OUKA
The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	エツクス線による所謂疲勞に就ての?究
Author(s)	野田, 正剛
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1955, 15(4), p. 293-310
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/17592
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

エツクス線による所謂疲勞に就ての研究

東京慈惠會醫科大學放射線醫學教室(指導主任　樋口助弘教授)
野　田　正　剛

本研究は勞働省勞働衞生科學研究費により行われた，茲に感謝の意を表する．
尙本論文の內容は昭和27年度第11回，昭和29年度第13回日本醫學放射線學會總會に於て發表した．

(昭和30年6月26日受付)

第1編　エツクス線による所謂疲勞の測定に諸家考案の疲勞度測定法は應用し得るや否かの檢討
第Ⅰ章　緒　論
第Ⅱ章　實驗材料並に實驗方法
第Ⅲ章　諸家考案の疲勞度測定法に就ての觀察
第1節　就業，並に照射前後の尿pH値
第i項　實驗材料並に實驗方法
第ii項　實驗成績
第2節　就業前後の尿凝結沈降反應
第i項　實驗材料並に實驗方法
第ii項　實驗成績
第3節　就業前後の膝蓋腱反射閾値
第i項　實驗材料並に實驗方法
第ii項　實驗成績
第4節　就業前後の點算への變化
第i項　實驗材料並に實驗方法
第ii項　實驗成績
第5節　就業前後の眼電氣閃光閾値の變化
第i項　實驗材料並に實驗方法
第ii項　實驗成績
第6節　慈大放射線科從業員のX線曝射線量と就業前後の尿pH．尿凝結沈降速度，點算へ，並に膝蓋腱閾値との關係
第i項　實驗材料並に實驗方法
第ii項　實驗成績
第Ⅳ章　小括並に考按
第2編　エツクス線による所謂疲勞の本態に就ての研究
第Ⅰ章　緒　論
第Ⅱ章　所謂疲勞物質と關係ありと考えられる血中乳酸量，並に血液總炭酸瓦斯量の變動に就て
第1節　X線照射による血中乳酸量の變動
第i項　實驗材料並に實驗方法
第ii項　實驗成績
第2節　X線照射前に葡萄糖靜注による血中乳酸量の變動
第i項　實驗材料並に實驗方法
第ii項　實驗成績
第3節　X線照射による血液總炭酸瓦斯量の變動
第i項　實驗材料並に實驗方法
第ii項　實驗成績
第Ⅲ章　小括並に考按
第3編　總括並に考按
第4編　結　論
參考文獻

第1編　エツクス線による所謂疲勞の測定に諸家考案の疲勞度測定法は應用し得るや否かの檢討

第Ⅰ章　緒　論

放射線科從業員には殊に疲勞倦怠感を訴える者の多いことは衆知の事實であり，新來者においてはその感を深くする．而して疲勞の本態に就ての研究は Angers Mosso 以來夥しい業績があり一應闡明されたかの樣であるが，X線による所謂疲勞に關する文獻は未だ之を知らない．事實放射線從業員の所謂疲勞は其の因子が多いのみならず，X線照射により臟器が障碍されて白血球減少症を來す樣になると全身違和や疲勞感のあるのは當然

であるから疲勞の限界を決めることは甚だ困難である．玆に私が所謂疲勞と謂うのは血液や其他臟器に器質的變化を來さないと思われる程度のもので，しかも身體の構成物質に何か變化はあるが其れが何ものであるかを證言することの出來ない場合を意味するのである．換言すれば白血球減少症を來たさない程度の微量を照射した場合に起る全身違和乃至疲勞感を意味する．卽ち輕度のX線宿酔狀態で唯疲れたと謂う感のあるものを謂うのである．

玆に私は上記X線による所謂疲勞に就て諸家考按の疲勞度測定法を利用して一定の成績を得るや否かを觀察したので以下その成績を報告する．

第II章 實驗材料並に實驗方法

A．實驗材料

1. 被檢者は東京慈惠會醫科大學放射線醫學教室從業員，並に同教室に入院し深部X線治療を受けている患者である．

2. 曝射線量測定（フイルムバツチ法による）4ツ切りフイルムを横35粍，縦80粍に切り二重黒紙封筒に入れて完全に遮光した．この大きさは同時現像に便利のためと，現像誤差を可及的少くするためである．而して一方標準黒化度を製作した．これが製作には照射條件を管電壓80 kVp. 管電流 3 mA. 濾過板 3.0 mmAl. にてX線管より50糎の距離に於ける分「レ」線を測定しX線管フイルム間距離，及び照射時を計算し，この條件に於ける0.01r, 0.02r, 0.04r, 0.06r, 0.08r, 0.1r, 0.13r, 0.16r, 0.2r, 0.26r, 0.3r, を照射した．

このフイルム（X線を照射したフイルム）と作業中左側胸部に添附したフイルムバツチと同時現像を行い，その黒化度を比色測定した．

B．實驗方法

放射線科從業員の左胸部に月曜日の就業前にフイルムバツチを添附し土曜日の作業終了後に之を回收し前述の樣にして現像測定した．

C．フイルムバツチ法による從業員の被曝線量

放射線科從業員48例につきフイルムバツチ法で曝射線量を測定したるに第1表に示す如く0.01r. を被曝したもの17例で35.4%を占め最も多人數であり，次が 0.1r. の被曝者で8例16.6%，次で0.02r. が5例10.4%，0.04r. 及び0.08r. 被曝者4例 8.3%，更に0.13r, 0.16r, 0.2r, 0.24r. の各被曝者は各々1例であつた．

この中 0.3r を被曝したものは不注意の結果直接に曝され，散亂線のみの被曝線量ではなかつた．曝射線量測定當時の慈大放射線醫學教室の醫師は週1～2回の撮影室勤務と1回の深部X線治療勤務であつた．放射線科技師は週3～4回の撮影室勤務に3～2回の深部治療室勤務であり，醫師の最大被曝射線量は0.24r で其の間に透視撮影を行つた患者數は 180名に達していた．

又ある例では54名の透視撮影と37名のX線深部治療に從事して0.13r を浴びていた．X線技師の例では84名の透視撮影補助と間接寫眞撮影に出張して0.24r を，又55名の透視撮影補助と30名の治療を行つて0.16r を浴びていた．醫師の最少被曝線量は29名の透視撮影と67名のX線深部治療に從

第1表 放射線科從業員1週間の被曝線量
（フイルムバツチ法による）

0.01 r	17名	35.4%
0.02 〃	5 〃	10.4 〃
0.04 〃	4 〃	8.3 〃
0.06 〃	1 〃	2.1 〃
0.08 〃	4 〃	8.3 〃
0.1 〃	8 〃	16.6 〃
0.13 〃	2 〃	4.2 〃
0.16 〃	2 〃	4.2 〃
0.2 〃	2 〃	4.2 〃
0.24 〃	2 〃	4.2 〃
0.3 〃	1 〃	2.1 〃
計	48名	

第2表 放射線科從業員の疲勞度測定時の血液所見（14例平均）

	血色素量	赤血球總數	白血球總數	鹽基性白血球	エオヂン嗜好性白血球	中性白血球幼若形	桿狀核白血球	分葉核白血球	淋巴球	大單核細胞
數値	93.8%	404.3萬	6590	0%	4.0%	0.21%	12.6%	46.1%	36.4%	1.2%

事して0.01r を，技師は54名の透視撮影補助と88名のX線深部治療にて0.01r を浴びていた．

尚疲勞度測定時の放射線科従業員の血液所見は第2表に示す様に略ゝ正常數値であつた．

第III章　諸家考案の疲勞度測定法に就ての觀察

第1節　就業並に照射前後の尿pH値

第i項　實驗材料並に實驗方法

A　實驗材料；i，放射線科従業員延50例，並に放射線科入院X線深部治療患者1例に就ての就業前並に作業終了後，及び照前前後の自然尿．

ii，尿pH測定；東洋濾紙株式會社製水素イオン濃度試驗紙を使用した．

B．實驗方法；従業員は就業前並に作業終了後に自然排尿させた．入院深部治療患者は3日間食餌を一定にして照射直前，1時間後，2時間後，3時間後，5時間後，7時間後，9時間後，11時間後，12時間後，16時間後，20時間後に第1日は自然排尿せしめ，第2日目，3日目は照射直前，照射1時間後，2時間後，3時間後に自然排尿させた．

尚治療患者の照射條件，照射部位，照射線量は

照射條件；管電壓 150 kVp

管電流 3 mA

濾過板0.5mmCu+ 0.5mmAl

皮膚焦點距離30cm

照射野10×12 cm²

照射部位；臀部

照射線量； 134r

第ii項　實驗成績

第3表に示す様に就業前の尿pH値は作業終了後に下降したもの 21例 42%，就業前値と作業終了後値とが同値で變化の見られなかつたもの14例28%，就業前値に比し作業終了後値の上昇したもの15例30%であつた．就業前値に比し作業終了後にpH値の下降した例中最大なものは 1.4も低値を示した．

又逆に作業終了後に上昇した例中最大のものは就業前値に比し1.6の高値を示していた．入院X線深部治療患者では照射直前値に比し照射後1時間より2時間目まで0.4下降し，3時間後には多少上昇するが照射前値より0.2の低値を示し，照射後5時間目には逆に照射前値より0.4の高値になつた．

照射後11時間目には再び照射前値よりも低値となつたが16時間目には再び照射前値より高値になり20時間目には照射前値に復歸した．第2日目，3日目でも照射後1時間では，0.2及び0.6下降し

第3表　放射線科従業員の就業前並に後の尿 pH 値

就業前	終了後	後—前	就業前	終了後	後—前		就業前	終了後	後—前
6.6	6.6	0	6.9	6.3	—0.6		6.8	6.7	—0.1
6.8	6.8	0	7.0	6.2	—0.8		5.8	5.9	0.1
7.1	7.1	0	6.4	6.0	—0.4		6.1	6.5	0.4
6.7	6.7	0	6.6	6.1	—0.5		5.6	5.7	0.1
6.6	6.6	0	7.0	6.6	—0.4		5.8	6.4	0.6
6.4	6.4	0	5.7	5.6	—0.1		5.4	5.9	0.5
7.2	7.2	0	6.6	6.2	—0.4		5.8	6.1	0.3
6.6	6.6	0	6.0	5.9	—0.1		5.4	7.0	1.6
6.8	6.8	0	6.3	5.5	—0.8		5.5	5.7	0.2
6.2	6.2	0	6.0	5.4	—0.6		5.6	6.3	0.7
7.1	7.1	0	6.6	5.9	—0.7		5.4	6.2	0.8
6.9	6.9	0	6.8	5.4	—1.4		5.4	5.8	0.4
6.2	6.2	0	6.6	6.0	—0.6		6.2	6.8	0.6
7.0	7.0	0	6.3	5.9	—0.4		5.4	6.0	0.6
6.3	6.2	—0.1	6.8	6.2	—0.6		6.6	6.8	0.2
6.8	6.7	—0.1	6.6	6.4	—0.2		6.6	6.8	0.2
6.6	6.1	—0.5	7.0	6.6	—0.4	平均	6.37	6.32	

第4表 X線深部治療患者の X線照射後の尿PHの變動

第 1 日 目

時 間	尿 pH
照 射 前	6.4
1時間後	6.0
2時間後	6.0
3時間後	6.2
5時間後	6.8
7時間後	6.8
9時間後	6.4
11時間後	6.2
12時間後	6.2
16時間後	6.6
20時間後	6.4
照 射 前	6.4

第 2 日 目

時 間	尿 pH
照 射 前	6.4
1時間後	6.2
2時間後	6.4
3時間後	6.4

第 3 日 目

時 間	尿 pH
照 射 前	6.6
1時間後	6.0
2時間後	6.4
3時間後	6.8

て2時間目は第2日目に於ては照射前値に復歸したが，第3日目は照射後1時間値よりは上昇するが，照射前値に達しない，然し3時間目には照射前値よりも高値を示していた。

第2節 就業前後の尿凝結沈降反應

第i項 實驗材料並に實驗方法

A 實驗材料

放射線科從業員延38例の尿

試 藥

i 第1液 0.05mol/l 硫酸銅水溶液

ii 第2液 0.05mol/l 黃血鹽水溶液

B. 實驗方法

第1液を正確に5 ×a cc取り溜水を加えて40×a ccにする．又第2液4 ×a cc を取り兩液を混和し直ちに攪拌する．次に全長 150㎜の中型試驗管中に 125㎜の處まで被檢尿を入れて更に 150㎜の處まで混和した試藥を入れ泡立てぬ樣に充分攪拌した後試驗管を垂直に立て1時間，並に3時間後の沈降速度を測定し，その平均値を求めて就業前値，及び作業終了後値とした．

第ii項 實驗成績

第5表に示す如く就業時所謂疲勞無きものと思われるのは，5㎜以下の沈降を示すもので38例中16例，6～25㎜の沈降を見たもの9例(輕度疲勞)，26～50㎜沈降したもの7例（中等度疲勞）50㎜以上のもの6例（高度疲勞）であつた．

然るに就業時に疲勞なきものと思われた16例中，作業終了後には就業時と同程度のもの2例，輕度疲勞になつたもの7例，中等度の疲勞4例，強度疲勞3例があつた．

就業時既に輕度疲勞狀態にあつた9例は作業終了後に所謂疲勞無きもの1例， 同程度の疲勞5例，中等度疲勞2例，高度疲勞1例になつた．

就業時中等度疲勞と思われた6例は全て作業終了後には強度の疲勞狀態になつた．

強度の疲勞狀態にあつた6例中，作業終了後に中等度の疲勞に恢復したもの2例を見たが4例は依然として高度の疲勞狀態にあつた．全例の就業前及び作業終了後の尿凝結沈降速度の平均値

第5表 放射線科從業員の就業前並に後の尿凝結沈降速度(mmで表す)

就業前 mm	終了後 mm	就業前 mm	終了後 mm	就業前 mm	終了後 mm
0	17.5	1.2	86	2.2	20.7
0	5	32.5	60.7	26.2	50.5
8	21	1.25	86	66.5	84.2
0	3.5	1.7	33.7	7	9.7
18	19.5	32.5	60.7	20.2	82.2
2.7	7.7	1.2	42.5	78.5	30
9	48.5	15.5	29.7	0	32.7
0.75	14	81	85	2.5	6.5
6	23.5	78.2	30	0	28.7
9	10.7	37.2	75.5	49.5	86.7
11.7	4	1.2	16	117	123
75.2	110.5	2	86.5	27.5	87
0	5.2	42.5	74	平均値	
				22.77	44.7

を比較するに，作業終了後値は就業前値の2倍近く増加していた．

第3節　就業前後の膝蓋腱反射閾値

第i項　實驗材料並に實驗方法

A　實驗材料

i　放射線科從業員延32例

ii　器具，膝蓋腱閾値測定器（第四型）

B　實驗方法

先ず檢査にあたり心理的作用を出来る限り除く目的で次節に述べる點算え法を施行して精神的安靜を計つた．次で被檢者を測定器の腰掛に掛けさせて下肢を垂れさせ，膝蓋腱部の中央部に鎚が丁度當るように其の位置を調節し，概ね分度計で10度の高さより落下角5度づつ增し乍ら5秒前後の間隔で腱部を叩打し，反射運動を認めれば落下角度を逆に2又は3度低くし，刺戟間隔を10～20秒に延長し，より正確に閾値を測つた．一應閾値が決定した後に叩打鎚にインクを着けて再度行い，作業終了後に同一部位を叩打するようにした．

第ii項　實驗成績

被檢者の就業前の膝蓋腱反射閾値は第6表に示す如く各個人の膝蓋腱部の組織解剖的構造とか中樞の興奮性の差異により最少落下角度は14度，最大落下角度44度の間にあつた．

第6表　放射線科從業員の就業前後の膝蓋腱反射閾値（角度で表わす）

就業前	終了後	後—前	就業前	終了後	後—前
14度	22	8	20	26	6
26	28	2	20	26	6
18	38	20	18	32	14
22	22	0	20	28	8
28	36	8	34	34	0
22	22	0	30	44	14
22	34	12	44	48	4
26	34	8	30	32	2
26	36	10	32	32	0
28	28	0	34	36	2
24	32	8	30	52	22
32	40	8	44	52	8
14	24	10	32	40	8
16	22	6	30	32	2
26	28	2	26	32	6
18	34	16	平均		
18	24	6	25.7	32.8	7.1

然るに32例中，就業前と作業終了後の測定値に變動のないもの5例15.6%，1～5度の變動のあつたもの6例18.7%，6～10度の變化を示したもの15例47%，11～15度の變化のあつたもの3例9.4%，更に16～20度の變化のあつたもの2例6.3%，21度以上のもの1例3.1%であつた．最大變動例は就業前の測定時に30度の落下角度で刺戟が起つたのに，作業終了後には52度の角度で叩打鎚を落下させないと反射刺戟が起らなかつた．

而して5～10度の落下角度の上昇を認めたのが半數で11度以上の上昇を見たのは全例の1/5であつた．

第4節　就業前後の點算への變化

第i項　實驗材料並に實驗方法

A　實驗材料

i.　放射線科從業員延35例

ii.　檢査用紙，縦4cm，横5.5cmの白紙に直徑1mm程度の黒點を不規則に排列したもので黒點の數は30から40迄としたもの10枚．

時計；　ストツブウオツチ

B　實驗方法

就業前並に作業終了後被檢者を椅子に坐らせ，選び出した檢査用紙3枚を手渡し，「用意始め」の合圖で第1枚目からその上に書いてある黒點の數を聲を出し乍ら數え，1枚目が終ると直ぐに第2枚目に移つて同様に，更に3枚目を勘定する．

「用意始め」の合圖と共にストツブウオツチを押し被檢者の報告する數をその都度記入し，3枚目の數を報告した時にストツウオツプチを押し數え終る迄に要した時間を見た．

第ii項　實驗成績

第7表に示す如く就業前の誤差絶對和の平均は3.3で，それに要した時間は40.8秒であつた．然しこの中には誤差絶對和が0のものも4例あり，平均3.3より少ないもの22例，讀破に要した平均時間40.8秒より少ないものも16例あつた．

就業前値の中には既に誤差絶對和9に對し，讀破所要時間54秒という高値を示した例もあつた．

作業終了後の平均誤差絶對和は6.05に對し平均

第7表 放射線科從業員の就業前並に後の點算え法による誤差

	就業前				作業終了後		
	絕對和	所要時間(秒)	誤差絕對數		絕對和	所要時間(秒)	誤差絕對數
	9	40	360		24	45	1080
	3	45	135		9	45	405
	1	45	45		12	44	528
	0	34	0		5	39	195
	8	49	392		12	41	492
	2	40	80		3	45	135
	1	45	45		3	45	135
	4	40	160		7	43	301
	5	45	225		7	40	280
	4	45	180		6	45	270
	7	42	294		12	58	696
	9	54	486		13	55	725
	8	40	320		5	53	265
	6	50	300		8	50	400
	2	40	80		4	30	120
	5	38	190		6	40	240
	7	43	301		8	50	400
	0	20	0		1	31	31
	2	45	90		4	45	180
	1	41	41		10	37	370
	0	35	0		3	55	165
	3	42	126		7	43	301
	0	40	0		1	40	40
	3	38	114		6	42	252
	1	37	37		1	39	39
	1	30	30		3	30	90
	3	36	108		3	36	108
	4	32	128		7	38	266
	1	46	46		1	50	50
	2	42	84		5	42	210
	2	41	82		1	41	41
	1	34	34		1	46	46
	1	42	42		3	50	150
	3	45	135		5	40	200
	5	43	215		6	46	276
平均	3.3	40.8	140.1	平均	6.05	43.4	270.9

所要時間は43.4秒であつた．最も誤差少なく，更に所要時間の少ない例は，誤差絕對和1に對して所要時間31秒で就業前の平均値よりも少ない値を示した例もあつたが，この例は就業前の誤差絕對和0に對し所要時間20秒であつた．

平均誤差絕對和6.05より少ないもの22例，又平均所要時間43.4秒より少ないのは18例であつた．最大誤差は，誤差絕對和24に對し所要時間45秒であつた．又就業前値よりも作業終了後値が少ないもの2例，就業前値と作業終了後値の同等なもの1例であつた．

第5節 就業前後の眼電氣閃光閾値の變化

第i項 實驗材料並に實驗方法

A．實驗材料

i 放射線科從業員延13例

對照例は降雨にて外來患者非常に少ないときに動作，行動を制限した3例

ii 電氣閃光反應測定器

B．實驗方法

1秒間約20サイクルの矩形波電流を就業前並に作業終了後の被驗者の頭部にかけて80 mv/sec の割で電壓を增して行き，閉眼している被驗者の眼にチラッキを感ずる様になつた處の電壓(mV)を讀み之をS_1とする．次に電壓を充分に高くして被驗者が明らかなチラッキを感ずる様にして前と同じ速度で電壓を下げて行きチラッキの無くなる點のダイヤルの點を讀んで之をS_2とする．

$\triangle S = S_1 - S_2$ の量が疲勞の指標である．

$\triangle S$値が大きくなる程疲勞度が高いと見る．

第ii項 實驗成績

第8表に示す如く No. 2 は就業前と作業終了後の電氣刺戟閾値に變化は認められなかつた．又No.9は就業前値に比し作業終了後値が低値で所謂疲勞度を測定することは出來なかつた．

No. 2，9，を除く外は全てある程度の疲勞の指標が得られた．No.12,の如きは就業前 270mV に對し作業終了後には900mV となり所謂疲勞度 630 mVの差があつた．No. 7，11,も 590mV， 470mV と就業前と作業終了後の大きな差を來たした．然しNo. 1，3， 5 の様に60mV,40mV,50mV と比較的變動の少ない例もあつたが就業前に比し作業終了後は平均約 175.4mV 眼電氣閃光閾値は上昇していた．降雨の日に比較的作業を輕減した對照例は作業前も作業終了後も共に疲勞度少なく，その差も各々5,0,40mV で疲勞していないという成績であつた．

第8表　放射線科従業員の就業前並に後の眼電氣閃光閾値

被驗者	就業前	作業終了後	疲勞度後—前	就業時間
1	20 mV	80mV	60mV	8
2	50 〃	50 〃	0 〃	〃
3	30 〃	70 〃	40 〃	〃
4	50 〃	260 〃	210 〃	〃
5	40 〃	90 〃	50 〃	〃
6	140 〃	260 〃	120 〃	〃
7	50 〃	640 〃	590 〃	〃
8	30 〃	160 〃	130 〃	〃
9	200 〃	160 〃	—40 〃	〃
10	20 〃	230 〃	210 〃	〃
11	230 〃	700 〃	470 〃	〃
12	270 〃	900 〃	630 〃	〃
13	130 〃	300 〃	170 〃	〃
		對　照		
1	20 〃	25 〃	5 〃	6
2	0 〃	0 〃	0 〃	〃
3	40 〃	80 〃	40 〃	〃

第6節　慈大放射線科従業員のX線曝射線量と就業前後の尿 pH, 尿凝結沈降速度, 點算え並に膝蓋腱閾値との關係

第i項　實驗材料並に實驗方法

A　實驗材料

i　放射線科従業員

ii　フィルムバッチ

iii　東洋濾紙株式會社製水素イオン濃度試驗紙

iv　0.05mol/l 硫酸銅水溶液

v　0.05mol/l 黄血鹽水溶液

vi　點算へ檢査用紙

vii ストップウオッチ

viii 第四型膝蓋腱閾値測定器

B　實驗方法

既に述べた第1～4節の實驗方法で測定した.

曝射線量測定の場合左胸部に2個のフィルムバッチを着用し, 1個は毎日取り替えてその日の曝射線量を測定し, 他方は月曜より5日間の曝射線量を測定した.

第ii項　實驗成績

月曜より金曜までのX線曝射量0.01r であつたNo.16, 及び0.24rであつたNo.21に就て見ると, No.16の尿凝結沈降速度は第9表(其の1)に示す如く月曜の就業前には沈降は見られなかつたが火曜日後は就業前に相當の沈降が見られた. 水曜日の如きは就業前, 作業終了後共に高度の沈降を見るもその差は僅かなものであつた. 木曜日の就業前の1時間並に3時間の沈降速度は高度であつたが, 作業終了後の1時間値は0に對して3時間値は120㎜と沈降していた. 月曜より金曜までの就業前の平均は38.95 ㎜に對して作業終了後は48㎜であつた. 尿 pH 値は就業前値と作業終了後値が同値か又は終了後値が上昇してアルカローヂスとなる傾向を示していた. 點算えは就業前と作業終了後を比較して見るに絶對誤差和, 並に所要時間の延長が作業終了後に見られ, 特に火曜, 木曜にはその差が明かであつた.

膝腱閾値は月, 木曜日の就業前並に作業終了後共に同値の他は作業終了後に閾値は上昇し火曜日は就業前と作業終了後の差12度にも達していた.

第10表に示す如く0.24 r 被曝した No.21の尿沈降速度は月, 火, 金曜には就業前値に比し作業終了後は増加していたが, 水, 木曜は就業前1時間値は 0であり, 3時間値が共に高度に下降したが, 作業終了後は1時間値, 3時間値共に沈降を認めなかつた. 尿PH値は月曜に作業終了後に 0.2下降した他は逆に上昇していた.

點算へは火曜日に作業終了後の誤差絶對和, 並に所要時間は就業前のそれよりも少であつた他は誤差絶對和, 所要時間共に増加, 延長していた.

膝蓋腱閾値は木曜日就業前, 並に作業終了後共に同値であつたが, 他日は共に増加し水曜日はその差20度もあつた.

No.24, No.23, No.20, No.19, No.11の各 0.1r, 0.04r, 0.06r, 0.02r, 0.01r. の曝射線量と尿凝結沈降速度, 尿 pH, 點算え誤差, 膝蓋腱反射閾値の月曜より金曜に至る間の就業前, 並に作業終了後の平均値を比較するに尿凝結沈降速度はNo. 23では作業終了後値が就業前値より少なかつた. 尿 pH 値は就業前値と作業終了後値とが同等, 又は上昇, 下降して居り一定の傾向が見られなかつた. 點算え, 膝腱閾値は作業終了後に増加していたが, 被曝線量と比例した數値は得られなかつた.

第9表(其の1) 放射線科從業員のX線曝射線量と尿沈, 尿pH, 點算え, 膝蓋腱反射閾値.
No. 16 0.01r

		尿沈 1時間	尿沈 3時間	尿 pH	點算え			誤差	所要時間 秒	腱反射閾値
月	前	1mm	5mm	5.4	33	32	30	0	40	22°
	後	43〃	83〃	6.8	32	32	30	1	40	22
火	前	0〃	62〃	5.4	36	34	33	3	38	22
	後	0〃	111〃	5.4	41	35	33	6	42	34
水	前	105〃	114〃	5.4	33	32	30	1	37	26
	後	110〃	120〃	5.6	34	31	30	1	39	32
木	前	100〃	115〃	5.4	30	32	34	1	30	28
	後	0〃	120〃	6.6	29	32	33	3	31	28
金	前	0〃	115〃	5.4	37	32	31	1	36	24
	後	45〃	122〃	5.4	37	34	30	2	36	32
平均	前	38.95〃		5.4	57.8					24.5
	後	48〃		5.96	99.2					29.6

(其の2) No. 21 0.24r

		尿沈 1時間	尿沈 3時間	尿 pH	點算え			誤差	所要時間 秒	腱反射閾値
月	前	0mm	5mm	5.8	32	31	30	2	45	14°
	後	112〃	120〃	5.6	33	29	31	4	48	22
火	前	0〃	7〃	5.8	41	38	36	9	42	26
	後	0〃	135〃	6.6	37	35	32	2	36	28
水	前	0〃	115〃	5.6	33	32	30	1	41	18
	後	0〃	0〃	6.4	37	35	32	10	37	38
木	前	0〃	107〃	6.6	29	32	35	1	35	22
	後	0〃	0〃	7.0	30	30	34	3	35	22
金	前	0〃	130〃	5.4	36	35	30	3	42	28
	後	62〃	119〃	6.6	36	37	32	7	43	36
	前	17.72〃		5.84	134					21.6
	後	36.1〃		6.45	546					29.2

第10表 放射線科從業員の月曜より金曜に至る間の被曝射線量と尿沈,
尿pH, 點算え誤差, 膝腱閾値の平均

		尿沈	尿 pH	點算え誤差	膝腱反射閾値
No. 24 被曝射線量0.1r	就業前平均値	37.25mm	5.4	152	32.4度
	作業終了後〃	75.5〃	5.4	294	40.6〃
No. 23 〃 0.04r	就業前平均値	29.66〃	5.9	72.5	19.2〃
	作業終了後〃	22.5〃	5.4	109.4	26.4〃
No. 20 〃 0.06r	就業前平均値	10〃	5.4	175	32〃
	作業終了後〃	29.75〃	5.4	238	39〃
No. 19 〃 0.02r	就業前平均値	31.75〃	6.9	177.5	32〃
	作業終了後〃	33.6〃	6.3	245	33〃
No. 11 〃 0.01r	就業前平均値	1.75〃	5.8	186	19.3〃
	作業終了後〃	44.83〃	6.1	702.5	30.3〃

第11表(其の1)　日々の被曝射線量と尿沈，尿 pH，點算え誤差，膝腱反射閾値
No. 3　0.08r

	線量		尿沈 mm	尿 pH	點算え	膝反射閾値
月	0.01r	前	32	5.4	102	12度
		後	43.2	5.4	144	16
火	0.01r	前	6.5	6.8	129	14
		後	3	6.8	135	14
水	0.02r	前	18	5.6	0	14
		後	2.5	5.4	45	20
木	0.02r	前	1.5	5.4	0	14
		後	5	6.0	138	18
金	0.04r	前	0	5.4	54	12
		後	2.25	5.4	58	16

(其の2)　No. 5　0.1r

	線量		尿沈 mm	尿 pH	點算え	膝腱反射閾値
月	0.01r	前	0	7.0	105	28度
		後	15.5	6.4	280	30
火	0.01r	前	61.25	6.4	38	32
		後	68.25	6.0	86	34
水	0.01r	前	2.25	6.2	126	32
		後	3.75	5.6	100	36
木	0.06r	前	0	6.4	35	30
		後	9.5	5.4	212	36
金	0.01r	前	9	7.0	46	32
		後	0.75	7.0	220	36

又月曜日より金曜日に至る間に0.08r 被曝したNo. 3及び 0.1r被曝したNo. 5 の日々の曝射線量と尿凝結沈降速度，尿pH，點算え，膝蓋腱閾値を見るに，第11表(其の1)(其の2)に見る如く尿凝結沈降速度，尿 pHには一定の傾向は見られず 0.01r を被曝した日も，又0.02r を被曝した日も不定の反應を示していた．點算え，膝蓋腱閾値は作業終了後には増加しているも，被曝線量との關係は認められなかつた．

第IV章　小括並に考按

所謂疲勞を招來する幾多の因子の中にX線曝射の結果産生され得る生體の物理，化學的變化も含まれるものと推定し，慈大放射線科從業員に就て就業前，並に作業終了後に諸家考案の疲勞度測定法を利用し，上記實驗成績を得たので此處に要約すると次の樣である．

1)　X線曝射の最大許容線量は週48時間勞働で0.3r とされているが，本實驗に於ては1例を除く以外は全て最大許容線量以下であつたのは，當教室の人員配置，並に就業狀況が適切の結果である．尙最大許容線量を超えた1例は直接生體に曝射されたものではなかつた．當教室の人員配置，就業狀況から見てX線曝射線量は作業當時の位置的關係が非常に關與するのであるから，不必要な曝射から身體を防護することが大切である．

2)　尿PH値に就ては就業前値に比し，作業終了後値の下降を見たもの21例，就業前値と同値のもの14例，逆に上昇を來したもの15例であつた．作業終了後最も下降したものは 1.4であり，最も上昇したものは 1.3で一定の傾向を見ることは出來なかつた．

然し食餌を一定にし可及的安靜を保たしめた入院深部X線治療患者に照射條件

管電壓	150 kVp
管電流	3 mA
濾過板	0.5mmCu+ 0.5mmAl
皮膚焦點距離	30 cm
照射野	10×12 cm^2
照射部位	臀部
照射線量	134 r

にて照射した結果，尿pH値は1時間後に 0.4も下降し，2時間から3時間後に上昇し7時間後には照射前値よりもアルカローヂスの傾向を示していたのはX線照射の結果であると考えられる．併し尿PH値は5～8の間にあつて食餌によつても變動するので，卽ち植物性の食餌ではアルカロージスの傾向を示し，動物性の食餌ではアチドーヂスの傾向を來すことは一般に認められている．

X線照射による尿pH値に就ては Kroeß，野々上[26]は家兎にX線を照射しアチドージスを來すことを實驗的に證明している．

入院深部X線治療患者に一定の食餌を與えた例は照射後アチドーヂスに傾いたが，教室從業員の尿PH値は，生活環境，食餌等各個人別々なのでX線の影響，更に所謂疲勞の狀態であるとは斷言出來ない．

3.　尿凝結沈降速度は菊地[14]，高野，吉川等によると正常人尿では Kolloid の凝集が殆んど起ら

ないのに疲勞した尿などでは著明の凝集が起り，而も時間と共に沈降する．之は尿の Kolloid に對する凝集價が疲勞によつて異なることを示すものであると謂つている．凝結沈降速度5㎜以下は疲勞なきもの，6～25㎜は輕度疲勞，26～50㎜は中等度疲勞，50㎜以上を高度疲勞としている．私の實驗例38例中就業前に疲勞なきものと認められた16例は，作業終了後に輕度疲勞7，中等度疲勞4，高度疲勞3例となり，又就業前輕度疲勞9例は，中等度疲勞2，高度疲勞1例に，就業時既に中等度疲勞7例は作業終了後には全て高度疲勞を示した．就業前既にある程度の所謂疲勞狀態にあつた例は各個人の生活が關係していることは明らかで，特に測定前日病院當直者では就業前に高度疲勞狀態であると思われる50㎜以上も沈降していた．就業前値に比し作業終了後値が低値であつた例では降雨等のために外來患者が少く，肉體的勞作の輕減と同時にX線曝射も少線量であつたために却つて勤務時間に休息を得たと思われるものもあつた．然しこの尿凝結沈降速度による疲勞度測定法も個人生活，並に筋肉勞作の影響があり，獨りX線による疲勞の測定法としては充分のものではない．

4. 淸本[10][11]によると膝蓋腱反射に限らず一般に反射は疲勞の狀態，或は其の程度が進むと鈍くなり強く叩かないと反應を起さないものとされている．日常生理的範圍内では5度以内の動搖を示し，日常生活裡に恢復し得る疲勞は5～10度内であると謂う，實驗例では日常生理的範圍内と見られるもの12例（37.4%）日常生活裡に恢復し得ると思われるもの14例（43.8%）更に當日の疲勞が恢復し得ず翌日まで影響すると思われるものが7例（18.8%）あつた．斯かる膝蓋腱反射の變化も肉體的勞作のためか，又はX線曝射のためか不明であるが，所謂疲勞物質と考えられるものが產生されて，これが反射中樞を鈍麻した結果であろうと考えられる．

5. 點算え法による疲勞度測定は誤差絶對和が少で且つ，所要時間の短いものをもつて注意力集中が可良で所謂疲勞ことに精神疲勞が少ないものと判定した．就業前に比し作業終了後の誤差絶對數の少ないもの2例，又就業前と同數のもの1例の他は全て增加していた．然し個人差が強く就業前に誤差絶對和，並に所要時間が既に作業終了後の全例平均を超えているもの，又作業終了後の誤差絶對和，並に所要時間が就業前の平均値より低いものもあつた．この精神疲勞に就て勞研の松島[2]は精神勞作の際に安靜時よりも男子は平均5%，女子は平均12%程度のエネルギーの消耗の增加があると報告している．又暗算のエネルギーの消費量に就ても安靜時より1～3%多いというものから33%～45%多いという報告もある．これらから考えて放射線科從業員は暗室内で高電壓を操作し，診斷，撮影と常に緊張狀態にあるのでこの精神的勞作の強さは暗算等の比でないことは容易に理解出來るも放射線科從業員の所謂疲勞の因子が精神勞作單一のものでないためX線による疲勞の測定法としては不充分のものである．

6. 本川氏眼電氣閃光反應に就て見るに就業前値は個人差によつて異なるも，作業終了後の上昇値は最低40mV より最高 630mV であつた．この中に1例は就業前と同値，他の1例は逆に減少しているものがあつた．

本川[10][11]らは肉體的勞働に屬する疲勞では大約 200mV 以上で時には 300～ 400 mV の値を示し，事務程度の仕事で 100～ 200mV 重勞働では 300～ 600mV 位になると報告している．

然し足澤，高橋[15]は管電壓 160kVp 管電流3.0 mA 濾過板 Cu 0.5㎜+Al 0.5㎜，皮膚焦點距離 30㎝，照射野 5×5～8×10㎠ にて30～500r を身體各部に照射して眼電氣閃光反應を測定した處最低60mV から最高 528mV の變動を認めたという．斯かる局所照射で重勞働に比適する電氣閃光閾値の上昇を來すものであるから放射線科從業員の如く全身に被曝し，且つ肉體的勞働が加る場合には當然本川等の謂う疲勞現象である電氣閃光閾値の上昇を來すものと考えられる．

7. X線曝射線量と尿pH値，尿凝結沈降反應並に點算え，膝蓋腱反射閾値を5日間に亙つて連續測定するに，曝射線量とそれらの測定値には平行的關係を認めることは出來なかつた．卽ちこれは筋肉勞作とX線曝射線量の關係が不明であるためであつて，X線曝射線量が少であつても筋肉勞作が大であればそれに相當した疲勞度を測定し，又

その反面X線曝射線量が主であつて筋肉勞作，精神勞作が從であつた場合も考えられる．

何れにせよ個人差の影響が強いために測定結果から筋勞働のためか，精神勞働のためか，更にX線曝射のためかその判定は頗る困難なものである．

第2編　エックス線による所謂疲勞の本態に就ての研究

第I章　緒　論

第1編の實驗成績ではX線による所謂疲勞のあることは推定し得るもその本態は曖昧模糊として知ることが出來なかつた．筋肉負荷によつて筋肉内乳酸量の増加することは先輩諸家によつて既に認められている事實であつてFletcher, Hopkinsによつて發表された筋收縮と乳酸の生成並にその除去に關する研究が嚆矢になり，疲勞の本態は疲勞物質の蓄積，卽ち乳酸の生成が主なる原因であると考えられる樣になつたが，現在同じ糖質の中間代謝産物である焦性葡萄酸であるとか，又筋，血液，尿中に所謂疲勞物質と呼ばれる化學的不明の物質が存在することを主張するものもある．

玆に私は所謂疲勞物質の一つであると考えられている血中乳酸，並に血液總炭酸瓦斯量とX線との關係を研究し興味ある結果を得たので玆に報告する．

第II章　所謂疲勞物質と關係ありと考えられる血中乳酸量並に血液總炭酸瓦斯量の變動に就て

第1節　X線照射による血中乳酸量の變動

第i項　實驗材料並に實驗方法

A）實驗材料

i　東京慈恵會醫科大學放射線科入院深部X線治療患者13例

ii　試　藥

イ　Trichlor 醋酸

ロ　$CuSO_4 5H_2O$ 20%，4%

ハ　水酸化カルシウム（$CaOH)_2$

ニ　濃硫酸

ホ　P-Hydroxy Diphenyl

iii　裝　置

Photometer

B）實驗方法

上記患者を檢査當日は靜臥せしめ可及的安靜を保たしめ，治療室まで運ぶには運搬車によるか，或は極く緩徐な步行にて肉體的負荷を輕減した狀態に置いた．

i　照射條件

管電壓	150 kVp
管電流	3 mA
濾過板	Cu 0.5mm+Al 0.5mm
皮膚焦點距離	30 cm
照射野	10×12～6×8 cm^2
照射線量	134 r
照射部位	臀部

ii　採血

午前9時，10時，11時，照射直前，直後，30分，1時間30分，2時間30分に肘靜脈より採血した．

iii　乳酸量測定

Backer-Sammarson[16]の法，卽ちTrichlor醋酸9cc中に血液1ccを徐々に加えて除蛋白し，この濾液1ccに20% $CuSO_4 5H_2O$ 1ccを加え更に水を加えて全量20ccにする．これに$(CaoH)_2$約1gを加えて激しく振盪し，時々攪拌しながら室温に30分放置した後遠沈する．この上清1ccを内徑18～23mmの大試驗管にとり4% $CuSO_4 5H_2O$ を0.05cc加え更にH_2SO_4 6ccを正確によくまぜながら加える．之を熱湯につけ5分後に取り出し冷水にて20°C以下にする．冷却後にP-Hydroxy Diphenyl 0.1ccを加えすばやく混和30°Cの湯中に30分，次で熱湯中に90秒入れ，冷水中にて室温にする．

これをPhotometerにて比色定量（mg/dl）した．

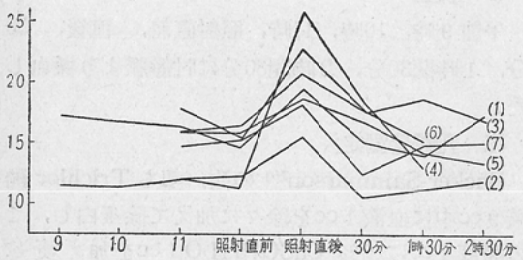
第ii項　實驗成績

第12表に示する如くNo.1～13の全例の血中乳酸量は照射直後に急激に增量し，最大增量例No.2で照射直前値の2.5倍以上の14.3mg/dlも增加

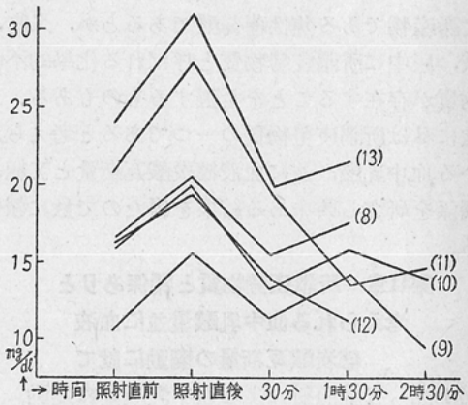
第12表(其の1) X線照射による血中乳酸量の變動 (mg/dl)

測定時 / 被檢	9時	10時	11時	照射直前	直後	30分	1時間30分	2時間30分	疾患
No. 1	17.3	17.1	16.6	14.7	19.3	15.3	14.6	17.3	子宮癌
2	11.1	11.1	11.5	12.0	15.3	10.3		12.2	〃
3			16.4	16.7	21.0	17.3	18.4	17.3	〃
4			11.5	11.3	25.6	17.6	12.6		頸部腫瘍
5			16.4	16.6	18.4	16.0	14.6	14.5	肩胛部〃
6			17.3	15.8	20.1	17.3	15.25		子宮癌
7			14.9	15.5	18.25	12.25	15.15	15.15	〃
8				16.8	20.25	15.1	17.25		〃
9				10.7	15.7	11.7	14	9.5	胃潰瘍
10				15.5	20	13.5	15.5	14.0	〃
11				20.7	27.5	19	13.5	14.5	子宮癌
12				16.25	19.5	14.0	11.5		〃
13				24.1	31.0	19.5	21.5		〃

(其 の 2)



(其 の 3)

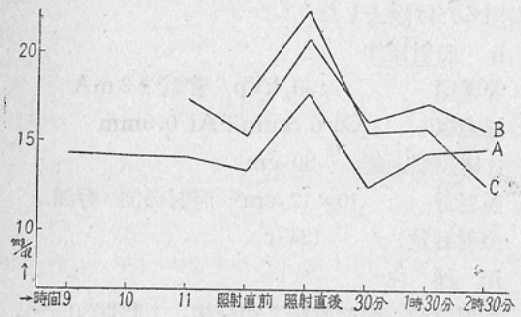


し,最少例は No. 5 で照射前値より1.8mg/dlの增量であつた. 平均値より見ると第13表に示す如く No. 1～2 (A群) では3.95mg/dl, No. 3～7(B群) では 5.5mg/dl No. 8～13(C群)では5.02mg/dl と照射直前値に比し直後値は增量していた. 照射30分後にはA群は 5.5 mg/dl B群は4.56mg/dl C群は6.86 mg/dl 各々減量し1時間30分後にはA群は 1.8mg/dl B群は1.09mg/dl C群は0.08 mg/dl各々增量し,2時間30分後にはA群は0.15mg/dl增量し, B群は1.55 mg/dl C群は2.73 mg/dlと

第13表(其の1) X線照射による各群の血中乳酸量の平均變動 (mg/dl)

測定時間 / 被檢	9時	10時	11時	照射直前	直後	30分	1時間30分	2時間30分	患例
A 群 No. 1～2	14.2	14.1	14.05	13.35	17.3	12.8	14.6	14.75	子宮癌2名
B 群 No. 3～7			17.3	15.18	20.67	16.11	17.2	15.65	子宮癌 3 他腫瘍 2
C 群 No. 8～13				17.34	22.32	15.46	15.54	12.81	子宮癌 4 胃潰瘍 2

（其　の　2）



第14表　X線照射直前並に直後の白血球數

	照射直前	照射直後
No. 6	3100	3025
No. 7	3600	4100
No. 9	6625	6925
No. 11	4550	4475

減量した．

尙X線照射直前並に直後の白血球數は第14表に見る如く有意な變動は見られなかつた．

第2節　X線照射前に葡萄糖靜注による血中乳酸量の變動

第i項　實驗材料並に實驗方法

A）實驗材料

i　放射線科入院深部X線治療患者7例

ii　試藥，裝置共に第1節と同じ

iii　20%葡萄糖注射液

B）實驗方法

第1節と全く同一の條件で患者を治療室まで運び，治療臺上に靜臥させ20%葡萄糖注射液20ccを肘靜脈より注入し，更に15分間靜臥の狀態に置いてX線を照射した．

照射條件；　第1節同樣

管電壓　　150 kVp，管電流30mA

濾過板　　Cu 0.5mm+Al 0.5mm

皮膚焦點距離　30 cm

照射野　10×12cm²　照射部位　臀部

照射線量　134 r

採　血；

照射直前，照射直後，30分，1時間30分，2時間30分とした．

乳酸量測定，第1節同樣 Backer Sammarson の法によつた．

第ii項　實驗成績

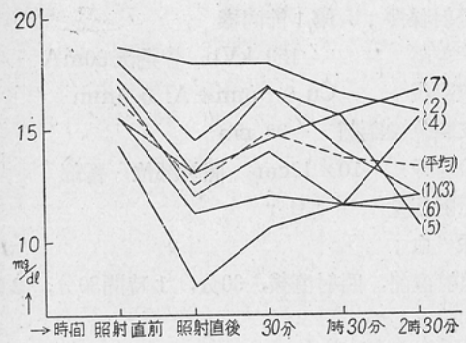
第15表に示す如く照射直後に血中乳酸量は急激に減量し，最大の減量例はNo. 4で照射直前値よりも7.5mg/dlも減少していた．最少減量例はNo. 2で 0.7 mg/dl であつた．全例の平均値を檢討するに，照射直前値に比し照射直後は 4.0 mg/dl も減量し，30分後にはNo. 2の同量の他は全て照射直後値よりも增量し平均 2.0 mg/dl の增加であつた．更に1時間30分後値は30分後値と異なり，增量するもの，減量するもの區々別々であつて，その變動の範圍も少く30分後値より 0.9 mg/dl の減量であつた．

2時間30分後では1時間30分後値より上昇するもの，又減少するのもあり，その最大增量例は 3.8mg/dl も增量し照射直前値よりも血中乳酸量は增加していた．最大減少量はNo. 5の 4.8 mg/dl の減量で照射直後値よりも減少していた．No. 4以外は照射前値より減量しており2時間30

第15表(其の1)　X線照射前に葡萄糖を靜注した血中乳酸量(mg/dl)

測定時間 / 被檢者	照射直前	直　後	30　分	1時間30分	2時間30分	疾　患　名
No. 1	17	12	14	11.7	12	胃潰瘍
2	18.7	18	18	16.5	15.7	子宮癌
3	18.2	14.5	16.5	14	12	〃
4	14.5	7	10.7	11.7	15.5	〃
5	15.7	13	16.5	15.5	10.7	〃
6	15.7	11.2	13	11.7	11.2	〃
7	17	13	14.5	15.5	16.5	惡性絨毛上皮腫
平　均	16.7	12.7	14.7	13.8	13.3	

（其 の 2）



分後には復歸し得なかつた.

第3節 X線照射による血液總炭酸瓦斯量の變動

第i項 實驗材料並に實驗方法

A）實驗材料

i 放射線科入院深部X線治療患者10例

ii 試 藥

イ 流動パラフィン

ロ n/10 乳酸液

ハ 中性蓚酸加里末

ニ 1 n-NaOH（溶存する空氣を豫め減壓抽出したもの）

ホ 5 n-NaOH

ヘ Capryl alkohol

iii 裝 置

Von Slyke manometer

B）實驗方法

i 檢査當日被檢者は靜臥せしめ肉體的負荷を出來るだけ除去した.

ii 照射條件

管電壓 150 kVp 管電流 3 mA

濾過板 Cu 0.5mm+Al 0.5mm

皮膚焦點距離 30 cm

照射野 10×12 cm² 照射部位 臀部

照射線量 134 r

iii 採 血

照射直前，照射直後，30分後，1時間30分後，2時間30分後.

採血に際し外氣に觸れない樣に乾燥注射器中に流動パラフィンを入れて，驅血壓迫しない肘靜脈より採血，特定の試驗管に中性蓚酸加里末を入れ，それに流動パラフィンを加えた中に注射針を底部まで入れて血液と蓚酸加里末とよく混和する樣に入れる．この際空氣に觸れない樣特に注意した.

Von Slyke manometer の裝置を用いて所定の順序に操作し，發生した瓦斯量，氣壓，室温を正確に讀んで Von Slyke Sendroy の表から換算測定した.

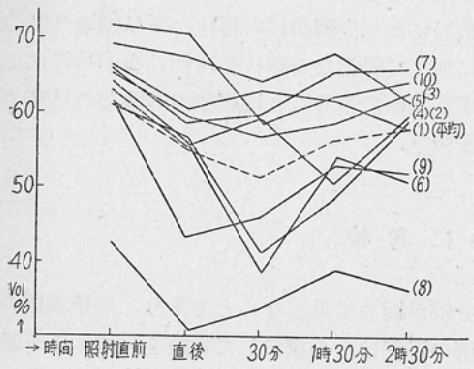
第ii項 實驗成績

第16表に示す如く血液總炭酸瓦斯量はX線照射直前に比し，照射直後に全例減少し，最大減少例は No. 9 の 17.2Vol.%，最少減少例は No. 10の 0.7 Vol.%で平均5.4Vol.%の減少を見た．照射30分後には照射直後値より更に下降するもの，又輕度に

第16表（其の1） X線照射による血液總炭酸瓦斯量の變動（Vol.%）

測定時間 / 被檢例	照射直前	直 後	30 分	1時間30分	2時間30分	疾 患 例
No. 1	66.8	60.2	63.0	62.0	58.0	子宮癌
2	61.0	57.5	40.8	48.3	59.0	〃
3	65.5	59.3	57.7	58.1	63.2	胃潰瘍
4	63.6	55.5	59.3	50.1	59.3	膣 癌
5	69.6	67.1	64.9	67.7	62.1	肺結核
6	64.0	56.8	38.7	54.2	51.6	胃潰瘍
7	65.8	58.6	59.9	65.2	65.3	子宮癌
8	42.8	30.8	33.5	38.5	36.2	〃
9	61.4	43.2	45.6	53.3	52.6	〃
10	71.6	70.9	58.4	62.2	64.3	肺結核
平 均	61.42	56.02	52.4	56.4	58.0	

（其　の　2）



上昇するものがあつた．即ち No.2, 3, 5, 6, 10例は照射直後より更に減量し No. 2 の如きは16. 7Vol. %も減少した．輕度に増量した例中，No. 4 が 3. 8 Vol. % で最も大きく，No. 7の1. 3Vol. %が最少増量であつた．勿論照射直前値を超えるものはなく，照射直後値より平均3. 62Vol. %減量していた．

1時間30分後には No. 1，4を除く他は全て30分後値より増量し No. 6 は15. 5Vol. %，No. 3 は最少増量例で 0. 4Vol %の増量であつた．

下降した No. 1，4は1，9. 2Vol. %の減少で照射30分後値に比すると平均 4. 0Vol. %の増量を示した．

2時間30分後値は増量するもの，減量するもの，區々別々で，1時間30分値に比し No. 2 の如きは10. 7Vol. %も増量し，No. 1 は 4 Vol. %の減量を示していた．平均 1. 7Vol. %の増量を見た．然し照射直後より2時間30分に至る間1例も照射直前値を超えるものはなかつた．

第III章　小括並に考按

X線照射による血中乳酸量並に血液總炭酸瓦斯量の變動を檢査成績により小括し考按するに次の様である．

1）　血中乳酸量は藤井[8]によると靜脈血の正常乳酸量は10～12 mg/dl であると謂われているが，私の檢査例で照射前値が一般に高値であつたのは，惡性腫瘍患者が大部分であり，且つ治療の目的で毎日硬X線照射をしている結果であると思われる．全例照射直後急激な増量を來し，中には2. 5倍以上も増量したものもあつた．照射30分後には略ゝ照射前値に復歸し，1時間30分後には No. 3, 7, 8, 9, 10, 13は30分後より増量し，他は更に減量するが，2時間30分後には照射前値に近い値に歸復していた．Woodard, Downess[20]（1931）は惡性腫瘍患者に高電壓X線照射で1 H.E.D を與え，3～6時間後，18～30時間後，48～72時間後に採血し血液乳酸量を測定したが一定した變化は見られなかつたと謂う．この成績は私の實驗によると照射後2時間30分には已に照射前値に復歸しているので彼は變化のある時期に計測をしなかつた爲と考えられる．

2）　X線照射15分前に20%葡萄糖液を靜注し血中乳酸量を測定するに，照射直後に減量し，最大減量は 7. 5 mg/dl で平均 4. 0 mg/dl の減少である．この場合30分後には全例増量するも，1時間30分後には更に増量するもの，又再び減量するものあるも，照射30分後に比し平均 0. 9 mg/dl 減量，2時間30分後には更に減量し照射前値に復歸し得なかつた．然し葡萄糖靜注した結果，照射直後の血中乳酸量が減少するのは，葡萄糖の藥理作用である強心，利尿，解毒が時間的に一致してX線照射の結果生成された異常分解産物が解毒された爲めか，その作用機轉は不明であり今後の研究に俟たなければならない．

3）　X線照射による血液總炭酸瓦斯量の變化は照射直後に全例減量し，更に30分後にも減量するも1時間30分，2時間30分後には増量の傾向を示すが照射前値を超えることはない．

X線照射の血液瓦斯に及ぼす影響に就ては S. Lange Hussey 以來幾多の實驗成績があり，Hirschu, Petersen[21]は人間に硬X線を照射し血液豫備アルカリは照射直後に減少し，24時間後には増加すると，又 Kroeß は$^{2}/_{3}$～$^{4}/_{5}$H.E.D X線を犬，家兎に照射し，照射直後に水素イオン濃度の減退と共に血液總炭酸瓦斯量は減少し24時間後には増量すると謂い，齋藤は雌性成熟家兎に50r を照射するに血液總炭酸瓦斯量は増量し，300r 照射では照射直後より減量すると，又橋[24]も家兎に 300r を照射すると放射直後より減量し略ゝ6時間後に最低値を示し，以後波狀經過を示して10日乃至20日後に照射前値に歸復すると謂い，又宮部

は子宮癌患者に種々なる量のX線を照射して血液酸鹽基平衡に及ぼす影響を測定するに一定の傾向を認めないと謂う，此の様に血液瓦斯に對するX線の影響に就ては照射直後に減量し，24時間後には増量するもの，又は無影響であるとか，又は不定であるなど種々あつて一定していない．然しX線照射により生體組織の變化，及び體液性狀の變化に加えて異常な新陳代謝産物の血中移行により生ずるものであることは諸家の一致した見解であると謂う．

第3編 總括並に考按

生體がX線の影響を受けた場合，生體内に惹起される諸變化については非常に夥しい實驗的研究報告はあるも，X線と所謂疲勞とを結び付けて觀察した文獻はない．

玆に所謂疲勞に就て見るに，その原因として生理學的觀點から考えられることは，代謝産物の蓄積，酸素とか榮養物等の力源の消耗，體内物理化學的狀態の變化，調節機能の低下等の諸點である．要するに活動による力源の分解消耗の過程と力源の補給による恢復の過程との間の平衡が行はれている間は所謂疲勞は生理的現象としてかくされているが，分解消耗が強く平衡が破れると疲勞は病的現象として現われてくる．

生體にX線を照射した場合に，このX線の物理學的エネルギーが生物學的エネルギーに轉換されて，照射部位の赤斑，血清内殘余窒素量，Ca, K, Na, CO_2,O, 血清蛋白の量的變化，血糖，血液殺菌力，血液PH値の變化，尿クレアチン，クレアチニンの増加等々は Koeniger. Baerman Rosenberger Syelkow 樋口[30]龜田[31]古賀[32]等によつて實驗的に證明されている．かゝるX線の生物學的作用のために生體の膠質性狀に變化を來し，之が尿凝結沈降速度に變化を起し，又X線による異常分解産物が反射弓部の感覺を鈍麻し膝蓋腱反射，眼電氣閃光反應にも變動を來すであろうことは容易に想像の出來るものである．

次に興味あることはX線（管電壓 150kVp管電流 3mA濾過板 0.5mmCu+ 0.5mmAl皮膚焦點距離 30cm 照射線量 134r）を局所に照射した場合血中乳酸量は照射直後に増量し，血液總炭酸瓦斯量は照射直後に減量することである．

筋肉攣縮による乳酸の生成に就ては無酸素期の糖分解が極めて重要なことであり，無酸素期の糖分解の過程は次の様にして乳酸を生成すると謂はれている．卽ち

$$\text{glycogen} + 3\,\text{A.D.P} + 3\,H_3Po_4 \overset{\text{D.P.N}}{\leftrightarrows} 2\,\text{乳酸} + 3\,\text{A.T.P}$$

$$\text{葡萄糖} + 2\text{A.D.P} + 2H_3PO_4 \overset{\text{D.P.N}}{\rightleftarrows} 2\,\text{乳酸} + 2\,\text{A.T.P}$$

生體にX線を照射した場合の乳酸發生機轉は筋攣縮時に於ける乳酸生成とは必ずしも同じ過程で産生されたものとは思われない．然し兎に角照射前15分に20%葡萄糖液の靜注によつて解毒，排泄のためか照射直後に乳酸の増量を見ない．又血液總炭酸瓦斯量の變動もX線を照射された局所に産生された異常分解産物である酸性有機物が血液中に流入された場合は血液總炭酸瓦斯量の減少を來して生體の變調を正常に保とうとすることは明らかであるが乳酸の生成並に消退，更に酸性有機物の血液中への移行過程は今後の實驗等に俟たねばならぬ問題である．

玆にX線照射により血中の乳酸量の増加，血液總炭酸瓦斯量の減少以外に二次的，三次的に所謂疲勞物質を産生することは想像に難くない．

放射線科從業員が所謂疲勞倦怠感を訴へるのは，X線曝射により血中乳酸量の増量，血液總炭酸瓦斯量の減少のために各種臟器に變調を來す内的原因と，通氣の良くない暗室内の温度，濕度等々の外的原因によるものであると思われる．

然しこの所謂疲勞倦怠感は原因が同じであつても受ける人の個性の差異によりある人には強く，又ある人には弱く感じられる．

第4編 結 論

1) 放射線科従業員延48例の散亂X線曝射線量をフィルムバッヂ法にて測定するに全て最大許容線量以下であつた.

2) かゝる狀態に於ける従業員の就業前, 並に作業終了後の尿PH値を比較するに, 前値と同等又は低値に移行したもの68%であつたが生理的變動範圍内でありX線による變動であるとは速斷し難い. 然し條件を一定にした入院深部X線治療患者では照射後1～2時間に尿PH値は下降し7時間後には逆に上昇した.

3) 就業前並に作業終了後の尿凝結沈降速度は前値に比し終了後値は平均2倍も増加していたが60%は就業前既に所謂疲勞狀態にあつて, 個人差の影響が多分に作用しX線による所謂疲勞の測定は困難である.

4) 就業前に比較し作業終了後の膝蓋腱反射閾値は増加しているもの20例(62.6%)であり生理的範圍内の變動と思われるもの37.4%であつた.

5) 點算へ法による測定では91%が絶對誤差數は就業前値に比し作業終了後に増加していた.

6) 眼電氣閃光閾値の變動は作業終了後に増加したもの77%その中3例(27%)は生理的變動範圍内と思われるものであつた.

7) X線曝射線量と尿PH値, 尿凝結沈降速度, 點算へ, 膝蓋腱反射閾値との間には平行的關係は認められなかつた.

8) X線照射による血中乳酸量の變動はX線照射直後瞬間的に増量し, 30分後には急に減量する. 以後時間の經過と共に波狀消長するも照射直後値を超へるものなく2時間30分後には大部分が略ゝ照射前値に復歸する.

9) X線照射前15分に20%葡萄糖を靜注するに, X照線射による血中乳酸量は照射直後に減量し, 以後波狀動搖をなして漸次増量するも, 2時間30分では照射前値に歸へらない.

10) X線照射による血液總炭酸瓦斯量は, 照射直後に減量し時間の經過と共に波狀消長するも照射前値を超へるものなく2時間30分後でも尚照射直前値より低値を示している.

(稿を終るに臨み絶えず御懇篤なる御指導と御校閲を賜つた恩師樋口助弘教授, 並に宮田博士と教室諸兄の御好意に深謝の意を表する.)

参考文献

1) 上岡: 日本生理學評論, 第1卷, 5號. —2) 石川: 疲勞の概念, 日本醫事新報, 1031-2. —3) Ermst, Simonson: Arbeits Physiologie Handbuch der normalen und Pathlogischen phyriologe. —4) 齋藤: 日本生理學會雜誌, 第2卷, 4號.—5) 齋藤: 血液 pH, 醫學叢書, 134. —6) 大西: 勞働醫學概論. —7) 神林: 疲勞防止と回復法, 戰時醫學, 51卷, 2號. —8) 冲中: 自律神經と臨床. —9) 加藤: 生理學上下卷. —10) 疲勞研究の共同實驗, 社會醫學叢刊, 13. —11) 學研疲勞研究班, 疲勞測定法, 厚生科學叢刊, 5. —12) 內村: 精神疲勞の基礎的考察, 日本醫事週報, 10卷, 22號. —13) 佐々木, 眞保: フイルムバツチ法の改良, 日放誌, 12卷, 10號. —14) 菊地: 尿沈について, 尿の Kupriferrolyanid-Sol, 凝結沈降速度, 日本醫事新報, 1415. —15) 足澤, 高橋: 本川式電氣閃光反應による人體に對するレ線作用の研究, 日放誌, 14卷, 6號, 12號. —16) Backer and Summerson: J.B.C. 138, 1941. —17) 井手: 航空疲勞の回復と之に及ぼす陰イオン吸入の影響に關する研究, 醫學研究, 22卷, 7號. —18) 藤井: 生化學實驗法, 定量篇, 44-207. —19) 藤田: 醫學生物學研究領域に於ける檢査法と應用. —20) Helen Quincy Woodard and Helen R. Downes: The Effect of Radiation on the Acidity of Blood A.J.R. and Therapie Vol XXV. No. 2, p.271. —21) Petersenand Von Slyke: Quatitative clinical chem. Vol 11. —22) Von Slyke: J. of Biol. chem Bd. 37, S.121. —23) Von Slyke: Neill J. Biol. chem 61, 523. —24) 橋: レ線放射の血液瓦斯に及ぼす影響に關する研究, 醫理學叢書, 37卷, p.5-7, 引用. —25) 須田: 酵素, 生理學講座, 1卷, 6號. —26) 野々上: 大阪醫學雜誌, 28卷, 5號, 29卷, 9號. —27) 松川: 局所熱とレ線作用. 炎症のレ線に對する研究, 日放誌, 10卷, 1號. —28) 山本: 自律神經系に及ぼすレ線作用, 日放誌, 10卷, 5, 6號. —29) 河村: X線の蛋白質に及ぼす影響化學的變化について, 日放誌, 11卷, 10號. —30) 樋口: 反復微量レントゲン線浴による生體の變調に就て, 日本レントゲン學會雜誌, 16卷, 4號. —31) 龜田: レントゲン線放射の生體內無機鹽類に及ぼす影響に關する研究, 實踐醫理學, 2(5). —32) 古賀: レ線被放射動物の網狀內皮細胞系統の色素攝取能消長に及ぼす血液殺菌能の消長並に此等消長と組織內無機鹽類含有量消長との相互關係に就きて, 實踐醫理學, 3(3), 1-54. —33) 津屋: 氣管枝喘息のエツクス線療法(Ⅱ), 日放誌, 10卷, 2號.

Studies on the So-called Radiation Fatigue.

By
Masakata Noda
Department of Radiology, Tokyo Jikeikai Medical College.
(Director: Prof. Dr. S. Higuchi)

I studied on the relationship between the X-ray and fatigue, because the people who work under the X-ray after complains of languor and fatigue.

Experimental Material;

Personnels who work under the X-ray in our hospital and patients who were treated by X-ray

Method;

1. Exposed radiation was measured by film badge.
2. Fatigue levels of personnel was measured by Urine pH, Urine Coagulation and sedimentation reaction, knee reflex, counting method, and Motokawa's flicker method.
3. Deep therapy patients who were absolute rest were irradiated under the following conditions;

150 kVP
3 mA
0.5mmCu+0.5mmAl Filter
$10\times12cm^2$ field

Irradiation was dose on the rear. Total dosage of 134r, was gave and after the following were examined.

i Lactic acid in blood
ii Carbonic acid Gas.

These were measured quantitatively hourly.

Results.

1. pH of urine, urine coagulation and sedimentation reaction, knee reflex, counting method and Motokawa's flicker method, with these no determinable tendencis were observed. There was also no peculiar relationship between the X-ray.
2. Lactic acid in blood increased immediatily after irradiation, but after two hours 30 minutes the amount was back to normal.
3. After injections 20% dextrose intra venously before irradiation the amount of lactic acid in blood decreased, but this value gradually after two hours 30 minutes the values were still below normal.
4. Quantity of carbonic acid gas in blood decreased immediately after irradiation and ever after two hours 30 minutes did not come back to normal. During this time none exceeded the values before irradiation.