

放 射 病

发病机制、实验治疗和预防

〔苏联〕П. П. 葛里桑托夫 主编 苏森龄 译

放 射 病

(发病机制、实验治疗和预防)

〔苏联〕П. Д. 葛里桑托夫 主编

苏 森 龄 译

郑 惠 黎 校

內 容 提 要

本书以論文方式,系統地介紹了放射病发病机制、实验治疗和預防等問題,尤其对放射病最早期的改变以及机体各系統的变化在放射病发病机制中的作用,各种治疗及預防药物的綜合使用,作了詳尽的闡述。本书共有 25 篇,根据大量实验材料提出了許多論据資料,对病理学家、放射生物学家以及临床医师均有一定的参考价值。

ВОПРОСЫ ПАТОГЕНЕЗА, ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ТЕРАПИИ И ПРОФИЛАКТИКИ ЛУЧЕВОЙ БОЛЕЗНИ

И. Д. Горизонтов

Медгиз 1960

放 射 病 (发病机制、实验治疗和預防)

苏森龄 譯 郑惠黎 校

上海科学技术出版社出版 (上海瑞金二路 450 号)

上海市书刊出版业营业許可証出 093 号

上海洪兴印刷厂印刷 新华书店上海发行所发行

开本 850×1168 1/32 印张 13 8/32 排版字数 349,000

1964年 4月第 1版 1964年 4月第 1次印刷

印数 1—3,500

統一书号 14119·595 定价(十四) 2.20 元

譯 者 序

放射病病理学是现代医学中新的而又现实的問題，以往对此虽有大量的研究，但均較偏狹，特別是对放射病的最早期改变的研究更是缺如。

过去对在放射病条件下药物的药理作用研究很少，因此迫切需要对各种药物进行篩选，以期找出在預防及治疗上最有效的药物及方法。近年来虽有大量报导，但由于它們的實驗条件、實驗模型(动物)、實驗性放射性損害的程度、用药剂量以及用药的时机各不相同，往往得出完全相反的結論，因而无法对各种药物的作用效果进行比较性評价。

本书系統地介紹了上述各方面的研究，特別对放射病最早期的改变以及各系統的变化在放射病发病机制中的作用、各种治疗及預防药物的綜合使用，均有較詳尽的闡述，并根据大量的實驗材料提出了許多新的、令人信服的論据。因此，本书在这方面有一定的参考价值。

由于本人专业及俄文水平有限，故在譯文上可能有許多錯漏之处，对若干新的化学合成药物的譯名恐亦不尽恰当，統望国内专家、讀者同志們多加指正。

苏 森 齡

識于貴州省人民医院同位素實驗室

1962, 10, 5

原 序

在研究病理生理学各种問題时,我們特別重視放射病理学,并把它看作是現代医学中新的现实的問題。

在过去出版的一本集体創作专著中,我們曾对放射病的病理生理分析作出了总结^①。但是迅速发展的放射生物学研究揭露了許多前所未有的事实,并且不断地提出新的問題。

本书总结了迄今在文献中还未被充分說明的实验材料,这些材料主要是在上述一书出版后所搜集的。

本书与前书的区别在于除放射病損害的发病机制問題外,尚討論其实验治疗及預防問題。

放射病治疗經驗的积累和綜合,首先应从实验途径着手,因为和平时期的个别重度放射綫損害的临床病例,不能作为解决所提出的各个問題的“实验”材料。当年日本受害人民的治疗实际經驗說明医务工作者对此毫无准备。当时的治疗,特别是在放射病早期阶段,即使是治疗过的話,也只是根据一般的临床指征,而并没有充分認識病理过程的实质,因而也不可能选择最有效的治疗方法。所以世界各国的許多实验室,均在从事有关治疗和預防放射病的药物篩选的实验工作。在这时回忆一下 И. П. Павлов 的話,对这种病理学是很恰当的:“因为可以在动物身上进行不受任何約束的实验,所以实际上不应该靠在人类临床上进行試驗来解决治疗的問題。”

现在各种文献中已报导了大量的資料。我們綜合了文献材料和在我指导下进行的研究結果。当然,我們是根据对这些問題多年的理論和实验研究的結果来綜合不同的实验和有时是分歧的意见

① «急性放射病的病理生理学» (Патологическая физиология острой лучевой болезни), 苏联医学出版社 1958 年版。

的。但在某些問題上比較內行的讀者，可以根據我們在本書中詳細提供的實驗病理材料，作出自己的結論。希望本書不僅對病理學家和放射生物學家有所裨益；對廣大醫師亦將有所幫助。

蘇聯醫學科學院通訊院士

П. А. 葛里桑托夫教授

目 录

譯者序

原 序

I. 放射病发病机制問題	1
放射病发病机制問題	1
全身照射时血液系統的最初反应	9
論一次全身X綫照射时剂量率对大白鼠血生成的影响問題	22
电离輻射对酪氨酸代謝的影响	29
实验性急性放射病中垂体和肾上腺的作用	38
放射病时某些实质性器官在血液生物性能改变中的作用	53
造血組織在放射病某些症状发展中的作用	61
照射对大白鼠某些組織吸收作用的影响	76
受照射狗血的体液成分的改变	86
II. 实验治疗問題	95
放射病实验治疗的基本原則及其成就	95
士的宁及一叶萩碱对急性放射病病程及轉归的影响	139
放射性白血細胞减少症时5-氧甲基-4-甲基嘧啶、鈷制剂及 白血細胞浸剂对白血細胞生成的影响	148
慢性照射引起的亚急性放射病时采用維生素的問題	157
急性放射病时B族維生素的預防和治疗作用	172
实验性急性放射病时某些抗出血制剂的使用	180
用苯海拉明治疗急性实验性放射病	192
用吩噻嗪族抗組織胺制剂治疗实验性急性放射病	204
在狗的急性放射病綜合治疗中采用各种抗菌素的实验	221
急性放射病血液治疗的实验材料	236
論狗的急性放射病綜合治疗中采用血液代用品的問題	264
狗的急性放射病时各种綜合疗法对造血作用的影响	279
論制訂实验性急性放射病綜合治疗的方案問題	292
III. 放射病的預防問題	309

放射病預防問題的現狀	309
實驗性急性放射損害時巯乙胺的預防作用	336
採用各種預防急性放射病藥物的總結	345
參考文獻	377

I. 放射病发病机制問題

放射病发病机制問題

П. Д. ГОРИЗОНТОВ

电离輻射对机体的作用异常复杂。和其他致病因子不同，电离輻射几乎同时引起各式各样的改变，它直接在受射线照射的组织里并且又間接地通过神經及体液系統产生各种致病的过程。

苏联学者的研究成果表明了照射后以及照射过程中神經系統各部分功能活动的改变情况(П. С. Купалов; 1957; М. Н. Ливанов и Д. А. Бирюков, 1959; А. В. Лебединский, Ю. Г. Григорьев, Г. Г. Демирчоглян, 1959)。但是在研究者面前出现了一个困难問題：究竟神經系統的改变在疾病发展期(在发病机制中)，或在平衡失調的恢复机制中以及在痊愈过程中(在痊愈机制中)具有什么意义？应该通过各种不同的途径来解决这个問題。我們并没有为自己规定这样的任务，但是研究最有效和最简单的綜合治疗的实践表明，采用某些使神經过程正常化的向神經性药物显然对治疗急性放射病有很大好处(参见本书第二部分，П. Д. Горизонтов, В. Д. Рогозкин 和 М. Ф. Сбитнева, Т. Н. Протасова 和 В. Д. Рогозкин)。表明某些作用于神經系統的药物有良好影响的事实，是放射病发展过程中神經系統遭受放射损伤作用的明証。但是，这当然并没有解决許多問題。特别是直到目前为止还不明了究竟哪些病理过程主要与神經調节障碍有关？神經系統的哪些部分的損害在放射病发病机制中占主导作用？有些作者认为在放射病发展过程中起决定性作用应归之于大脑皮质(И. Т. Курцин, 1957)，而另一些作者則拥有大量根据认为应归之于視丘下区各中枢的功能障碍，特别是在疾病結局时为然(М. Н. Ливанов, 1957; М. Н.

Ливанов 与 Д. А. Бирюков, 1959)。

在研究发病机制問題时,我們既重視神經系統在机体与环境的相互关系中的主导作用,但同时又不应将注意力只集中在这个系統上。神經系統不可能与机体的其他部分割裂开来,因此应同样深入的研究其他系統和器官中的改变,换言之,应研究病变过程中的所有环节。

但是,由于中枢和外周影响之間具有相互关系,于是产生了在病体各个系統和器官中,可以观察到的变化之間的因果关系問題。通常是从神經系統有其确定的生理作用的观点出发来解决这一問題。但是是否可以认为,正常状态下存在的这种附属关系在病理条件下仍然保存?病理学的实质可以归結为:例如,这些正常关系的破坏。所以,首先摆在我們面前的問題中有这样一个問題,即为什么不能认为原发于机体内环境及受損害組織中的各种病理过程会在神經系統中引起某些继发的改变。疾病发展过程中器官和系統間的因果关系彼此間可能发生改变而使問題复杂化,也必須了解这种关系是怎样发生改变的。

为了明了机体各系統在照射后所发生改变的意义,首先必須研究最早的病变过程的动态。在这方面除了神經-体液的改变以外,血液系統的反应具有最大的意义。众所周知,照射后血液的改变已經过相当詳細的研究(А. П. Егоров 和 В. В. Бочкарев, 1954; М. Ф. Александрова, 1956; В. А. Губин, М. С. Лаптева-Попова, 1958; Т. В. Каляева 等),可是誰也沒有研究过在照射过程中血液系統所发生的最初反应。Т. В. Каляева, Ю. Г. Григорьев, В. Я. Бусыгин 和 А. Л. Поздняков 等人采用了由他們設計的家兔照射时远距离采血法,成功地从事了这方面研究(参见本书)。

上述作者首先肯定了从开始照射起最初数分钟内,外周血液成分即已发生改变,表现为血小板和白血細胞减少。这些改变似乎不能看成是血液成分重新分布的結果,因为在开始照射 15 分钟后,骨髓的細胞成分即已发生明显改变,表现为分裂过程受抑制,成熟过程加速和某些幼年細胞消失。

一向认为在致病刺激物作用下产生的白血細胞减少首先是由于淋巴細胞繼續减少的結果。但是在照射过程中血液系統的研究經驗表明，更早期的反应主要是由于嗜中性白血細胞减少而致的白血細胞减少。

至于这是否只是放射作用独有的特征，目前尚难肯定。

不久以前还普遍认为骨髓中的髓細胞系对电离輻射的作用比較敏感。但是骨髓片的分析却发现紅血系統的幼年細胞（初成紅血細胞 Проэритробласт）首先消失。Ю. Д. Балик 发现受照射供血狗骨髓中首先是紅血細胞出現特殊的損害（見本書）。因此，我們认为关于紅血細胞成分对射綫的敏感度低的說法現在已沒有根据。如果說在照射后紅血細胞的改变沒有白血細胞的改变来得快，这只是由于紅血細胞的寿命較长。

作者关于加速成熟的細胞送入血內的过程受到抑制的結論对了解血液系統早期变化的动态是很重要的情况。类似的各种事实对病理学都具有很大的意义，因为血液細胞自造血器官送入血流过程的障碍情况以往研究得很不够。

在工作中确定了一个原則上重要的事实，即証明从受照射时起就开始发展的，表现为再生现象的代偿过程。但是这一原发的再生反应并不完全，因为分裂着的細胞具有显著的退行性变的特征。

作者們的实验表明，当照射条件及照射時間相同时，在体外受照射的血液並沒有引起任何改变，但这是否可能系在体外状态下存在的血細胞由于其胞体内发展着的缺氧状态而对射綫产生較强的拮抗作用所致？但这个問題尚未必能认为是一规律性现象，因为对流过两只大白鼠間的血管吻合部（頸动脉-頸静脉）的血液进行局部照射的实验証明，在与同样条件，但不照射血液的实验相比較时，即使采用了大剂量照射（达 18,500 伦），并未发现血液成分有任何改变（P. Arnould, P. Pellerin 和 Kovacev, 1959）。这些实验証明，认为輻射对血流中細胞的直接影响具有决定性作用的传统概念是沒有根据的。

同样, 将受照射机体中的血液学改变看成是辐射直接損害造血器官幼年細胞的結果, 这种概念也是沒有根据的。实验証明: 小白鼠和豚鼠移植的骨髓組織在超致死量(20,000伦)照射后甚至经过一昼夜仍能正常再生 (A. A. Кронтовский, 1926; G. Bootz, E. H. Betz 及 J. Firket, 1954)。由此可见, 即使一向被认为对放射最敏感的造血組織在射綫的直接作用下并不“死亡”。

所有上述材料应作为进一步研究的基础。尤其是最好就同一种动物的血液系統、神經系統和內分泌腺系統的反应进行比較, 借以闡明血液中的早期改变在何种程度上是間接地通过机体相应的相关系統实现的。

T. B. Каляева (1958) 在以前对小白鼠照射 900 伦的实验中, 得到的材料証明: 和一般公认的意见相反, 在将照射剂量率自 0.83 伦/秒增至 600 伦/秒时, 損害作用反而降低了。由于問題的重要性, 用大白鼠繼續进行了这些研究。

本书中发表的材料又再度証明, 当以相同剂量照射大白鼠时, 剂量率在 130 伦/秒时的損害作用較 1.3 伦/秒时的为低。这些結果不仅在临床視察中可以见到, 而且有仔細的血液学检查根据 (T. B. Каляева)。

这样, 用小白鼠和大白鼠进行的实验証明, 当作用因子的剂量相同时, 生物效应与照射剂量率之間并不呈直綫关系。其間相互关系更为复杂。在某些场合下由于致病刺激物作用時間短暫, 照射的剂量率增加, 引起較小的損害作用; 在照射剂量率降低时, 則由于作用時間延长, 損害作用可以加重。当照射時間更加延长时 (作用的剂量率相应的更为减少), 由于代偿作用的結果, 損害作用大概又将会再度降低。

我們认为全面的研究肝脏中新陈代謝的障碍对說明放射病发病机制将有很大的作用。在这方面, T. H. Протасова (1958) 早就肯定, 在全身照射大白鼠 X 綫或 γ 綫 800~900 伦以后, 肝脏切片中酪氨酸的氧化加速了。其后在說明此现象的原因时, 她成功地証明了經門靜脉系至肝脏的血流中酪氨酸含量的增加是肝脏中氧

化酪氨酸的酶的活性增强的原因之一(参见本书)。暂时还不能說这些过程在放射病发展中具有什么病理生理学的意义。但是應該注意到酪氨酸在构成某些激素和极重要的胺中的作用。

在和 A. A. Грaфoв 的共同的工作(参见本书)中,我們注意研究在全身外照射所致的放射性損害时,垂体和腎上腺激素的作用。这些研究主要是借比較完体及事先行手术摘除腎上腺或垂体之大白鼠在照射后所产生放射病临床表现的方法进行的。

曾經証明,切除腎上腺可在照射后最初数小时(2~8小时)內对淋巴細胞减少的发展程度显示抑制影响,并且这一时期随照射剂量的增加而縮短。当剂量为 800 伦时,腎上腺皮质激素对血液成分沒有影响;完体受照射大白鼠淋巴細胞减少的程度几乎与去腎上腺鼠的相同。这些結果与 B. Rajewsky (1956) 的材料相符,他曾发现全身照射剂量在 800 伦以上时,实际上并不出现适应綜合征的第一阶段(动员反应,或如 Selye 氏說的恐惧反应)。众所周知,这时腎上腺皮质的功能活动加强了,分泌出皮质素而引起淋巴細胞减少和淋巴結萎縮。

但是现在我們不能把淋巴細胞减少单单看成是电离輻射直接作用于淋巴細胞的結果。国外 (H. Langendorf, W. Lorenz, 1952) 及苏联在局部照射大腿部(3 平方厘米)和垂体投影区(1 平方厘米)时所得到的資料都証明这一点。照射垂体时,虽然照射面积較小,但淋巴細胞的减少却表现得更明显。这种淋巴細胞减少显然与輻射作用于神經系統的視丘下区有关,因为在除去垂体后,照射大白鼠所引起的淋巴細胞减少比完体受照射鼠的甚至更为明显。所以受照射部位的生理功能在改变那些被认为对电离輻射作用最敏感的血細胞成分(淋巴細胞)中可以起特定的作用。

在受照射动物血液学改变的問題中,把垂体及腎上腺的作用过分夸大,但这些腺体在維持血压水平中的作用却并未引起注意。然而,实验証明,当切除腎上腺时,引起同样程度的低血压状态所需的剂量仅为完体动物所需剂量的三分之一。

正如研究所表明的那样,受照射动物的垂体-腎上腺系統的反

应并不是孤立地进行的，同时还观察到高級神經活动的改变。这証明将适应綜合征反应的实现單純地归之于内分泌系統(垂体-腎上腺)活动的改变是毫无根据的。但是观察到兩系統中的改变并没有解决問題，因为在病理发展中究竟在哪个系統哪些过程中是原发的問題尚未获解决。

在研究放射病理学中内分泌腺的作用問題时，我們认为应该注意这个問題中在过去几乎从未研究过的方面，即内分泌腺对改变受照射动物血液的生物性质以及在毒血症发展中的作用。許多事实，而特别是 А. Ф. Маслова 在 А. В. Лебединский 领导的實驗室中所从事的實驗，可以作为这种假定的根据。她发现照射后血中和眼球房水中交感素的含量呈三相改变。交感素及其氧化产物的含量在照射后很快就剧烈增加，可能是早期形成毒性物质的基础。内生性毒素問題目前认为与腎上腺素代謝障碍和分解腎上腺素的銅結合球蛋白(церулоплазмин)①中的含銅酶(медьсодержащий фермент)活动改变而招致 тораксеин②素性蛋白质的出现有关，就如在某些精神病时那样(В. G. Heath 等, 1957)。为什么不能設想有可能在照射后由于腎上腺素或其他某种激素改变而形成毒性作用的物质呢？

由于某些反应机制丧失而去腎上腺或去垂体动物对照射的敏感性剧增的問題同样是未經研究。A. Edelmann (1955) 以及我和 С. А. Давыдова 共同进行的工作都曾用过将受照射动物的血液輸給去腎上腺或去垂体鼠的方法，借以确定其毒性作用，結果証实腎上腺具有某种去毒作用。但是这距离彻底解决内分泌腺在改变机体对放射抵抗力中的作用，以及关于内分泌系統对例如再生过程等的影响問題还很远。

在 Ю. Д. Балика, Г. П. Груздев 和 Н. И. Рыжов 等人的著作

① Церулоплазмин (ceruloplasmin) 为在 α_2 球蛋白中的銅結合蛋白。——校者注

② Тораксеин (toraxein) 为自精神分裂症患者血清中以层析法在二乙胺乙基纖維上分离出来的一种复合蛋白质。Toraxein 在 ceruloplasmin 之前。——校者注

中曾闡述过某些組織在毒血症发展中的作用。他們曾以灌注受照射狗个别离体部分的方法，証实这样的灌注使未受照射的受体狗出现在某种程度上为放射病所特有的病理改变。Г. П. Груздев 和 Н. И. Рыжов 曾发现，由于灌注受照射狗的肝脏，使未受照射狗血液的蛋白质成分发生較长期的改变，同时还发现受照射狗的肝脏丧失了引起外周血中网状細胞增多的能力，而这在灌注未經照射狗肝脏后的对照实验中却存在的。

Ю. Д. Балика 在其工作中表明灌注受照射狗四肢对血小板及白血細胞减少的发展产生的影响。重要的是注意到外周血的这些改变与未受照射的受体狗骨髓成分显著的改变同时发生。他肯定这是灌注过程在受照射供体狗的骨髓中首先引起紅系細胞成分改变的結果。因此可以設想：中毒作用为改变了的，特别是紅系的造血細胞所制約。

М. И. Федотова 的工作介绍了发生于受照射大白鼠之肠道、肝脏和肌肉中类坏死性过程所产生的組織吸收作用改变的研究結果。如众所周知，这些改变可以作为細胞原形质的生理功能最早期損害的指征。她曾指出类坏死性改变与時間(数小时及数日)的动态关系。这些材料对討論各种組織的損伤过程及其損伤程度有很重要的意义。

М. И. Федотова 在連体大白鼠上所完成的研究有很大的意义。照射連体鼠之一以后第三日，未經照射的連体配偶鼠的肠道及部分肝組織中发生了几乎同样的且統計学上足以置信的改变。这些是証明体液成分参与发展受照射动物所遭受的那些組織改变的新的而又无可爭辯的材料。

在 К. М. Ларионова 的文章中介绍了在放射病发展的各个阶段中，取自循环系統不同部位的血液的某些生物学性质的研究材料。她曾发现在放射病高潮期間，受照射动物血开始出现血管扩张作用(作用在离体耳血管、离体心脏和肠襻时)。頸靜脉血的这些作用比股靜脉的出现得早些。К. М. Ларионова 的研究是說明受照射血的致病作用机轉中的一个阶段，并且在一定程度上补充

了 Г. П. Груздев 在前书中关于来自受照射动物头部血液的减压作用的研究。

А. Г. Свердлов 根据我的意见,用局部照射兔耳的方法进行的試驗,証明从受照射部流出的血液或灌注液均具有引起血液成分改变的能力。在煮沸灌注液后,这种作用即行丧失。

在总结毒血症方面的工作时,我們可以认为进一步研究可能会获得更多新的証明体液成分的作用是放射病发展的致病作用机制轉中的一个方面的事实。但是关于毒素的性质和作用机制問題仍是悬而未决的問題。正如前面所引述的,Ю. Д. Балака 的研究証明,改变了的造血組織細胞肯定的参与毒素的形成。

最后,我們认为指出这一点是合适的。即,尽管对哺乳类动物所使用的全身照射剂量接近绝对致死量时,在病理过程的发展中起决定作用的,看来并不是輻射对組織及細胞直接影响的結果,而是由于机体神經系統和体液环境受損害而发生的間接改变的結果。所以离体的受照射組織几乎都比它們在体内受照射的結果較為稳定。放射对細胞直接作用的影响不明显以及間接反应的作用較大,这在血液系統的放射改变中表现得最为显著。上面引述的各种实验,即体外照射时血液的实验(Т. В. Каляева 等),局部照射流经吻合血管的血液研究(P. Arnould 等),移植造血組織的(G. Bootz 等),局部照射垂体或大腿的以及去肾上腺和去垂体动物的实验(Лангендорф 和 Лоренц; П. Д. Горизонтов 和 А. А. Графов)等都証明了这一点。

机体的全身反应在放射病的发展和結局中的决定性作用与照射剂量的大小呈相反的关系。当照射的剂量越接近組織直接損害的剂量时(达1000伦或更多),則在病变发展过程中,由于机体相关系統(коррелятивная система)的受害而引起全身反应的作用将更少。

因为对大多数动物來說,全身照射的最少绝对致死剂量均較組織直接損害的剂量少得多,所以放射病的預防与治疗与其說是放射化学的問題,倒不如說主要是机体敏感性及其防御能力改变

的病理生理学问题。

目前已经确定,甚至在超致死量的全身照射后血液系统自然恢复的肯定事实(T. B. Каляева, И. Н. Усачева; C. Congdon, 1959),以及证实化学防护物质对各种动物所起的不同的防御作用的事实(Z. M. Bacq, 1959)与所提出的这个问题正好相符。由于某些不明原因,甚至用中毒剂量的胱胺和半胱胺等有效的化学防护剂,仍不能提高受照射雏鸡的成活率就是一例。在照射处在多眠状态下的啮齿类动物后經 21 日始給其注入胱胺,发现对它們有防护作用(H. A. Kunkel, J. Höhne, H. Maass, 1956)。这种意外的結果推翻了所有公认的,即支持化学防护只是在照射过程中、組織中存在起防护作用的化学物质时才能起作用的观点。上述結果說明,单纯从放射化学过程的观点来简单地理解发病机制是缺乏根据的,同时亦証明所謂防御輻射損害的化学物质的作用多随机体的生理性能的改变而轉移。

全身照射时血液系统的最初反应

Т. В. Каляева Ю. Г. Григорьев

В. Е. Бусыгин А. Л. Поздняков

以往对造血系反应的研究只限于照射后所发生的改变。我們并未发现过有关在照射过程中发生的血液成分最早期改变情况的报告。然而血液系统的改变显然可能在照射过程中即已发生。

我們的任务即在于发现这些早期反应。为此,我們采用了自己設計的在照射过程中可直接自循环血流中远距离采取兔外周血标本的仪器^①(可采取 16 个标本,每个标本 0.35 毫升;图 1)。

所采得的血标本分別貯于玻璃小皿中,上盖以石蜡油。

为防止兔血凝固,在照射前 20~30 分钟給动物靜脉注射抗凝剂——肝

① 仪器的詳細說明請參看 В. Е. Бусыгин, Ю. Г. Григорьев “照射时研究外周血液成分的方法”〔医用放射学 (Медицинская Радиология), 1958, № 1.〕一文。