role of irradiation in CNS treatment and prophylaxis for acute lymphoblastic leukemia, *Cancer* 37: 2729-2735, 1976.
9. Green N. : Total brain therapy-technical consideration. *Radiology* 96: 429-432, 1970.
10. Ham W.T. : Radiation cataract; A review *AMA Arch. Ophthal.* 50: 618-743, 1953.
11. Jake Van Dyke : Medulloblastoma; Treatment technique and radiation dosimetry. *Rad. Onco. Bilo. Phys.* 2: 993-1005, 1977.
12. Kim T. : The role of CNS irradiation in children with acute lymphoblastic leukemia. *Radiology* 104: 635-641, 1972.
13. Merriam G.R. : Clinical study of radiation cataracts and the relation-ship to dose. *Am. J. Roentgenol* 77: 759-785, 1957.
14. Merriam G.R. : Radiation dose to the lens in treatment of tumors of the eye and adjacent structures. *Radiology* 71: 357-369, 1958.
15. Normal tissue tolerance and damage. *Cancer* 37(4): 2046-55, Apr. 1976.
16. Parker R.G. : Dosage to important sites in radiation therapy of tumors about the head and neck. *Am. J. Roentgenol* 90: 240-245, 1963.
17. Parker R.G. : Radiation cataract in clinical therapeutic radiology. *Radiology* 82: 794-798, 1964.
18. Shurovsky L.J. : Retinal and optic nerve complication in a high dose irradiation technic of ethmoid sinus and nasal cavity. *Radiology* 104: 629-34, 1972.
19. Simsky R.M. : The status of lenticular opacities caused by atomic radiation; Hiroshima and Nagasaki 1951-1953. *Am. J. Ophth.* 39: 285-293, 1955.
20. Upton A.C. : Comparison of local and systemic exposures in production of radiation cataract. *AMA Arch. Ophth.* 49: 164-197, 1953.