

Title	Boost therapyとしての低線量率遠隔照射法 第2報 問題点
Author(s)	山田, 章吾; 高井, 良尋; 高橋, 勇守 他
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1988, 48(1), p. 65-71
Version Type	VoR
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/17964">https://hdl.handle.net/11094/17964</a>
rights	
Note	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

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

Osaka University

## Boost therapy としての低線量率遠隔照射法

### 第2報 問題点

東北大学放射線医学教室

山田 章吾 高井 良尋 高橋 勇守 坂本 澄彦

（昭和62年3月4日受付）

（昭和62年6月22日最終原稿受付）

## Low Dose Rate Teletherapy as Boost Therapy (2) Its Problems

Shogo Yamada, Yoshihiro Takai, Takemori Takahashi  
and Kiyohiko Sakamoto

Department of Radiology, Tohoku University School of Medicine, Sendai

---

Research Code No. : 600.4

---

Key words : Low dose-rate teletherapy, Boost therapy, Scattered dosage

---

The scattered radiation dosages during the low dose-rate telecobalttherapy (LDRT) were measured and variations of blood cells were analyzed in 76 patients who received a total dose of 50~60Gy by conventionally fractionated method and a boost dose of 14~28Gy by the LDRT. In head irradiation cases the radiation dose outside the treatment field was 0.6~0.8% of the central axis maximum dose and in body cases it was 0.8~7.1%. This difference is considered to be caused from the difference of the back scattered dosage. In body case that dosage has been diminished to the level of 0.6~1.1% by using Pb blocks between Pb filter and body. The reduction rates of red blood cells, white blood cells and thrombocytes were mild throughout the irradiation, but the decrease of lymphocytes was remarkable even in the LDRT. Lymphocytes reduced more severely in cases with much scattered radiation dose during the LDRT.

### 緒 言

遠隔照射装置による低線量率照射は密封小線源療法に比較し、照射野内の線量分布が均一なため低線量率照射の客観的評価判定が可能である。また深部あるいは大きな腫瘍に利用可能で、患者の苦痛も少なく、術者の被曝もない等多くの優れた点を有している。しかし照射容積が大きく、線量率減少に鉛フィルタを用いるため散乱線による影響が無視できない等問題も多い。今回、散乱線による全身被曝量を測定し、血球数の変動を指標としてその影響を検討したので報告する。

### 対象および方法

低線量率遠隔照射法は Boost therapy として

用いた。10MVX 線（三菱製 ML-15MIII，線量率 300cGy/min）ないし<sup>60</sup>Co 遠隔照射装置（東芝製 RI-107，線量率80cGy/min）を用い、1日150~200 cGy の通常分割法で5,000~6,000cGy 照射後、10 日前後の interval をおいて低線量率遠隔照射法で1,400~2,800cGy 追加した<sup>1)</sup>。低線量率照射は<sup>60</sup>Co 遠隔照射装置（東芝製 RCS-14-1，1978年4月 111×10<sup>9</sup>GBq）を用い、鉛フィルタと線源皮膚間距離（SSD）の調節により病巣指定点で、100cGy/hr の線量率になるように実測設定し、1日700cGy（2時間毎10分、昼40分休憩）で連日照射した。本法を試みた97例の鉛フィルタ平均厚は24±0.5 mm、SSD の平均値は118±9cm であった。通常、

頭部は側方からの左右二門法（300~400cGyで交代）で（Fig. 1）、躯幹は前方一門法で照射した。1984年2月以降、鉛フィルタと躯幹との間に5cm厚の鉛ブロックを設け照射野外側を散乱線から防護した（Fig. 2）。

線量分布図は Mix R ファントムを用い、コダック RP-V フィルムで作製し、また散乱線量は Rando ファントムを用い、極光 TLD 1200型 MBO-S 素子を用いて測定した。散乱線の影響として赤血球数、血小板数、白血球数さらにリンパ球数の変動率を検討した。対象としたのは治療前値が正常域（赤血球数400~580万/mm<sup>3</sup>、白血球数3,400~9,400/mm<sup>3</sup>、血小板数14.0~37.0万/mm<sup>3</sup>、リンパ球数1,300~3,000/mm<sup>3</sup>）にある新鮮症例76例で、その内訳は男53例、女23例、平均年齢54歳、食道癌32例、脳腫瘍18例、大腸癌8例、膵癌7例、その他11例で、頭部照射23例、躯幹照

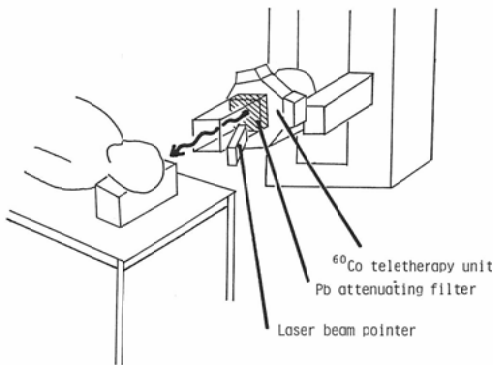


Fig. 1 Head irradiation by the low dose-rate teletherapy (LDRT) technique

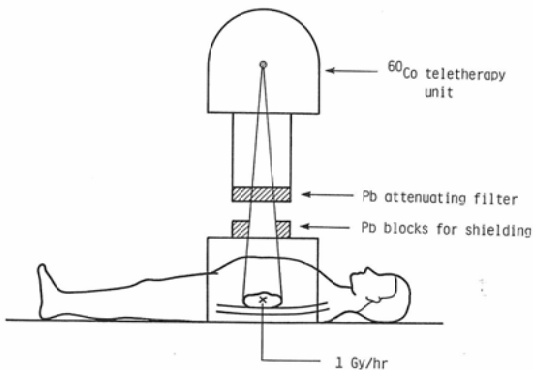


Fig. 2 Body irradiation by the LDRT technique

射53例であった。

## 結果

### 1) 低線量率遠隔照射法の線量分布

27mmの鉛フィルタを用い10×10cmの照射野で、SSDを92cm、112cmおよび138cmとしてフィルム法により線量分布図を作製した。SSDが増えるに従い半影は増加する傾向がみられ、また浅部と深部との深部量百分率の差は小さくなる傾向がみられた。SSD 112cmで、深さ10cmの点における深部量百分率と浅部の深部量百分率との差は約20%であった（Fig. 3）。直交面の線量分布図もほぼ同様の値を示した。実際の照射野端は80%領域で設定している。

### 2) 低線量率遠隔照射時の全身被曝線量

18×14cmの照射野で頭部に側方から照射した場合、胸部および腹部の被曝線量は0.6~0.8%で、骨盤腔内の被曝線量は0.3~0.4%であった（Fig. 4）。8×10cmの照射野で胸部に前方一門照射した場合、頭部の被曝線量は2.3~4.0%、腹部の被曝線量は4.3~7.1%で、骨盤腔内の被曝線量は2.1

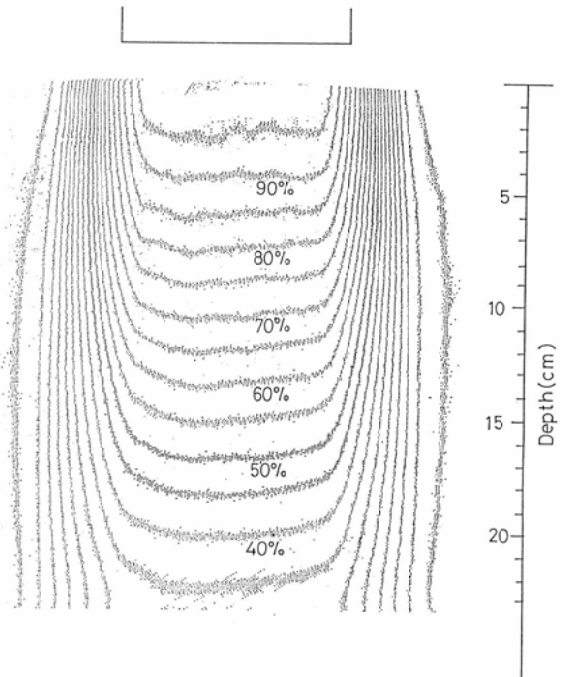


Fig. 3 Dose distribution of the LDRT by 10×10 cm, field size, 27mm, Pb filter and 112cm, SSD

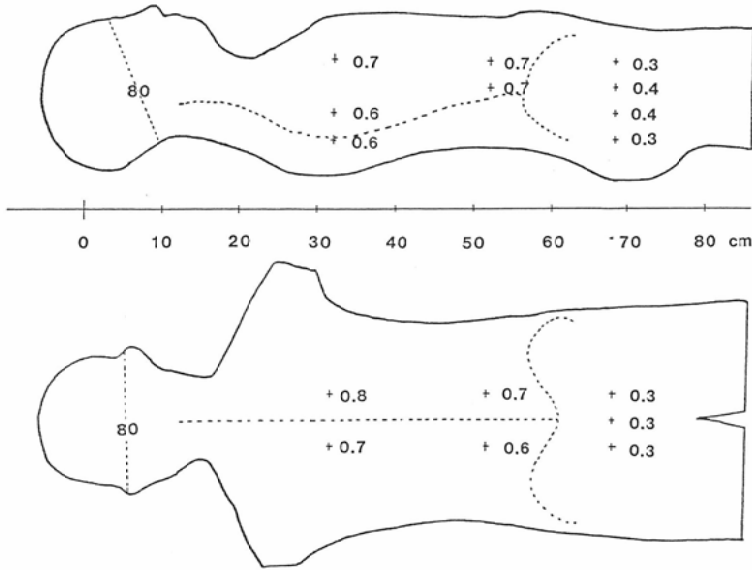


Fig. 4 Scattered radiation dosage (%) during the LDRT to head by 18×14cm, field size, 27mm, Pb filter and 132.5cm, SSD

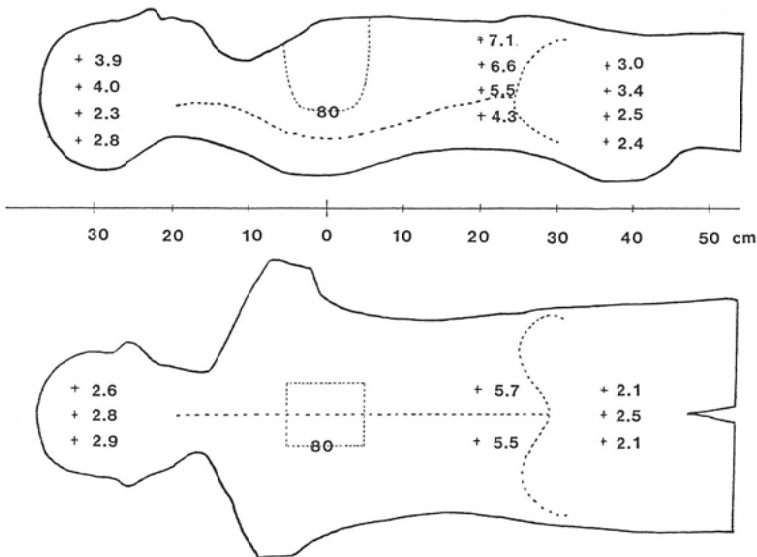


Fig. 5 Scattered radiation dosage (%) during the LDRT to chest without Pb blocks by 8×10cm, field size, 27mm Pb filter and 112cm, SSD

～3.4%であった (Fig. 5)。同様に腹部に前方一門照射した場合、頭部の被曝線量は0.8～1.2%、胸部の被曝線量は3.7～4.0%で骨盤腔内の被曝線量は2.2～3.1%であった。頭部に1日700cGyの低線量率照射を行なった場合、躯幹の被曝線量は1日4～6cGy程度であるが、

照射野外被曝線量は1日6～50cGyに達するという結果であった。躯幹照射時、鉛フィルタと躯幹との間に厚さ5cmの鉛ブロックを設けると (Fig. 2)、被曝線量は頭部で0.9～1.1%、腹部で0.6～1.1%、骨盤腔内で0.6～0.9%に減少した (Fig. 6)。

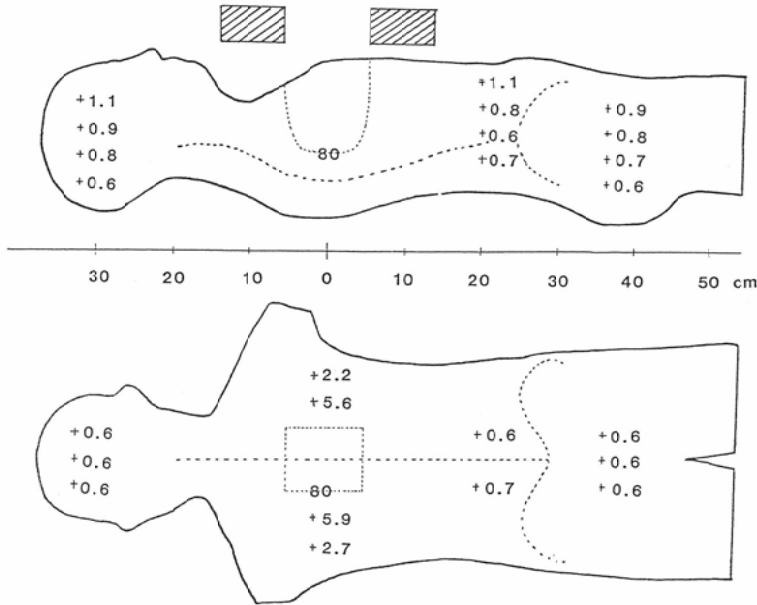


Fig. 6 Scattered radiation dosage (%) during the LDRT to chest with Pb blocks by 8×10cm. field size, 27mm. Pb filter and 112cm, SSD

3) 照射による血球数の変動

赤血球数の変動は、通常分割照射後、低線量率照射後さらに照射1カ月後でそれぞれ、治療前値の92±7%, 90±7%, 91±9%, 同様に白血球数の変動は75±29%, 79±43%, 78±36%, 血小板数の変動は88±38%, 88±32%, 89±31%で、リンパ球数の変動は52±29%, 36±21%, 52±26%であった。赤血球数、白血球数および血小板数の減少は軽度であるが、リンパ球数の減少は高度で、リンパ球数は低線量率照射によっても高度に減少し赤血球数の変動と比較すると、その差は有意(p<0.05)であった。また赤血球数、白血球数および血小板数は照射3カ月後に91~102%に回復したが、リンパ球数は3カ月後も52%と低値であった (Fig. 7).

照射部位および全身被曝量の差により、3群すなわち頭部照射群23例、躯幹照射で鉛ブロック(-)群22例、躯幹照射で鉛ブロック(+ )群31例に分けて血球数の変動を検討した。照射野の大きさは頭部群では平均172cm<sup>2</sup>、躯幹ブロック(-)群では113cm<sup>2</sup>、躯幹ブロック(+ )群では114cm<sup>2</sup>であった。低線量率照射線量は頭部群では平均

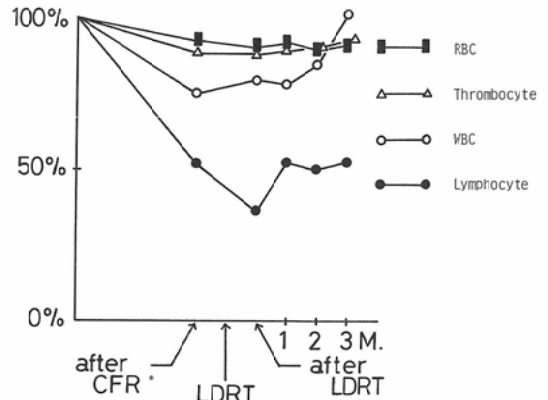


Fig. 7 Variations of blood cells by irradiation

1,550cGy、躯幹ブロック(-)群では2,030cGy、躯幹ブロック(+ )群では1,660cGyであった。コントロールの各血球数に差はみられなかった (Table 1).

赤血球数の変動は、通常分割照射後、低線量率照射後さらに照射1カ月後でそれぞれ、頭部群では91%, 88%, 88%, 躯幹ブロック(-)群では94%, 93%, 97%, 躯幹ブロック(+ )群では91%, 90%, 90%で、3群間の変動に差は認められなかつ

Table 1 Patient background

	Head*	Body block(-)*	Body block(+)*
No. of patients	23	22	31
Mean			
Field size of LDRT (cm <sup>2</sup> )	172±83	113±75	114±84
Total dose of LDRT (Gy)	15.5±2.8	20.3±5.8	16.6±5.4
Blood count of control			
RBC (×10 <sup>4</sup> )	468±45	440±29	453±38
WBC	6760±1830	6590±1530	6390±1340
Thrombocyte (×10 <sup>4</sup> )	28.7±5.4	25.8±5.8	27.3±6.4
Lymphocyte	1950±410	1850±410	1940±510

Head\* : Cases irradiated to head

Body block(-)\* : Cases irradiated to body by the LDRT without Pb shielding blocks

Body block(+)\* : Cases irradiated to body by the LDRT with Pb shielding blocks

た。同様に白血球数の変動は頭部群では76%, 103%, 82%, 軀幹ブロック(-)群では84%, 73%, 67%, 軀幹ブロック(+群)では69%, 71%, 82%で、軀幹ブロック(-)群の回復が幾分不良であったが、3群間に大きな差はなかった。また血小板数の変動は頭部群では79%, 83%, 79%, 軀幹ブロック(-)群では107%, 101%, 106%, 軀幹ブロック(+群)では85%, 84%, 76%で、通常照射後の比率に差はみられるが、その後の変動の差は少なかった。一方、リンパ球数の変動は頭部群では68%, 52%, 66%, 軀幹ブロック(-)群では57%, 26%, 45%, 軀幹ブロック(+群)では41%, 34%, 46%であった。いずれも通常照射後の減少が高度で、低線量率照射によってさらに減少したが、軀幹ブロック(-)群では、有意差はないがその傾向が顕著であった。照射3カ月後のリンパ球数は頭部群では60%, 軀幹ブロック(+群)では52%であったが、軀幹ブロック(-)群の回復は不良で37%と低値であった (Fig. 8)。

#### 考 察

低線量率照射の臨床的有用性の評価には線量分布が均一な遠隔照射装置による方法が適している。しかし現時点における低線量率遠隔照射はSSDが一定でないため照射計画の精度が悪く、照射が長時間に及ぶため患者の固定が難しく、また線量率減少に鉛フィルタを用いるため散乱線増加が予想され<sup>2)3)</sup>、その影響が無視できない、等問題も多い。実際、通常分割法で6,400cGy照射後、低

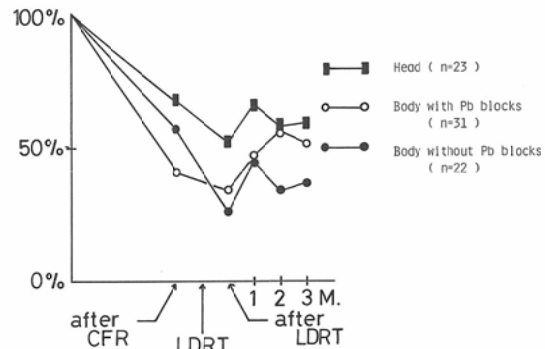


Fig. 8 Variations of lymphocytes by irradiation sites

線量率遠隔照射法で1,800cGy照射した食道癌の1例が4カ月後肺障害のため死亡した。剖検で癌は証明されず、肺障害が惜まれる。通常照射期間中にプレオマイシン60mgを併用したことも原因と考えられるが、低線量率照射時の散乱線による影響も否定できない。そこで今回低線量率遠隔照射時の全身被曝量を測定し、その影響について検討した。

低線量率遠隔照射法の線量分布図をみると、SSDが大きいため照射野内の線量分布は比較的均一であるが、半影は増加する傾向がみられ、照射野端を80%領域で設定するとそれ以下の線量域はかなり広くなる事が判明した。また低線量率遠隔照射時の全身被曝量についてみると側方からの頭部照射時は軽度であるが、軀幹照射時は高度であるという結果が得られた。頭部照射時患者と壁

との距離は2m以上隔たっているが、躯幹照射時は患者と床との間は30cm足らずで、その他の条件はほぼ同じのため、この差は主として背後散乱線量の差によると考えられる。胸部に1日700cGyの低線量率照射を3日間行なうと全身に44~150cGy被曝するという結果で、半影の影響もあり食道癌では肺の被曝線量は相当量に達したと考えられる。Lockhartら<sup>4)</sup>、Hillら<sup>5)</sup>は抗癌剤を事前に使用すると低線量率照射の保護作用は低下すると述べており、肺障害はプレオマイシンとの相乗作用による可能性が充分考えられる。躯幹照射時鉛フィルタと躯幹との間に5cm厚の鉛ブロックを設けると、半影による影響および全身被曝量は著明に減少した。施設、照射装置、また照射法によって全身被曝量は異なるが<sup>6)7)</sup>、防護を設けない場合、その量は相当量に達するという事を知っておくべきと思う。

一般に線量率低下で障害は軽減するとされているが<sup>5)8)~12)</sup>、骨髄障害は例外であるという報告が多い<sup>8)13)14)</sup>。実際に低線量率照射による血球数の変動をみると、赤血球、白血球、血小板の減少は軽度であったが、リンパ球の減少は高度であった。また赤血球、白血球および血小板は低線量率照射時の全身被曝量の多寡にかかわらず減少は軽度であったが、リンパ球は、全身被曝量の多い躯幹ブロック(-)群で減少が高度で、3カ月後の回復も不良であった。低線量率照射による骨髄系細胞の障害は特にリンパ球において著しいようであった。

鉛ブロックを設けて以来、照射野外の肺あるいは肝の障害で死亡した例は著減している。臓器によっては低線量率照射の保護作用が低い可能性があり、低線量率遠隔照射時の全身被曝量は極力抑えるべきと考えられる。

#### まとめ

低線量率遠隔照射時の全身被曝量を測定し、その影響として血球数の変動を検討した。頭部照射時の全身被曝量は0.3~0.8%であった。躯幹照射時の全身被曝量は2.1~7.1%と高いが、鉛フィルタと躯幹との間に鉛ブロックを設けると全身被曝量は0.6~1.1%に減少した。照射による赤血球、

白血球および血小板の減少は軽度であったが、リンパ球の減少は高度で、リンパ球は低線量率照射によっても著明に減少した。またリンパ球の減少は全身被曝量の多い時、特に高度で、低線量率遠隔照射時の全身被曝量は極力抑えるべきと考えられる。

最後に、線量測定にご協力頂いた、浅野茂夫、針生俊一両氏に感謝いたします。

#### 文 献

- 1) 山田章吾, 洞口正之, 松本 恒, 他: Boost therapy としての低線量率遠隔照射法(第1報. 障害と一次効果), 日本医放会誌, 46: 360-366, 1986
- 2) Fraass BA, van de Geijn J: Peripheral dose from megavolt beams. *Med Phys* 10: 809-818, 1983
- 3) Sherazi S, Kase KR: Measurements of dose from secondary radiation outside a treatment field. Effects of wedges and blocks. *Int J Radiation Oncology Biol Phys* 11: 2171-2176, 1985
- 4) Lockhart SP, Down JD, Steel GG: The effect of low dose rate and cyclophosphamide on the radiation tolerance of the mouse lung. *Int J Radiation Oncology Biol Phys* 12: 1437-1440, 1986
- 5) Hill RP: Response of mouse lung to irradiation at different dose-rates. *Int J Radiation Oncology Biol Phys* 9: 1043-1047, 1983
- 6) Keller B, Mathewson C, Rubin P: Scattered radiation dosage as a function of X-ray energy. *Radiology* 111: 447-449, 1974
- 7) Greene D, Chu GL, Thomas DW: Dose levels outside radiotherapy beams. *Br J Radiol* 56: 543-550, 1983
- 8) Wambersie A, Smoes SMR, Prignot OM, et al: Effect of dose rate on intestinal tolerance in mice. Implications in radiotherapy. *Br J Radiol* 52: 153-155, 1979
- 9) Barrett A, Depledge MH, Powles RL: Interstitial pneumonitis following bone marrow transplantation after low dose rate total body irradiation. *Int J Radiation Oncology Biol Phys* 9: 1029-1033, 1983
- 10) O'Donoghue JA: Fractionated versus low dose-rate total body irradiation. Radiobiological considerations in the selection of regimes. *Radiation Oncology* 7: 241-247, 1986
- 11) Hall EJ, Marchese MJ, Astor MB, et al: Response of cells of human origin, normal and malignant, to acute and low dose rate irradiation. *Int J Radiation Oncology Biol Phys* 12:

655—659, 1986

- 12) Dritschils A, Brennan T, Weichselbaum RR, et al: Response of human fibroblasts to low dose rate gamma irradiation. *Radiation Research* 100: 387—395, 1984
- 13) Fu KK, Phillips TL, Kane LJ, et al: Tumor

and normal tissue response to irradiation in vivo: Variation with decreasing dose rates. *Radiology* 114: 709—716, 1975

- 14) Tubiana M, Boisserie G: Response of bone marrow and tumor cells to acute and protracted irradiation. *Am J Roentgenol* 131: 1107, 1978
-