放射線治療時の生殖腺被曝線量

第二報 体外照射治療患者の生殖腺被曝線量と患者の年次推移

千葉大学医学部放射線科

伊 場 昭 三・笥 弘 毅・有 水 昇

(論文受付 昭和45年2月2日)

GONADAL EXPOSURE IN THE RADIATION TREATMENT
PART 2, MEASUREMENT OF GONAD DOSE IN
RADIATION TREATMENT OF BENIGN DISEASES

By SHOZO IBA

HIROTAKE KAKEHI

NOBORU ARIMIZU

Department of Radiology, Chiba University School of Medicine

(Article received : Feb. 2, 1970)

Summary

The radiation treatment was given to 719 cases of a variety of benign diseases, which were equivalent to 4.1% of all out-patients, 17409 cases, visiting the Department of Radiology, Chiba University Hospital between August, 1954 and December 1968.

The localizations of the radiation treatment were classified into the following four groups, head and neck, chest and upper abdomen, lower abdomen and thigh, and extremities. The group of head and neck occupied 74% of all treated cases and the others did 8 to 10% respectively.

The annual number of cases of benign diseases have been decreasing in recent several years. The age distribution of the patients indicated the largest number in 16 to 25 years old.

Gonadal exposure was measured on 74 cases using the pocket chamber placed either on the genitals or at the vaginal fornix. The differences of the portions and conditions of the treatment made a variety of measured doses when the same dose was irradiated. The average dose per 100R exposure was 10mR with the conventional x-rays and 28mR with the tele-cobalt gamma-ray. The group of lower abdomen and upper thigh showed much higher gonadal exposures than the other groups, reaching up to 65mR per 100R of the conventional x-rays, though the lead rubber sheets were used to cover the out-side of the irradiated field for protection. The average accumulated dose during the full course of treatment ranged from 123 to 176mR with the conventional x-rays and from 632 to 775mR with the tele-cobalt gamma-ray, when the group of lower abdomen and upper thigh was excluded.

The measurement was performed on a Mix-D phantom of the body-size, showing the relationship between the dose distribution of the scatter radiations inside of the body.

はじめに

臨床検査、診断治療などに放射線を利用する頻度は、医学の進歩と共に益々増加して来た。一方生殖腺が放射線に被曝すると将来子孫に遺伝的障害を発生する頻度が増加することも知られている。したがって、臨床検査、診断、治療に用いる放射線は用い方によっては遺伝的障害の発生に何等かの寄与をする事があるかも知れない。X線診断時に患者が受ける生殖腺被曝線量についてはかなり多く報告されている^{5,6,7,10,11,12}。遺伝については国民の遺伝有意線量が因子の一つにあげられている。放射線の臨床医学利用のなかで遺伝有意線量に対してはX線診断による被曝線量が最も多く寄与している^{1,2}。放射線の体外照射治療は主として悪性腫瘍が対象であり、高年者に多く、その予後は必ずしも良くないので遺伝的影響は余り考慮されていない。良性疾患に対する放射線治療例数は悪性疾患よりは少ない。しかし、症例には若年者が多く、また、予後も良好である。放射線治療による遺伝有意線量はX線診断の場合の $\frac{1}{3}$ ～ $\frac{1}{10}$ と云われている⁴。しかし、各症例に照射される照射線量は診断の場合に較らべるとはるかに多量である。若年者の照射例についてみると、血管腫、ケロイド、頸腺結核その他炎症性の疾患がある。これ等症例が生殖可能年齢である場合には患者自身が放射線治療を受けた事により生殖腺に被曝した線量から遺伝的影響を考慮しなければならない場合がある。即ちこの被曝線量のいかにによっては症例数が少ないからといって国民集団に対して全く無視してよいとは云えないと考える。

国民の遺伝的影響を考える場合には、先ず遺伝有意線量が最も重要な因子となるが放射線治療による遺伝有意線量を決定するためには生殖腺被曝線量、症例数、症例の年齢分布を知る必要がある。これ等の基礎的資料を得るために1954年8月より1968年12月までの期間に千葉大学医学部附属病院放射線科外来を訪ずれた全外来患者数の中で良性腫瘍、頸腺結核その他悪性疾患以外で放射線による体外照射を行なった症例について症例数、症例の年齢分布、生殖腺被曝線量を調べたので報告する。

方法および結果

照射部位別に生殖腺被曝線量を推定する。症例の構成、年齢分布および年次推移を調べる。更に照射部位を頭頸部、胸部上腹部、下腹部大腿上部、四肢部の4群に分類する。

症例の構成

1954年8月より1968年12月までの14年5ヵ月間に千葉大学医学部附属病院放射線科を訪ずれた全外来患者数は17,409人である。この中で良性疾患でX線或は γ 線(テレコバルト)による体外照射治療を行なった患者は612人であり全外来患者の3.5%に当る。この他に血管腫、ケロイドその他良性疾患で ^{226}Ra , ^{222}Rn , ^{32}P , ^{90}Sr 等の小線源放射性核種による治療を受けた患者は107例であり、全外来患者の0.61%に当る。(第1表)

即ち良性疾患で放射線治療を受けた患者数は合計716例で全外来患者の約4.1%になる。

第1表 Number of the Case of Benign Diseases Treated by Radiation
(Aug. 1954~Dec. 1968)

The Number of All Cases of Out-Patients	17,409	100%
The Number of Cases of Benign Diseases Treated with the Conventional X-rays and Tele-Cobalt	612	3.5%
The Number of Cases Treated with ^{226}Ra and ^{222}Rn	16	0.09%
The Number of Cases Treated with ^{90}Sr and ^{32}P	91	0.52%

Department of Radiology
Chiba University School of Medicine

第2表

Number of the Patients with Benign Diseases Irradiated by the Conventional X-rays and Telecobalt Gamma-rays
(Aug. 1954 ~ Dec. 1968)

症例の年次推移 良性疾患に対して体外照射治療を行なった症例数の過去14年5ヵ月間の年次推移を第2表に示す。

第2表に示す様に体外照射治療例は年々減少をして来ている。体外照射を行なった良性疾患患者数の新患者数に対する比率は1954年8月から12月までの体外照射率は20.4%, 1955年度は25%, 1956年度7.8%, 1957年度11.2%, 1958年度11.5%, 1959年度4.7%, 1960年度3.1

%, 1961年度 1.2%, 1965年度 0.85%, 1966年度 0.45%, 1967年度 0.27%, 1968年度 0.34% であり年々減少を示している。

第2表の上の点線はX線或は γ 線(テレコバルト)による体外照射治療症例である。一番下の実線は35歳以下で治療部位が下腹部或は大腿上部で生殖腺部に比較的近い部位であった症例である。この部位の症例は他の照射部位或は全症例数の様に年次による大きな変動を示していない。破線は35歳以下で照射部位が下腹部或は大腿上部以外の場合である。これより判ることはX線或は γ 線(テレコバルト)による体外照射治療を受けた良性疾患症例は若年者に比較的多いことである。

^{226}Ra , ^{222}Rn , ^{32}P , ^{90}Sr の症例 第3表は ^{226}Ra , ^{222}Rn , ^{32}P , ^{90}Sr 等の核種を用いた良性疾患患者を治療した症例の年次推移である。第3表に示したX線や γ 線(テレコバルト)による治療症例と同じように最近数年間は治療例数は非常に少ない。特に ^{226}Ra , ^{222}Rn による治療は1961年度以後は一例もない。

第 3 表

^{226}Ra , ^{222}Rn , ^{32}P , ^{90}Sr の治療症例の大部分は治療部位が頭頸部である。 ^{226}Ra 治療で生殖腺部に近い症例は過去3例あった。いずれも表在治療である。第1例は1956年度に6ヵ月の女児の大腿部に2,800R照射している。第2例は32年度に尖圭コンジロームの手術後に再発した20歳の女子症例に1710R, 第3例は1958年度に2歳の女児で大腿部に3,000Rを照射した例である。

照射部位と年齢分布 治療部位と年齢分布を第4, 5表に示す。照射部位を頭頸部, 胸部上腹部, 四肢部, 下腹部大腿上部の4群に分類した。

年齢については日本人の母の出生平均年齢を第6表に示す。表から判るように日本人の母の出生平均年齢は27歳~28歳である。

尚, 日本人の母の出生の約95%は35歳以下であった。

第 4 表

The Ages of Male Patients and Parts of External Irradiation
(Aug.1954~Dec.1968)

第 5 表

The Ages of Female Patients and Parts of External Irradiation
(Aug.1954~Dec.1968)

第 6 表

The Average Age of Delivery

年齢分布については35歳以下を7群に分けて治療部位と年齢群につき調べた。

体外照射治療部位は頭頸部が最も多く全体の74%である。また, 治療を受けた年齢は16歳~25歳がいずれの治療部位についても多い。体外照射治療部位の4群の全症例数は612例である。このうち36歳以上の人は頭頸部78例, 胸部上腹部14例, 四肢部2例, 下腹部大腿上部19例であった。35歳以下の若年者の方がはるかに多い事が判る。いずれの年齢分布についても治療部位は頭頸部が大部分である。第7表は611例の性別および治療部位別の

第7表 Regions of Benign Diseases Received Treatment by the Conventional X-ray and Cobalt Gamma-ray

(Aug. 1954~Dec. 1968)

Total Cases	612	100%
Head and Neck	450	73.7%
Thorax and Upper Abdomen	68	11.1%
Hand, Arm, Leg and Foot	47	7.7%
Lower Abdomen and Upper Thigh	47	7.7%

第8表 Irradiation Conditions of the Treatment used for Patients of Benign Diseases

kVp of X-ray	80	100	140~150	160~180	⁶⁰ Co
Period					
1954~1956	No. 10 % 5.1	20 11.1	88 44.7	72 39.2	2 1.1
1959~1961	No. 10 % 8.5	10 8.5	150kVp 12 10.2	200kVp 82 69.5	4 2.2
1962~1966	No. 13 % 16.2	13 16.2	12 15	39 48.8	14 17.5
Average	% 5.4	11.9	23.3	52.6	6.9

百分率表である。この612例の患者数は1954年8月から1968年12月までの期間に放射線科を訪れた全外来患者数と比較すると3.5%と云う少数である。

照射条件 第8表は過去12年5ヵ月を大体3期にわけ症例数及び体外照射の条件を示したものである。照射条件はX線では管電圧80kVp~200kVp 濾過板はNO, Al 1.0, Cu 0.3+Al 0.5, Cu 0.7+Al 0.5 (mm) である。

テレコバルト装置による治療例は少ない。(第8表)

尚、使用X線装置の管球ガラス壁とその前面の絶縁油の固有フィルターは約5mm Alに相当する。

治療照射野の大きさは100cm²を越える大きさの例は少ない。また、照射野別、症例数の全症例に対する比率は年次によって余り変わらない事がわかる。(第9表)

照射部位と照射線量 第10表は部位別照射線量と症例数との関係を示す。頭頸部では300R~1,000R, 1,500R~2,500Rに症例数ピークがあり、胸部上腹部では2,000R~3,000R 四肢部では1,500R~2,500R 下腹部大腿上部では200R~

第9表 Field Sizes of Benign Diseases Irradiated by The Conventional X-rays and Telecobalt Gamma-rays

Field Sizes	Under 10cm ²	15~20 cm ²	25~35 cm ²	40~55 cm ²	75~85 cm ²	Over 100 cm ²
Period						
1954~1956	No. 25 % 12.5	13 6.6	26 13.2	59 30	57 29	15 7
1959~1961	No. 27 % 22.8	9 7.6	21 17.8	30 25.4	29 24.6	7 5.6
1962~1966	No. 19 % 23.7	17 21.7	20 25	16 20	6 7.5	2 2.5
Mean	% 19.7	11.8	18.6	25.1	20.3	5.3

1,000Rに症例数のピークがある。4群に分けたいずれの部位も最低は約50R (空中線量) 最高は5,000Rを越えている。しかし、500R~2,000Rの線量を照射した症例が最も多く、全症例の63%であった。

線量計 (1)空中線量……使用装置の空中線量の測定には1955年頃まではキュストナー氏線量測定器を使用、その後1958年までは東芝製指頭型線量計を用いた。これらの線量計はいずれも標準線源と更正が行なわれた。1959年以後は東芝製線量計とフィリップス万能線量計を用いて線量測定をしている。

(2)生殖腺線量計……全症例について同一のポケット線量計を使用した。線量計の更正にはフィリップス製万能線量計および東芝製深部線量計を用いた。更正には線量計を空气中或は Mix-D フェントーム内において照射し線量の更正を行なった。

(3)生殖腺被曝線量の測定……生殖腺被曝線量の測定に

第10表

Total Exposure of Patients with Benign Diseases and Regions of Exposure (Aug. 1954~Dec. 1968)

は上述のポケット線量計を可及的に生殖腺に近づけるために、症例の外陰部或は子宮腔部に線量計を固定して、体外照射治療時の被曝線量の測定を行なった。また、同一症例につき2〜3回の測定を行ない、その平均値を求めた。このようにして測定した線量を症例の生殖腺被曝線量と仮定した。この測定線量から全治療期間内に受ける生殖腺被曝線量を計算し、また、一回照射当り平均どのくらいの線量となるかを求めた。

体外照射を行なった良性疾患症例について照射線量100R当りの照射野別生殖腺被曝線量を第11表に示す。横軸は皮膚面での照射野の大きさ、縦軸はその時の生殖腺線量である。ポケット線量計の測定部位は外陰部と子宮腔部である。黒い記号が外陰部に線量計を位置して測定した場合である。同一照射部位に100Rを照射しても生殖腺線量に可成のばらつきを示す事が判る。この原因をしらべるために線質、測定位置等により生殖腺線量はどの程度異なるかについてファントムによる基礎的実験を行なった。

第 11 表

Relation between Gonad Dose and Fields Sizes of X-ray Treatment (100R)

照 射 部 位	測 定 部 位	
	外 陰	子宮腔部
頭 頸 部	●	○
胸, 上 腹 部	▲	△
四 肢 部	■	□
大 腿 上 部	×	
頭頸, 腕部(⁶⁰ Co)	◆	◇

ファントム実験 基礎実験は成人軀幹大に作った Mix-D ファントムを用い、X線管電圧、照射野、濾過板、FSD を変えた場合に散乱線がどの様に変るかを調べたものである。成人軀幹大 Mix-D ファントム表面に垂直に100R照射した場合のファントム内散乱線量

第 12 表

Scattered Radiation Dose in the Phantom
100R Irradiated

第 13 表

Scattered Radiation Dose in the Phantom
100R Irradiated

を測定条件と共に第12, 13, 14, 15表に示す。散乱線量の変化は同一照射野で照射しても管電圧の高い程、また、同一管電圧でも濾過板の厚くなる程ファントム内の散乱線量は増加する。測定点が照射野に近くなるとファントム内の散乱線量は増加し、ファントム表面で測定した散乱線量に近い線量となる。

第 14 表

Scattered Radiation Dose in the Phantom
100R Irradiated

第 15 表

Scattered Radiation Dose in the Phantom
100R Irradiated

管電圧が高く、濾過板を増すとファントーム内の散乱線量はファントーム表面における散乱線量よりむしろ増加する。また各症例について正確に生殖腺線量を測定すると云う事もむずかしい。その理由として、①生殖腺の位置に線量計を置く事が困難である云う事、②生殖腺の位置が女子では個人により異なり決め難い場合もある。

ファントーム実験から外陰部或は子宮腔部の測定値が生殖腺部の測定値に近いものと云うことは出来よう。また、通常同一条件のもとでは照射野の大きい程被曝線量は多い傾向であるが、照射野が大きいても実測値の少ない場合もある。治療時の生殖腺被曝線量を少なくする方法には、生殖腺部を鉛ゴムでカバーするだけでなく治療時の体位或は照射方向も考慮すべきであろう。治療装置は出来るだけ漏洩X線の少ない装置を使用する事が大切である。体外照射治療症例において実測された生殖腺被曝線量とファントームを用い測定した散乱線量から症例の被曝線量を求めることは出来るが、この値は実測線量とはかならずしも一致しない。この原因は症例間の体格の相違、症例とファントームの大きさの相違および治療時の体位および照射方向によるものであると考えられる。したがって、ファントーム実験による被曝線量をそのまま人体の被曝線量にあてはめることは出来ないの各症例毎に実測をする方がよい。

体外照症例の被曝線量

X線およびγ線の体外照射治療を行なった良疾患患者74例にポケット線量計を使用して測定した結果をまとめたものが第16、17表である。照射線量100Rあたりの被曝線量は0.5~100mRと可成の範囲にばらついている。この原因としては、(1)症例の体格の相違、(2)治療時の照射野と線質、(3)治療時の体位および照射方向等が考えられる。しかし、下腹部大腿上部を除けば照射治療条件が多少異なるにもかかわらず被曝線量の平均値はX線治療症例については、100Rあたり10mRと云う被曝線量になる。テレコバルト治療症例は100Rあたり平均28mRという値を得た。

第16表 Gonad Dose of the Cases of Benign Diseases per 100R of Irradiation with the Conventional X-rays
Field Sizes $2 \times 2.5 \sim 10 \times 15 \text{ cm}^2$

Irradiated Regions	Measurements made on	Cases	Measured Dose (mR)	Mean Dose (mR)
Head and Neck	External G.	30	1~100	11.4
	Portio V. C.	16	0.5~32	10.3
Thorax and Upper Abdomen	External G.	5	2~30	10.1
	Portio V. C.	5	1~3	1.6
Hand, Arm, Leg and Foot	External G.	4	5.3~17.5	13.4
	Portio V. C.	1	6.4	6.4
Lower Abdomen and Upper Thigh	External G.	2	107, 20.6	64.3

第17表 Gonad Dose of the Cases of Benign Diseases per 100R of Irradiation with the Telecobalt Gamma-rays
Field Sizes $3 \times 3 \sim 6 \times 8 \text{cm}^2$

Irradiated Regions	Parts of Measurment	Cases	Measured Doses (mR)	Average Dose (mR)
Head and Neck	External G.	6	9~67	29.6
	Portio V. C.	3	11~42	25
Hand, Arm and Leg	External G.	2	9, 42	25

第18表 The Average Gonad Dose of the Patients Irradiated by the Conventional X-rays
(Aug. 1954~Dec. 1968)

Irradiated Regions	Cases	Estimated Dose of Exposure (mR)	Mean Dose (mR)
Head and Neck	436	5~550	132
Thorax and Upper Abdomen	58	5~550	163
Hand, Arm, Leg and Foot	44	7.5~550	176
Lower Abdomen and Upper Thigh	47	16~3, 470	1, 265

第19表 The Average Gonad Dose of the Patients Irradiated by the Telecobalt Gamma-rays
(Jan. 1956~Dec. 1968)

Irradiated Regions	Cases	Estimated Dose of Exposure (mR)	Mean Dose (mR)
Head and Neck	17	5~2, 080	632
Hand, Arm, Leg and Foot	4	351~1, 064	775

第16, 17表で得られた結果をもとにしてX線体外照射治療時の生殖腺被曝線量を全良性疾患症例について推定すると第18, 19表となる。照射部位別124群に4群に分類した中で下腹大腿上部の照射群を除けば、他の群の個人被曝線量は5mRから550mRの範囲内にあると推定できた。頭頸部、胸部上腹部、四肢部の3群に治療を行なった症例の平均被曝線量は132mR, 163mR, 176mRとなった。

γ 線治療症例についての線量は照射治療部位が頭頸部では5~2,080mR 平均632mR, 四肢部の症例では351~1,064mR 平均775mRとなりX線の場合より被曝線量が多くなる。このことは生殖腺被曝線量と云う点のみから云う点から考えるならば、テレコバルトによる γ 線治療は有利とは云えない。尚、本研究の調査期間内に女子の

下腹部にX線照射した症例が3例あった。この症例は線束が生殖腺に当たらない様に鉛で覆ったものであるが推定生殖腺被曝線量を計算する場合はのぞいてある。

被曝線量の減少

X線撮影時の生殖腺被曝線量を少なくさせる方法と同様に、治療においても生殖腺を防護することにより被曝線量を少なくすることは可能である^{13,14}。Gvinnは生殖腺線量を少なくするために皮膚の上に2mmの鉛含有のゴムを用いて生殖腺部をカバーすると被曝線量は40%~90%減少すると報告している。KaplanはFSD 50cm, 200kVp, 250kVpで垂直に照射した場合に生殖腺部に含鉛を置いた時と置かない時について述べている。この場合使用する鉛ゴムの鉛当量を0.5mm以上にしても生殖腺被曝量を減少する効果は少ない。これより少ない鉛当量のものであると対数的に線量は多くなると報告している。この事は生殖腺部を上から防護すると云う事はX線管支持外套からの漏洩X線と照射皮膚面および周囲の物体からの二次散乱線を遮断すること意味している。勿論、深部組織からの側方散乱を防護することは出来ない。

ラジウム治療時の被曝線量

われわれは成人女子で治療部位が舌の症例についてポケット線量計を子宮腔部に挿入し、実測した症例の線量は1mCi, 24時間(⁶⁰Co針)で15mRであった。この線量から頭頸部のラジウム治療症例の生殖腺被曝線量を推定するならば比較的少ない被曝線量で治療が出来ると考える。ラジウム治療を行なった時に被曝すると思われる生殖腺線量について、Oelssuerは46ヵ月以下の子供の良性腫瘍にラジウム治療をした場合の生殖腺被曝線量を報告している。治療部位を①頭部↔頸部、②頸部↔臍部、③臍部↔膝部、④膝部↔足部と分類し、被曝線量は100mg/hあたり男児で①の部位で最大0.49最少0.04R, 女児は0.02R~0.12R, ②の部位で男児最大0.60最少0.20R 女児3.43R~0.62R ④の部位で男児0.43R 女児1.08Rであった。さらに、Oelssuerは治療部位③を除けばラジウム治療時の生殖腺被曝線量はかなり少なく出来ると云っている。Purserは腫瘍↔生殖腺間距離から生殖腺被曝線量を計算している。15cmはなれておれば1mCi/h 30mR~40mR. 20cmで12mR~13mR. 30cmで7mR. 40cmで4mR~6mRと報告している。

ま と め

1954年8月より1968年12月までに千葉大学医学部付属

病院放射線科に訪ずれた全外来患者数の中で良性腫瘍、頸線結核等で放射線体外照射治療を行なった症例数を調べ、更にこれ等症例の個人平均生殖腺被曝線量を推定した。線量測定方法は症例の74例にポケット線量計を外陰部或は子宮腔部に置き放射線治療時の被曝線量を測定し、これを生殖腺被曝線量と仮定した。更に成人軀幹大の Mix-D フェントームを用いて照射条件の差によるフェントーム表面および内部の散乱線量を調べ、照射線量と生殖腺部の被曝線量との関係を求めた。これ等の実験値を症例の実測値と比較したところ、両者の結果はかならずしも一致しない。この原因は症例の体格とフェントームの相違および治療時の体位、照射方向等にあると考えられる。実測した74例の生殖腺被曝線量は照射条件によりかなりの変動が見られた。しかし、平均すると照射線量 100R あたり X線では平均 10mR、テレコバルト治療による γ で 28mR となった。但し、照射部位が下腹部大腿上部の X線治療症例では生殖腺部を鉛ゴムでカバーしても 100R あたり外陰部で平均 65mR となった。頭頸部、胸部上腹部、四肢部の放射線体外 X線照射治療症例の個人被曝総線量の平均は 123mR~176mR の範囲である。照射部位が頭頸部、四肢部の γ 線治療症例では 632mR~775mR の範囲であった。放射線治療では多量の線量を照射したにもかかわらず、腰部 X線撮影時に受ける生殖腺被曝線量と比較すると放射線体外照射治療の被曝線量は特に多いとは考えられない。

1954年8月より1968年12月までの全外来患者数 17,409 例の中に良性疾患で放射線治療を行なった症例は全外来患者数の約 4% である。治療症例は毎年減少しており、1955年度には 25% あったが最近では 0.5% 以下となっている。

治療部位を頭頸部、胸部上腹部、四肢部、下腹部大腿上部の 4 群に分類すると症例数は頭頸部が最も多く全体の 74%、他の部位は 8%~10% であった。また、治療を受けた年齢の 40% が 16歳~25歳であり、いずれの治療部位についてもこの範囲の年齢層が多い。

文 献

- Paul C. Hodes. Radiologist looks at Radiation Hazards. Radiology No. 4, 1959.
- Penfil, R. L. and Brown, M. L. Genetically Significant Dose to the United States Population from Diagnostic Medical Roentgenology. Radiology vol 90, No. 2, 1968.
- Nikl, I. The Effect of X-ray Quality and Ovarium Location on Genetic Exposure in Gynaecological Examination. Brit. J. Radiol, vol 39, No. 464. 1966.
- WHO, Technical Report Series, No. 306 1965.
- Abrau, E. et al, Gonadal Protection from X-Radiation for the Femal Brit. J. Radiol. vol 31 No. 366. 1958.
- Kristian Koren, et al. Gonad Dose Recieved during the Medical Application of Roentgen Radiation. Acta Radiologica, vol 48. No. 4. 1957.
- Hibbord, B. M. The position of the Maternal Ovaries in late Pregnancy Brit, J. Radiol, vol 34 No. 402, 1961.
- Kikil, I. Exposure to the Maternal Ovaries resulting from Pregnancy Radiographs as a function of Ovarium location. Brit. J. Radiol. vol 40, No. 474. 1967.
- Whitehead, G. et al. The Leicester Gonad Protector Brit, J. Radiol, vol 34, No. 398, 1961.
- Stanford, R. W. et al. The Quantity of Radiation Recived by the Reproductive Organs of Patients during Routine Diagnostic X-ray Examination Brit, J. Radiol, vol 28, No. 329. 1955.
- Reekie, D. et al. The Radiation harzard in Radiography of the female Abdomen and Pelvis Brit. J. Radiol, vol 40, No. 479. 1967.
- Clayton, C. G. et al. Radiation Dosage to the foetal and Maternal Gonads in Obstetric Radiography during late Pregnancy. Brit, J. Radiol, vol 30, No. 354, 1957.
- Gwinn, J. et al. Gonadal Dosage in Pediatric Radiotherapy Radiology. vol 76, 1961.
- Kaplan, G. et al. Gonadal Exposure Incident to Roentgen Therapy. Radiology. vol 76, No. 6. 1961.
- Norman A. B. et al. Gonadal Dose in Radiation Therapy. Radiolog, vol 74, No. 5. 1960.
- Purser, P. K. et al. An Estimate of the Genetic Dose from Radiotherapy Acta Radiol. vol 48, No. 10. 1957.
- Ira, I. Kaplan, Genetic Effect in the Children and Grand children of Women Treated for Infertility and Sterility by Roentgen therapy. Radiology, vol 72, No. 4, 1959.
- Bailiy, N. A. et al. Gonadal Dose in Radiation therapy. Radiology, vol 72. 1959.
- Oelssner, W. et al. Die Gonadenbelastung bei der Radiumbehandlung Kindlicher Hömangiome. Radiologica Radiotherapia, Band 1. Heft 2, 1960.
- 古賀佐彦, Extra-exposure to Patients by X-ray Examination, 日医誌. vol 72, No. 7. 1968.
- 伊場昭三, 他. Gonad Dose of Patients in the X-ray Treatment of Benign Tumors and Some Problems in the Gonadal Exposure of Attendants in Radiotherapy of the Infants, Journal of Radiations Research vol 5, No. 3, 4 1964.
- 厚生統計協会. 国民衛生の動向 厚生 の指標 昭. 42.
- P. C. Hodges. X線診断にともなう放射線障害. 医学のあゆみ vol 26. No. 4. 昭33.