



Title	エックス線全身反覆照射による内臓微細血管の変化について
Author(s)	早川, 勇
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1960, 20(4), p. 817-842
Version Type	VoR
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/15889">https://hdl.handle.net/11094/15889</a>
rights	
Note	

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

# エックス線全身反覆照射による内臓微細血管の 変化について

横浜市立大学医学部放射線教室（主任 津屋旭教授）

早 川 勇

（昭和35年3月21日受付）

（本論文の要旨は第19回，日本医学放射線学会総会に於て発表）

## 目 次

- I 緒言
- II 実験方法
  - 1. 使用動物.  
エックス線照射条件.
  - 2. 墨流法による標本作製.
  - 3. 組織標本作製.
- III 実験結果
  - 1. 各照射群と体重.
  - 2. 微細血管の名称と分類.
  - 3. 墨流法標本並に組織標本の所見.
    - a) 肺 b) 心 c) 肝 d) 胃 e) 空腸
    - f) 結腸 g) 脾 h) 腎 i) 副腎 j) 辜丸 k) 小括
- IV 考按
- V 結論
- VI 文献

## I. 緒 言

エックス線の発見以来，人体皮膚に対する作用は放射線生物学の好箇の対象として取上げられ，皮膚紅斑量という生物学的線量単位が導入久しきに亘つて使用されたことは周知の事である．放射線治療時の照射部位皮膚反応は照射線量の重要な示標として臨床的に重視され，皮膚障害の程度如何により治療計画が制限されるのが常であつた．従つて皮膚の脈管組織に関する研究は数多く，Gassmann (1899)<sup>1)</sup>にはじまり Holzknicht-Köhler (1903)<sup>1)</sup> Miescher (1924)<sup>2)</sup> J. Borak (1942)<sup>3)</sup> 等と其の論文は枚挙に遑がない．最近

の放射線治療の状況を見るに，超高圧エックス線治療，遠隔 Co<sup>60</sup>, Cs<sup>137</sup> 治療が従来の深部治療に代つて益々応用されんとする趨勢にある．超高圧エックス線治療は深部百分率を著しく引上げ，皮膚に対する障害を著しく軽減し，充分なる深部線量を与え得て，治療成績を向上せしめ得る様になつた．換言すれば従来の皮膚障害に代つて内臓の障害が治療に際し制約を加えることになる訳であつて，皮膚耐線量の概念に代つて内臓組織耐線量が問題になつて来た．この点において射放線の内臓諸臓器微細血管に対する作用を解明することは大いに意義がある．

翻つて内臓諸臓器に分布する脈管，殊に其の微細血管のエックス線照射に対する変化に関しては組織所見の一部として附屬的に論議されたものが大多数で脈管を中心とした研究は殆んど見あたらない．私はこの点を明らかにせんとして墨流法並に組織学的検索により，エックス線を照射した家兔の内臓微細血管につき研究を行い興味ある結果を得たので，これを報告する．

## II. 実験方法

### 1. 使用動物，エックス線照射条件.

体重2～3kgの白色雄性家兔をおから，青草を以て一定期間（凡30日）飼育した後使用した．

エックス線照射は島津製作所の信愛号深部治療用エックス線装置を用い，管球電圧 180KVp，管球電流 3 MA，濾過板 0.5mmCu + 0.5mmAl，5.0g/min，で照射した．家兔を背位に固定台に

図1 皮膚線量(東芝製線量計にて測定)距離80cm  
脚注: 周辺部 4.5~4.8r/min を基準として  
1回照射線量 250r を照射した為中心部及び  
其他の部位に於ても多少の線量の増加をきた  
していると思われる。

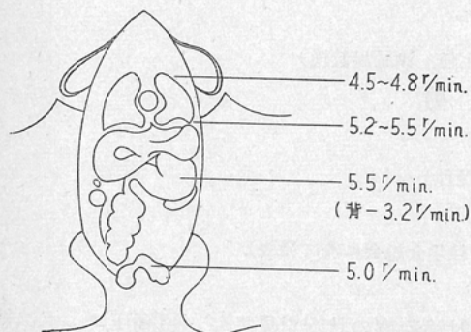
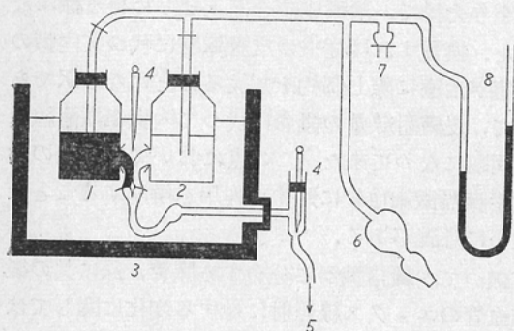
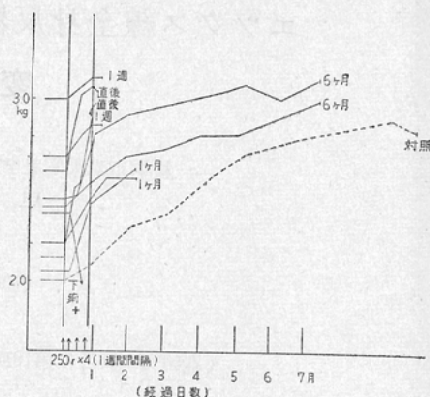


図2 実験装置: 1. 墨リング液 2. リンゲル液  
3. 恒温水槽 4. 温度計 5. 動脈へ  
6. 二連球(加圧用) 7. 圧力調節弁 8.  
水銀マンノメーター (横浜市立大学紀要より)



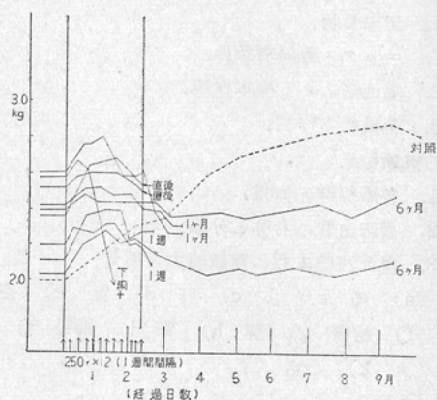
固定し、皮膚焦点距離を 80cm とし、神経死及び Oral death を防ぐために<sup>4)5)</sup>、頭部のみ鉛ゴムで被覆し、全身を可及的均一に照射した。内臓各部位に於ける線量を東芝製深部線量計にて測定した。結果は図1の如くである。1回の照射線量 250r (皮膚線量)、7日に1回宛照射し、総線量 1000r 照射群、3000r 照射群、5000r 照射群の3群を作った。この各照射群に就いて、照射直後、照射後1週間、照射後1カ月、照射後6カ月の家兎各2羽宛に下記墨流法を施すと共に他方組織学的標本を作製し、各内臓即ち、肺、心、肝、胃、空腸、結腸、脾、腎、副腎、睪丸の微細血管のエックス線照射の影響を組織学的に観察した。

表1 各照射群と体重(1000r 照射群)



1000r 照射群では照射の影響は殆んどみられず、対照例と同様な体重の増加をみた。

表2 (3000r 照射群)

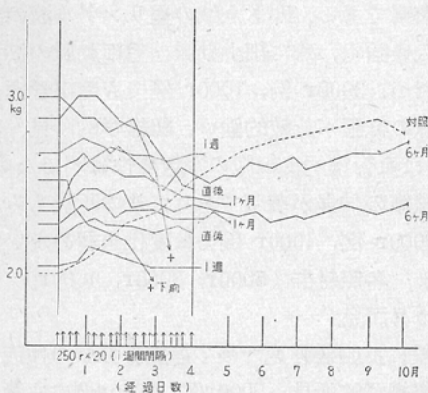


3000r 照射群では2000r 照射前後迄は体重の増加をみるが、2500r 照射前後より増加は停止し、徐々に減量してゆく。3000r 照射で中止した例では体重は略一定し増加がみられない。

## 2. 墨流法による標本作製

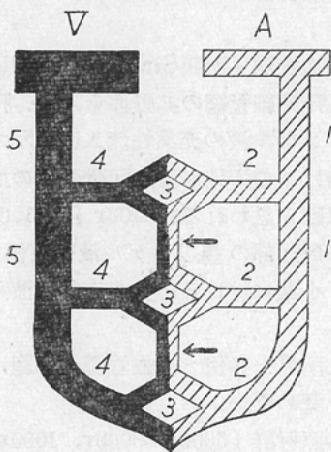
各照射例並に対照例に就き行つた。20%ウレタンを体重 1kg に対し 1g の皮下注射により麻酔を行つた後、固定、四肢を其の基部にて結紮し、開胸する。動脈カニューレを大動脈基部に挿入し、小川氏の方法<sup>6)</sup>に従い墨リング液灌流装置を用い(図2)、リング液を恒温槽にて約40℃となし100耗前後の水銀柱圧で灌流すると同時に、右心室又は静脈を開き、出来るだけ液を停止させないようにし、血液を駆出してからゼラチン加墨リング液(脚注1)に切換えて灌流を継続し、充分灌

表3 (5000r 照射群)



5000r 照射群では3000r 照射群と同様 2500r~3000r 照射より体重増加停止し徐々に減量してゆく。この頃より下痢発症し死亡例多くなる。照射量5000r にて中止した例では其の後の飼育期間中上手に飼育すれば減量した状態を維持しつつ、極めて徐々に回復に向う様に思われる。

図3 微細血管分布の基本型 1. 毛細動脈 2. 分岐毛細管 3. 毛細管網 4. 集合毛細管 5. 毛細静脈 ↑印は毛細管性連絡枝尚毛細管性連絡枝は毛細動脈の間にも存在す。(横浜市立大学紀要より)



流が実施されたならば灌流を停止すると共に動脈を同時に結紮する。各臓器を剔出し、水洗、10%ホルマリン液に48時間以上固定する。型の如くアルコールで脱水、ツエロイジン包埋とし50~200μの厚い切片として双眼立体顕微鏡下で対照

例と比較しながら順層立体観察を行つた。

(脚注1)ゼラチン加墨リングル液

良質の唐墨(鳩居堂製雙舞使用)をリングル液で約10%の濃度に磨り、フランネルの様な厚手の布片で2~3度濾過した後40°Cで比粘稠度が凡5になる様7~10%の割にゼラチン(又は0.7~0.9%の割に寒天)を加える。

3. 組織標本作製

各照射例並に対照例に就き型の如くパラフィン包埋後、ヘマトキシリン-エオジン重染色、パス染色、並にエラスチカーワンギーソン染色を行い、各内臓微細血管壁の組織学的変化を観察した。

III. 実験結果

1. 各照射群と体重

表1, 2, 3.

2. 微細血管の名稱と分類

西丸(1949)<sup>7)</sup>, 小川(1952)の分類により動脈側より図3の如く細小動脈(Small artery 西丸 Arteriole 小川)→毛細動脈(Arterial capillary)→分岐毛細管(Distributing capillary)→毛細管網(Netscapillary)→集合毛細管(Collecting Capillary)→毛細静脈(Venous Capillary)→細小静脈(Small vein 西丸 Venule 小川)とした。

3. 墨流法標本並に組織標本の所見

a) 右肺, 下葉に於ける観察

肺胞に纏絡分布する肺動脈, 気管支動脈の末梢枝につき。

1. 各照射群(5000r, 3000r, 1000r) 照射直後所見

微細血管は全般に拡張像を呈する。即ち墨リングル液が充実性に流入している。特に毛細管網と毛細動脈の拡張, 蛇行像が著明である。

この所見は5000r 例→3000r 例→1000r 例の順にその拡張程度減少する。

組織学的所見: 5000r 例, 3000r 例では微細血管全般の内皮細胞腫張し, 血管壁弾力線維は軽度伸展し所々に断裂している箇所がある。1000r 例では血管壁に変化は認められない。

## 2. 各照射群(5000r, 3000r, 1000r)照射後1週間所見

全域に墨リング液の流入著明であるが、毛細管網の拡張像は直後例に比較すると少く、逆に細小動脈と毛細動脈の拡張像が著明である。

3000r例ではこの所見が5000r例に比べ稍く弱い程度となり、1000r例では極く軽度に毛細管網と毛細動脈の拡張像を示す。

組織学的所見：5000r例では細小動脈と毛細動脈壁弾力線維の伸展が著明で細く見え、3000r例、1000r例では共に著変を認めない。

## 3. 各照射群(5000r, 3000r, 1000r)照射後1カ月所見

全般に1週間例と大差無く、毛細管網、細小動脈、毛細動脈の拡張像は尙残っているが特に1週間例に認めなかつた細小静脈と毛細静脈の拡張像がめだつ。即ち静脈側の拡張像を呈する。

3000r例、1000r例でも同様静脈性拡張の傾向がある。

組織学的所見：5000r例では微細血管全般にその血管壁の変化が極期で弾力線維の伸展と断裂が著明である。但し1000r例では血管壁は凡正常である。

## 4. 各照射群(5000r, 3000r, 1000r)照射後6カ月所見

全域の微細血管の拡張像、蛇行像は弱くなり組織学的所見と同様回復像を示す。但し5000r例では軽度静脈性拡張像が残っている。

### b) 心筋層に於ける観察

心筋層を穿通する冠状動脈の末梢枝につき

#### 1. 各照射群(5000r, 3000r, 1000r)照射直後所見

微細血管は全般に中等度の拡張像を示し、5000r例では特に毛細血管網に墨リング液の充実性流入像が著明である。3000r例、1000r例では一般的に軽度の拡張像をみる。組織学的所見。5000r例では毛細管網壁に軽度の伸展像をみるが3000r例、1000r例では変化を認めない。

#### 2. 各照射群(5000r, 3000r, 1000r,)照射後1週間所見

心筋層微細血管の変化は直後例よりこの1週間例に著明である。即ち全域の墨リング液の充実性流入像強く、殊に細小動脈と毛細動脈の拡張像がめだつ。3000r例、1000r例でも毛細管網、毛細動脈の拡張が比較的強い。組織学的所見。5000r例では血管壁内皮細胞の空胞変性は明でないが、弾力線維の伸展が著明であり、その断裂もみられる。3000r例、1000r例では変化を認めない。

#### 3. 各照射群(5000r, 3000r, 1000r)照射後1カ月所見

全般に拡張像軽度で多少静脈性拡張の傾向をみる。組織学的所見。5000r例、3000r例に血管壁弾力線維の軽度伸展を見るも1000r例では凡正常である。

#### 4. 各照射群(5000r, 3000r, 1000r,)照射後6カ月所見

5000r例、3000r例、1000r例共に凡正常所見に復し、組織学的にも凡正常である。

### c) 肝右葉に於ける観察

肝に於ける小葉間静脈、小葉間動脈枝及び其等の末梢枝につき。

#### 1. 各照射群(5000r, 3000r, 1000r,)照射直後所見

著明なる血管洞(所謂Sinusoid capillary)の拡張、即ち肝毛細管網の拡張像をみる。肝小葉内全般に墨リング液の充実性流入像を示す。5000r例では特にこの所見が強く肝動脈系の血流増強が主なる原因と思われる。3000r例、1000r例では中心静脈周辺部の墨リング液充実像がめだつ。即ち肝小葉に於ける部分的充実性流入像をみる。

組織学的所見。各例とも血管壁の細胞、弾力線維に著変を認めない。

#### 2. 各照射群(5000r, 3000r, 1000r,)照射後1週間所見

直後例と比較し血管洞の拡張程度は低下する。然し多少動脈性拡張の傾向を認める。3000r例、1000r例の順に程度は軽くなるが尙肝小葉に於ける墨リング液の部分的充実像はみられる。

組織学的所見。各例とも血管壁に関しては著変

を認めない。

3. 各照射群(5000r, 3000r, 1000r,) 照射後1カ月所見

再び血管洞の拡張著明となり、墨リング液の充実性流入像は全域に高度となる。これは門脈系拡張が主なる原因で肝動脈系は余り拡張していない。3000r 例, 1000r でも門脈系拡張像がめだつ。組織学的所見, 各例とも血管壁に関しては著変を認めない。

4. 各照射群(5000r, 3000r, 1000r,) 照射後6カ月所見

極く軽度の血管洞の拡張像が残っているが正常所見に近く, 3000r 例, 1000r 例では正常所見を呈す。

組織学的所見も全例凡正常。

d) 胃体部粘膜層に於ける観察

左右胃動脈, 左右胃網動脈の末梢枝につき。

1. 各照射群(5000r, 3000r, 1000r,) 照射直後所見

微細血管全般に軽度の拡張像を示す。殊に固有胃腺の腺管に纏絡, 分岐, 吻合する毛細管網の拡張, 蛇行像が著明である。この所見は5000r 例に最も強く, 3000r 例, 1000r の順に拡張程度が低下して行くものの1000r 例に於ても尙毛細管網の拡張像は割合めだつている。組織学的所見。血管壁には著変を認めない。

2. 各照射群(5000r, 3000r, 1000r,) 照射後1週間所見

細小動脈, 毛細動脈及び毛細管網の拡張像をみる。全般に動脈側の拡張像強く1000r 例でも軽度ながら動脈性拡張の傾向を認める。組織学的所見。細小動脈壁, 毛細動脈壁の弾力線維の伸展を認める。

3. 各照射群(5000r, 3000r, 1000r,) 照射後1カ月所見

微細血管の変化は一番強い。主に細小静脈と毛細静脈の拡張像である。即ち鬱血が主なる所見である。この拡張程度は3000r 例, 1000r 例の順に低下している。組織学的所見。細小静脈, 毛細静脈壁が多少伸展し所々弾力線維の断裂している箇

所がある(5000r 例, 3000r 例)。

4. 各照射群(5000r, 3000r, 1000r,) 照射後6カ月所見

5000r 例では微細血管全般に多少の拡張像を残しているが正常所見に近く, 3000r 例, 1000r 例では正常所見を呈する。組織学的所見。全例凡正常である。

e) 空腸, 粘膜層に於ける観察

上腸間膜動脈の末梢枝につき。

1. 各照射群(5000r, 3000r, 1000r,) 照射直後所見

墨リング液の充実性流入像はこの直後例が最も高度で特に毛細管網の拡張像が著明である。毛細動脈, 毛細静脈はそれ程高度の拡張像は示していない。組織学的所見。血管壁に関しては著変はない。

2. 各照射群(5000r, 3000r, 1000r,) 照射後1週間所見

全般に微細血管は余り拡張像を示していないが多少動脈性拡張の傾向を認める。組織学的所見。全例とも血管壁に著変を認めない。

3. 各照射群(5000r, 3000r, 1000r,) 照射後1カ月所見

再び微細血管の全域に高度の拡張像をみる。殊に細小静脈及び毛細静脈への墨リング液充実性流入像がめだつ。3000r 例, 1000r 例でも同様毛細静脈拡張像をみる。組織学的所見。全例に細小動脈, 毛細動脈及び細小静脈, 毛細静脈壁の弾力線維の伸展を認める。

4. 各照射群(5000r, 3000r, 1000r,) 照射後6カ月所見

全例とも凡正常に復帰している。

f) 大腸上部(回盲寄りの部) 粘膜層に於ける観察。上下腸間膜動脈の末梢枝につき。

1. 各照射群(5000r, 3000r, 1000r,) 照射直後所見

全域に墨リング液充実性流入像をみるが胃, 小腸所見より軽度である。この内, 毛細管網の拡張がめだつ。毛細動脈, 毛細静脈の変化は余り明でない。3000r 例では5000r 例よりは軽度ながら

同様毛細管網の拡張像をみる。1000r 例では略々正常所見を呈する。組織学的所見。血管壁に著変を認めない。

2. 各照射群 (5000r, 3000r, 1000r,) 照射後1週間所見

全域に軽度の拡張像を認める。これは動脈側の拡張と思われる。組織学的所見。血管壁に著変なし。

3. 各照射群 (5000r, 3000r, 1000r,) 照射後1カ月所見

1週間例の所見と略々同様、軽度の拡張像が認められる。これは静脈性拡張に傾いている。

組織学的所見。血管壁に著変なし。

4. 各照射群 (5000r, 3000r, 1000r,) 照射後6カ月所見

全例とも凡正常所見に復帰している。

g) 脾洞及び脾小体内に於ける観察

脾動脈の末梢枝につき、殊に脾小体内の中心動脈より分岐せる微細血管につき。

1. 各照射群 (5000r, 3000r, 1000r,) 照射直後所見

脾全域に墨リング液の充実性流入像を示す。又脾小体内の毛細管網の拡張像が著明である。又脾洞の鬱血もめだつ。5000r 例が最も拡張程度強く、3000r 例、1000r 例の順にその拡張程度は低下する。組織学的所見。血管壁細胞に著変はない。

2. 各照射群 (5000r, 3000r, 1000r,) 照射後1週間所見

直後例と大体同様の所見であるが、脾小体内の細小動脈と毛細動脈の拡張像をみる。毛細管網は多少収縮像をみる (3000r 例, 1000r 例)。3000r 例, 1000r 例でも動脈側には拡張傾向を認める。組織学的所見。血管壁に著変はない。

3. 各照射群 (5000r, 3000r, 1000r,) 照射後1カ月所見

微細血管の拡張状態はこの1カ月例に最も強く、脾小体内の毛細動脈、毛細管網、毛細静脈に高度の拡張像をみる。殊に静脈性拡張が著明である。組織学的所見。血管壁に関して著変を認めな

い。

4. 各照射群 (5000r, 3000r, 1000r,) 照射後6カ月所見

5000r 例では全域に微細血管の軽度の拡張を残しているが大体正常所見に近く、3000r 例, 1000r 例では正常所見を示す。組織学的所見。正常。

h) 腎主に皮質に於ける観察

腎動脈の末梢枝につき。

1. 各照射群 (5000r, 3000r, 1000r,) 照射直後所見

微細血管の全域に墨リング液の充実性流入像を認める。殊にボーマン氏嚢内の血管球及び毛細管網の拡張、怒張像強く、ボーマン氏嚢に入る導入血管及び毛細動脈も拡張像を示す。3000r 例, 1000r 例になるに従い拡張程度が弱くなる。

組織学的所見。血管壁に著変はない。

2. 各照射群 (5000r, 3000r, 1000r,) 照射後1週間所見

ボーマン氏嚢内の血管球と毛細管網の拡張度は減少し、寧ろ導入血管及び毛細動脈の拡張像が著明となる。3000r 例, 1000r 例ではこの所見が軽度である。組織学的所見。5000r 例, 3000r 例に於て細小動脈、毛細動脈壁の弾力線維の伸展、断裂を認める。1000r 例では血管壁に關し著変はない。

3. 各照射群 (5000r, 3000r, 1000r) 照射後1カ月所見

ボーマン氏嚢も含み全般に微細血管の拡張像を認める。殊に細小静脈、毛細静脈の拡張像がめだつ。即ち鬱血像を示している。全般に微細血管の変化はこの例が一番強く、極期を示す (5000r 例, 3000r 例, 1000r 例)。組織学的所見。ボーマン氏嚢内の血管球の内皮細胞腫脹し、空胞変性を認める。又血管壁の弾力線維の伸展、断裂もみられる (5000r 例)。3000r 例, 1000r 例ではボーマン氏嚢が多少不規則となり鬱血像は可成り強い。但し血管壁、弾力線維、細胞に5000r 例の如き変化は認めない。

4. 各照射群 (5000r, 3000r, 1000r,) 照射後6カ月所見

微細血管の変化は1カ月例に比べ可成り弱く5000r例に於て軽度の毛細管網，毛細静脈の拡張像を残すのみとなる。組織学的所見。全般的に見ると略と正常に復帰しているが或る部分には線維素栓塞（Fibrin Thrombus）が形成されている。又微細血管壁に空胞変性せる内皮細胞も認められる。又5000r例には糸球体（血管球）硬化（Glomerulosklerose）の像も認められる。3000r例，1000r例では鬱血像減じ略と正常の所見に近づいている又3000r例，1000r例では血管壁は略と正常所見である。

i) 副腎主に皮質に於ける観察

副腎動脈の末梢枝につき。

1. 各照射群（5000r, 3000r, 1000r,）照射直後所見

微細血管の全域に軽度ながら拡張像をみる。殊に被膜直下の毛細動脈，束状帯の洞様毛細血管（毛細管網）の拡張像がめだつ。其他球状帯，網状帯の洞様毛細管の拡張も認める。3000r例，1000r例でも同様毛細管網の軽度拡張像をみる。

組織学的所見。血管壁に関しては著変を認めない。

2. 各照射群（5000r, 3000r, 1000r,）照射後1週間所見

極く軽度の拡張像（毛細管網，毛細動脈）のみで略と正常所見に近い（5000r例）。3000r例，1000r例では正常所見を示す。組織学的所見。血管壁は略と正常。

3. 各照射群（5000r, 3000r, 1000r,）照射後1カ月所見

再び微細血管全域に互り墨リング液の充実性流入像著明となり，5000r例ではその変化が極期と思える。特に細小静脈，毛細静脈の拡張高度となる。然し組織学的所見としては血管壁に変化を認めない。3000r例，1000r例にも軽度ながら鬱血像をみる。

4. 各照射群（5000r, 3000r, 1000r,）照射後6カ月所見

全層に於ける洞様毛細血管の拡張減少し，正常所見に近づいている。3000r例，1000r例では正常所見を呈す。

表4 肺（毛細管網）  
各照射群，各時期に於ける微細血管の口径（墨流標本，マイクロメーター使用）

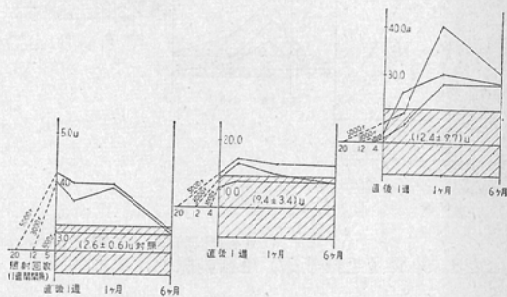


表5 心（毛細管網）  
各照射群，各時期に於ける微細血管の口径（墨流標本，マイクロメーター使用）

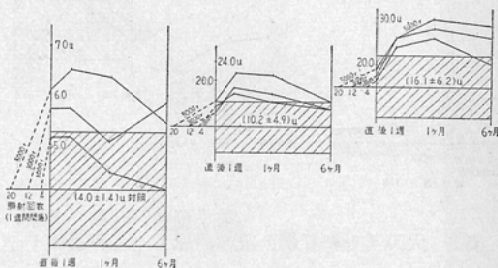
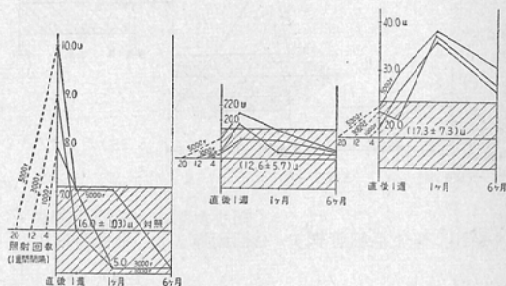


表6 肝（毛細管網）  
各照射群，各時期に於ける微細血管の口径（墨流標本，マイクロメーター使用）



j) 辜丸に於ける観察

辜丸に分布する内精動脈の末梢枝につき。

1. 各照射群（5000r, 3000r, 1000r）照射直後所見

実質の萎縮像が強く微細血管の観察は仲々困難であるが，微細血管の全域に墨リング液の充実性流入像をみる。殊に毛細血管網の拡張像は著明





表14 5000r 照射群微細血管口径拡張，増加の割合一覽（墨流法標本，マイクロメーター使用）

單位	正 常 (対照例)	5000r 照射直後	増加の割合		5000r 照射後 1週間	増加の割合		正 常 (対照例)	5000r 照射後 1ヵ月	増加の割合		5000r 照射後6ヵ月	増加の割合	
			拡張口径 正常口径 :倍(X)	細小動脈 及び 毛細動脈		拡張口径 正常口径 :倍(X)	細小動脈 及び 毛細動脈			拡張口径 正常口径 :倍(X)	細小動脈 及び 毛細動脈		拡張口径 正常口径 :倍(X)	細小動脈 及び 毛細動脈
肺 (右肺下葉)	2.6±0.6	4.1	1.2~2.0	9.4±3.4	16.1	1.2~2.6	12.4±9.7	2.6±0.6 9.4±3.4 12.4±9.7	3.0 15.0 30.0	0.9~1.5 1.1~2.5 1.3~11.1	毛細管網・細小動脈及毛細動脈・細小静脈及毛細静脈			
心 (心筋層前面)	4.0±1.4	6.2	1.1~2.3	10.2±4.9	22.0	1.4~4.1	16.1±6.2	4.0±1.4 10.2±4.9 16.1±6.2	5.5 15.1 28.0	1.1~2.1 1.0~2.8 1.2~2.8				
肝 (右葉前面)	6.0±1.03	10.0	1.4~2.0	12.6±5.7	21.0	1.1~3.0	17.3±7.3	6.0±1.03 12.6±5.7 17.3±7.3	5.0 15.0 31.0	0.7~1.0 0.8~2.1 1.2~3.1				
胃 (体部粘膜層)	4.1±1.2	9.6	1.8~3.3	12.1±0.72	26.4	2.06~2.3	19.0±2.26	4.1±1.2 12.1±0.72 19.0±2.26	5.5 12.0 22.0	1.03~1.3 0.9~1.05 1.0~1.8				
空 腸 (上部粘膜層)	5.3±0.2	6.4	1.1~1.2	13.8±1.7	19.0	1.2~1.5	21.2±3.06	5.3±0.2 13.8±1.7 21.2±3.06	5.4 15.0 23.0	0.9~1.0 0.9~1.2 0.9~1.3				
結 腸 (上部粘膜層)	8.5±0.69	10.8	1.1~1.3	13.8±1.4	25.0	1.6~2.0	22.4±4.2	8.5±0.69 13.8±1.4 22.4±4.2	7.7 11.0 27.0	0.8~0.9 0.7~0.8 1.0~1.4				
脾 (小体内)	1.8±0.2	2.4	1.2~1.5	18.0±9.3	28.4	1.04~3.2	20.0±12.0	1.8±0.2 18.0±9.3 20.0±12.0	2.0 22.0 31.0	1.0~1.2 0.8~2.5 0.9~3.8				
腎 (皮質表層)	3.8±0.17	5.3	1.3~1.4	7.2±0.5	22.0	2.8~3.2	13.4±1.06	3.8±0.17 7.2±0.5 13.4±1.06	4.0 10.0 34.0	1.02~1.08 1.2~1.4 2.2~2.7				
副 腎 (皮質全層)	6.1±1.5	8.8	1.1~1.9	6.7±3.9	13.5	1.2~4.8	14.3±1.06	6.1±1.5 6.7±3.9 14.3±1.06	4.4 8.0 17.0	0.5~0.9 0.7~2.8 0.7~2.4				
辜 丸	5.4±0.6	8.0	1.3~1.6	10.3±4.1	17.5	1.2~2.8	16.8±6.8	5.4±0.6 10.3±4.1 16.8±6.8	4.4 12.0 24.0	0.7~0.9 0.8~1.9 1.2~2.4				

横浜市立大学体育医学教室・尿管生理学論文集第1巻

小川 (1952) → 実験動物家 2 ~ 3 kg

	(毛細管網)	(細小動脈・毛細動脈)	(細小静脈・毛細静脈)
空腸粘膜層	7.41±1.25 μ	8.65±1.72 μ	15.33 ±3.06 μ
結腸上部粘膜層	7.88±0.69 μ	8.21±0.42 μ	15.67 ±4.21 μ

表15 5000r照射群各時期に於ける臓器微細血管（拡張状態及び血管壁）並に組織所見

	照射直後			照射後1週					
	微細血管拡張度	及び血管壁所見	全般の組織所見	微細血管拡張度	及び血管壁所見	全般の組織所見			
肺 (右肺下葉)	Ao. Cn. Vn. ++(##)++	各血管壁内皮細胞腫脹し、弾力線維軽度伸展状	肺胞上皮細胞軽度腫脹	Ao. Cn. Vn. (##)+++	細小動脈及び毛細動脈壁伸展著明細く見える。	直後所見と略同様			
心 (心筋層)	Ao. Cn. Vn. +(+)++	毛細管網壁軽度伸展	心筋細胞に特にめだつた変化を認めない。	Ao. Cn. Vn. (##)+++	極期 細小動脈及び毛細動脈壁弾力線維伸展	直後所見と同様			
肝 (右葉)	Ao. Cn. Vn. ##(##)++	極期 著明なSinusoid拡張、肝動脈系>門脈系(血流状態)但し血管壁細胞及弾力線維に著変を認めない。	肝細胞軽度腫脹のみ	Ao. Cn. Vn. (##)++	肝動脈系<門脈系(血流状態)但し壁細胞、弾力線維に著変を認めない。	肝細胞全般に濁濁腫脹を認める。			
胃(体部) 空腸(十二指腸寄り) 結腸(上部)	Ao. Cn. Vn. +(##)++ +(##)++ +(##)++	各血管壁に著変を認めない。	粘膜層細胞に特にめだつた変化は認めない軽度の腫脹のみ	Ao. Cn. Vn. (##)+++	動脈側微細血管壁の弾力線維が伸展状	直後所見と略同様			
← 全般に大腸は胃、小腸より変化軽度									
脾	Ao. Cn. Vn. ##(##)++		血管壁及細胞に器質的变化を認めない。	鬱血像以外に著変を認めない。			Ao. Cn. Vn. (##)##++	直後所見と同様	特に赤髓の鬱血が強いが細胞自身に著変を認めない。
腎 (皮質)	Ao. Cn. Vn. ##(##)++		血管壁細胞に著変を認めない。	皮質細胞に軽度腫脹あるのみ。			Ao. Cn. Vn. (##)+++	直後所見と同様	尿細管上皮細胞の腫脹をみる又円形細胞浸潤巣も認める。
副腎 (皮質)	Ao. Cn. Vn. +(+)++	血管壁変化は著明でない。	束状帯細胞が塊々エオジン濃染す(?)	Ao. Cn. Vn. (+)- -	略正常所見	直後所見と同様			
睾丸	Ao. Cn. Vn. +(##)++	血管壁の変化は実質が高度萎縮せる為判然としない。	精母細胞が僅かに残存し精娘細胞(精子細胞)は完全に变性している。	Ao. Cn. Vn. (##)+++	血管壁に著変を認めない	直後所見と同様			

(Ao: 細小動脈及び毛細動脈, Cn: 毛細管網, Vn: 細小静脈)

毛細管網のみならず細小動脈, 毛細動脈の拡張像をみる。1000r 例ではこの変化が軽度。組織学的所見。血管壁に変化は認めない。

3. 各照射群(5000r, 3000r, 1000r,) 照射後1ヵ月所見

実質が高度に萎縮せる為か、微細血管が著明に迂曲, 蛇行し, この内特に細小静脈, 毛細静脈の拡張像がめだつ。5000r 例では毛細管網は寧ろ収縮像を示す。3000r 例, 1000r 例でも静脈性拡張像を認める。組織学的所見。5000r例では細小静脈。

一覽 (ヘマトキシリン・エオジン重染色, エラスチカーワンギーソン染色, パス染色標本)

照射後 1 カ月			照射後 6 カ月		
微細血管拡張度	及び血管壁所見	全般の組織所見	微細血管拡張度	及び血管壁所見	全般の組織所見
Ao. Cn. Vn. + 卍 (卍)	極期 細小静脈と 及毛細静脈壁伸展, 弾力線維の断裂箇 所あり	極期 肺胞上皮細胞 処々剥脱し肋膜 下に軽度出血	Ao. Cn. Vn. + + (+)	全般に拡張, 蛇行 は極く軽度各血管 壁, 弾力線維は略 正常に復帰	略正常に復帰
Ao. Cn. Vn. + + +	全般に血管壁伸展 像軽度	直後所見と同様	Ao. Cn. Vn. - - -	略正常に復帰	正 常
Ao. Cn. Vn. + 卍 (卍)	肝動脈系<門脈系 (血流状態) 壁細胞, 弾力線維 に著変を認めない	肝細胞全般に濁濁 腫脹と共に処々原 形質空胞変性を認 める	Ao. Cn. Vn. + + +	正常所見に近い 血管壁正常	肝細胞の濁濁腫 張軽度残存す
Ao. Cn. Vn. + 卍 (卍) + 卍 (卍) + 卍 (卍) →	極期 細小静脈及 毛細静脈壁の内皮 細胞腫脹す但し変 性像は認めない. 弾力線維伸展処々 断裂す	直後所見と同様	Ao. Cn. Vn. + + + + + + + + +	全般に軽度の拡張 像は残っているが 正常に近い, 血管 壁正常	正 常
Ao. Cn. Vn. 卍 卍 (卍)	直後所見と同様	極期 赤髓に於て処 々に溶血を起し, こ の崩壊産物を喰べ ている細胞のみられ る Sinusoid の内皮 細胞は著明に腫脹 している.	Ao. Cn. Vn. + + +	全域に軽度拡張 残存血管壁正常	略正常に復帰す
Ao. Cn. Vn. 卍 卍 (卍)	極 期 血管球の内皮細胞 腫脹し, 所謂空胞 変性も認める. 但 し血管壁弾力線維 に著変を認めない.	略 1 週間所見と同 様の变化をみるが 限局性にフィブロ ーゼの所見をみる.	Ao. Cn. Vn. + + +	変化は1カ月所見よ り軽度なるも或る部 分には小さいフィブ リントロンブスが形 成されている. 又空 胞変性した内皮細胞 も認められる. 又 Glomerulosklerose もみられる.	全般には略正常 に復している.
Ao. Cn. Vn. + 卍 (卍)	全域の拡張像は著 明であるが血管壁 に著変を認めない.	直後, 1 週, で局所 的に濃染されてい た皮質細胞が1カ 月では均一に濃染 されている(?)	Ao. Cn. Vn. - - -	正常所見を示す	正常に復帰
Ao. Cn. Vn. + 卍 (卍)	実質が高度萎縮せ る為各血管がちぢ み迂曲蛇行す. 細 小静脈壁弾力線維 伸展し不規則とな り処々断裂してい る.	精母, 精娘, 精子 細胞の変性したと ころに硝子化が起 っている	Ao. Cn. Vn. - + -	実質の萎縮のみ残 り微細血管の拡張 状態は略正常に近 く血管壁所見も1 カ月所見より大分 回復している.	大部分に硝子化が 起つた為精管が硝 子様物質で充満さ れているが一部に は Spermio-gene- se (精子形成) を 開始している部分 を認める.

及び毛細静脈, 拡張度: 卍高度 卍中等度 +軽度 -略正常)

毛細静脈壁の弾力線維が伸展し不規則となつて  
いる処がある. 3000r 例, 1000r 例では血管壁に変  
化を認めない.

4. 各照射群 (5000r, 3000r, 1000r) 照射  
後6カ月所見

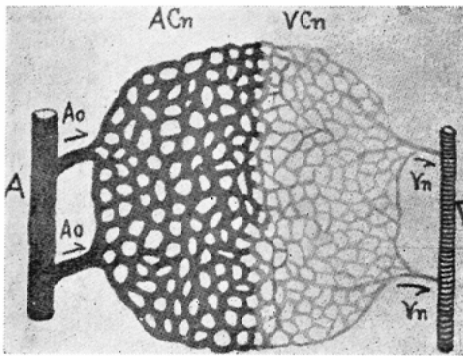
5000r例, 3000r例では実質の萎縮像のみ残り,  
微細血管の状態は略と正常に復帰している. 1000  
r 例では実質の変化も略と回復している.

k) 小 括

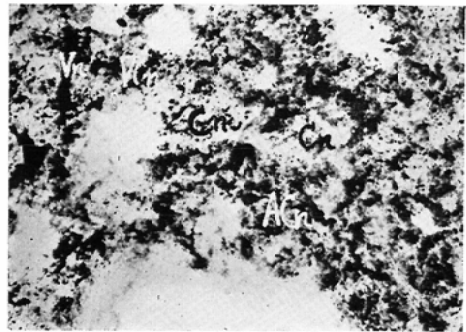
以上墨流法並に組織学的検索によつて得られた

(A) 墨流法標本 (注) 各臓器微細血管模式図は「横浜市立大学紀要」より転載した。(1) 肺微細血管

1. 肺胞に纏絡する毛細管網の模式図, ACn: 動脈側毛細管網 VCn 静脈側毛細管網

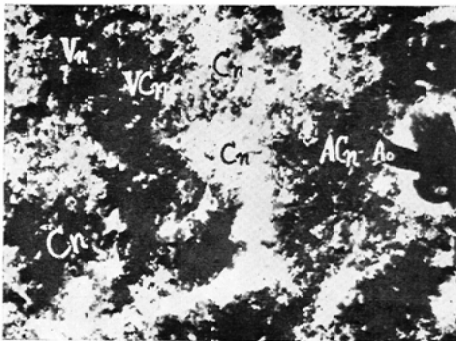


2. 対照例 (非照射例)



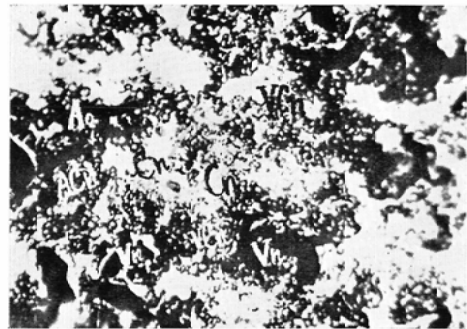
3. 5000r 照射直後

毛細管網と毛細動脈の拡張, 蛇行像著明 (Cn) (ACn)



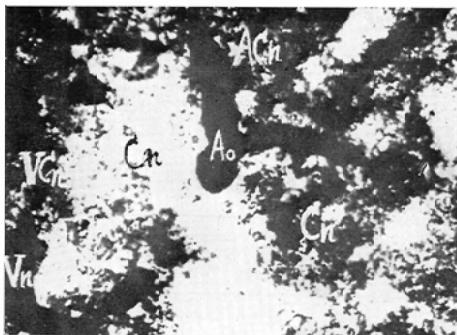
4. 5000r 照射後1週

細小動脈, 毛細動脈の拡張像, (Ao) (ACn)



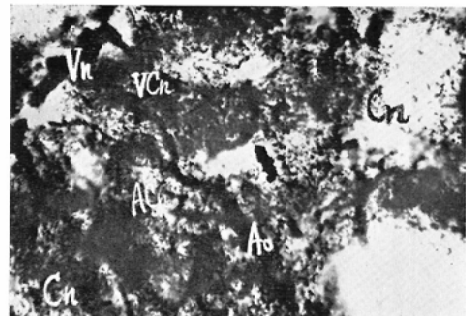
5. 5000r 照射後1ヵ月

細小静脈, 毛細静脈の拡張像, (Vn) (VCn)



6. 5000r 照射後6ヵ月

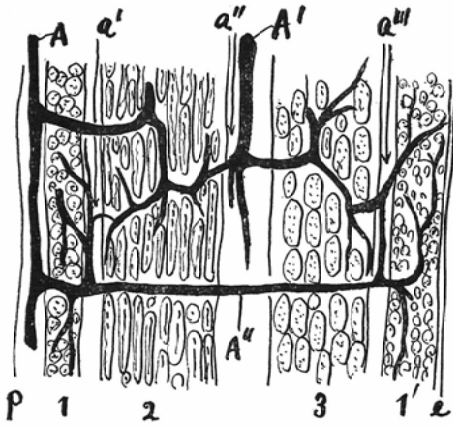
全域の微細血管の拡張, 蛇行像, 極く軽度となる。



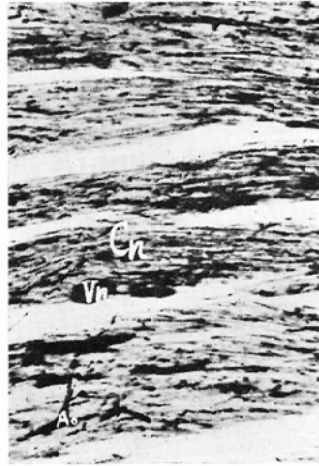
(2) 心筋層微細血管

7. 心筋層の動脈枝模式図

P: 心外膜 1. 2. 3. 1': 心筋層 I: 心内膜



8. 対照例



9. 3000r 照射直後

毛細管網に黒リングル液の有害性流入像 (Cn)



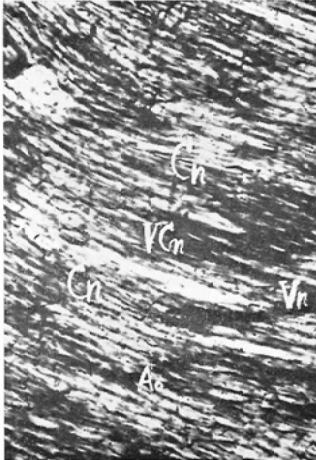
10. 5000照射後1週

細小動脈, 毛細動脈の拡張像(Ao)(ACn)



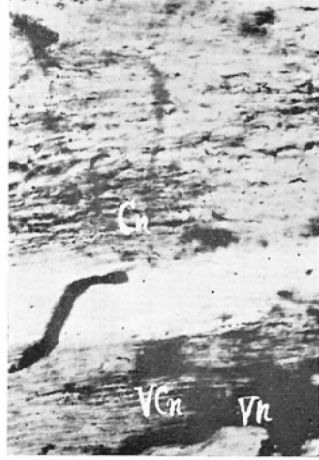
11. 3000r 照射後1ヵ月

軽度の静脈性拡張像(Vn. VCn.)



12. 5000r 照射後6ヵ月

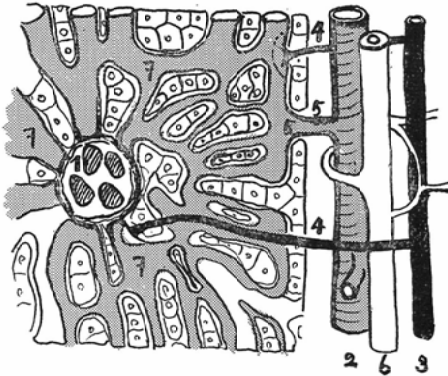
略正常所見に復帰す。



(3) 肝微細血管

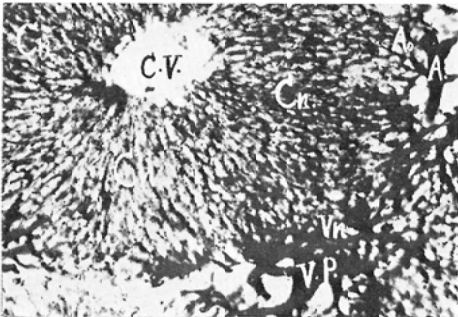
13. 肝の模式図

1: 中心静脈 2: 門脈 3: 肝動脈 4: 細小及毛細動脈 5: 細小及毛細静脈 6: 胆管 7: 血管洞 (Sinusoid)



15. 5000r 照射直後

血管洞即ち肝毛細管網の拡張像著明 (Cn)



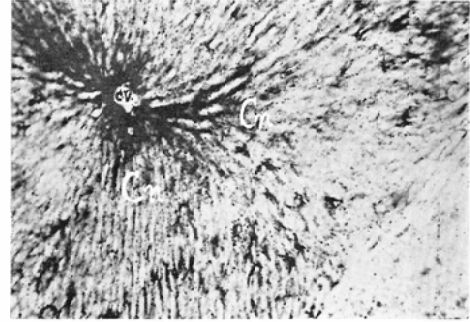
17. 5000r 照射後1ヵ月

門脈系の拡張 (P.V. Vn. VCn)



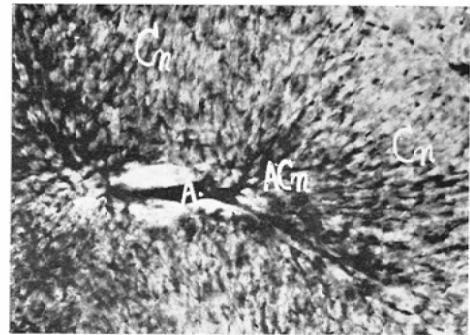
14. 対照例

Cn: 血管洞(所謂 Sinusoid Capillary)



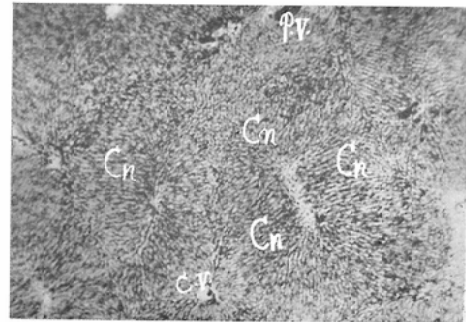
16. 5000r 照射後1週  
動脈性拡張の傾向を認める.

(A. Ao ACn.)



18. 5000r 照射後6ヵ月

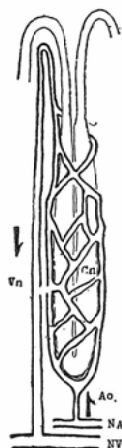
血管洞の極く軽度拡張像の他略正常所見に復帰



(4) 胃粘膜層微細血管

19. 胃体部粘膜層微細血管の模式図

Ao: 細小動脈 NAO: 毛細動脈 Vn: 細小静脈  
NVn: 毛細静脈 Cn: 毛細管網



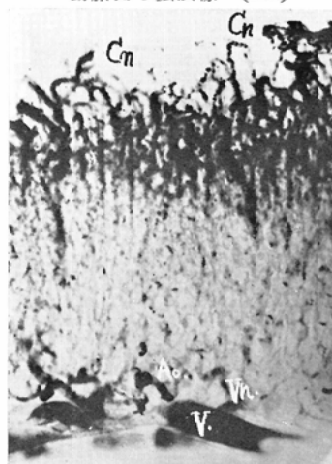
20. 対照例



21. 5000r 照射直後  
毛細管網の拡張, 蛇行像 (Cn)



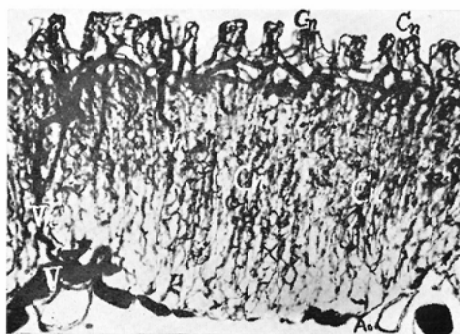
22. 5000r 照射後1週  
動脈側の拡張像 (An)



23. 5000r 照射後1ヵ月  
全域の拡張像殊に静脈側の拡張著明 (V. Vn.)



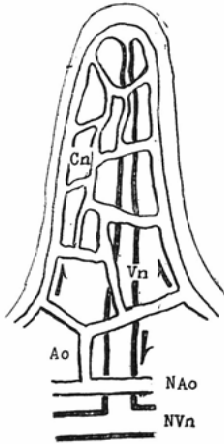
24. 5000r 照射後6ヵ月  
微細血管全般に軽度の拡張像残存するも正常所見に近い。





(5) 小腸粘膜層微細血管

25. 小腸絨毛における微細血管分布の模式図



27. 5000r 照射直後  
毛細管網の拡張像著明 (Cn)



29. 5000r 照射後1ヵ月  
微細血管全域の拡張像 殊に細小静脈及び (Vn, VCn)毛細静脈への墨リ  
ンゲル液の充実性流入



26. 対照例



28. 3000r 照射後1週  
軽度動脈性拡張 (A. Ao ACn)

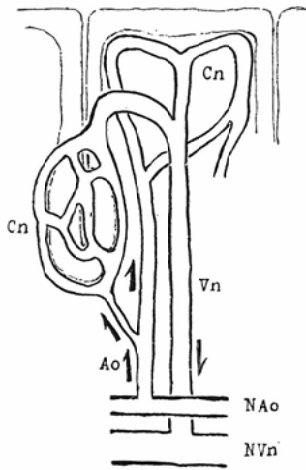


30. 5000r 照射後6ヵ月  
略正常に復帰.

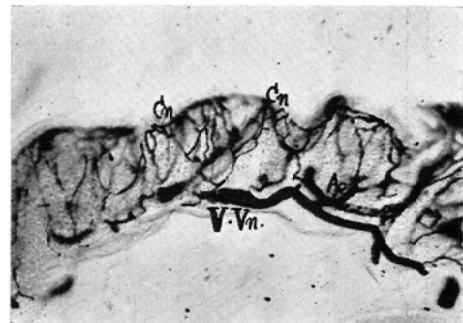


(6) 大腸粘膜層微細血管

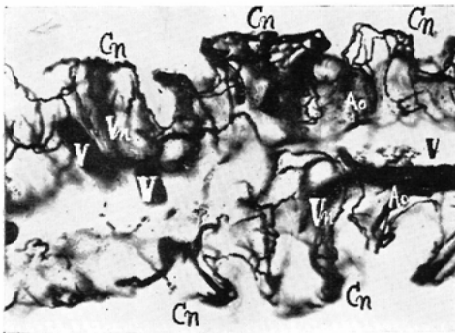
31. 大腸粘膜層 微細血管の模式図



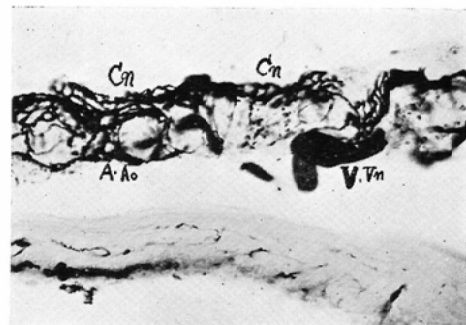
32. 対照例



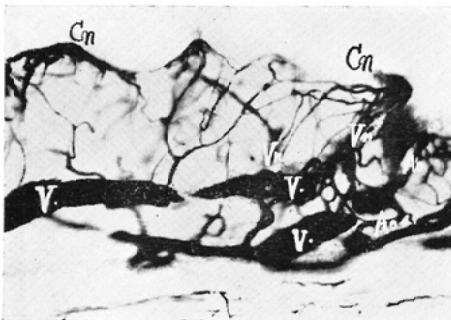
33. 5000r 照射直後  
毛細管網の拡張像がめだつ  
(Cn)



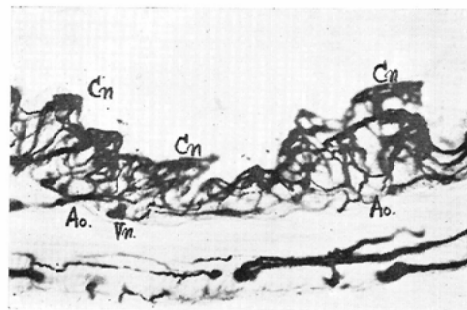
34. 3000r 照射後 1週  
動脈側の拡張傾向を認める  
(A. Ao)



35. 5000r 照射後 1ヵ月  
静脈側の拡張像  
(V. Vn)



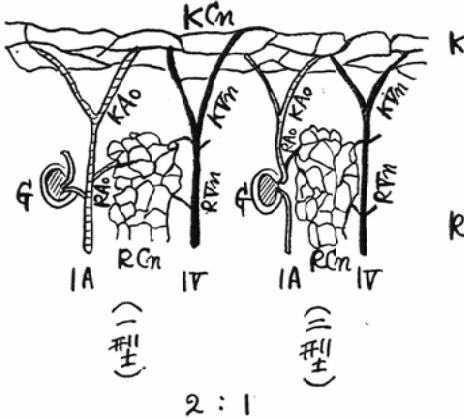
36. 5000r 照射後 6ヵ月  
略正常に復帰



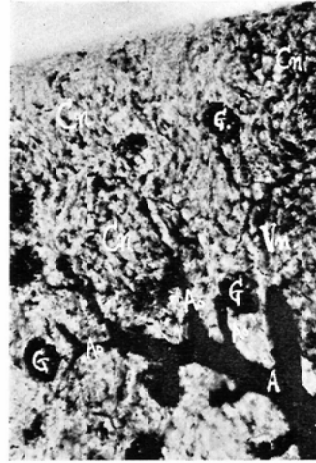


(6) 腎皮質微細血管

41. 腎皮質及び被膜部微細血管模式図  
 K: 被膜 R: 皮質 IA: 小葉間動脈 IV: 小葉間静脈  
 RAo: 毛細動脈 RVn: 毛細静脈 KAo: 細小動脈  
 KVn: 細小静脈 KCn: 被膜毛細管網  
 G. 血管球 RCn: 毛細管網



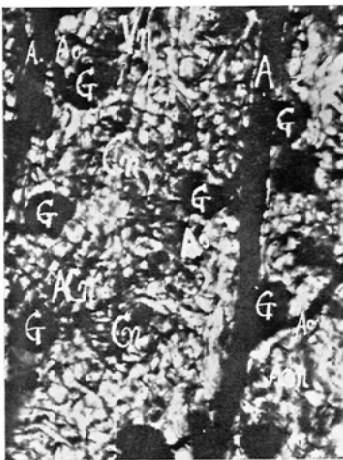
42. 対照例



43. 5000r 照射直後  
 毛細管網, 血管球の拡張像著明 (Cn) (G)



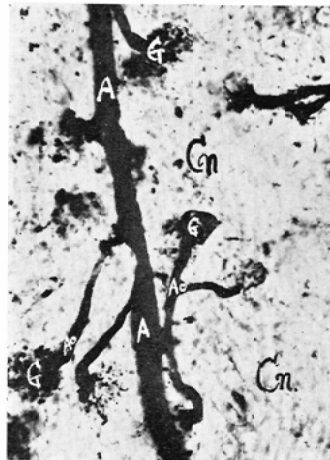
45. 5000r 照射後1ヵ月  
 微細血管全般の拡張像 静脈側の著明な拡張 (Vn. VCn) 張像即ち鬱血像



44. 3000r 照射後1週  
 導人血管, 毛細動脈の拡張 (Ao) (ACn)



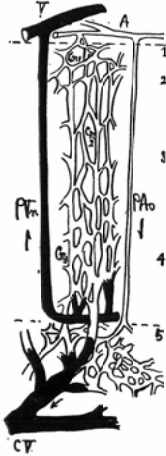
46. 5000r 照射後6ヵ月  
 全般的に略平常に復帰しているが 血管球の変形及び (G) (硬化の為か?) 墨の漏出所見を示す。



(9) 副腎皮質微細血管

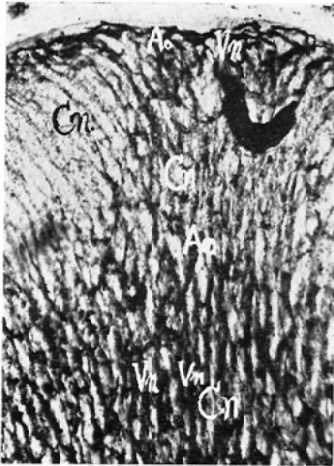
47. 副腎血管模式図

1. 被膜 2. 球状層 3. 束状層 4. 網状層 (皮質) 5. 髓質 PAo, PVn: 穿通細小動脈, 静脈 Cn<sub>1</sub>: 球状層毛細管網 Cn<sub>2</sub>: 束状層〃 Cn<sub>3</sub>: 網状層〃 CV 中心静脈

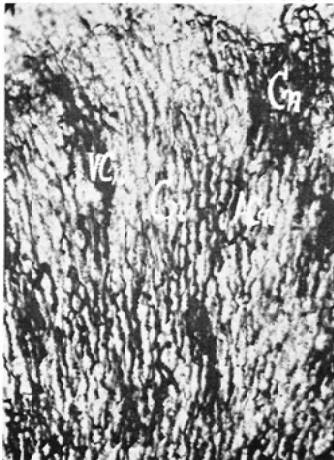


49. 5000r 照射直後

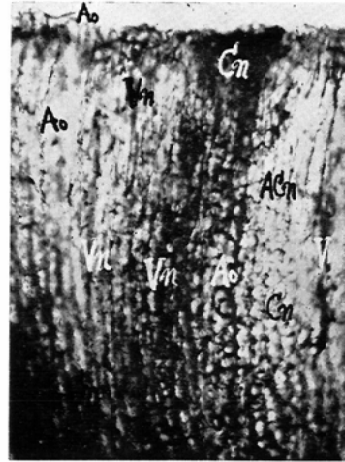
束状層洞様毛細血管 (毛細管網) の拡張像がめだつ (Cn)



51: 5000r 照射後1ヵ月 全域の拡張像殊に静脈側の拡張著明 (VCn)



48. 対照例



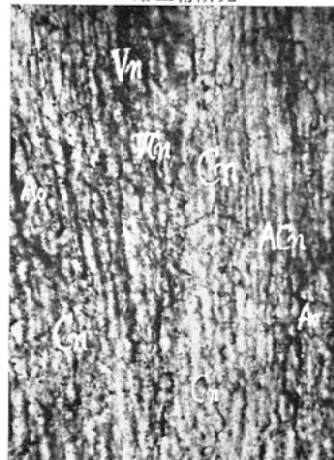
50. 5000r 照射後1週

軽度動脈側拡張のみ (Ao, ACn)



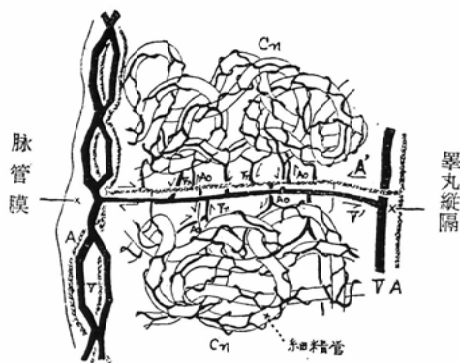
52. 5000r 照射後6ヵ月

略正常所見

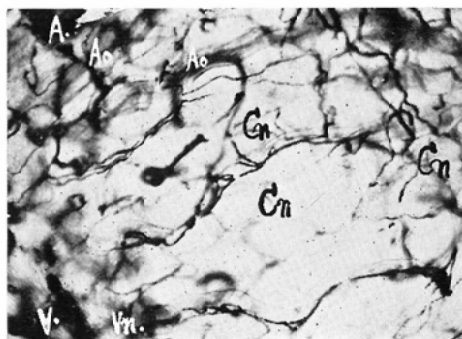


(10) 辜丸微細血管

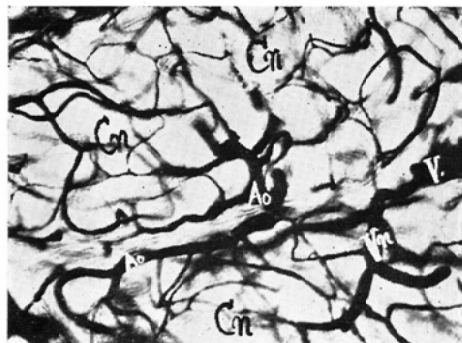
53. 辜丸の微細血管模式図



54. 対照例



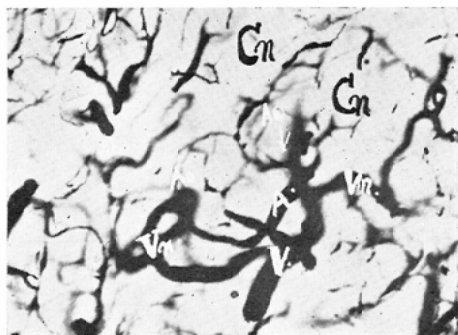
55. 5000r 照射直後  
毛細管網に墨リングゲル液充実性流入 (Cn)



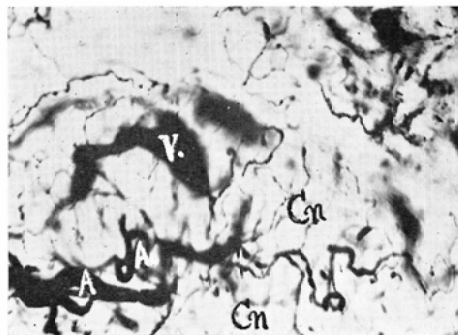
56. 3000r 照射後1週  
動脈性拡張像 (Ao. ACn)



57. 5000r 照射後1ヵ月  
微細血管全般に迂曲，蛇行著明又静脈性拡張像を  
みる (Vn. VCn)

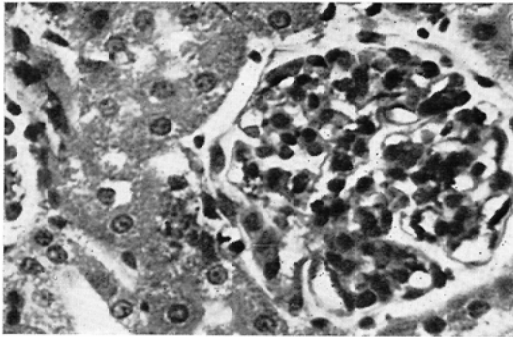


58. 5000r 照射後6ヵ月  
略正常に復帰している



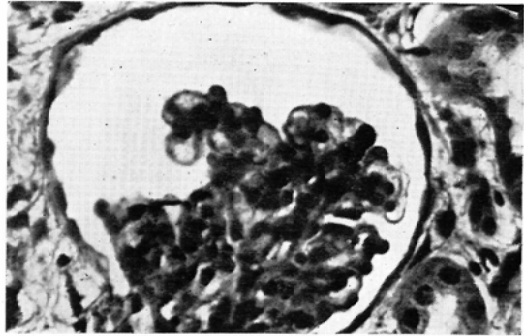
## (B) 組織標本 (ヘマトキシリン・エオジン染色)

59. 腎血管球 (糸球体) 対照例

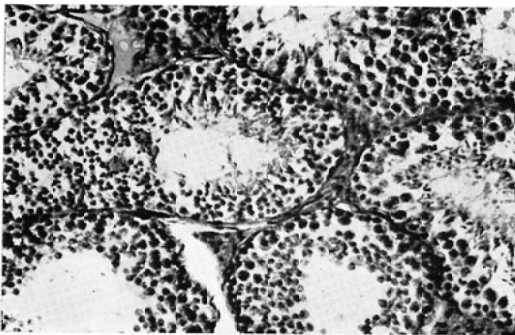


60. 5000r 照射後 6 カ月

糸球体硬化 (glomerulosklerose) 内皮細胞の空胞変性

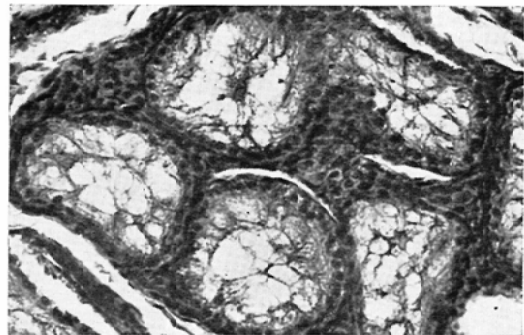


61. 睪丸実質対照例



62. 5000r 照射後 1 カ月

実質の高度萎縮, 精細胞の硝子様変性 (硝子化)



互る総体的変化についてみると5000r 照射群の照射後1カ月例に最も強い。又全例とも6カ月後には略と正常に復帰しているが腎皮質の微血管のみ照射後6カ月に於ても軽度ながら器質的变化が残存するのが認められる。

5. 組織学的検索によつて上述の墨流法によつて得られた結果を確認した。

## IV. 考 按

本実験に於ける分割照射条件は可及的臨床使用条件に近く且つ長期観察(最長6カ月)を前提として可及的大量のエクソ線全身均等照射を行い、内臓微細血管に対する放射線の作用をうかがい知るべく企図されたものであり、所謂急性障害実験と慢性障害実験との中間に位するものであろう。殊に急性障害実験は原子爆弾被曝時<sup>8)9)</sup>と類似

の条件下にあり興味があり多数の研究があるが中間期の変化に対する研究は殆んど見当らない。

所謂放射線の臓器に対する作用は、1)個々の細胞に対する直接作用と、2)血管を介しての間接作用との二方向から考察する事が可能である。従来は前者のみ強調せられ、臓器の放射線に対する感受性序列が得られているがこれは主として急性障害の場合であつて、中間期乃至慢性障害の場合には血管障害を介しての影響が強し現れ、様相が変化する。皮膚障害に関しては後者の影響は詳細に研究されて来たが内臓諸臓器の脈管系統に関しては知るところが極めて少い。本研究はかゝる未知の領域に一步踏み入れんとしたものであつて、A)内臓臓器微細血管の放射線感受性如何。B)臓器別感受性差異、機能血管と栄養血管の感受性差

異。C) 皮膚に於ける紅斑波に相当する血管の反応が更に内臓臓器にも認められるや否や等を追求した。A) の点に関しては今回の成績から定性的には皮膚のそれと同様な態度をとる事が知られ定量的にも臓器組織感受性序列に応じた変化が認められた。微細血管系の中では時間的には毛細管網が最も早期に拡張を示し、動脈系、静脈系がこれに次いだ。しかし血管の拡張度をみれば寧ろ動脈系、静脈系が大となった。従来毛細管と放射線効果に関してその拡張効果を報告したものは多く、Allen<sup>10)</sup> (1903) は蛙の水かきに照射し、Motojima<sup>11)</sup> (1928) は蛙舌に、David, Gabriel<sup>12)</sup> (1923) は人皮、爪下、Griffith, pendergrass<sup>13)</sup> (1946) は人皮にて夫々観察し報告しているものの、未だ各内臓微細血管に関する報告はみられない。吾々の実験条件では血管拡張症 (Teleangiectasis)、血栓形成、副行形成等の著明な不可逆的な変化は腎以外には認められなかつた<sup>14)15)16)17)18)19)</sup>。

B) の点に関しては臓器別に著しい差を認めないが、強いて序列的に配列すれば、腎>辜丸、胃、小腸、大腸、肝、肺>副腎、脾>心筋の順に感受性が大であり、機能血管としての活性度もこれに関係がある様にも思われた。これに関しては更に将来の検討を要する。何れも照射後6カ月に於て復旧像を認めたが、たゞ腎に於て猶糸球体硬化症 (Glomerulosklerose) を認めたことは、全身一時照射の際に Kidney death として従来注目されて来たものと同様な変化であつて、現在迄に Kohn<sup>20)</sup> (1957) がマウスにエックス線全身一時照射 (500r)、1~1年半後に10%、Nowel<sup>21)</sup> (1959) は同じくマウスに800r照射、1~3年後に68%の腎硬化症発生を報告し、Lamson<sup>22)</sup> (1958) はラットを使い1000r照射1~2年後の腎硬化症発生とその血圧上昇につき研究を行つている、其他 Wilson<sup>23)</sup> (1958)、upton<sup>24)</sup> (1954)、Cronite<sup>9)</sup> (1946) 等も夫々腎硬化症につき観察しているが吾々の実験結果もこれと一致し興味ある所見と考えられる。従つて放射線治療時腎照射には注意を要する。

次にC) の点について考察する。吾々の結果は血管の反応といつても部位的に反応を異にし、照射直後に於ては毛細管網の拡張が著明であり1週間後には動脈系の拡張がめだち、1カ月後には静脈系の拡張がこれによつて代る結果であつた。この波状経過は従来紅斑波 (Erythemwelle) として知られ、照射当日又は2~3日以内にみられる早期紅斑 (Früh erythem)、1週間後より著明にみられる眞の紅斑 (Haupt erythem)、これ以外に Miescher は約1カ月後にみられる後期紅斑 (Spät erythem) を指摘した。この成因については多くの研究が為され Miescher の如く炎症反応の波状的経過であると云う考え、又は血管運動神経及び血管内皮細胞の障害を以て説明しようという考え、更に進んでその血管拡張を統一的に i) Metabolic theory (wetterer 1922. Schwarz 1925. Lecois 1926. Ellinger 1934等) ii) Neuromusculartheory (Krogh, Ricker 1914, David, Gabriel<sup>25)</sup>等) iii) Cellular theory (Borak, Kaposi 1898, Bishop, Warren 1940等) によつて説明すべく色々研究<sup>26)27)28)29)30)</sup>されてきたが未だ全く明瞭とは言ひ難く、只一人 Borak がその広範な研究において早期紅斑は毛細管網の拡張に相当し、眞の紅斑には動脈系の拡張が、後期紅斑には静脈系の関与が大であるという報告は非常に興味があるが、未だ追試をみない。吾々の実験の一部の目的はこの興味ある観察を内臓血管について確めんとしたものであつて、Borak の観察が正しい事を立証したものと考えられる。但し本実験からは Borak の言う拡張前収縮像に関して云々する事は不可能であつた。この波状変化は各臓器について等しく観察され、慢性障害時には静脈系の変化が長く残存する事を示したもので、皮膚障害の文献及び臨床的経験とよく一致する。又小線量連日分割照射の場合には皮膚紅斑はみられないのが常であるが吾々の実験条件に於てははまだ一時照射にみられる様な反応様式を示した。従つて吾々の観察結果は一時照射の反応が重複発現しているものと解釋され、しかも最終照射の影



響が強く現われて血管の波状拡張を示したものと考えられる。本墨流法によつては機械的に墨リング液を圧注する点等、これに基く人工的所産によつて誤つた結論を導く恐れもあるが、組織所見との比較はこの危惧が少いものである事を示した。又実験動物の成長年月による血管口径の差異及び解剖学的個体差等を考慮に入れるならば、本実験に於ても当然同一個体に於て各照射例、非照射例を作り比較しなければならぬのであるが、これが不可能な事である為本実験に於ては略と成長年月及び体重の等しい成熟家兎群を選び実験し其の結果を考按した。以上著者の任用した照射条件では一般に組織の障害度は1カ月・1週間>直後>6カ月の順に大で、血管障害の程度に略と平行し、6カ月後には腎以外は可逆的の旧復を示し、組織が回復し得る能力のある事を示した。辜丸が著しい変化を示した事は分割照射が一時照射より影響が大であるという従来定説を立証したものである。

最近放射線治療の際組織耐線量という概念が皮膚耐線量という概念に代つて広く任用されんとしている。組織耐線量の定義は明らかでないが、一応各種臓器組織の不可逆的な器質的或は機能的欠損を来す線量と解釋してみる。不可逆性を規定する一つの最も主な条件は血管系統の不可逆的变化であると考えられる。この際器質的な変化を採用するか機能的な変化を採用するかは当該治療の最終目標により種々変化しうと思われる。今回は専ら全身照射の際の変化について考察したが、今後局所照射の際の組織耐線量の研究が癌の放射線治療に際し重要なテーマになる事と思われる。

## V. 結 論

成熟雄性家兎に頭部を除くエックス線全身照射を行い、管球電圧 180KVp, 管球電流 3 MA, 濾過板 0.5mmCu + 0.5mm Al, 1回照射量 250r (皮膚線量), 1週間1回の分割法により総線量 1000r 照射群, 3000r 照射群, 5000r 照射群の3群を作り、各照射群の照射直後より凡6カ月に亘り各内臓臓器(肺, 心, 肝, 胃, 空腸, 結腸,

脾, 腎, 副腎, 辜丸)の微細血管の形態学的変化につき、これを墨流法及び組織学的に検討して次の結果を得た。1. 各内臓微細血管の変化は1000r 照射群<3000r 照射群<5000r 照射群の順にその影響を強く現し、大多数例に於いて照射後1カ月例に極期を認めた。2. 各照射群、各時期(照射直後, 1週間, 1カ月, 6カ月)に於ける変化は直後例では毛細管網, 1週間後では動脈系, 1カ月後では静脈系を各主体とした拡張, 迂曲, 蛇行像が経時的に出現し、これはエックス線照射時皮膚に発現する紅斑波(Früherythem. Haupterythem. Späterythem)に一致するものである事を確め得た。

3. 各内臓臓器微細血管の変化は、本実験に於て腎皮質にみられた器質的变化をのぞいては略と機能的一過性の変化であり、照射後6カ月の観察では凡正常に復歸していた。

4. 本実験より考察し得た内臓各臓器微細血管のエックス線感受性序列は毛細管網>動脈系>静脈系の順であり、臓器別では大差はないが強い序列をつければ、腎・辜丸・胃・小腸・大腸・肝・肺>副腎・脾>心筋の順であつた。

5. 5000r 照射後6カ月に於て観察された糸球体硬化症は従来注目されている大線量全身照射後に観察される Kidney death を解明する所見として興味があると思われる。

拙筆に臨み本研究に御懇切なる御指導並びに御校閲を賜つた恩師津屋教授、森栄助教授に深甚の謝意を捧げ、又病理組織学的検査の御指導を賜つた病理学教室吉村教授、生理学教室畠山教授、並びに墨流法標本検査の御指導を賜つた横浜市立大学体育医学教室小川教授に衷心より感謝の意を表す。又終始御援助を戴いた教室員各位に深甚の謝意を表す次第である。

## VI 文献

- 1) Gassmann: Holzknachts-Köhler: National Nuclear Energy Series. Div. IV, 22 Eand 22 1 McGraw-Hill, New York (1951). —2) G. Miescher: Das Röntgen erythem. Stth. Bd. 16, 333 (1924). —3) J. Borak: Radiationeffects on Blood Vessels. Part Erythema, Edema, Radiology 38, 481 (1942). —4) Henry Quaster, Milledred K. Austin, and Morton Miller: Oral Ra-

- diation Death. Radi Research 5, 338 — 353, (1956). —5) E. P. Cronkite and V. P. Bond: Effect of Radiation on Mammals (Oral radiation deaths and effects) Annual Review of Physiology. Vol. 18 (1956). —6) 小川義雄: 微細血管分布に関する研究 横浜市立大学紀要 Series C-6, No. 12 (1952). —7) 西丸和義: 微細血管分布に関する研究 横浜市立大学紀要 Series C-6 No. 12 (1952). —8) E.P. Cronkite: The hemorrhagic Syndrome of acute ionizing radiation illness Produced in Goats and Swine by exposure to the atomic bomb at Bikini (1946). —9) M. Nakaidzumi and A. Tsuya: The Morphological and Functional Changes of the Blood Capillaries of the Persons exposed to the Atomic Bombing: (Preliminary Report). —10) S.W. Allen: J. Med. Research 9, 462 (1903). —11) R. Motojima: St. th. 30, 343 (1928). —12) O. David: St. th. 17, 1924 (1924). —13) E. P. Pendergrass, P.J. Hodes, J.Q. Griffith: Effect of Roentgen Rays on the Minute Vessels of the Skin in Man. A.J.R. 52, 2, 123 (1944). —14) A.C. Anderson: A Substance of Series Within the Vascular System of Dogs receiving lethal Exposures of Whole Body X-ray irradiation. Rea. Research 6, 3 (1957). —15) E. Volger: Die Arterio-Venösen Anastomosen im Röntgen bild. Fortsch. a. d. G. d. Röntgen. th, 78, 3 (1953) 322. —16) R. H. Rigdon d. H. Crerl: Effect of roentgen irradiation on Capillary-Perrucability and inflammation in the Skin of the rabbits. A.J.R. 49, 250~257(1943). —17) Bjarne Dahl: Neue Demonstration der Verringten Reaktions fähigkeit der Gewebe Nach Röntgen bestrahlung. St. th58 (1937). —18) 広石全司:  $\beta$  線外部照射に依る皮膚反応に関する研究. 日本医学放射線学会雑誌18巻. —19) 大野岑也: 細小血管に対するエックス線の影響. 日本医学放射線学会雑誌17巻. —20) H.I. Kohn, R.F. Kallman and C.C. Charles: Late Effects of Whole-Body X-irradiation in the Mouse. Rad. Research. 7, 4, (1957). —21) P. C. Nowell and L.J. Cole: Late Effects of Fast Neutrons Versus X-rays in Mice, nephrosclerosis, Tumor, Longevity. Red. Research 11, 4 (1959). P.C. Nowell, L.J. Cole, and M.E. Ellis: Neoplasma of the glandular stomach in Mice irradiated with X-rays on fast Neutrons. Cancer Research 18, 257~260 (1958). —22) B.G. Lamson M. S. Billings, L. H. Ewell and L.R. Bennett: Late Effects of Total-Body Roentgen irradiation. A.M.A. Arch. Path. 66 (1958). —23) C. Wilson, J.M. Ledingham and M. Cohen: Hypertension following X-irradiation of the Kidneys Lancet 1, 9~16 (1958). —24) A. C. Upton and J. Furth: Nephrosclerosis induced in Mice by totalbody irradiation. Federation. Proc, 13: 445 (1954). —24) A. C. Upton: Ionizing radiation and the aging Process. J. Gerontol. 12, 306~313(1957). —25) O. David und G. Gabriel: Die Kapillar mikroskopie des Röntgen erythems. St. th. 15, 125 (1923). —26) A.J. Delario: Röntgen, Radium und Radioisotope Therapie(1953). —27) F.G. Spear: Radiation and Living Cells. (1953). —28) E. Polak: Über die Wirkung von Radiumeman tation auf die gefäße. Acta. Radi. 9~169 (1928). —29) R. Golden and H. W. Jacox: Effect of Roentgen Ray and Radioactive substances on blood Vessels. Clinical Radiation therapy 134 (1950). —30) Wachsmann: Verglsich der Wirkung von Röntgen, und Radium bestrahlung auf die-Menschliche Haut. St. th. 90, 3, 438(1953). —31) 横浜市立大学体育医学教室論文集・尿管生理学論文集. —32) Jenökramer: Stress and Capillary Resistance (Capillary Fragility). A.J. Physiol. 175, 1, 69 (1953). —33) Strahlen dosis und Strahlen-Wirkung von B. Rejewsky (1954).

Changes in minute Blood Vessels of the Internal Organs  
by Whole Body X-ray Fractional Irradiation.

By

Isam Hayakawa

Department of Radiology, Yokohama University School of Medicine

(Director: Prof. A. Tsuya)

Three groups of mature male rabbits were given repeated whole body X-ray exposures with one week interval excluding the head.

The conditions of the irradiation were as follows: tube Voltage, 180 KVP; Current, 3 mA; filter, 0.5 mmCu and 0.5 mmAl; distance, 80 cm; skin dose, 250 r and dose rate, 5.0 r/min.

Following the above Schedule three groups were irradiated up to 1000 r, 3000 r and 5000 r once a week, respectively. And each group was observed for changes in the minute blood vessels of the internal organs, (lungs, heart, liver, stomach, small bowel, colon, spleen, kidney, suprarenal bodies and testicles), by Ogawa's method (Indian ink in Ringer's solution) and usual histologic methods, up to six months after irradiation.

The results are as follows:

1) The changes following irradiation in the minute blood vessels of the internal organs occurred in the expected order of increasing severity, with increasing dose from 1000 r to 5000 r. In most of the cases the maximum effect was seen one month after irradiation.

2) The considerable dilatation and tortuosity of the capillary nets occurred right after irradiation, followed by the more marked arterial dilatation after one week and venous dilatation after one month.

This observation coincided with the three successive erythema waves of the irradiated skin, which was explained in detail by Dr Borak.

3) This study showed that the changes in minute blood vessels in the internal organs were almost functional and reversible except for organic change in the kidney, which appeared six months later.

4) The dilatation of the minute blood vessels of the internal organs appeared in the order of diminishing sensitivity from capillary nets, to arterial system and then venous system.

There is no remarkable difference in sensitivity with varying organs. However, the graded sensitivity seemed to exist in the following order; kidney, testicle, stomach, small bowel, colon, liver, lung > adrenal, spleen, > myocardium.

5) The glomerulosclerosis which was seen six months after irradiation with 5000 r stands in line with the kidney death which was observed after heavy single exposure.