



Title	放射線間接作用の研究(第9報)溶血現象に就て
Author(s)	湊, 敏夫
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1956, 16(4), p. 392-399
Version Type	VoR
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/16955">https://hdl.handle.net/11094/16955</a>
rights	
Note	

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

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

The University of Osaka

# 放射線間接作用の研究(第9報)

## 溶血現象に就て

北海道大學醫學部放射線醫學教室(主任 若林勝教授)

湊 敏 夫

(昭和31年3月9日受付)

### 1. 緒論

放射線の化學的物質に対する作用(例えば蛋白質DNA<sup>1)2)3)</sup>等)或は細菌やVirus<sup>4)</sup>に対する作用は近時放射線化學(radiation chemistry)で云う間接作用で説明せられる様になつた。そこで此等の解釋が構造の大きい且つ複雜な細胞體にも當嵌まるかどうかを検討せんとして生物體として比較的簡單な赤血球を材料として溶血現象を尺度として實驗を行つた。

赤血球生食浮游液は放射線の照射により溶血現象を起す事は今日よく知られた事實である。<sup>5)6)7)</sup>  
8) 最近 Lindemann<sup>9)</sup>はX線溶血現象を詳細に検討している。それに依れば赤血球膜面に一次的な變化が起り、之によつて透過性の變化が起り溶血現象を呈するという。

人間の赤血球生食浮游液を種々なる線量( $1 \times 10^4$ r～ $5 \times 10^5$ r)で照射し、先づ溶血現象との關係を求め、次に浮游液の赤血球濃度を種々に變えて(2倍～100倍)濃度効果について検討した。更にCystein及び一汎度醋酸の放射線溶血現象に及ぼす影響及び赤血球生食浮游液中の酸素濃度の影響を追求し酸素効果に就いても検討した。

### 2. 實驗方法

實驗材料としては健康人(18～30才)の血液を取り生食で數回洗滌した赤血球を用いた。之を適時2倍、10倍、50倍及び100倍に稀釋して實驗材料とし、此の赤血球生食浮游液をヘマトクリット法<sup>10)</sup>によりその赤血球の量を測定する。即ちHamburger氏管に浮游液を1.00cc及至1.50cc入れ、1分間3,000回回轉で5分間遠沈しその目盛りを

とる、処置及び末処置のものの赤血球柱の大小を比較した。赤血球柱の小なるものは溶血に依るものと判定する。

X線照射は稀釋赤血球生食浮游液を小型シャーレに入れ液層を1cmとして照射した。X線装置は我が教室で組立てた半波整流法式で強制水冷式である。裸管球にして被寫體を焦點に近づけて照射した。尙照射に際しては管球を黒紙にて包み強い熱線を除去し、更に可燃材料を水に入れた大きなシャーレの中に入れて温度上昇を防止した。照射條件は管電圧60KV P、管電流20mA、焦點溶液底面までの距離6cmとし、此の時の線強度3,200r/min.である。之によつて照射線量は $1 \times 10^4$ r、 $1 \times 10^5$ r、 $2.5 \times 10^5$ r及び $5 \times 10^5$ rとした。實驗材料を2分し、一方をX線照射し、他方を對照とした。照射後は實驗材料を室温に保存した。測定は照射直前、直後並びに彌後は3時間おきに48時間まで對照と同時に測定した。

### 3. 實驗成績

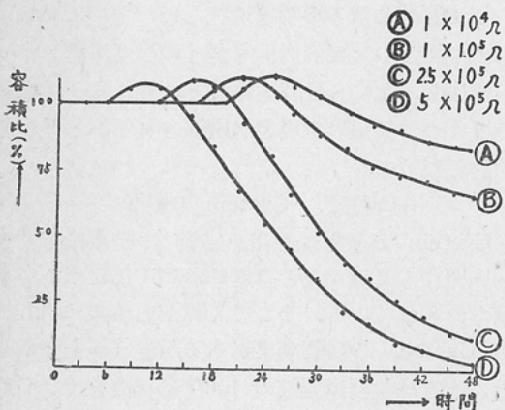
#### 實驗1. 対照實驗

赤血球が照射により溶血現象を起すことは知られているが、その線量或は時間的關係に就ては餘りはつきりしていない。そこで私は線量を種々にかえ( $1 \times 10^4$ r～ $5 \times 10^5$ r)の場合の溶血現象の推移を詳細に検討し以下の對照實驗とした。

#### 1. 2倍稀釋

2倍稀釋赤血球生食浮游液を照射した場合の溶血現象の時間的經過は第1圖に示す如くである。夫々の時間における對照群との比較の%を縦軸にとつてある。何れの線量においても照射後一過性

第1圖 2倍稀釋血球容積比

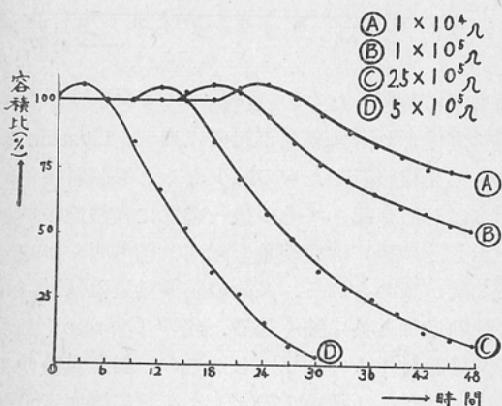


に血球容積比の増加がみられ、後溶血に移行する。Lindemann<sup>9)</sup>は一過性の赤血球膨潤は見ないと云うも、私の実験では何れの場合にも必ず一過性の膨潤が見られた。此の一過性膨潤の山は線量の大なるにつれて照射後の時間の短い方にずれる。此の山に續く容積比の減少即ち溶血は線量の増大とともに早く且つ強く起る。

## 2. 10倍稀釋

赤血球を生食で10倍に稀釋した場合の血球容積比は第2圖に示す如くである。この場合にも一般に照射後一過性の容積比の増加が見られ、後減少即ち溶血が起こる。此の場合にも線量の増大と共に一過性の容積比の増大する山が照射後時間の短い方にずれる。此の山に續く溶血は線量の増大と共に早く且つ強く起つてくる。之を2倍稀釋の場

第2圖 10倍稀釋血球容積比

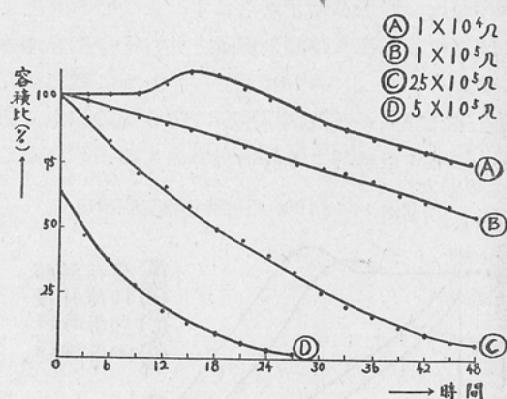


合に比すに一般に10倍稀釋の方が溶血が早く起る。

## 3. 50倍稀釋

赤血球を生食で50倍に稀釋した場合の血球容積比は第3圖に示す如くである。この場合には $1 \times 10^4$ の場合だけ一過性の容積比の増大がみられるが之以上の線量においては一過性の容積比の増大はみられずして照射直後から溶血現象が起り出す

第3圖 50倍稀釋血球容積比

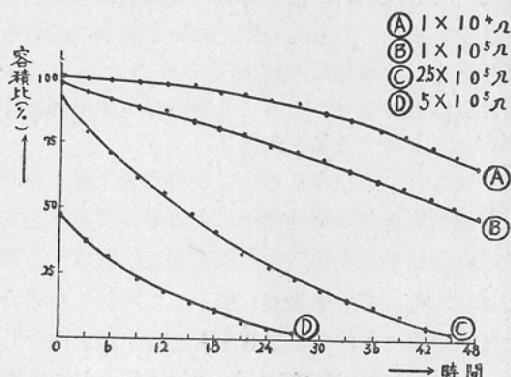


而も時間の経過と共に強く起つてくる。此の場合には2倍稀釋、10倍稀釋の場合より一般に変化が早く且つ強く起る。

## 4. 100倍稀釋

赤血球を生食で100倍に稀釋した場合の血球容積比は第4圖に示す如くである。此の場合には一過性の容積比の増加なしに照射直後より溶血現象

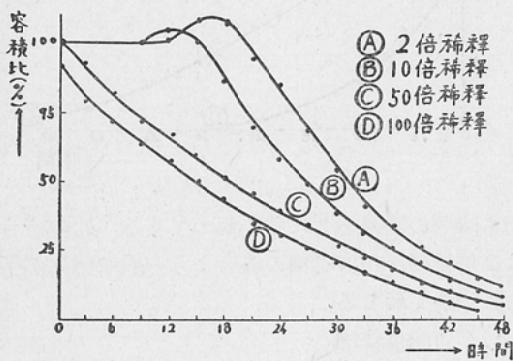
第4圖 100倍稀釋血球容積比



が強く起つてくる。前二者より溶血が更に早く且つ強く起つる。

以上の如くX線による溶血は $1 \times 10^4$ r～ $5 \times 10^5$ rの間では線量の増加と共に強く起つてくる、この関係は赤血球生食浮遊液の稀釋度と密接な関係がある。即ち10倍稀釋迄は一過性の容積比の増大が必ずみられその後に溶血が起つてくる。即ち溶血は照射後可成りの時間が経つてから起つてくる。然るに50倍以上稀釋のものに於いては一過性の容積比の増加が殆ど見られず、且つ照射直後より溶血現象が起り時間の経過と共にその度を増強していく。今 $2.5 \times 10^5$ r照射のものに就て稀釋度と溶血現象の関係を見るに第5圖の如くである。即ち2倍稀釋より10倍稀釋のものが溶血大である。

第5圖  $2.5 \times 10^5$ r照射時の血球容積比



更に50倍、100倍と稀釋度を増すにつれて溶血度は大となる。即ち溶血現象に關しても明らかに濃度効果 dilution effect が認められる。Lindemann<sup>9)</sup>は赤血球の血漿浮遊液のX線溶血は血漿を含まない場合よりもその度が低いと云う。之からX線溶血は間接作用の結果であろうと云つている。私は濃度効果からみてX線溶血現象は間接作用によるものであると考える。

更にこれを追求する意味で次の実験を行つた。

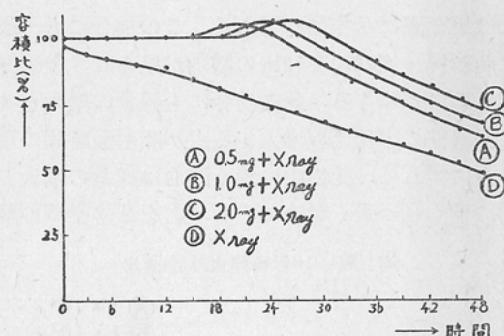
X線溶血現象は間接作用によるものであるとすれば赤血球生食浮遊液中の酸素濃度が關係する筈である。そこで酸素濃度を低下して照射した場合にX線溶血に如何なる影響をもたらすかを検討した。又放射線の thiopropive action がどの程度

關與しているかを検索するために Cystein 及び一沃度醋酸に依る影響を追究した。先づ Cystein に依つてこのX線溶血現象がどの程度防禦し得るかを検し、次にS H基遮断剤といわれる一沃度醋酸によつてX線溶血現象が増強されるかどうかを検討した。

## 實驗2. Cystein の影響

Cystein が放射線作用を防禦する事は生物學的<sup>11)12)</sup>にも又種々なる酵素溶液<sup>13)14)</sup>等についても確かめられている。そこでX線溶血現象に對しても Cystein の防禦効果があるかどうかを検索した。赤血球生食浮遊液の100倍稀釋液を用い照射線量は $1 \times 10^5$ rとした。Cystein (Merk 製) は使用直前 0.2 重曹液にて中性にしたもの用いた。Cystein 20.0mgを中和にするに要した 0.2N 重曹液は 0.9cc であった。100倍稀釋赤血球生食浮遊液 20.0cc に Cystein 0.5, 1.0及び 2.0mg を加えて室温に放置するに血球容積比の變化は認められなかつた。次で之にX線照射するにその成績は第6圖に示す如くである。即ち Cystein を

第6圖 Cystein の影響



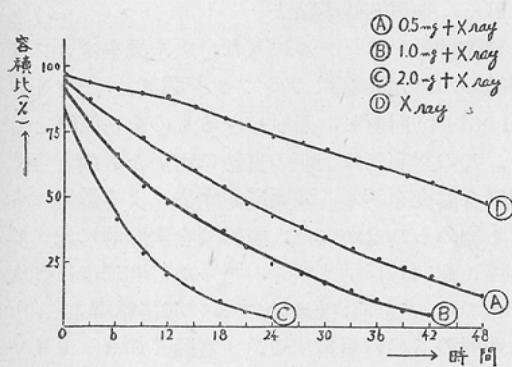
加えずに照射したものは實驗1の4に示すが如く照射直後より溶血現象が起るに反し、Cystein を加えてX線照射したものは少なくとも照射後18時間迄は溶血を起さずその後一過性に容積比の増加を示しその後に溶血現象を起す。即ち明らかに防禦効果が認められる。又此の防禦効果は Cystein の量の増加と共に強く起る。此の Cystein を加えてX線照射 ( $1 \times 10^5$ r) したものは對照實驗の $1 \times 10^4$ r 照射 (實驗1の4) より更に溶血度が低

く、2倍稀釋のもので $1 \times 10^4$ r 照射したもの（實驗1の1）略相當する。即ち著しい防禦効果が認められた。此の Cystein の防禦効果は照射に依つて生ずる游離基（free radical）が Cystein の存在の下では生物體の SH 基に作用し得ない事によつて説明される。即ち放射線の thioprlive action が成立つ様である。そこで更に此の關係を追求するために SH 基遮断剤と放射線の關係を検討した。

### 實驗3. 一沃度醋酸の影響

一沃度醋酸は古くから糖中間代射<sup>15)16)</sup>のある過程を遮断するものとしてよく知られているが、最近一沃度醋酸は SH 基遮断剤として種々な<sup>17)18)19)</sup>なる研究に使われている。此處では一應之を SH 基遮断剤と見做し之が X 線溶血現象に如何なる影響を與えるかを検索した。100倍稀釋赤血球生食浮游液20ccに一沃度醋酸 0.5~50.0mg を加えて室温に放置するも血球容積比は対照と比較して何等の影響も見られなかつた。然るに之にX線照射（ $1 \times 10^5$ r）するにその結果は第7圖に示す如

第7圖 1沃度醋酸の影響



くである。即ち一沃度醋酸を加えて照射することによつてX線溶血現象は著しく増強する。その度は一沃度醋酸の量に略々比例する。又線量からみると略3倍乃至5倍の線量の増加に等しい。對照の $2.5 \times 10^5$ r より稍々強い様である。

次にX線照射後に一沃度醋酸を作用させるに一沃度醋酸の影響は全く見られなかつた。此の事は一沃度醋酸の存在がX線作用を増強させるものと

考へねばならない。

### 實驗4. Cystein, 一沃度醋酸併用の影響

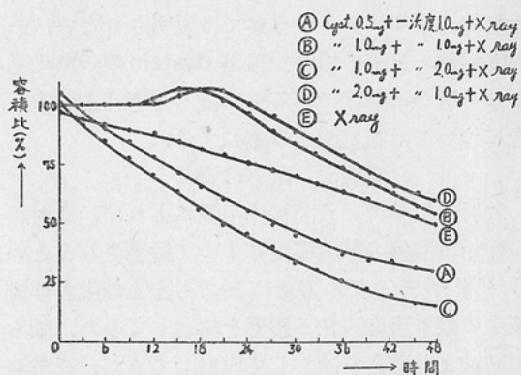
Cystein が放射線作用を防禦するのは生體の SH 基を競合的に奪う事に依る。又一沃度醋酸が放射線作用を増強するのは SH 基遮断剤として働く事によると一應解せる。然らば兩者を同時に作用した場合、放射線の作用に如何なる影響を及ぼすかを知ることは放射線の作用機序を知る手懸となる事であろう。私はこの關係を知らんとして實驗を行なつた。

先づ Cystein と一沃度醋酸とを次々に與えた時赤血球に如何なる影響を來たすかを檢した。

100倍稀釋赤血球生食浮游液 20cc に Cystein を加え、1 時間後更に一沃度醋酸を加えた場合にも、又逆に一沃度醋酸を加え 1 時間後更に Cystein を加えた場合にも血球溶積比には何等の影響が無かつた。次で之にX線照射してみた。

Cystein + 一沃度醋酸 + X線の場合には第8圖に示す如くである。即ち Cystein の量が一沃度醋酸の量と同量か多い時にはX線溶血現象が阻止された。此の場合には Cystein のX線溶血の

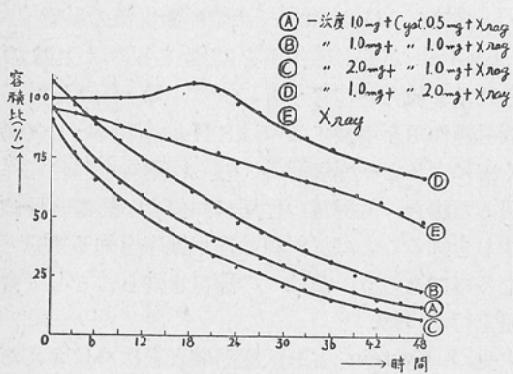
第8圖 Cystein + 一沃度醋酸 + Xray



防禦効果が見られた。又 Cystein の量が一沃度醋酸の量よりも少ない時にはX線溶血現象が増強した。

次に一沃度醋酸 + Cystein + X線の實驗を行うにその結果は第9圖に示す如くである。此の場合には Cystein の量が一沃度醋酸の量より大な

第9圖 1沃度醋酸+Cystein+Xray



る場合のみ Cystein の防禦効果がみられたに過ぎない、一沃度醋酸と Cystein の量とが等しいか或は一沃度醋酸の量が多い時はX線の溶血現象の増強がみられた。即ち Cystein と一沃度醋酸とを加える順序に依つて多少影響する所が異なるようである。即ち一沃度醋酸のX線作用増強は一沃度醋酸+Cystein の方が Cystein+一沃度醋酸の場合よりも大きい。而も前者に於ては一沃度醋酸+X線の場合と殆ど同程度の溶血度であつた。即ち Cystein の影響は全くみられない状態である。此の事は一沃度醋酸と Cystein とが浮游液中で化學的に中和するという事では説明されない。一沃度醋酸とX線の相合作用が Cystein の防禦効果よりも遙かに強度である事に依ると考えられる。之については後に論ずる事にする。

#### 實驗5. 酸素の影響

放射線化學でいう間接作用説によれば、放射線の作用は溶媒の酸素濃度によつて影響されるといふ。<sup>20) 21) 22)</sup> そこで本實驗に於ても赤血球生食浮游液中の酸素濃度に依る影響を検討してみた。即ち浮游液より酸素を除去して照射してみた。浮游液の酸素除去としては、化學的方法と物理的方法によつた二通りの實驗を行なつた。

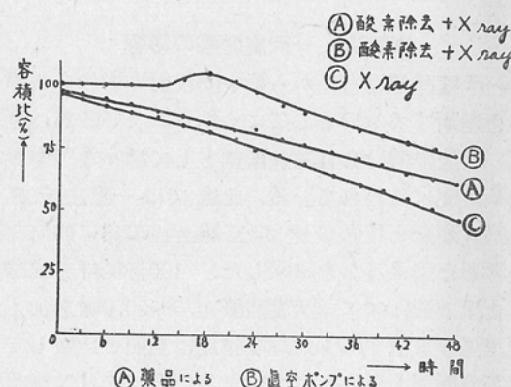
#### A). 化學的酸素除去

Natrium hydrosulfit<sup>23)</sup> 100g に Natrium-Anthrahydrochinon  $\beta$ -Sulfonat 10g を乳鉢に取り磨碎混合したもの10g をビーカーに入れ、之に 1nKOH 50cc を加え、次いで 10% FeCl<sub>3</sub> 1滴

を加える。此の溶液を試験管に入れ、他の小試験管に浮游液を入れ、氣密に連結し 1 時間振盪して酸素を除去した。之等の材料を多數作つて夫々の時間の實驗に用いた。

先づ赤血球生食浮游液から酸素を除去して室温に放置したものでは特別の變化はなかつた。次いで酸素を除去して、之に照射 ( $1 \times 10^5$ r) するに、

第10圖 酸素の影響



第10圖(A)に見る如く、X線単獨のものよりも明らかに溶血度は輕度であつた。

#### B). 物理的酸素除去

被験材料をアンプルに入れ、之を真空ポンプに連結し、5分間減圧しアンプルを閉じた。之をX線 ( $1 \times 10^5$ r) 照射し、照射せざるものと對照例とした。この對照例は上記の實驗に用いたものと全く同様な態度を示し、減圧酸素除去による影響は少しも認められなかつた。照射例を對照例に比べると第10圖(B)に示す如く、明らかに溶血度は輕度であつた。之を前實驗に比するに 50倍稀釋  $1 \times 10^4$ r

照射のものに相當する。(實驗1の3) 又 Cystein 投與のものと比較するに 0.5~1.0mg Cystein を投與した場合と同様な成績であつた(實驗2)。

此の酸素除去の實驗に於いては、除去後酸素の定量を行はなかつたから正確には云えないが、化學的除去では多少とも酸素が殘存していると推定されるに反し、物理的除去では殆ど完全に酸素が除去されていると考えられる。免に角酸素の除去により、斯くの如き防禦効果が認められた事は、

Cystein の防禦効果が又その酸素除去によると云う説を強く支持するものである。

#### 4. 総 括

以上の実験を總括すれば次の様である。

放射線溶血現象に就ても濃度効果が認められ此の際 Cystein は放射線溶血現象を抑制する。

S H 基遮断剤ともいわれる一沃度醋酸は放射線溶血現象を増強する。然し照射後一沃度醋酸を作用した場合にはその効果は全く見られなかつた。次に Cystein と一沃度醋酸とを併用するにその投與する順序によって効果が異なる。即ち、Cystein + 一沃度醋酸 + X線の場合には Cystein の量が多いか或は同量の場合にのみ防禦効果が認められた。一沃度醋酸 + Cystein + X線の場合には一沃度醋酸の量が多いか或は同量の場合はX線の作用は増強する。而も前者の場合よりその度は強かつた。最後に酸素を除去して照射した場合にはX線の作用は僅かに低下するに過ぎなかつた。

之等の結果から先づ放射線生物學で云う thioprlive action と酸素の役割について検討を加えよう。 thioprlive action の有力なる根據である Cystein の防禦効果<sup>14)15)</sup>に就ては本實驗に於ても一應確かめられた。併し乍ら之を以て放射線が生物體の S H 基と溶媒に存在する S H 基とを競合的に取る事に依ると解釋するには疑義がある。私の實驗において酸素を除去してX線照射した場合、明らかに防禦効果が認められた。又 H. Langendorff<sup>24)</sup>は種々なる S H 基遮断剤（一沃度醋酸 Alloxan, diphenyl-thiocarbazone, 1-naphtylthiourea, Sodium tetrathionate等）を豫じめ作用し照射せるに一沃度醋酸を除いては總てX線作用に影響しないと云う、又動物實驗に於てX線作用を輕減せしめるに要する Cystein の量はその動物の致死量或はそれに近い量であると云われている（F. Divik<sup>25)</sup>），又我が教室の江端<sup>17)</sup>の吉田肉腫に於ける實驗に於て防禦効果の見られる量（100～60mg/rat）では腹水中の著しい酸素濃度の低下が立證されている。之等の事から考へても一般に Cystein の防禦効果は放射線の thioprlive action に依つて説明するよりは、若林・河村<sup>26)</sup>等が

唱えている如く Cystein に依つて酸素缺乏を起し、それに依る生體の反應性低下に依ると説明さるべきである。

次に一沃度醋酸が放射線の作用増強的に働く事に就て考えてみよう。前述の如く H. Langendorff<sup>24)</sup>等は種々なる S H 基遮断剤に就て検討した結果、放射線と同一方向に働く薬剤は一沃度醋酸のみであると云う。即ち一般的に S H 基遮断剤が放射線作用と同一方向に働くとは云えないものである。此の事からみても放射線の thioprlive action には再検討が加えられねばならぬと思う。 S H 基遮断剤の中で一沃度醋酸だけが放射線と類似の作用を呈すると云う事は寧ろ一沃度醋酸を S H 基遮断剤と見るよりは一沃度醋酸の固有の生理作用がX線の作用と似ていると考へべきであろう。

次にX線照射後一沃度醋酸を作用するに兩者の併用効果が見られなかつた實驗事實があつた。再言すれば豫じめ一沃度醋酸を作用し後X線照射した場合にはX線の作用が増強するが、その逆に照射後一沃度醋酸を加えたのではX線作用を増強しない。此の事は次の様に解釋したい。我々は放射線の生物體において Energie の吸收に續いて起る現象は的彈域内の分子結合の切斷或いは反應性の變化であると考えている<sup>27)28)</sup>。反應性の變化した的彈域内の分子が、存在する一沃度醋酸と結合する事に依つてX線の作用が増強すると考えられる。此のX線照射に依る反應性の變化の持続時間は極めて短いと考えられるが故に、照射後2沃度醋酸を加えたのでは一沃度醋酸の増強作用が表われて來ないと解せられる。放射線生物効果はその生物體の新陳代謝の状態と密接な關係あり、新陳代謝の低下しているものは生物効果は低いといわれている<sup>29)</sup>。今一沃度醋酸は生物體の糖の中間代謝を遮断し<sup>10)</sup>、生物體の新陳代謝を低下せしめると考へる。斯かる状態のものを照射すれば放射線の効果は寧ろ輕減される筈である。又此の實驗に使用した一沃度醋酸の量はそれ丈では溶血現象に影響しない程度の極微量である。然るにも拘らず放射線効果が増強している。此の事實は生體の機能的状態に依つて説明されるものではない。一

沃度醋酸の作用と放射線の生體に對する侵襲點が同一と見做すことによつて説明される。

之要するに此の溶血現象は濃度効果及び酸素効果よりみて放射線間接作用に依るものと考える。然し乍ら放射線の thiopropine action の説に就て少なくとも本實驗からは疑義をさしはさまざるを得ない。即ち Cystein の防禦効果は酸素除去によるものと解し得また一沃度醋酸の放射線作用は SH基遮断剤と見るよりは本剤の固有の生理作用に依ると解すべきである。

### 5. 結論

人血赤血球生食浮游液を *in vitro* で照射し次の結論を得た。

1. 放射線溶血現象 ( $1 \times 10^4$ r ~  $5 \times 10^5$ r) はある時間の經過後に起る。
2. 線量が大なるにつれ溶血現象は早く且つ高度に起る。
3. 各線量に於て 2 倍から 100 倍稀釋の間で明らかに濃度効果 (dilution effect) が認められた。
4. 100 倍稀釋赤血球生食浮游液に Cystein を加えて照射するに、何れも明らかに溶血作用を抑制する。その度は Cystein の量に略々比例する。
5. 一沃度醋酸を加えて照射するに何れも X 線の溶血効果を増強する。その度は一沃度醋酸の量に略々比例する。
6. 照射後一沃度醋酸を加えても一沃度醋酸の溶血現象は見られなかつた。
7. Cystein と一沃度醋酸とを加えたものを照射するに Cystein の量が一沃度醋酸の量より多い場合及び同量の場合には溶血現象を抑制する。
8. Cystein と一沃度醋酸とを加える順序を逆にし照射するに Cystein の量が非常に多い場合には溶血現象を抑制するが、同量及び一沃度醋酸の量が多い場合には溶血現象を促進する。
9. 100 倍稀釋赤血球生食浮游液中の酸素を除去して照射した場合には溶血現象は起り難い。
10. *in vitro* に於ける X 線溶血現象は間接作用に依つて起る。

擇筆するに臨み本研究の御後援、御協力を賜つた河村助教授以下教室各位に深謝の意を表します。又本研究に討論下さつた札幌醫大牟田教授に感謝致します。

本論の要旨は昭和28年11月福島市に於ける第9回日本放射線學會東北、北海道新潟地方會、昭和28年札幌市に於ける第3回北海血液學會に於て報告した。

本研究は文部省科學研究費の補助を受けたことを附記し謝意を表します。

### 文獻

- 1) F. Dessauer: *Str. ther.*, **94**, 29, (1954). —
- 2) M. Wakabayashi and F. Kawamura: *Monogr. Res. Inst. Appl. Elec.*, **2**, 1, (1951). —
- 3) B.E. Conway and J.A.V. Butler: *Trans Faraday Soc.*, **49**, 327, (1953). — 4) F.G. Spear. Ed: *Brit. J. Radiol., Suppl.*, No. 1, (1946), —
- 5) H. Holthusen: *Fortschr. Rontgenstr.*, **29**, 777, (1922). — 6) T.P. Ting: *J. Cellul. a. comp. physiol.*, **16**, 197, (1940). — 7) W. Kunzer: *Klin. Wschr.*, **31**, 715, (1951). — 8) A.C. Elizabeths: *Am. J. Physiol.*, **73**, 481, (1953). — 9) B. Lindemann: *Fortschr. Rontgenstr.*, **75**, 523, (1951). — 10) 金井保、杉田泉、臨床検査法提要、第6版、日本醫書出版、東京、(1949). — 11) E.S.G. Barron: *J. Gen. physiol.*, **32**, 539, 595, (1949). — 12) J.B. Clark: *Nature*, **166**, 340, (1950). — 13) M. Friley: *Brit. J. Radiol., Suppl.* No. 1, 51, (1946). — 14) W. Lorreitz: *Str. ther.*, **88**, 190, (1952). — 15) E. Lundsgard: *Biochem. Z.*, **217**, 162, (1929). — 16) O. Meyerhof: *Ergebn. d. Enzymforsch.*, **4**, 208(1935). — 17) 江端智子: 北海道醫誌, **29**, 大會號14, (1954). — 18) 戸部龍夫、武者清: 日醫放誌, **15**, 357, (1955). — 19) 氣賀正己、安藤義男、小池深: 日醫放誌, **15**, 354, (1955). — 20) R. Livingston: *Symposium on Radiobiology* (J.J. Nickson), (1950). — 21) C.B. Allsopp: *Brit. J. Radiol.*, **24**, 413, (1951). — 22) D.E. Lea: *Actions of Radiations on living Cells*, 2nd Ed. London (1955). — 23) 藤田秋治: 檢壓法と其應用、第2刷、岩波書店、東京、(1949). — 24) H. Langendorff and R. Koch: *Str. ther.*, **95**, 535, (1954). — 25) F. Divik: *Brit. J. Radiol.*, **27**, 463, (1954). — 26) M. Wakabayashi and F. Kawamura: *Monogr. Res. Inst. Appl. Elec.*, **5**, in press. — 27) 若林勝: 日醫放、第13回放射線醫學總會宿題報告、岡山、(1954). — 28) 若林勝: 日本醫事新報、No. 1579, p. 7, (1954). — 29) 中泉正徳: 臨床放射線治療學、第5版、金泉出版、東京、(1953).

## On Indirect Actions in Radiobiology (9th Report.) Studies on Roentgenhemolysis

By

Toshio Minato, M.D.

Director: Prof. M. Wakabayashi

Department of Radiology, Faculty of Medicine, Hokkaido University,  
Japan.

Some studies on indirect action of radiation were examined by means of roentgenhemolysis.

Human erythrocytes were suspended in isotonic salt folution whose concentrations are  $2 \times 10^X$ ,  $50 \times$  and  $1000 \times$  respectively. Hemolysis was measured by means of the hematocrit method. Doses given range  $10^4$  r to  $5 \times 10^5$  r.

Results obtained: Roentgenhemolysis begins to occur from the time of 24th hour after irradiation with dose of  $10^4$  r in case of  $2 \times$  suspension. With the increase of doses the hemolysis begins earlier and its degree becomes larger. Even when doses are same, if concentration of suspension becomes more dilute, roentgenhemolysis occurs stronger. e.g. dilution effect was observed. When suspension containing cystein was irradiated no marked hemolysis occurred as compared with suspension not containing cystein. e.g. so-called protection effect of cystein was observed. However in this case the writer considers that cystein plays a role of oxygen removal agent but not of an agent which reacts competitively with oxidising radicals produced by irradiation.

When oxygen in suspension Was removed physically, roentgenhemolysis occurred slightly. e.g. oxygen effect was observed. When even a small amount of monoiodoacetic acid which gives no influences on erythrocytes was added to suspension, roentgenhemolysis occurred markedly. This agent may have the same point of affection on an organism as that of X-ray.

The writer comes to the following conclusion. Both dilution effect and oxygen effect were observed in thesee experiments of hemolysis, therefore the writer presumes that these hemolysis was caused by indirect action of radiation. Protection effect of cystein may not be considered to be related to thiopropive action of radiation but to the removal of oxygen dissolved in suspension by cystein.