

運動負荷が放射線障害に及ぼす影響に関する実験的研究

第 1 編

放射線照射後の連続的運動負荷が生存率, 体重 変化及び血液諸成分に及ぼす影響

岡山大学医学部衛生学教室 (主任: 大平昌彦教授)

岡 平 和 磨

〔昭 36 年 8 月 14 日受稿〕

第 1 章 結 論

近年, 各種研究機関, 病院或は産業界で種々の放射線が実際に利用される分野が拡大され, これに従って放射線障害は急速に普遍化されつつある。しかし, その障害は緩慢且つ微量なるものから急激且つ強大なるものまで, その範囲及び種類は極めて多い。

かくの如く, 放射線曝露環境下において, 肉体的労働に従事する人々の数も年々増加して来ている。又, 遠くは広島・長崎の原子爆弾被曝¹⁾より, 近くは第五福竜丸²⁾・拓洋丸事件, 又, ユーゴにおける原子炉事故³⁾等突発的事故としての放射線障害を被ることも多くなつた。そして, その壊滅的環境よりの脱出努力のために困憊的運動負荷を余儀なくされるような場合もあつたが, 今後ともかような事態が皆無であるとは断言出来ない。

かかる放射線障害の際, その結果を左右する条件として, 色々なものが想定されるが, その 1 つとして, 被曝個体の肉体的労働乃至疲労状態が如何なる意義を有するかを検討したいと思う。

Kimeldorf 等⁴⁾ は Rat を用い, X-線照射後に運動負荷を与えると, その 30 日生存率は低下すると述べ, Smith, W. W. & Smith, F.⁵⁾ は mouse を用いた実験で, X-線照射後に運動を負荷せしめても, 生存率は X-線照射のみの群と差は認められないと述べている。

かくの如く, 放射線被曝個体に運動負荷の如き非特異的ストレスが加えられた場合, その個体のとる態度乃至予後については未だ定説を見ない。又, かかる分野における研究は極めて少く, この点を究明し放射線障害予防に対する基礎的資料となすを目的

として本実験を行った。

第 2 章 実験方法

第 1 節 実験用動物

実験用動物として, 体重 450 g 内外の健康海獺を用い, これを

- (i) 無処置対照群 (C)
- (ii) 運動対照群 (EC)
- (iii) 照射対照群 (RC)
- (iv) 照射運動群 (RE)

の 4 群に分けた。

第 2 節 放射線及び線量

放射線としては X-線を用いた。東芝 KXC-18 型の X-線装置で, 管球電圧 200 KV, 電流 15 mA, 0.5 mm Cu+0.5 mm Al のフィルターを使用し, 焦点動物間距離 50 cm, 分間空中照射量 80.6 r, 総線量 200 r (空中) の全身一時照射を行った。尚, 照射に当つて動物はサラン製網蓋のついた木箱中に置いた。

第 3 節 運動負荷の方法

運動負荷は縦 0.8 m, 横 1.5 m, 深さ 0.5 m の水槽に水温 25°C の水を 0.4 m の深さまで満して, 強制游泳運動を 1 日 30 分間, 1 週間に 5 日の割合で 1 ヶ月間継続して負荷した。尚, 游泳中数匹の海獺が 1 ヶ所に集まり, 又は溺死するのを防ぐ目的で, 胸部に紐を結び, これを水槽上の渡し木に結びつけて游泳範囲を狭めた。又, 動物が疲労後游泳運動を止め休憩して水面に浮遊するのを防ぐ目的で, 予め動物を中性洗剤で洗滌し, 体毛の脱脂によりその間隙に存在している空気に基く動物の浮游力を除いた。(第 1 図)

第1図 海猿の強制游泳運動負荷



第4節 検査項目

採血は1週1回心臓穿刺により約1.5ccを採取した。検査項目は次に掲げる通りである。

- 1) 生存率試験
- 2) 体重
- 3) 血液凝固時間 (Sahli-Fonio 法による)
- 4) 赤血球数 (Bürker-Türk 血球計算盤使用)
- 5) 血色素量 (Sahli 血色素計使用)
- 6) 網状赤血球数⁽⁶⁷⁾⁽⁸⁾⁽⁹⁾ (Pappenheim 法による)
- 7) Heinz 小体含有赤血球数⁽⁶⁾⁽⁸⁾⁽¹⁰⁾ (草加法に準じて行つた)
- 8) 白血球数 (Bürker-Türk 血球計算盤使用)
- 9) 白血球分類
- 10) 血漿蛋白質 (日立 HT-A 型 Tiselius 電気泳動装置により、マイクロセルを使用し、水槽温約15°C、電流6mAで95分間泳動を行つた。実施は電気泳動研究会規定の Tiselius 電気泳動法標準操作に従つた)。

(註) 血球計算に用いたメランジュール、血球計算盤及びザーリー血色素計は、何れも日本血液学会検定合格品を用いた。

第3章 実験成績

第1節 生存率試験

海猿各群の生存率曲線は第2図に示す如くである。

1. C群 全部で9匹。30日後まで死亡例はなく、生存率は100%。
2. EC群 全部で10匹であつたが、運動開

始後30日までに6匹死亡し、30日間生存率は40%。

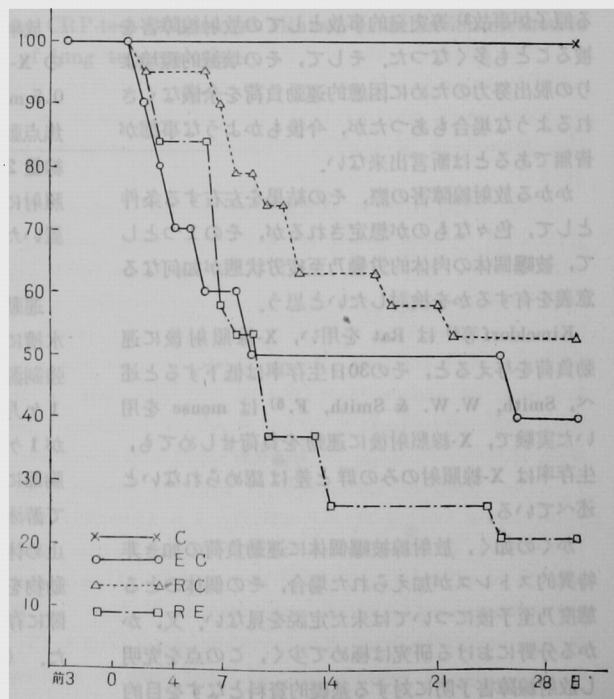
3. RC群 全部で19匹であつたが、照射後30日までに9匹死亡し、30日間生存率は53%。

4. RE群 全部で19匹であつたが、照射及び運動開始後(以後「処置後」と称す)30日までに15匹死亡し、30日生存率は21%。

即ち30日間生存率は C (100%) > RC (53%) > EC (40%) > RE (21%) の順であつた。尚、RC と RE との差はカイ自乗検定によつて5%限界で有意であつた。

後掲の表〔A〕には実測値の平均値を、又、表〔B〕及び図には、経時の変化を比較するに便利なる為各群それぞれ運動開始3日前、照射3日前、又は処置3日前の値を100とし、運動開始後、照射後、処置後の各時期の比率を求めた値を示す。又、以上の実験成績を更に詳細に検討する為、実験期間中に死亡したものと、30日後まで生き残つたものを区別し、EC、RC、REの各群を生存、死亡の2群に分け、生存群をそれぞれEC生、RC生、RE生、死亡群をそれぞれEC死、RC死、RE死

第2図 生存率



と称した。尚、各群、各期の動物数は第1表に示す如くである。

第1表 各期における動物数

	前3日	4日	7日	14日	21日	28日
EC 生	4	4	4	4	4	4
EC 死	6	3	2	1	1	0
RC 生	9	9	9	9	9	9
RC 死	10	9	9	2	0	0
RE 生	4	4	4	4	4	4
RE 死	15	12	12	3	1	0

第2節 体 重

体重の変化は第2表及び第3図に示す如くである。

1. C群 著変を認めなかつた。
2. EC群 強制游泳運動負荷後、体重減少は強く現われ、最低時には約33%の減少を示した。しかも28日目に至るも尚実験前値までには回復しなかつた。これを予後別に検討すると、EC生は運動開始

第2表 体 重

群 別	[A]						[B]					
	前3日	4日	7日	14日	21日	28日	前3日	4日	7日	14日	21日	28日
	(1) 全 体 (g)						(1) 全 体					
C	534	525	541	576	569	574	100	98.3	101.3	107.8	106.5	107.4
EC	768	535	513	513	513	514	100	69.7	66.8	66.8	67.6	66.9
RC	551	495	490	490	523	545	100	89.8	88.9	88.9	95.0	99.0
RE	559	467	446	432	454	524	100	83.5	79.7	77.2	81.2	93.7
	(2) 予 後 別 (g)						(2) 予 後 別					
C	534	525	541	576	569	574	100	98.3	101.3	107.8	106.5	107.4
EC 生	736	461	473	516	528	515	100	62.4	64.0	69.9	71.4	69.7
EC 死	769	697	598	505	490		100	90.6	77.7	65.6	63.7	
RC 生	552	523	524	517	524	546	100	94.7	94.3	93.6	94.9	98.9
RC 死	548	472	453	363			100	86.1	82.6	66.2		
RE 生	459	466	451	461	491	524	100	101.5	98.2	100.4	106.9	114.1
RE 死	586	467	444	393	305		100	79.6	75.7	67.0	52.0	

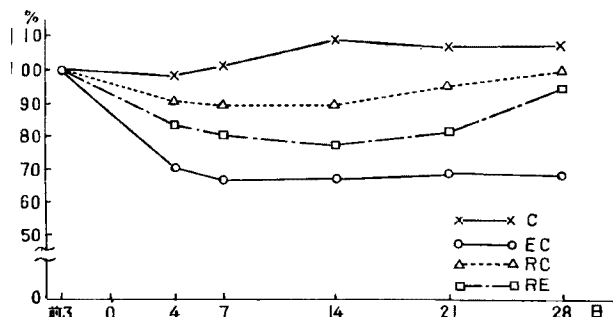
後4日目、7日目に強い体重減少を示すが、14日目以後は運動負荷に「慣れ」を生じ、毎日の運動負荷にもかかわらずやや回復の傾向を認めた。反之、EC死は4日目、7日目における体重減少は弱い、全く回復の傾向を認めなかつた。

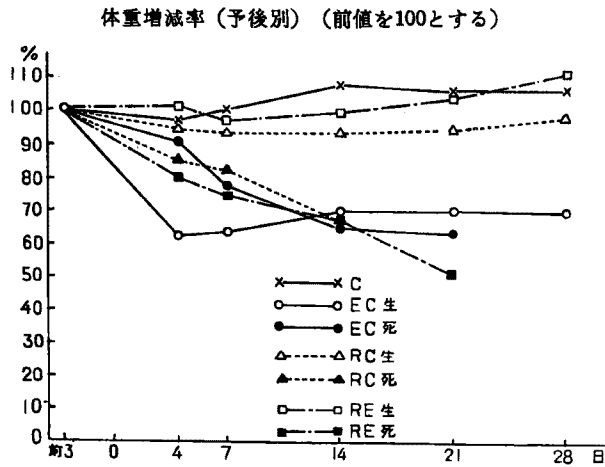
3. RC群 X-線照射後、体重は減少した。然し、減少率はEC群より小であつた。予後別に検討すると、RC生は減少率極めて小く、28日目には殆んど実験前値まで回復した。反之、RC死は減少率も大で、14日目までの観察では全く回復傾向を認めなかつた。即ちRC群では予後別の差が顕著であつた。

4. RE群 14日目までの体重減少はRC群より強く、21日目以後の回復もRC群より少い。又、28日目に至るも尚実験前値まで回復しなかつた。予後別に

検討すると、RE生はX-線照射及び運動負荷の2種の影響にもかかわらず、これに抗して生存し体重減少は殆んど認められなかつた。RE死は両者の影響強く、体重は急激な減少を示し、全く回復の傾向を認めなかつた。即ちRE群においても予後別の差が顕著であつた。

第3図 体重増減率(全体) (前値を100とする)

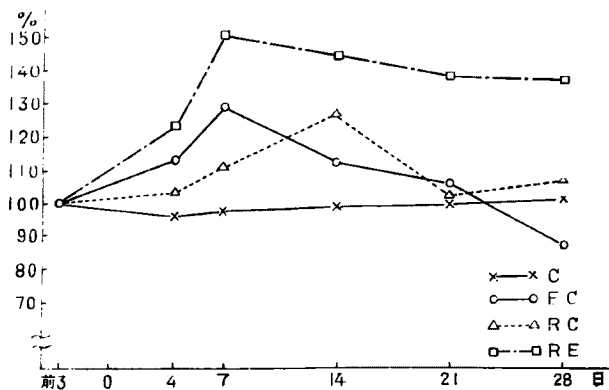




第3表 血液凝固時間(終了)

群 別	[A]						[B]					
	前3日	4日	7日	14日	21日	28日	前3日	4日	7日	14日	21日	28日
	(1) 全 体 (分)						(1) 全 体					
C	6.5	6.2	6.3	6.4	6.5	6.6	100	96.1	97.2	98.9	99.7	101.7
EC	6.3	7.1	8.1	7.1	6.7	6.8	100	112.8	129.3	112.0	105.6	86.9
RC	6.6	6.8	7.3	8.4	6.7	7.1	100	103.0	110.9	126.9	102.2	107.3
RE	5.8	7.1	8.6	8.4	8.1	8.0	100	123.3	151.0	145.2	139.1	138.3
	(2) 予 後 別 (分)						(2) 予 後 別					
C	6.5	6.2	6.3	6.4	6.5	6.6	100	96.1	97.2	98.9	99.7	101.7
EC 生	5.6	8.1	8.5	7.1	6.3	5.6	100	144.6	151.7	126.7	112.7	100
EC 死	6.7	5.7	7.8	6.5	8.5		100	85.0	116.4	97.0	126.8	
RC 生	6.6	7.4	7.2	8.6	6.7	7.2	100	112.1	109.0	130.3	101.5	109.0
RC 死	6.6	6.4	7.5	7.8			100	96.9	113.6	118.0		
RE 生	6.3	7.1	8.1	7.7	8.5	8	100	112.6	126.9	122.0	134.9	126.9
RE 死	5.9	5.8	9.7	8.9	6.5		100	98.3	164.4	151.6	110.1	

第4図 血液凝固時間増減率(全体)(前値を100とする)



各群の生存例の体重増減率を比較すると、C群、RC群、RE群の間では著明な差を認めなかつたがEC群のみ減少率は大であつた。この原因は不明である。

第3節 血液凝固時間

血液凝固時間は第3表及び第4図に示す如くである。尚、「開始」の時間は各群の間に大差を認めなかつた。「終了」の時間について述べると。

1. C群 顕著な変化を認めなかつた。
2. EC群 4日目、7日目、14日目に延長を示した。これを予後別に検討する

と、EC生の延長度は強く現われているが、EC死は却つて延長度が著明でなかつた。

3. RC群 4日目、7日目、14日目と延長度は強くなつているが、21日目からは復元した。予後別に検討すると、RC生は14日目を除き、強い延長度は示さなかつた。RC死は7日目以後強い延長傾向を示した。

4. RE群 他の群に比して強い延長度を示した。予後別に検討すると、RE生もかなり強度の延長傾向を示したが、特にRE死において非常に強い延長を

示した。

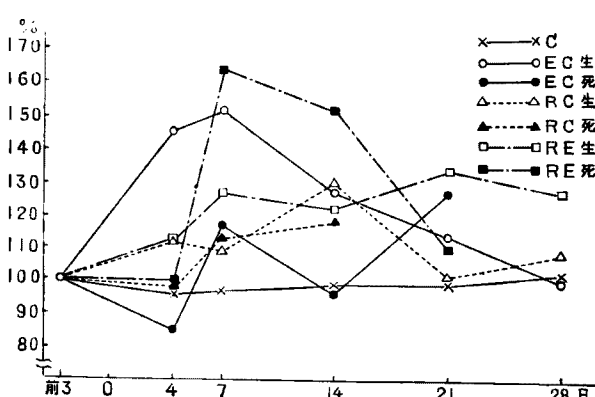
各群の生存例の血液凝固時間を比較すると、実験の初期においては EC 生は強い延長を示したが、RC 生、RE 生は中等度の延長にとどまり、RE 生は延長度が漸増するに反し、EC 生及び RC 生は共に減少した。この原因については不明である。

第4節 赤血球数

赤血球数の変化は第4表及び第5図に示す如くである。

1. C群 著変を認めなかつた。
2. EC 群 これも著変を認めなかつ

血液凝固時間増減率（予後別）（前値を100とする）



第4表 赤血球数

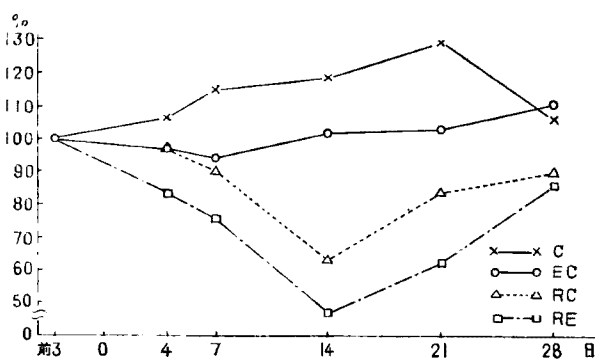
群 別	[A]						[B]					
	前3日	4日	7日	14日	21日	28日	前3日	4日	7日	14日	21日	28日
	(1) 全 体 (万)						(1) 全 体					
C	463	490	533	548	596	493	100	105.8	115.1	118.3	128.7	106.4
EC	525	510	494	535	542	580	100	97.1	94.1	101.9	103.2	110.4
RC	494	479	443	310	415	443	100	96.9	89.6	62.7	84.0	89.6
RE	523	435	394	244	324	448	100	88.3	75.3	46.6	61.9	85.6
	(2) 予 後 別 (万)						(2) 予 後 別					
C	463	490	533	548	596	493	100	105.8	115.1	118.3	128.7	106.4
EC 生	573	559	528	539	565	555	100	97.5	92.1	94.0	98.6	96.8
EC 死	493	512	589	522	450		100	103.8	119.2	105.8	91.2	
RC 生	508	485	465	312	371	443	100	95.4	91.5	61.4	73.0	87.2
RC 死	482	474	449	299			100	98.3	63.1	62.0		
RE 生	516	477	451	335	372	448	100	92.4	87.4	64.9	72.0	86.8
RE 死	525	423	375	124	133		100	80.5	71.4	23.6	25.3	

た。予後別に検討しても著変を認めなかつた。

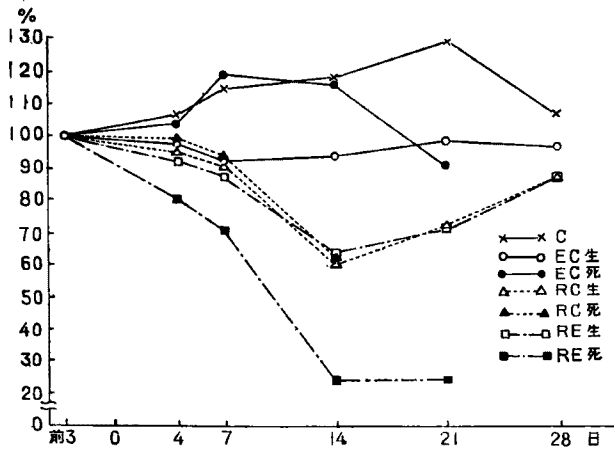
3. RC 群 14日目までは減少を示したが、以後は徐々に回復した。予後別に検討すると、RC 生は14日目までは減少を示し、以後は回復に向つたが28日目に至るも尚実験前値にまで回復はしなかつた。RC 死も RC 生と同様の経過をたどり、14日目までは予後別の相異を認めなかつた。

4. RE 群 14日目まで減少を示したが、以後は回復に向つた。而して減少度は RC 群より著明で、回復も RC 群よ

第5図 赤血球数増減率（全体）（前値を100とする）



赤血球数増減率（予後別）（前値を100とする）



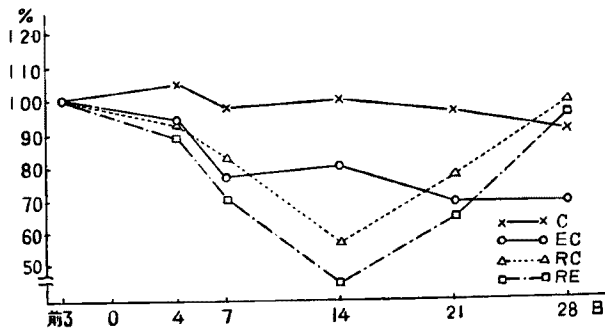
りやや劣り、28日目に至るも実験前値までは回復しなかつた。予後別に検討すると RE 生は14日目まで減少を示したが、以後は回復に向つた。而も減少度は RC 生と殆んど差を認めなかつた。反之、RE 死は減少度非常に強く、而も回復の傾向は全く認められなかつた。即ち RE 群においては予後別の差が顕著であつた。

各群の生存例の赤血球数を比較すると、C群、EC 群は著変を認めず RC 群、RE 群は14日目まで減少傾向を示したが、以後は回復に向つた。而して、減少度は RE の方が大であつた。又、死亡例について RC 死と RE 死を比較するに、RE 死は RC 死よりもその減少度が遙かに

第 5 表 血 色 素 量

群 別	[A]						[B]					
	前3日	4日	7日	14日	21日	28日	前3日	4日	7日	14日	21日	28日
	(1) 全 体 (%)						(1) 全 体					
C	98.2	103.2	95.9	97.9	95.0	89.0	100	105.1	97.7	99.7	96.7	90.6
EC	112.5	105.5	86.5	89.6	77.6	78.6	100	93.8	76.9	79.6	69.0	69.9
RC	89.7	83.7	74.7	50.9	69.8	89.7	100	93.3	83.3	56.7	77.8	100
RE	99.7	88.9	70.8	44.9	65.4	95.5	100	88.9	70.8	44.9	65.4	95.5
	(2) 予 後 別 (万)						(2) 予 後 別					
C	98	103	96	98	95	89	100	105.1	97.7	99.7	96.7	90.6
EC 生	115	108	85	92	77	79	100	94.7	73.9	80.0	66.9	68.6
EC 死	111	103	90	85	80		100	91.8	81.0	76.5	75.6	
RC 生	87	78	86	51	70	89	100	87.3	98.6	58.3	80.4	102.3
RC 死	92	91	79	48			100	98.9	85.8	52.1		
RE 生	96	91	72	59	76	96	100	94.7	75.0	61.4	79.1	100
RE 死	109	88	71	26	24		100	80.7	65.1	23.8	22.0	

第 6 図 血色素量増減率（全体）（前値を100とする）

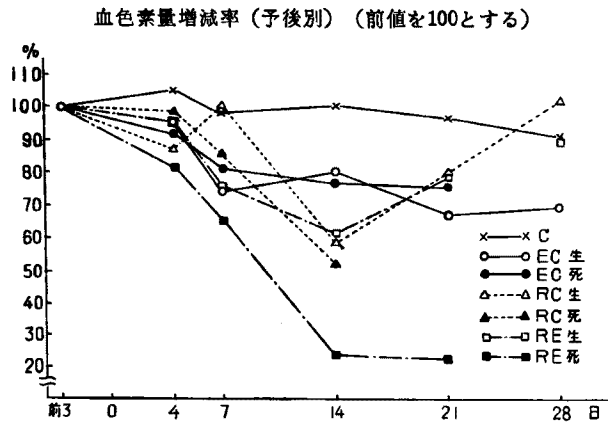


顕著であつた。

第 5 節 血色素量

血色素量の変化は第 5 表及び第 6 図に示す如くである。

1. C群 著変を認めなかつた。
2. EC 群 徐々にやや減少の傾向を示した。毎日の運動負荷のため低色素性赤血球が流血中に動員されたためと考える。予後別に検討しても、EC 生と EC 死の間に大差を認めず、何れも徐々に減



んど変化を認めず、EC 群は徐々に減少し、RC 群、RE 群は14日目までは減少したが、その後は回復した。死亡群の比較においては、赤血球の場合と同様 RC 死に比して RE 死の減少は顕著であった。

第6節 網状赤血球数

網状赤血球数の変化は第6表及び第7図に示す如くである。

1. C 群 殆んど変化を認めなかつた。
2. EC 群 運動負荷後は何れの時期においても著明な増加を示した。予後別に検討しても、EC 生においても EC 死

少の傾向を示した。

3. RC 群 14日目まで減少を示したが、その後は回復傾向を示した。予後別に検討すると、RC 生は14日目まで減少したが、その後は回復傾向を示した。RC 死においては14日目まで減少一途をたどつた。

4. RE 群 RC 群と同様に14日目まで減少し、その後は回復した。然し、減少度は RC 群よりやや強く、回復の程度も少かつた。予後別に検討すると、RE 生は14日目まで減少を示したが、その後は回復した。RE 死は減少度非常に強く、回復の傾向は全く認められなかつた。即ち予後別による差を認めた。

各群の生存例の血色素量を比較すると、C 群は殆

においても増加を示した。

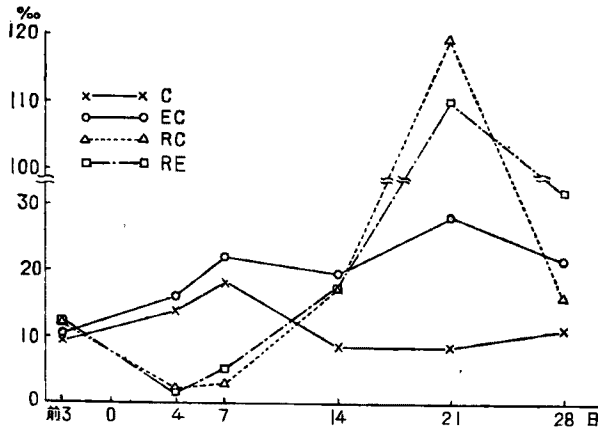
3. RC 群 照射後4日目、7日目において著明に減少したが、14日目以後は強い増加の傾向を示した。予後別に検討すると、RC 生は7日目まで強い減少を示したが、14日目以後は増加し、特に21日目には極めて強い増加を示した。RC 死は何れの時期においても非常に減少し、殆んど回復の傾向を示さなかつた。即ち予後別の相違を認めた。

4. RE 群 RC 群と同様な経過をたどり、4日目、7日目に減少を示したが、14日目以後は増加し、特に21日目に極めて強い増加を示した。予後別に検討すると、RE 生は4日目、7日目に強い減少を示したが、14日目以後は増加し、特に21日目に極めて強い増加を示した。RE 死は14日目まで強く減少し

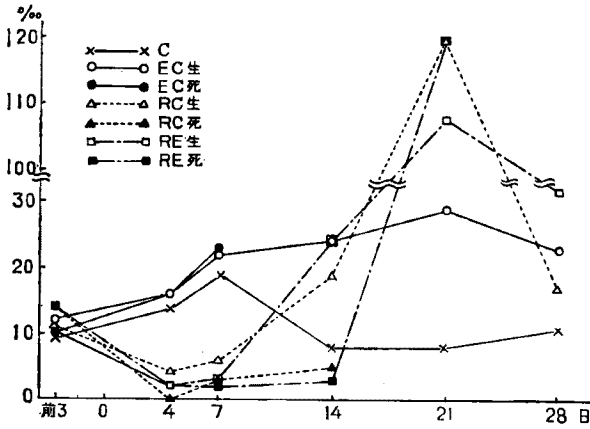
第6表 網状赤血球数

群 別	[A]						[B]					
	前3日	4日	7日	14日	21日	28日	前3日	4日	7日	14日	21日	28日
	(1) 全 体 (%)						(1) 全 体					
C	9.1	14.0	18.0	8.4	8.4	11.0	100	155.6	200	88.8	88.8	122.2
EC	9.8	15.9	22.3	19.4	28.2	22.5	100	159.0	223.0	194.0	282.0	225
RC	12.1	1.9	2.8	16.7	120.0	16.5	100	16.7	25	141.7	1000	141.7
RE	12.7	1.7	9.8	17.6	110.4	32.0	100	15.3	76.9	138.4	846.1	246.1
	(2) 予 後 別 (%)						(2) 予 後 別					
C	9	14	18	8	8	11	100	155.6	200	88.8	88.8	122.2
EC 生	12	16	22	24	29	23	100	133.3	183.3	200	241.6	191.6
EC 死	10	16	23				100	160	230			
RC 生	11	4	6	19	120	17	100	36.3	54.5	172.7	1091	145.4
RC 死	14	0.1	3	5			100	0.0	19.2	37.0		
RE 生	10	2	3	29	108	32	100	20	30	290	1080	320
RE 死	14	2	2	3	120		100	14.2	14.2	21.4	857.1	

第7図 網状赤血球数(全体)



網状赤血球数(予後別)



第7表 Heinz小体含有赤血球数

群 別	[A]						[B]					
	前3日	4日	7日	14日	21日	28日	前3日	4日	7日	14日	21日	28日
	(1) 全 体 (%)						(1) 全 体					
C	14	9	16	14	12	14	100	65.7	112.3	100	85.7	100
EC	22	39	51	45	27	15	100	177.2	231.8	204.5	122.7	68.1
RC	16.5	20.4	34.0	40.9	27.8	19.4	100	123.5	205.8	247.6	168.8	117.6
RE	8.0	27.0	25.0	74.9	53.0	42.0	100	337.5	312.5	937.5	662.5	525.0
	(2) 予 後 別 (%)						(2) 予 後 別					
C	14	9	16	14	12	14	100	65.7	112.3	100	85.7	100
EC 生	22	33	56	45	23	15	100	150.0	254.5	204.5	104.5	68.1
EC 死	26	46	40	46	33		100	176.9	153.8	176.9	126.9	
RC 生	16	20	32	39	28	20	100	125.0	200	243.8	175	125
RC 死	17	22	42	43			100	129.4	247.0	252.9		
RE 生	8	24	43	71	52	42	100	300.0	537.5	887.5	650	525
RE 死	8	26	45	82	64		100	325.0	562.5	1025	800	

たが、21日目には増加した。

各群生存例を比較すると、C群は著変を示さないが、EC群はやや増加し、RC群は初期に減少するが、14日目以後は増加し、特に21日目に強く増加する。RE群もほぼ同様の経過をたどり、RC群とRE群の間に差は認められなかった。

連の検定法によると、EC群の増加は有意の差を示さず、RC群は21日目の増加のみは有意であつたが、RE群は14日目、21日目、28日目に有意の増加を示した。

第7節 Heinz小体含有赤血球数

Heinz小体含有赤血球数の変化は第7表及び第8図に示す如くである。

1. C群 殆んど変化を認めなかった。
2. EC群 著明な増加を認めるが、21日目には前値に近づき、28日目にはむしろやや減少した。予後別に検討しても、EC生とEC死の間に大差を認めなかった。
3. RC群 著明な増加を認めたが、これも28日目には実験前値に接近した。予後別に検討すると、RC死において増加度が顕著であつた。
4. RE群 非常に顕著な増加を認めた。特に14日目において極めて強い増加

を示した。又、増加度は RC 群より一層顕著であつた。予後別に検討すると、RE 生 RE 死共に顕著な増加を認め、RE 死において一層著明であつた。

連の検定法によると EC 群は初期に増加を示し、21日目以後は慣れを生じたためか増加を認めず、RC 群は中期より後期に増加を示した。RE 群は7日目以後増加を来し、28日目に至るも尚増加を示した。RE 群の増加は、RC 群の増加より顕著であつた。又、RE 群の増加に関し、初期は運動負荷の影響により、後期は X-線照射によると考えられる。

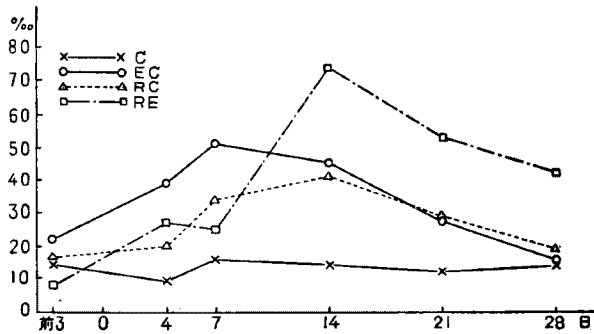
又、各群の生存例を比較すると、C 群は著変を認めず、EC 生は初期に増加を示し後期には復元した。RC 生は7日目以後増加を示し後期まで増加を示した。RE 生は全経過を通じて非常な増加を来し、他の群に比して高い値を示し、特に14日目において強い増加を示した。

第8節 白血球数

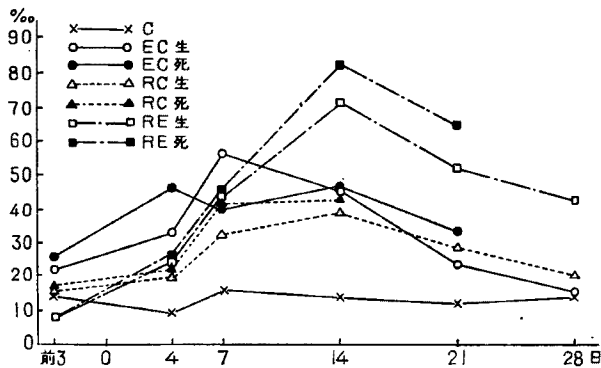
白血球数の変化は第8表及び第9図に示す如くである。

1. C 群 著変を認めなかつた。
2. EC 群 初期には増加の傾向を示したが後期には実験前値に復した。予後別に検討すると、EC 生は14日目まで増加を認めたが21日目以後は殆んど

第8図 Heinz 小体含有赤血球数 (全体)



Heinz 小体含有赤血球数 (予後別)

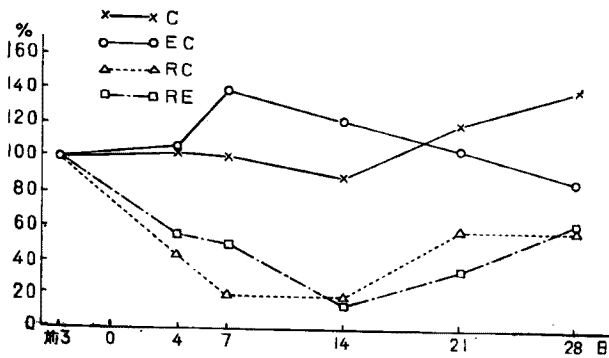


実験前値に復した。これは運動負荷に対する動物の慣れによるものであろう。EC 死も14日目までは EC 生と同様な経過をたどつた、21日目に高い値を

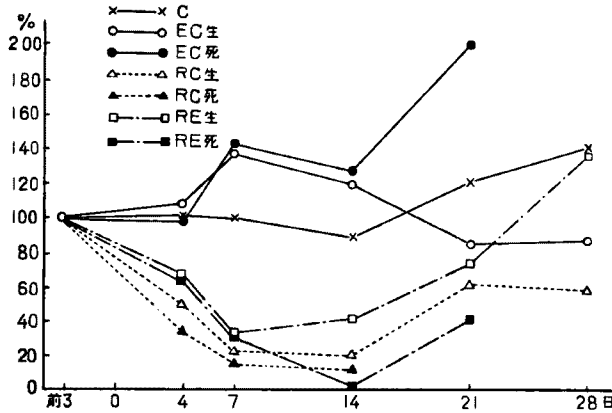
第8表 白血球数

群 別	[A]						[B]					
	前3日	4日	7日	14日	21日	28日	前3日	4日	7日	14日	21日	28日
	(1) 全 体						(1) 全 体					
C	4953	5052	4993	4458	6028	7028	100	102.0	100.8	90.0	121.7	141.9
EC	7328	7804	10194	9043	7856	6412	100	106.5	139.4	123.4	107.2	87.5
RC	7260	3042	1372	1387	4240	4225	100	41.9	18.9	19.1	58.4	58.2
RE	7325	3934	3575	1047	2527	4542	100	53.7	48.8	14.3	34.5	62.0
	(2) 予 後 別						(2) 予 後 別					
C	4953	5052	4993	4458	6028	7028	100	102.0	100.8	90.0	121.7	141.9
EC 生	7313	7888	10070	8783	6113	6412	100	107.8	137.7	120.1	83.5	87.6
EC 死	7329	7406	10312	9301	14850		100	101.0	140.7	126.9	202.6	
RC 生	7211	3583	1558	1522	4469	4228	100	49.6	21.6	21.1	61.9	58.6
RC 死	7307	2514	1233	813			100	34.4	16.8	11.1		
RE 生	3294	2200	1056	1350	2444	4544	100	66.7	32.0	40.9	74.1	137.9
RE 死	6767	4371	1306	650	2825		100	63.1	19.2	9.6	41.7	

第9図 白血球数増減率（全体）（前値を100とする）



白血球数増減率（予後別）（前値を100とする）



示したがこれは1例の値である。

3. RC群 X線照射の影響強く、4日目より著明な減少を示し、14日目まで強く減少した。然しその後はやや回復の傾向を示した。予後別に検討するとRC生は14日目までは減少を示したが、その後はやや回復の傾向を示した。RC死も14日目まで減少一途をたどつたが以後の経過は追求出来なかつた。

4. RE群 14日目までは減少を示し、その後はやや回復の傾向を示した。予後別に検討すると、RE生は7日目まで急減したがその後は回復に向つた。しかも、28日目には実験前値より増加しているのを認めた。考按の項に後述する如く運動負荷の影響が現われたものであろうかと思ふ。RE死においても大体類似の経過をたどるが、減少度が著明であつた。

第9節 白血球分類

白血球分類の変化は第9表及び第10図に示す如くである。

1. C群 好塩基球、好酸球、好中球、淋巴球、単球の何れも著変を認めなかつた。

第9表 白血球分類

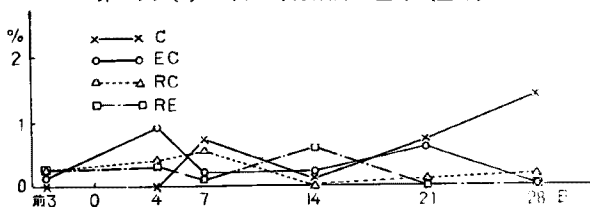
群 別	好 塩 基 球						好 酸 球					
	前3日	4日	7日	14日	21日	28日	前3日	4日	7日	14日	21日	28日
	(1) 全 体 (%)						(1) 全 体 (%)					
C	0	0	0.7	0.1	0.7	1.4	1.6	1.9	2.2	3.1	3.8	4.8
EC	0.1	0.9	0.2	0.2	0.6	0	1.9	2.6	2.8	1.6	1.2	1.
RC	0.2	0.4	0.3	0	0.1	0.2	2.3	1.6	1.9	0.2	0.3	7
RE	0.2	0.3	0.1	0.6	0	0	3.6	2.6	1.0	0.6	1.0	6.5
	(2) 予 後 別 (%)						(2) 予 後 別 (%)					
C	0	0	0.7	0.1	0.7	1.4	1.6	1.9	2.2	3.1	3.8	4.8
EC 生	0	1.0	0.3	0.3	0.8	0	1.5	3	4	1.8	1.5	1.5
EC 死	0.2	0.7	0	0	0	0	2.2	2	0.5	1.0	0	
RC 生	0.1	1.0	0.2	0	0.1	0.2	2.7	1.8	2.6	0.2	0.3	7.6
RC 死	0.3	0.1	0.3	0			1.9	1.1	1.2	0		
RE 生	0.8	0.8	0.3	1.0	0	0	4.5	2	2.8	1	1.3	6.8
RE 死	0.1	0.2	0.1	0	0	0	3.2	2.8	0.4	0	0	

	好 中 球						淋 巴 球					
	前3日	4日	7日	14日	21日	28日	前3日	4日	7日	14日	21日	28日
	(1) 全 体 (%)						(1) 全 体 (%)					
C	30.1	37.9	41.2	39.0	45.5	53.1	57.4	48.6	45.6	47.5	39.5	30.8
EC	53.4	72.0	58.7	49.3	60.3	27.0	42.9	23.1	37.3	50.6	34.4	70.8
RC	51.3	37.7	17.9	6.3	47.0	54.9	45.3	58.3	74.6	93.1	50.6	37.2
RE	54.1	66.3	18.1	8.7	41.8	40.8	39.8	30.5	79.9	90.3	54.8	51.5
	(2) 予 後 別 (%)						(2) 予 後 別 (%)					
C	30.1	37.9	41.2	39.0	45.5	53.1	57.4	48.6	45.6	47.5	39.5	30.8
EC 生	58	67.8	57	46.5	59.3	27.0	39	26.8	38.3	51.3	37.8	70.8
EC 死	50.3	77.7	62	51	79		45.5	18.3	35.5	48	21	
RC 生	57.8	50.7	23.3	6.1	47.0	54.9	38.9	44.9	73.6	92.4	50.6	37.2
RC 死	45.1	24.7	12.4	5			55.1	72.9	84.8	96		
RE 生	49.8	74.3	16.3	14.5	36.8	40.8	44.0	23	80.5	84.5	60	51.5
RE 死	56	63.6	18.8	1	62		38.7	33	79.8	98.3	34	
	単 球											
	前3日	4日	7日	14日	21日	28日						
C	1.1	1.8	0.4	0.3	1.6	0						
EC	1.7	1.4	1.1	0.2	0.6	0.5						
RC	1.1	1.8	0.8	0.5	1.4	0.1						
RE	1.5	0.3	0.8	0.3	2.4	1.3						
C	1.1	1.8	0.4	0.3	1.6	0						
EC 生	1.5	1.5	0.8	0.3	0.8	0.5						
EC 死	2.2	1.3	2	0	0							
RC 生	0.6	1.2	0.3	0.2	0.7	0.1						
RC 死	1.5	2	1.2	1.5								
RE 生	0.8	0	0.3	0	2	1.3						
RE 死	1.7	0.4	1	0.7	4							

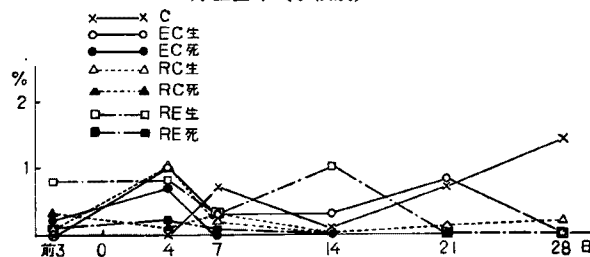
2. EC 群 好塩基球, 好酸球に著変を認めなかつたが, 好中球はやや増加の傾向を示した。淋巴细胞は逆にやや減少の傾向を示した。単球には著変を認めなかつた。予後別に検討すると好塩基球, 好酸球には著変を認めなかつたが, 好中球は EC 生に比して EC 死の方が増加度はやや強い様に思われる。又, 淋巴细胞の減少も EC 生に比して EC 死がやや強い様に思われる。単球には著変を認めなかつた。

3. RC 群 好塩基球, 好酸球には著変を認めなかつた。好中球は14日目まで強い減少を示したが, その後は回復に向つた。淋巴细胞は14日目まで強い増加を示

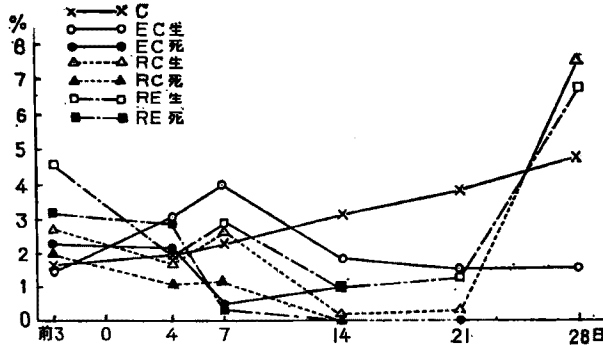
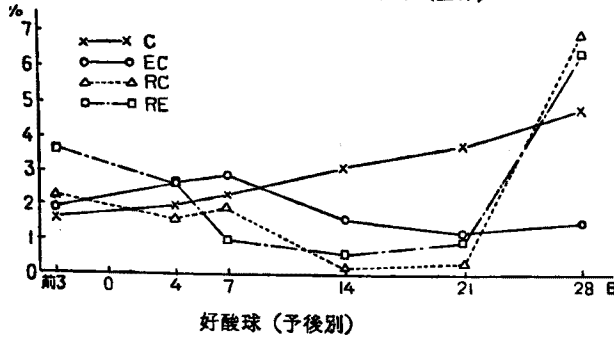
第10図 (1) 白血球分類好塩基球 (全体)



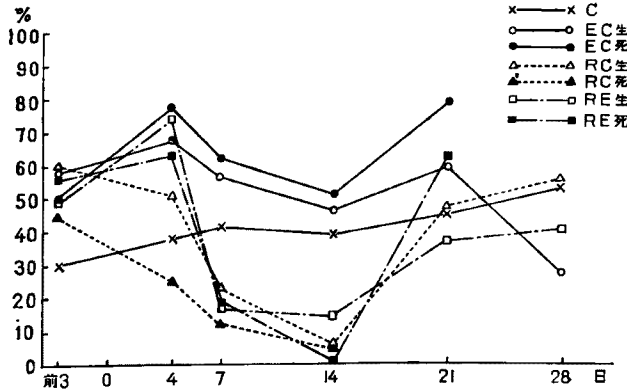
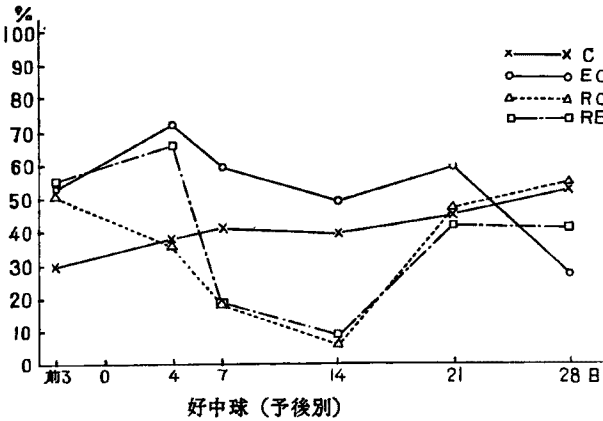
好塩基球 (予後別)



第10図 (2) 白血球分類好酸球 (全体)



第10図 (3) 白血球分類好中球 (全体)



したが、その後は復元した。単球には著変を認めなかつた。予後別に検討すると、好塩基球、好酸球には著変を認めなかつたが、好中球の減少は RC 生に比して RC 死はやや強度であつた。又、淋巴球の増加も RC 生に比し RC 死はやや強い様に思われる。単球には著変を認めなかつた。

4. RE 群 好塩基球、好酸球には著変を認めなかつたが、好中球は14日目まで減少の傾向を示し、その後は回復した。淋巴球は14日目まで増加の傾向を示し、その後は復元した。単球には著変を認めなかつた。好中球の減少、淋巴球の増加を RC 群と比較しても大差を認めなかつた。予後別に検討しても、RE 生と RE 死の間には大差を認めなかつた。

第10節 血漿蛋白質

血液の有形成分の変化については前節までに述べたが、液体成分である血漿蛋白質についても X-線照射後の運動負荷によつて何等かの変化を来すことが期待出来、これらの変化が照射対照群、運動対照群との間に如何なる差を示すかを電気泳動法によつて追求した。各群の血漿総蛋白質量、各分層の組成、A/G 比の変化は第10表及び第11図に示す如くである。

A. 総蛋白質量の変化

1. EC 群 運動負荷により増加の傾向を示し、14日目から21日目までに最高値を示したが、28日目にはやや減少した。しかし、何れも負荷前値より高い値を示した。予後別に検討すると、EC 生は運動負荷後7日目には既に増加し、14日目に最高値を示した。以後は徐々に減少するが28日目においても尚負荷前値より高い値を示した。反之、EC 死では増加は僅かであつた。

2. RC 群 照射後7日目にやや減少したが、14日目には照射前値より高い値を示し、その後28日目まで僅かに増加の傾向を示した。予後別に検討すると RC 生は7日目に軽度の減少を来したが、14日目以後は回復した。RC 死は7日目に軽度の減少を来したが、14日目には却つ

て照射前値より増加しているのを認めた。

3. RE 群 14日目までは処置前値と変化を認めないが、21日目より増加し、28日目に最高値を示した。予後別に検討すると、RE 生は14日目まで著変を認めず、21日目より増加を来した。反之、RE 死は7日目にはむしろ減少の傾向を示した。

B. A/G 比の変化

1. EC 群 運動負荷後7日目より増加し、28日目に至るも負荷前値に比して高い値を示す。予後別に検討すると、EC 生、EC 死共に増加を示し、EC 生は28日目に至るも尚回復しなかつた。

2. RC 群 照射後14日目までは著変を示さないが、21日目及び28日目には減少を来した。予後別に検討すると RC 生は7日目より減少し、以後減少を継続した。RC 死は7日目まで著変を示さなかつたが、14日目にはむしろ増加した。

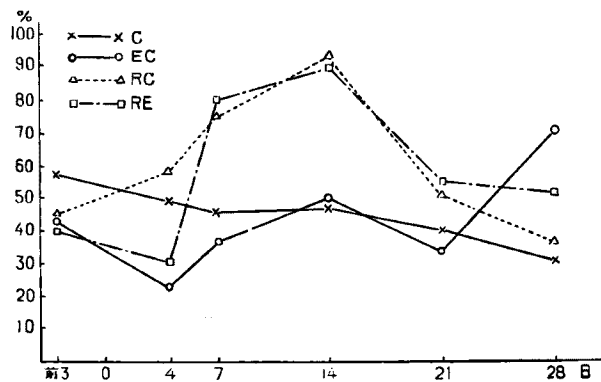
3. RE 群 処置後増加の傾向を示し、14日目には最高値を示す。28日目に至るも回復せず、処置前値に比して高い値を示した。予後別に検討すると RE 生は7日目より増加し、28日目に至るも回復しない。反之、RE 死は7日目には減少の傾向を示した。

C. Albumin の変化

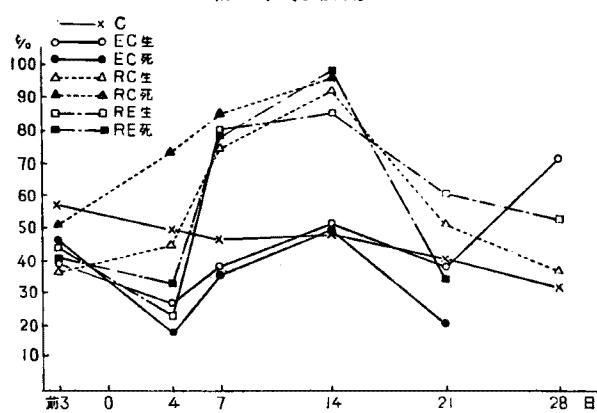
1. EC 群 運動負荷により増加を示し、7日目に最高値となり、以後28日まで殆んど同じ値を維持した。予後別に検討すると、EC 生は7日目、14日目に僅かに増加を示すが、21日目以後は負荷前値に回復した。EC 死でも7日目、14日目には増加し、増加率は相対値(%)では大差を認めなかつたが、絶対値(g/dl)では EC 生の方が EC 死より高い値を示した。

2. RC 群 相対値では、照射後14日目まで照射前値と殆んど同じ値を示し、その後は減少した。然し絶対値では、全経過を通じて著変を認めなかつた。予後別に検討すると、RC 生は殆んど照射前値と変化なく経過し、RC 死も7日目で

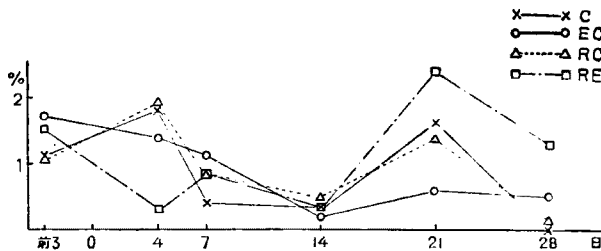
第10図 (4) 白血球分類淋巴球 (全体)



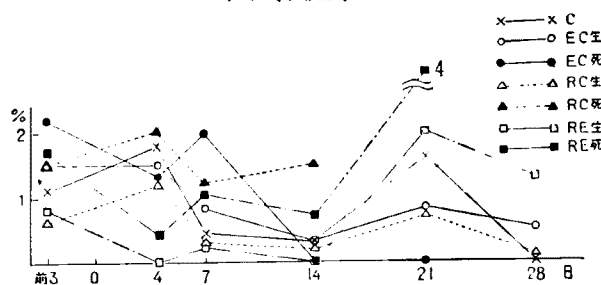
淋巴球 (予後別)



第10図 (5) 白血球分類単球 (全体)



単球 (予後別)



第10表 (1) 血漿蛋白質 (全体)

群		総蛋白	A/G		Alb	α -glob	β -glob	ϕ	γ -glob
EC	前3日	5.04	1.64	%	56.8	17.0	7.4	8.5	10.3
				g/dl	2.86	0.86	0.37	0.45	0.52
	7日	5.53	1.98	%	60.8	13.7	4.6	8.4	12.5
				g/dl	3.37	0.76	0.26	0.47	0.69
	14日	5.60	2.09	%	60.2	13.5	4.6	9.8	11.9
			g/dl	3.36	0.76	0.35	0.50	0.63	
	21日	5.70	1.78	%	58.9	17.2	5.7	8.1	10.2
			g/dl	3.36	0.98	0.33	0.46	0.58	
	28日	5.40	1.81	%	59.5	14.6	4.0	7.8	14.1
			g/dl	3.21	0.79	0.22	0.42	0.76	
RC	前3日	5.26	1.61	%	54.6	15.5	5.0	11.9	13.1
				g/dl	2.86	0.81	0.23	0.64	0.70
	7日	4.88	1.63	%	56.0	17.4	4.7	9.6	12.3
				g/dl	2.73	0.85	0.23	0.47	0.60
	14日	5.80	1.68	%	56.7	18.1	4.1	9.7	11.4
			g/dl	3.29	1.05	0.24	0.57	0.66	
	21日	6.00	1.15	%	49.2	15.7	6.9	8.0	20.2
			g/dl	2.95	0.94	0.40	0.48	1.21	
	28日	6.20	5.25	%	48.6	15.0	6.2	9.2	21.0
			g/dl	3.01	0.93	0.38	0.57	1.30	
RE	前3日	5.00	1.58	%	55.7	14.6	4.6	8.2	17.1
				g/dl	2.84	0.73	0.23	0.41	0.86
	7日	5.05	1.59	%	56.3	16.7	4.5	8.1	14.3
				g/dl	2.84	0.85	0.22	0.41	0.72
	14日	5.00	1.84	%	62.8	16.3	3.3	5.2	12.4
			g/dl	3.14	0.82	0.17	0.26	0.72	
	21日	5.55	1.70	%	58.0	16.9	2.5	7.4	15.2
			g/dl	3.27	0.94	0.14	0.42	0.85	
	28日	6.30	1.89	%	60.6	15.7	3.1	7.4	13.2
			g/dl	3.82	0.99	0.20	0.46	0.84	

第10表 (2) 血漿蛋白質 (予後別1)

群		総蛋白	A/G		Alb	α -glob	β -glob	ϕ	γ -glob
EC生	前3日	4.8	1.86	%	58.6	16.4	7.2	9.8	8.5
				g/dl	2.81	0.79	0.35	0.47	0.41
	7日	5.8	2.18	%	60.6	11.7	4.7	11.5	11.5
				g/dl	3.51	0.68	0.27	0.66	0.66
	14日	6.0	2.10	%	60.3	13.5	5.5	11.0	9.3
			g/dl	3.62	0.81	0.33	0.56	0.66	
	21日	5.7	1.78	%	58.9	17.2	5.7	8.1	10.2
			g/dl	3.36	0.98	0.33	0.46	0.58	
	28日	5.4	2.25	%	59.5	14.6	4.0	14.1	7.8
			g/dl	3.21	0.79	0.22	0.42	0.76	
RC生	前3日	6.0	1.47	%	50.6	13.3	4.9	15.0	16.4
				g/dl	3.04	0.80	0.30	0.90	0.98
	7日	5.4	1.34	%	49.9	19.4	3.9	12.8	14.0
				g/dl	2.69	1.04	0.21	0.69	0.76
	14日	5.8	1.33	%	51.3	17.7	4.5	10.2	16.3
			g/dl	2.98	1.03	0.26	0.54	0.94	
	21日	6.0	1.15	%	49.2	15.7	6.9	8.0	20.2
			g/dl	2.92	0.94	0.41	0.48	1.21	
	28日	6.2	1.15	%	48.6	15.0	6.2	9.2	21.0
			g/dl	3.01	0.93	0.38	0.57	1.30	
RE生	前3日	5.1	1.35	%	52.9	15.2	5.1	7.9	19.1
				g/dl	2.67	0.77	0.26	0.40	0.97
	7日	5.3	1.46	%	53.9	17.2	3.9	9.3	15.7
				g/dl	2.82	0.91	0.20	0.49	0.84
	14日	5.0	1.97	%	62.8	16.3	3.3	5.3	12.4
			g/dl	3.14	0.82	0.17	0.26	0.72	
	21日	5.5	1.68	%	58.0	16.9	2.5	7.4	15.2
			g/dl	3.27	0.94	0.14	0.42	0.75	
	28日	6.3	1.90	%	60.6	16.7	3.1	7.4	13.2
			g/dl	3.82	0.99	0.20	0.46	0.84	

第10表 (3) 血漿蛋白質 (予後別2)

群	総蛋白	A/G	Alb	α -glob	β -glob	φ	γ -glob		
EC 死	前3日	5.1	1.72	%	56.5	17.1	7.5	10.7	8.3
				g/dl	2.88	0.87	0.38	0.55	0.42
	7日	5.4	1.92	%	60.9	14.4	4.6	7.4	12.8
				g/dl	3.29	0.78	0.25	0.40	0.69
	14日	5.2	2.36	%	60.0	13.4	3.6	14.5	8.5
				g/dl	3.12	0.70	0.19	0.75	0.44
21日			%						
			g/dl						
28日			%						
			g/dl						
RC 死	前3日	5.1	1.72	%	55.6	16.1	5.1	11.1	12.3
				g/dl	2.83	0.82	0.26	0.57	0.63
	7日	4.8	1.72	%	57.5	16.9	4.9	9.0	11.9
				g/dl	2.76	0.81	0.21	0.43	0.57
	14日	5.8	2.16	%	62.0	18.4	3.8	9.3	6.6
				g/dl	3.60	1.07	0.22	0.54	0.38
21日			%						
			g/dl						
28日			%						
			g/dl						
RE 死	前3日	5.0	1.78	%	58.6	13.9	4.0	8.5	15.1
				g/dl	2.93	0.70	0.20	0.43	0.76
	7日	4.9	1.71	%	58.8	16.1	5.2	6.8	12.8
				g/dl	2.88	0.79	0.25	0.33	0.63
	14日			%					
				g/dl					
21日			%						
			g/dl						
28日			%						
			g/dl						

第10表 (4) 血漿蛋白質増減率 (全体)

群	総蛋白	A/G	Alb	α -glob	β -glob	φ	γ -glob	
EC	前3日	100	100	%	100	100	100	100
				g/dl	100	100	100	100
	7日	110	120	%	107	81	62	99
				g/dl	118	88	70	104
	14日	111	123	%	106	79	88	115
				g/dl	117	88	95	111
21日	113	108	%	104	101	77	95	
			g/dl	117	114	89	102	
28日	107	111	%	105	86	54	92	
			g/dl	112	92	60	93	
RC	前3日	100	100	%	100	100	100	100
				g/dl	100	100	100	100
	7日	93	101	%	103	112	94	81
				g/dl	95	105	85	73
	14日	110	105	%	104	117	82	82
				g/dl	115	130	89	89
21日	114	71	%	90	101	138	67	
			g/dl	103	116	152	75	
28日	118	71	%	89	97	124	84	
			g/dl	105	115	137	89	
RE	前3日	100	100	%	100	100	100	100
				g/dl	100	100	100	100
	7日	101	103	%	101	114	98	99
				g/dl	99	116	96	100
	14日	100	127	%	113	112	72	63
				g/dl	110	112	74	63
21日	111	109	%	104	116	54	90	
			g/dl	114	129	61	102	
28日	126	117	%	109	107	67	90	
			g/dl	134	136	87	112	

第10表 (5) 血漿蛋白質増減率(予後別1)

群		総蛋白 A/G		%	Alb	α -glob	β -glob	ϕ	γ -glob	
EC 生	前	100	100	%	100	100	100	100	100	
				g/dl	100	100	100	100	100	
	7 日	121	117	%	103	71	65	117	135	
				g/dl	125	86	77	140	161	
	14 日	125	113	%	103	82	76	112	109	
				g/dl	129	103	94	119	161	
	21 日	119	96	%	100	105	79	121	120	
				g/dl	116	124	94	98	141	
	28 日	113	121	%	101	89	56	144	92	
				g/dl	114	100	63	89	185	
	RC 生	前	100	100	%	100	100	100	100	100
					g/dl	100	100	100	100	100
7 日		90	91	%	98	146	80	85	85	
				g/dl	88	130	70	77	78	
14 日		97	91	%	101	133	90	68	99	
				g/dl	98	129	87	66	96	
21 日		100	78	%	97	118	138	53	123	
				g/dl	97	118	137	53	123	
28 日		103	78	%	96	113	124	61	128	
				g/dl	99	116	127	63	133	
RE 生		前	100	100	%	100	100	100	100	100
					g/dl	100	100	100	100	100
	7 日	104	108	%	102	113	76	118	82	
				g/dl	106	119	77	123	87	
	14 日	98	146	%	119	107	65	67	65	
				g/dl	118	107	65	65	75	
	21 日	108	124	%	110	111	49	94	80	
				g/dl	122	122	54	104	78	
	28 日	124	141	%	115	110	61	94	69	
				g/dl	143	129	75	114	87	

第10表 (6) 血漿蛋白質増減率(予後別2)

群		総蛋白 A/G		%	Alb	α -glob	β -glob	ϕ	γ -glob	
EC 死	前	100	100	%	100	100	100	100	100	
				g/dl	100	100	100	100	100	
	7 日	106	112	%	108	84	61	69	154	
				g/dl	115	89	66	89	127	
	14 日	102	137	%	106	78	48	135	103	
				g/dl	108	80	50	136	81	
	21 日			%						
				g/dl						
	28 日			%						
				g/dl						
	RC 死	前	100	100	%	100	100	100	100	100
					g/dl	100	100	100	100	100
7 日		94	100	%	103	105	96	81	97	
				g/dl	96	98	90	73	90	
14 日		114	126	%	112	114	75	84	54	
				g/dl	124	131	85	95	61	
21 日				%						
				g/dl						
28 日				%						
				g/dl						
RE 死		前	100	100	%	100	100	100	100	100
					g/dl	100	100	100	100	100
	7 日	96	96	%	100	116	130	80	85	
				g/dl	98	115	126	77	85	
	14 日			%						
				g/dl						
	21 日			%						
				g/dl						
	28 日			%						
				g/dl						

は殆んど照射前値と変化を示さないが、第11図(1) 血漿蛋白質増減率総蛋白質量(全体)(前値を100とする) 14日目には増加した。

3. RE 群 照射後7日目までは変化なく、14日目より増加を来した。予後別に検討すると RE 生は7日目までは変化なく、以後14日まで増加し最高値を示した。以後は回復したが28日目に至るも尚処置前値より高い値を示した。RE 死は7日目において変化を認めなかつた。

D. α -globulin の変化

1. EC 群 運動開始後7日目、14日目と減少し、以後は運動前値に復元した。予後別に検討すると、EC 生、EC 死共に7日目、14日目に減少を来し、その程度は両者の間で大差を認めなかつた。

2. RC 群 照射後14日目まで増加を来し、以後は照射前値に回復した。予後別に検討すると、RC 生、RC 死共に7日目、14日目に増加を来すが、増加度は RC 生の方が軽度であつた。

3. RE 群 処置後7日目より増加し、28日目まで高い値を保つた。予後別に検討しても、RE 生の増加度は全体のそれと大差を認めず、RE 死は7日目の観察において、RE 生と同程度の増加を示した。

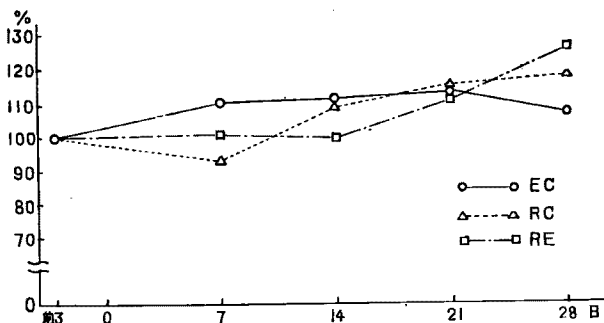
E. β -globulin の変化

1. EC 群 運動負荷によつて、何れの時期においても実験前値より低い値を示し、7日目には最低値を示すが、14日目、21日目には回復した。然し28日目に至り再び減少した。予後別に検討すると、EC 生、EC 死共に減少し、減少率は EC 死の方が大であつた。

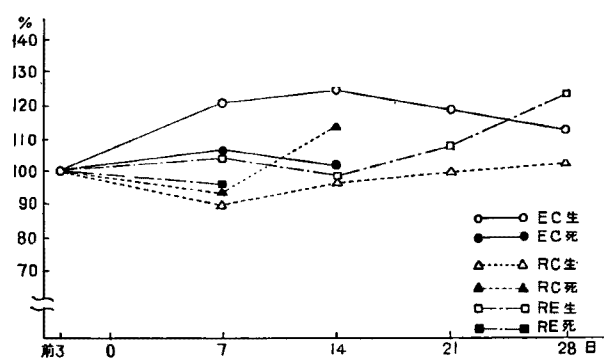
2. RC 群 照射後14日まで減少するが、21日目以後は照射前値より高い値を示した。予後別に検討すると RC 生は14日目までは減少傾向を示したが、以後は回復の傾向を示した。RC 死は減少一途をたどり全く回復の傾向を示さなかつた。

3. RE 群 処置後7日目まで殆んど変化を認めないが、14日目以後は減少し、

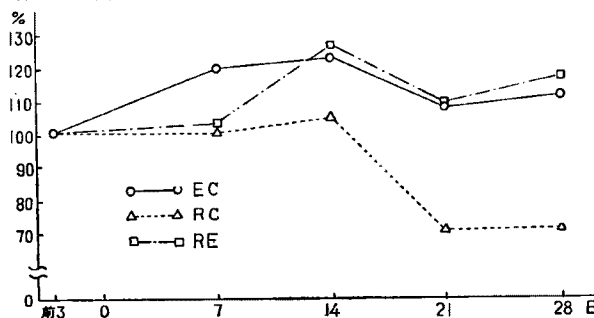
第11図(1) 血漿蛋白質増減率総蛋白質量(全体)(前値を100とする)



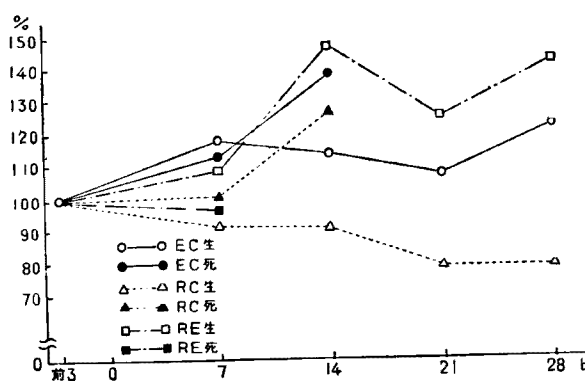
総蛋白質量(予後別)(前値を100とする)



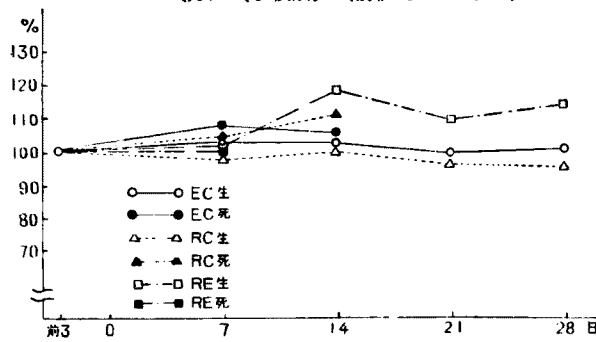
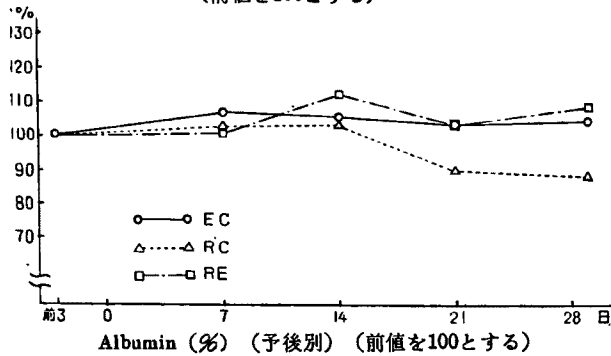
第11図(2) 血漿蛋白質増減率A/G比(全体)(前値を100とする)



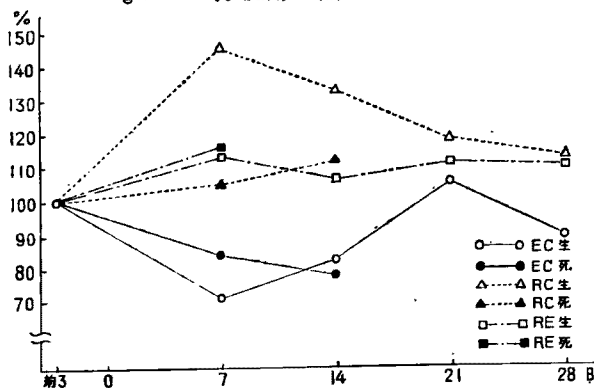
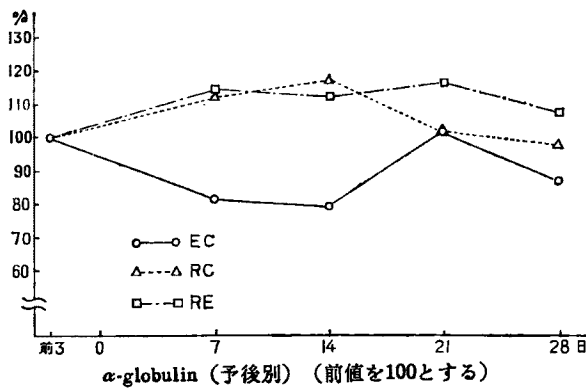
A/G 比(予後別)(前値を100とする)



第11図 (3) 血漿蛋白量増減率 Albumin (%) (全体)
(前値を100とする)



第11図 (4) 血漿蛋白質増減率 α -globulin (全体)
(前値を100とする)



28日目に至るも尚処置前値までは回復しなかった。予後別に検討すると、RE生は7日目より急激な減少を示し、21日目に最低値を示した。28日目には僅かに回復するが殆んど差を認めなかった。RE死は7日目にはむしろやや増加した。

F. Fibrinogen の変化

1. EC群 14日目に一時増加を来したが、その他の時期には殆んど変化を認めなかった。予後別に検討すると、EC生は7日目以後増加し、28日目に至るも尚回復しなかった。EC死は7日目に減少したが、14日目には実験前値より増加した。

2. RC群 7日目より減少し、21日目に最低値を示した。28日目にやや回復の傾向を示したが、各期とも実験前値に比して低値を示した。予後別に検討すると、RC生は7日目より減少し、21日目に最低値を示した。RC死も、7日目、14日目と減少傾向を示すが、RC生より減少率は小であつた。

3. RE群 処置後14日目まで減少を示すが以後は回復した。予後別に検討すると、RE生は7日目にはむしろやや増加を示したが、14日目には強い減少を来し最低値を示した。然し21日目より回復した。RE死は7日目より減少傾向を示し、全く回復の傾向を示さなかった。

G. γ -globulin の変化

1. EC群 運動負荷により、7日目より増加の傾向を示し、28日目に至るも負荷前値に比し高い値を示した。予後別に検討すると、EC生は7日目より増加の傾向を示すが28日目には運動前値より僅かに低い値を示した。EC死においても7日目に増加を示した。増加率はEC死の方が大であつた。

2. RC群 照射後14日目までは減少の傾向を示すが、21日目より急速に回復し、むしろ実験前値より高い値を示し、28日目に至るもその値を保つ。予後別に検討すると、RC生は初めの1週間は減少し、7日目に最低値を示すが、以後は

回復の傾向を示した。RC 死は14日目まで減少一途をたどり全く回復の傾向を示さなかつた。

3. RE 群 処置後7日目より減少傾向を示し、28日目に至るも回復せず、処置前値に比し低値を保つた。予後別に検討すると、RE 生は7日目より減少し、その後引続き低値を示した。RE 死は7日目には減少した。

第4章 文献的考察及び考按

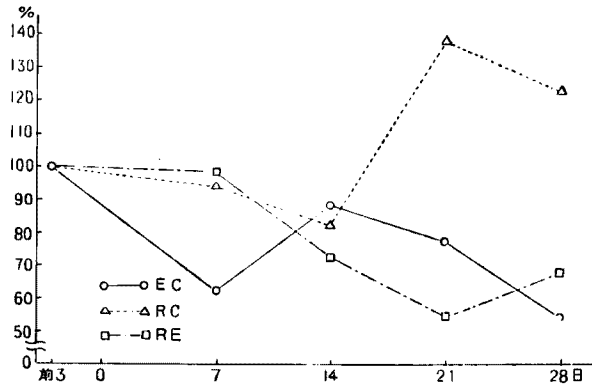
放射線障害発現の程度或は予後を左右する条件は種々のものが考えられるであろうが、本研究では運動負荷が如何なる影響を与えるかについて実験的に考察した。

近年の放射線の利用は多岐多様に亘り、そのため放射線障害を惹起する人々の数も年々増加し、その障害の問題は先達により多くの検討が加えられて来た。然し、運動負荷が放射線障害に如何なる影響を与えるかに対する研究は少く、まして、その血液諸成分に与える影響を追求した文献は未だにこれを見ない。

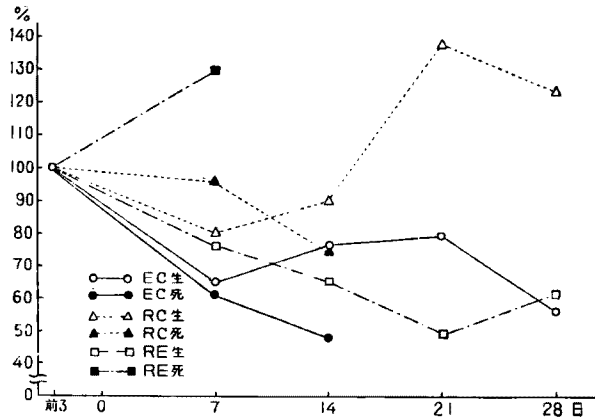
運動負荷乃至労働による血液有形成分の変動に関して文献的に考察すると、Grawitz¹¹⁾は筋肉運動によつて白血球增多症を起すことを述べ、これを myogene Leukozytose として初めて記載した。其の後、Egoroff¹²⁾が人に関する研究で一層正確に記載している。石原¹³⁾は家兎を疾走せしめ血液の検査を行い、赤血球数、血色素量は180分(3600 m)までの疾走によつては著変を認めず、白血球增多は運動開始後2~3時間で流血中に出現すると推定し、この白血球增多は Heterophils の增多であると述べている。三木他¹⁴⁾は運動負荷により、やや低色素性の赤血球が一過性に動員されると述べている。

運動負荷による血清蛋白質の変化を究めた成績は多数見られる。即ち江口¹⁵⁾は人間に自転車エルゴメーターを踏ませて、3時間の重労働を負荷し(R. M. R. 6~7) その血清蛋白分層の変化

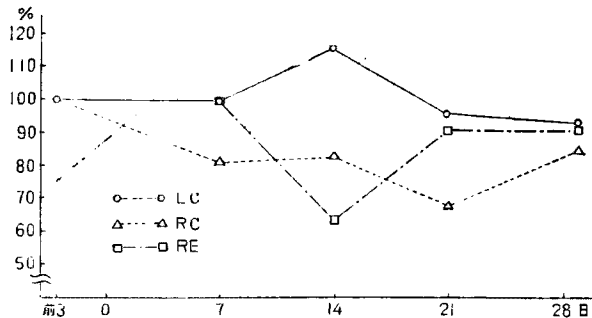
第11図 (5) 血漿蛋白質増減率 β -globulin (全体)
(前値を100とする)



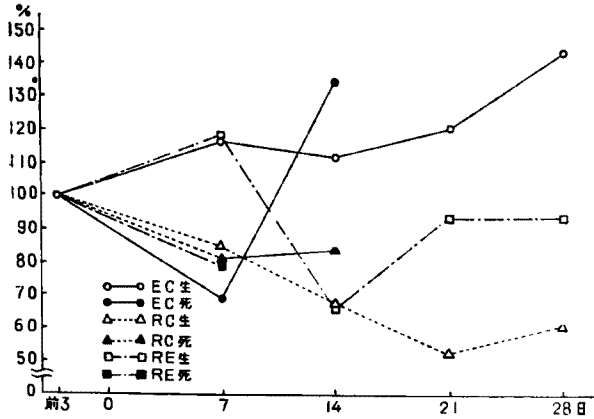
β -globulin (予後別) (前値を100とする)



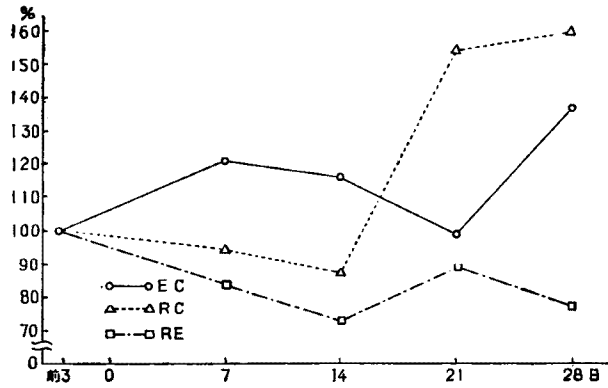
第11図 (6) 血漿蛋白質増減率 Fibrinogen (全体)
(前値を100とする)



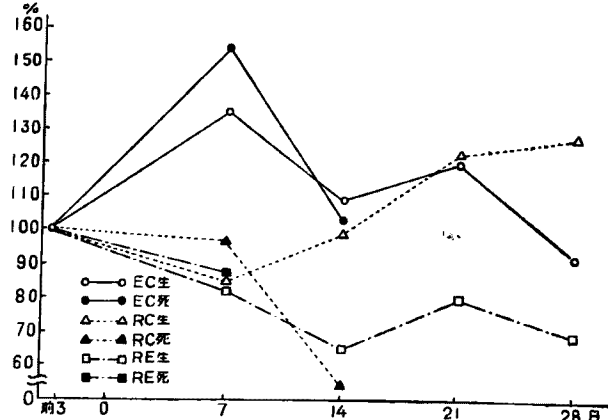
Fibrinogen (予後別) (前値を100とする)



第11図 (7) 血漿蛋白質増減率 γ -globulin (全体) (前値を100とする)



γ -globulin (予後別) (前値を100とする)



を塩析法により測定しており、血清蛋白濃度の増加、Albuminの増加、 α -globulinの減少、 β -globulinの増加、 γ -globulinの減少を認めている。又 Laune, Barnes, Brouha¹⁶⁾ は自転車エルゴメーターで、男女別に種々の労働を負荷し、その血漿を Tiselius 装置により分析し、筋肉運動の間及びその回復期における血清蛋白質分層の変化をみている。負荷中における総蛋白質量の増加、Albuminの比較的及び絶対量の増加、Globulinの比較値の低下及び絶対量の増加、Firinogenの比較値の軽度増加及び絶対値の増加、A/G比の増加を認めている。又、Globulinの各分層の変化については α_1 -Globulinは比較値の軽度減少と絶対値の増加、 α_2 -Globulinは運動中は運動初期より低下し、回復期には増加する。又絶対値は増加する。 β -Globulinの比較値は変化なく、絶対値は増加、 γ -Globulinは比較値は変化少く、絶対値は増加する成績を示している。Heinen¹⁷⁾等は Knipping Ergometerにより運動を負荷し血清蛋白質分層の変動を濾紙電気泳動法により分析している。その成績は健康者の場合運動直後の Albuminの減少、 α -Globulinの増加、 γ -Globulinの増加が起ると述べ、又、斉藤¹⁸⁾は Tiseliusの電気泳動装置により測定している。即ち長期運動としてマラソンを行なわせ(20 km, 約1時間20分)分析した成績は総蛋白質量の増加、Alb.の増加、 α -Glob., β -Glob., γ -Glob.の減少、A/G比の増加を認めている。反之、短期運動として縄飛びを5分間行なわせた成績は総蛋白質量の増加、Alb.の増加、 α -, β -, γ -Glob.の増加を認め Glob.については長期運動と短期運動とは逆の成績を得ている。この原因として短期間の運動では Alb.も Glob.も共に平行して増加するので血液濃縮の状態となり、長期間の運動では、Alb.と Glob.の動きが逆となり、特に Alb.の増加が著しいことよりこの Alb.は肝臓に貯蔵されている Alb.が流血中に放出される為であろうと述べ

ている。又、近¹⁹⁾は Rat による実験で、総蛋白質量の増加、Alb. の増加、 α -Glob. は著変を認めず、 β -Glob. は運動第3週において減少し、 γ -Glob. は変化のないことを報告している。

著者の実験では、EC 群は30日生存率は40%で運動負荷の影響が強く、体重の減少も著明であった。血液凝固時間がやや延長したがその原因についてはプロトロンビン値等の測定をしていないので不明である。血色素量は毎日の運動負荷が影響したためか三木の如く一過性でなく徐々に減少の傾向を示した。赤血球数に著変を認めないことから三木と同様に低色素性の赤血球の出現と思われる。又、網状赤血球が多数出現したことも幼若赤血球の出現を意味する。一方、Heinz 小体含有赤血球が多数出現したことは運動負荷によつて赤血球の変性を来す如き作用の存在も考えられる。白血球数は運動負荷により、やや増加している。この増加は好中球の増加と考えられ、石原の結果と一致する。又、血漿蛋白は、総蛋白質量の増加、 α -、 β -Glob. の減少、Fibrinogen は不定、 γ -Glob. は増加、A/G 比は増加する成績を得、これは大体前述の文献の成績と一致する。

放射線照射の影響に関して、生存率乃至死亡率については、Lourau, M., & Latigue, C.²⁰⁾は海鼠の 30-day-LD₅₀ は 350 r と述べている。又、Lorenz, E. 他²¹⁾は 28 day-LD₅₀ は大略 400 r であると述べている。他にも幾多の文献が見られる²²⁾²³⁾²⁴⁾。

血液に及ぼす影響に関しては Cohn, S. H.²⁵⁾は Rat に 400 r の X 線照射後、血液凝固時間は Lee-white 法では若干の延長を認めたが、有意性を証し得ず、ヘパリン凝固試験で照射後9日目より延長を示し、28日目には対照値に復元した。赤血球数は28日目まで徐々に減少し、28日目には対照の65%にまで下降、淋巴球は絶対数で24時間で対照の3%に減少し、6日目には8%に回復し、16日目以後は急速に回復した。Heterophils の絶対数は24時間で対照の50%増を示すが6日目には10%に急減、以後も減少を示したまま20日目まで経過し、20日目以後は急速に回復し、28日目には正常値に復すと述べている。血液凝固時間についてはこの他幾多の文献を見る²⁶⁾²⁷⁾²⁸⁾。Jacobson²⁹⁾は海鼠に 220 r の X 線照射により赤血球は14日目に最低値を示して60%の減少、310 r 照射で同様14日目に最低値を示して71%の減少を来し、白血球数に関しては放射線の影響の最も著明に現われるのは、淋巴球の 1 mm³ 中の数であり、100 r 以上の照射

では3時間以内に減少し、回復は緩慢で 300 r 以上の照射では60日以上を必要とする。又、家兎で 400 r 以上照射した場合 Heterophils の初期増加を認め、400~800 r 照射後96時間で著明な減少を惹起し、回復には23日前後を要すると述べている。Lorenz³⁰⁾は 420 r 照射で赤血球数は14日目に最低値を示し、62%減少すると述べている。Jacobson et al.³¹⁾、Jacobson, Marks and Lorenz³²⁾は海鼠に 220 r 及びそれ以上の照射により14日目に最も貧血は強く、血色素量で照射前値12~14 g/dl であつたものが照射後 2~6 g/dl に減少していると述べている。

網状赤血球は、低圧、CO-Hb、Met-Hb 形成などの生体の酸素欠乏時或は網内系器官の機能障害時に増加する⁶⁾。従つて放射線障害時或は強い運動負荷時にも増加することが考えられる。然し放射線障害の初期においては骨髄造血機能の停止又は極度の機能低下により網状赤血球の出現率は極めて少ない。即ち、Jacobson and Marks³¹⁾、Lawrence and Lawrence³³⁾は 100 r 以上の照射では、初期には減少し、15~16日目以後正常値以上の増加を示し、40日前後で正常値に復元すると述べている。

Heinz 小体はメトヘモグロビンを形成する如き毒物が赤血球膜に直接作用して、この蛋白質に酸化的変性を与えて形成されると考えられ、この時同じ毒物がヘモグロビンにも作用を及ぼすと考えられている⁶⁾¹⁰⁾。従つて Heinz 小体が形成された赤血球は変性老癩、崩壊の過程をたどる。放射線と Heinz 小体に関しては山本他³⁴⁾はビキニ環礁水爆実験の被災者第五福竜丸船員の赤血球には Heinz 小体が出来易くなつていることを指摘している。この他にも幾多の報告がある³⁵⁾³⁶⁾³⁷⁾。又、白血球の態度に関して Heineke³⁷⁾が放射線照射により白血球減少を惹起することを初めて報告して以来多数の学者の注目する所となり、追試研究が行なわれて来たが³⁸⁾、その詳細に亘つて諸家の意見は必ずしも尚一致を見ず、その生物学的作用機転の究明についても尚不明の点が多い。Aubertin and Beaujard³⁹⁾は白血球が減少する前、照射後約24時間以内に一過性の白血球増加を認め始めてこれを記載した。奥田⁴⁰⁾によるとこの白血球初期増加の主役を演ずるのは好中球であり、反覆 X 線照射を行いその都度増加を認めたと述べている。この他幾多の文献が見られる⁴¹⁾⁴²⁾⁴³⁾。原子爆弾の影響は強く例えば広島における被曝について陸軍々医学校の調査¹⁾では、被曝後10日乃至2週間までを第1期、2週間以後1カ月を第2期、1

カ月以後を第3期として分け、第1期のものは調査資料欠乏のため詳報はないが、第2期、第3期について、血液凝固時間は Sahli-Fonio 法で第2期において重症例では完結時間の著明な延長を認め、軽症例では著しい延長は認めていない、赤血球数は第2期において135万~382万で高度の貧血を示し、第3期には中等度減少、稀に高度減少を示している。血色素量は第2期に50~60% (n/Sahli) の者が大部分を占め、第3期には中等度減少(40~60%)の者が大部分であった。網状赤血球数は第2期に低値を示し、全くこれを認めない者もあり、第3期には17~69%で増加の傾向顕著であつて減少を全く認めない。白血球数は全例において中等度乃至高度の減少を認め予後の不良なるものに特に減少は著明である。白血球百分率では第2期において淋巴球の比較的多増を示し、好中球減少は高度で、好酸球の減少乃至消失の傾向を認め、第3期においては白血球数はやや回復し、好中球は正常乃至増加を認め、核の左方移動を認めた。淋巴球増加は認めていない。又、ユーゴーの原子爐事故³⁾ の場合は、5日目頃に淋巴球の極度の減少次いで第1週目から第2週目にかけて顆粒細胞が減少し、淋巴球のみが第1週の値を保っているにすぎず、顆粒細胞は第4週において最小値を示し、好中球は1名を除いて1cc 当り50前後であつたと述べている。

一方、生体に放射線照射を行つた場合の血漿蛋白質各分層の変化について、Kohn⁴⁴⁾ は海猿に600 r 及び200 r の X-線全身一時照射を行つた後、塩析法で8日間血清の変化を追求め、総蛋白質量は4日目以後は減少、A/G 比は直後より上昇し8日で回復すると述べ、Muntz 等⁴⁵⁾ は犬について電気泳動的に、Prosser 等⁴⁶⁾ は X-線照射、Sr⁹⁰、Pu²³⁹ 内部照射による犬の血清変化を求め、Buchanan 等⁴⁷⁾ は犬及び山羊に X-線照射後、電気泳動的にその変化を追求めしている。これらの実験は実験条件、使用動物が異なるため結果に若干の相異は認められるが全般的には総蛋白質量の減少、A/G 比の減少、 α -、 β -Glob. の増加と γ -Glob. の減少が認められる。又、Sanigar⁴⁸⁾ は X-線照射を行つた犬、Neutron を照射した家兎の血清 γ -Glob と Lymphocyte の変化との関係を求めている。土屋等⁴⁹⁾ は家兎に X-線を照射した後濾紙電気泳動法で血清の変化を追求め、望月⁵⁰⁾ は海猿に X-線照射後の血清蛋白質分層の変動を電気泳動法によつて検討している。又、原子爆弾の影響に関して、広田、朝倉等¹⁾ の報告がある。広

田によれば、総蛋白質量の減少、Alb. 減少、Glob. 増加、Fibrinogen は増減不定であると述べ、朝倉は A/G 比は小となり、血清蛋白質量の回復は血液像の回復に比して遅れると述べている。この様な特別な災害による大線量被曝の場合でなくとも日常、事業所、研究所、病院等において X-線やアイソトープ等が使用される場合、その従業者は少量の放射線の連続照射を受け、石津等⁵¹⁾ はこれらの人々の健康管理の面から血液検査を行うと共に血清蛋白質分層の変化を電気泳動法により測定している。即ち、X線廻折研究室の女子研究助手2名では総蛋白質量は大きく、 α -Glob. の軽度増加を認め、又、石津等⁵²⁾ は放射線取扱者42名と非取扱者35名の血清蛋白質分層の変化を検討し、前者は Alb. の減少、 γ -Glob. の増加、その他の分層は大差なく、A/G 比は低下すると述べている。

著者の実験では、RC は空中線量200 r の X線照射により30日生存率は53%を示し Lourau, M. & Latigue, O. や Lorenz, E. 等の成績よりやや少い線量で LD₅₀ を示しているが Lourau や Lorenz の線量が空中線量であるか否か不明のため、その理由は判明しない。体重は14日目まで徐々に減少し、その後は徐々に回復している。血液凝固の機転は甚だ複雑であるが、放射線照射により血液凝固時間の延長を来すのは主として血小板数の減少に起因するとされている。著者の実験で、凝固開始時間は各群の間に顕著な差を示していないが、これは少量の血液を凝固せしめるに必要な血小板は残されているためであろう。終了時間は4日目より延長を見せ Cohn²⁵⁾ のヘパリン凝固時間より早く延長傾向を示している。赤血球数、白血球数は14日目まで減少を示し、14日目に最低値を示すことは Jacobson²⁹⁾ 及び Lorenz³⁰⁾ の結果と一致する。これは Furth et al⁵³⁾ の述べる如く、X-線照射により血球形成が阻止され、7~14日目まで回復しないためであろう。血色素量も14日目まで減少し、赤血球数の減少と軌を一にしている。然し網状赤血球は7日目までは減少しているが、14日目にはやや増加を示している。従つて著者の実験の場合血球形成は7日目までは阻止されているが14日目にはやや回復していると考えられる。然し末梢血の赤血球数、白血球数にその影響が現われるのはやや遅延するものと考え、Heinz 小体含有赤血球数も14日目まで増加を示し、赤血球の変性を来す如き作用のあることを思わせる。白血球分類では好塩基球、好酸球には著変を認めない様で

あるが、好中球百分比は14日目まで強く減少し、その後は回復している。淋巴球百分比は逆に14日目まで増加しその後は復元している。単球には著変を認めない。この結果は Cohn の結果と一致している。

又、血漿の変化は総蛋白量は7日目に減少し、Alb. は14日目まで著変なく、21日目以後減少し、 α -Glob. は7~14日目において増加、 β -Glob. は7~14日目に減少を示し、A/G 比は21日目以後減少が認められる。これらの変化は必ずしも前述の文献の成績と一致しない点もあるがこれは実験条件の相異によるものと思ふ。

放射線照射後運動負荷を行つた実験は少いが Kimeldorf 等⁴⁾ は Sprague-Dawley 系のラットに 600 r, 700 r, 860 r の X-線照射後 15~30 分の游泳を负荷せしめ 60 日生存率を検し、600 r 照射では照射対照群の生存率 100% に比し、照射運動群は 50%、700 r 照射では照射対照群、56% に比し、照射運動群は 8%、860 r 照射では照射対照群 14% に比し、照射運動群は 0% で早期に死亡したと述べている。Smith, F. & Smith, W. W.⁵⁾ は N.I.H. stock のマウスを照射後円筒状梯子車内で疾走せしめて生存率を検し、照射後運動群も照射対照群と 28 日生存率で差を認めていない。大和田他⁶⁾ はレントゲン取扱者群と健康男子群とを疾走せしめ血液検査を行つて、赤血球数は運動前値との間及び両群の間に差を認めず、血色素量では両群共に運動負荷により有意の増加を示すが、両群の間に差を認めていない。白血球数は両群共に運動後有意の増加を示すが両群の間に差を認めていない。

著者の実験では RE 群の 30 日生存率は 21% で、RC 群の 53% との間に有意の差を認めた。又、体重減少率は 14 日目に最大となり RC 群との間に差を認めた。然し、一般に RE 群が EC 群より体重減少度が少ないことは奇異である。又 RE 生が殆んど体重減少を示さなかつたことについても解釈をつけ難い。血液凝固時間に関しては一般に RE 群は RC 群より延長度が強い様に思われる。これは X-線照射と運動負荷の相加的作用のためであろうと考える。赤血球の減少度も RE 群は RC 群より強い様に思われ、血色素量に関しても同様である。網状赤血球数は RE 群と RC 群の間に著明な差を認めない。Heinz 小体含有赤血球数においては、RE 群が RC 群より強い増加を示し運動負荷の影響が現われていると考える。然し、白血球数は RC 群と RE 群の間に差を認めず運動負荷の影響は認められない。白

血球分類においても好塩基球、好酸球、好中球、淋巴球、単球の何れも RE 群と RC 群の間に大差を認めない。

照射後運動負荷を行い血漿蛋白分層の変化を追求した研究は著者の知る範囲では未だに行なわれていない。

総蛋白量の変化は 7 日目には EC 群と RC 群の中間値をとり、実験前値に比し殆んど変化を認めず、14 日目、21 日目には EC 群とほぼ同じ値を示し実験前値よりやや増加を示している。A/G 比は初期には実験前値と著変を認めないことは RC 群と同様であるが後期には増加し、RC 群は減少している。Alb. は初期に実験前値と著変を認めないことは RC 群と同様であるが後期にはやや増加を示し EC 群とほぼ同じ値を示す。 α -Glob. は全経過を通じて RC 群とほぼ同様な経過を示し処置後やや増加した。 β -Glob. は初期やや減少を示し、RC 群とほぼ同じ経過であるが、後期には RC 群は増加するに反して RE 群は減少一途をたどり、EC 群の値に近づいた。Fibrinogen は減少を示し、RC 群と同様の経過を示した。 γ -Glob. は初期は RC 群と同様に減少を示すが、後期には RC 群は増加するに反し、RE 群は減少一途を示す。

然しこれらの成績を分析するにしても、労働による貯蔵蛋白の動員の問題、血液の濃縮の問題、又、放射線による蛋白生産組織障害の問題等各種の条件が総合されて血漿蛋白に対して変化を来すので、これら各分層の変化の意義づけをすることは非常に困難であり更に検討を要する。然し以上の血漿に関する成績を通覧すると放射線照射後の運動負荷が放射線照射の影響を強化する傾向は認められず初期は RC 群と同様な経過をたどり、後期には EC 群と同様な経過をたどるように思われる。

以上の如く著者の実験では X-線照射後の強い運動負荷が放射線血液障害に影響を与える場合と与えない場合を認め生存率における差の原因については判明し得なかつた。これは一元的要素のみによつて生存率に差が生じるものでなく、多くの要因が累積して生存率に差を生ぜしめた結果であろう。

第 5 章 結 論

放射線照射動物に強度の運動負荷を与えた場合、如何なる影響を及ぼすかを検討する目的で、海狸に X-線大量 (200 r) 一時全身照射を行い、その後 1 日 30 分、1 週間に 5 日の割合で 1 カ月に亘つて強制

游泳運動を负荷せしめて次の結論を得た。

(1) 30日生存率は照射運動群は照射対照群より低い値を示した。

(2) 体重減少率は照射運動群は照射対照群よりやや大であつた。

(3) 血液凝固時間は照射運動群は照射対照群よりやや延長度が強かつた。

(4) 赤血球数の減少率は照射運動群は照射対照群よりやや大であつた。又、両群共に処置後14日目に減少率は最大であつた。

(5) 血色素量の減少率も照射運動群は照射対照群よりやや大であつた。又、両群共に処置後14日目に減少率は最大であつた。

(6) 網状赤血球数は初期減少し21日目には強く増加し28日目には回復した。しかして、その増減率は照射運動群は照射対照群と著明な差を認めなかつた。

(7) Heinz 小体含有赤血球数の増加率は照射運動群は照射対照群より大であつた。

(8) 白血球数の減少率は照射運動群は照射対照群と著明な差を認めなかつた。しかして、両群共に処置後14日目に減少度は最大であつた。

(9) 白血球分類では、好塩基球、好酸球、好中球、リンパ球、単球の何れも照射運動群と照射対照群の間に著明な差を認めなかつた。

(10) 血漿蛋白質の変化は

a) 総蛋白質量：照射対照群は初期にやや減少するが後期にはやや増加し、照射運動群は初期に著変なく後期にやや増加を示し、両群の間に著明な差を認めなかつた。

b) A/G 比：照射対照群は初期には著変を認めないが後期に減少し、照射運動群は初期には著変を認めないが後期に増加した。

c) Albumin：照射対照群は初期に著変を認めないが、後期にやや減少し、照射運動群は初期に著変を認めないが後期にはやや増加を認めた。

d) α -Globulin：照射対照群も照射運動群も共に処置後やや増加を認め、両群の間に著明な差を認めない。

e) β -Globulin：照射対照群は初期にやや減少するが後期には増加した。反之、照射運動群は初期は軽度の減少を示し、後期には著明な減少を認めた。

f) Fibrinogen：照射対照群も照射運動群も共に減少を示し、両群の間に著明な差を認めない。

g) γ -Globulin：初期の減少は照射対照群も照射運動群も殆んど同様であるが、後期に照射対照群は強い増加を示すに反し、照射運動群は減少一途をたどる。

稿を終るに臨み、終始御懇篤なる御指導と御校閲を賜つた恩師大平教授、並びに、本研究中多大の御援助をいただいた望月助教授及び教室員各位、又、X線照射に御便宜をいただいた放射線学教室に深甚の謝意を表します。

(本論文要旨は第2回中国・四国合同産業医学会において発表した)

文 献

- 1) 原子爆弾災害調査報告集, 日本学術会議原子爆弾災害調査報告書刊行委員会編, 第1分冊, 第二分冊, (1953).
- 2) 山崎文男, 笈弘毅: 科学, 24巻, 6号, 295~296, (1954).
- 3) 松平寛通: 医学のあゆみ, 32巻, 3号, 129~136, (昭和35年1月).
- 4) Kimeldorf, D. J., Jones, D. C., and Fishler, M. C.: Science, 112, 175~176, (1950).
- 5) Smith, F., & Smith, W. W.: Amer. J. Physiol., Vol. 165, June, 662~666, (1951).
- 6) 石津澄子: 症例判定のための機能検査法, 62, (昭和32年3月).
- 7) 今井 泉: 臨床検査法提要, VI35, (昭和29年11月).
- 8) 小宮悦造, 古庄乙彦: 臨床血液図説, 第1輯, 95, (昭和30年7月).
- 9) 天野重安: 血液学の基礎, 上巻, 220~223, (昭和23年10月).
- 10) 草加芳郎: 日本医学放射線学会雑誌, 16巻, 5号, 488, (昭和31年8月).
- 11) Grawitz: Deut. Med. Wochenschr., Nr29, (1910).
- 12) Egoroff: Zeitsch. f. klin. Med., Bd. 100, (1924).
- 13) 石原忠之: 岡山医学会雑誌, 第45巻, 第12号 527号, 3015~3044, (昭和8年12月).

- 14) 三木文雄, 井関敏之, 住吉薫, 高田昌広: 体力科学, 7巻, 6号, 303, (昭和33年8月).
- 15) 江口文野: 京都府立医科大学雑誌, 55巻, 6号, 843, (昭和29年).
- 16) De Lanne, R., Barnes, J.R. and Brouha, L.: J. Applied Physiol. Vol. 13, No. 1, 97, (1958).
- 17) Heinen et al: Arzt. Wochenschr., 9, 968, (1954).
- 18) 齊藤: 最新医学, 10巻, 10号, 122, 杉本良一他より引用.
- 19) 近新五郎: 慈恵会医学雑誌, 66巻, 5号, 129, (昭和27年).
- 20) Lourau, M. & Latigue, O.: Experientia, 6, 25, (1950).
- 21) Lorenz, E., Uphoff, D., Ried, T. R. and Shelton, E.: J. National Cancer Institute, Vol. 12, No. 1~6, 197~201, (1951~1952).
- 22) Brues, A.M. & Rietz, L.: USA EC Report ANL-4227, P. 183~187, (1948), Radiation Biology (Hollaender) Vol. 1, Part II, 1031, (1954) より引用.
- 23) Haley, T. J. & Harris, D. H.: USA EC Report AECU 357 Radiation Biology より引用.
- 24) Henshaw, P. S.: J. Natl. Cancer Inst., 4, 485~501 (1943~1944 b).
- 25) Cohn, S. H.: Blood, 7, 225~234, (1952).
- 26) Allen, J. G., Sanderson, M., Milham, M., Kirschon, A. and Jacobson, L. O.: J. Exper. Med. (N. Y.), 87, 71~85. (1948).
- 27) Allen, J. G., Savage, L. J., Moulder, P. V. & Enerson, D. M.: ANL-4474, S. 19~23, NSA 5~2044; Strahlendosis und Strahlenwirkung, (B. Rajewsky) (1956) より引用.
- 28) Allen, J. G., Moulder, P. V., Enerson, D. M., Lathrop, K. A. and Sanderson, M.: ANL-4474, S. 148~167, NSA 5~2051; Strahlendosis und Strahlenwirkung (1956) より引用.
- 29) Jacobson, L. O.: Radiation Biology, Vol. 1, Part II, 1029~1090 (1954).
- 30) Lorenz, E.: J. chim. Physiol., 48, 264~274, (1951); Radiation Biology, Vol. 1, Part II より引用.
- 31) Jacobson et al: USAEC Report, MDDC-11, 74, (1947); Radiation Biology より引用.
- 32) Jacobson, L. O., Marks, E. K. and Lorenz, E.: Radiology, 52, 371~395, (1949).
- 33) Lawrence, J. H. & Lawrence, E. O.: Proc. Natl. Acad. Sci. U. S., 22, 124~133, (1936); Radiation Biology より引用.
- 34) 山本道夫他: 岡山医学会雑誌, 第69巻, 1号 (第735号), 103~107, (昭和32年1月).
- 35) 高橋新一: 日本医学放射線学会雑誌, 16巻, 5号, (昭和31年8月).
- 36) 草加芳郎: 日本医学放射線学会雑誌, 16巻, 5号, 622, (昭和31年8月).
- 37) Heineke: Mün. Med. Wochenschr., Jg. 51, B. 1, S. 785, (1904).
- 38) Curschmann, H., u. Gaupp, O.: Mün. Med. Wochenschr., Jg. 52, Nr. 50, S. 2409, (1905-II).
- 39) Aubertin, C. & Beaujard, E.: Arch. Med. exptl. anat. path., 20, 273~288, (1908); Radiation Biology より引用.
- 40) 奥田清孝: 十全会誌, 52, 254, (1949).
- 41) 平松 博: 血液討議会報告, 第5輯, 438, (1953).
- 42) 杉本英樹: 日本医学放射線学会雑誌, 12巻, 4号, 24, (昭和27年7月).
- 43) 福沢秀一: 金沢医理学叢書, 42巻, 165, (昭和32年9月).
- 44) Kohn, H. I.: Am. J. Physiol., 162, 703, (1950).
- 45) J. A. Muntz et al: Arch. Biochem., 23, 434, (1949).
- 46) Prosser, C. L. et al: USAEC Report MDDC-1271 (1946); Radiation Biology より引用.
- 47) Bucham ann, D. L., et al: USAEC Report CH-3782~52 (1947); Radiation Biology より引用.
- 48) Sanigar, E. B. et al: Neutron effect on animals, F. Mac Donald, ed. The Williams & Wilkins Co Baltimore (1947).
- 49) 土屋豊他: 生物物理化学, 6巻, 3号, 59 (1959).
- 50) 望月義夫: 日本衛生学雑誌, 13巻, 1号, 33, (昭和33年4月).
- 51) 石津澄子他: 労働科学, 34巻, 10号, 910, (1958).
- 52) 石津澄子他: 労働科学, 12巻 8号附録14 (
- 53) Furth et al: Soc. Med. J., 44, 85~92; Radiation Biology より引用.
- 54) 大和田国夫他: 労働科学, 34巻, 6号, 467, (昭和33年6月).

Experimental studies on the effect of exhaustive physical exercise against radiation injury.

Part 1

By

Kazuma Okahira

The Department of Hygiene, Okayama University Medical School
(Director: Prof. M. Ohira, M.D.)

Guinea pigs were divided into the next four groups for the purpose of examining the effects of exhaustive physical exercise and fatigue after exposing to X-ray.

- | | |
|------------------------------|------|
| (1) Non treated group | (C) |
| (2) Exercised control group | (EC) |
| (3) Radiated control group | (RC) |
| (4) Radiated exercised group | (RE) |

The X-ray apparatus was operated at 200 KV, 15 mA, 0.5 mm Copper and 0.5 mm Aluminium filtration, 50 cm focus target distance. The dose was 200 r of X-ray whole body irradiation in dose rate of 80.6 r/min (in the air). Subjects of this experiment were given 30 successive days of swimming at the rate of 30 minutes per day and 5 days per week.

The results are as follows:

- (1) The 30 days survival rate of RE was lower than that of RC.
- (2) The decreasing rate of the body weight in RE was a little higher than that in RC.
- (3) The prolongation of the blood clotting time in RE was greater than that in RC.
- (4) The decreasing rate of red cell count in RE was a little higher than that in RC. In both groups the decreasing rate was the highest on the 14th day after the treatment.
- (5) The decreasing rate of hemoglobin content in RE was a little higher than that in RC. In both groups the decreasing rate was the highest on the 14th day after the treatment.
- (6) Reticulocyte count in RE and RC decreased in the beginning, but increased extremely on the 21st day after treatment. Its increasing and decreasing rate in RE was little different from that in RC.
- (7) The increasing rate of Heinz body in RE was higher than that in RC.
- (8) The decreasing rate of white cell count in RE was not significantly different from that in RC. In both groups the white cell count was at minimum on the 14th day after treatment.
- (9) Concerning the classification of white cell, i. e. basophile, eosinophile, neutrophile leucocyte, lymphocyte and monocyte, RE was not significantly different from RC.
- (10) About the changes of plasma proteins,
 - a) The total protein in RC decreased a little in the beginning, but slightly increased in the latter period. That in RE showed little change in the beginning, and slightly increased in the latter period. Difference between RE and RC was not significant.
 - b) A/G ratio did not change much in the beginning in RC as well as RE, but in the latter period it decreased in RC while increased in RE.
 - c) Albumin didn't show much change in the beginning both in RC and RE, but it decreased a little in the latter period where as in RC it increased in RE.
 - d) α -globulin in RC and RE increased a little after the treatment. Difference between RC and RE was not significant.
 - e) β -globulin in RC decreased a little in the beginning, but increased in the latter period. On the contrary in RE, it decreased extremely in the latter period.
 - f) Fibrinogen in RC and RE increased. Difference between RC and RE was not significant.
 - g) γ -globulin in RC and RE decreased in the beginning. That in RC increased extremely, while in RE continued to decrease in the latter period.