

低水平电离辐射的生理益处

Luckey TD; Health Phys 43(6); 771~789, 1982(英文)

引言

已有较多的资料报道了电离辐射对机体的有害影响。许多资料指出,哺乳动物受到中等剂量的电离辐射急性照射,如10~100拉德辐照后,可产生较少危害。关于微小剂量辐射效应的报告则较散乱,且评价较少。有的资料指出,电离辐射对细胞、组织和机体有刺激作用,可能产生有利影响。综述有关资料后,发现低剂量电离辐射的反应模式和其它有潜在危害的因子(如抗菌素和其它药物、金属、物理因子)一样,大剂量是有害的,低剂量则具有刺激作用。本文总结了这些材料,指出很低剂量电离辐射对机体具有良好的影响。“电离辐射兴奋效应(Hormtsis)”一文中综述了1977年以前的工作,兴奋效应是任何因素在有害剂量以下作用于机体后表现出的刺激作用,此假设指出小剂量电离辐射对生长、发育、营养利用、生殖、抗辐射和感染以及寿命是有利的。一般认为完整的剂量反应曲线是对哺乳动物慢性照射假想的“剂量-反应”曲线,如图1所示,此曲线指出对不同剂量反应的定量改变(未标出单位)。

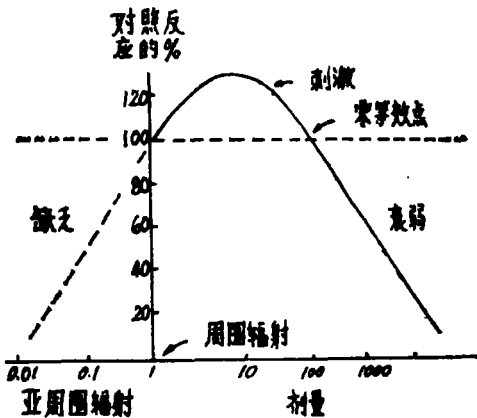


图1 哺乳动物慢性照射时假想的“完整”剂量-反应曲线

图中所示零等效点ZEP(zero equivalent point)是指这种剂量引起的反应与对照无区别,如剂量

大于ZEP,可引起明显的危害。大多数资料涉及纵坐标右侧范围,纵坐标左边的部份,是根据照射原生动物而得的结果,也是本文要讨论的重点。

图2列举了4个剂量反应曲线的特殊例子,以证明低剂量电离辐射的特殊刺激作用。

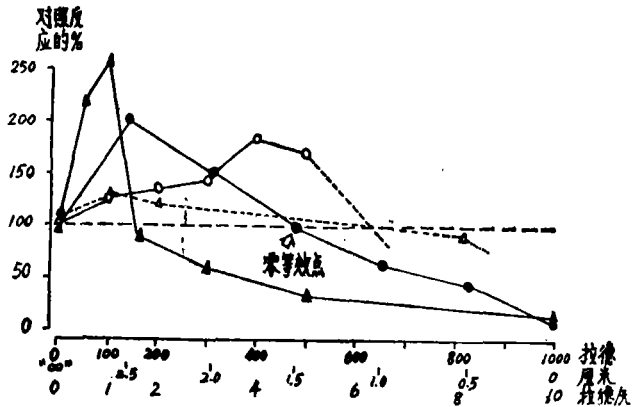


图2 低剂量电离辐射的剂量-反应曲线

- ▲—▲, DNA的粘弹性(收获前3小时,用100~1000拉德照射培养的小鼠细胞)
- , 小鼠肺纤维母细胞数(通过15代培养三份培养的平均值,每隔一代培养用 ^{60}Co 100拉德照射6小时)
- , 梯牧草的生长高度(距 RaCl_2 不同的距离)
- △—△, 小鼠的生长速度(每天用不同剂量的射线照射,拉德/天)

Brookline、Gager等人研究结果指出,照射植物可刺激生长,他们的结果被其他人(大约800人)用种子、苗、植物组织的实验所证实。

关于小剂量电离辐射刺激作用的机制,可考虑以下几点:

①突变不是主要因素,因为受照射个体的子代很少看见此效应,而且成年昆虫(如果蝇,未见细胞分裂),也考虑非遗传效应。

②大多数效应可能是辐射间接作用于生物液体而产生自由基所致。

③哺乳动物可能具有复杂机制,但并不排斥简单机体相应的反应。

生长与发育

许多人观察辐射兴奋作用对动物生长速度的影响。当与对照作比较时,受照射的果蝇、苍蝇、蛾等生长速度增加,支持了过去25年来关于辐射兴奋效应影响脊椎动物生长速度的报告。Lorenz证明每天给小鼠相同剂量照射,可刺激生长。

低剂量电离辐射加速许多种生物的发育,与对照比较,照射种子,可较早发芽,有几种植物还可见成熟较早,开花时间延长。培养的动物细胞,分离之后,通常可见到细胞群减少,和(或)生长下降,如用低水平照射,这种现象不存在。有人观察一组实验,将照射过的细胞进行培养,很快被建立起来,而对照组培养两周仍未见细胞建立。

有一种假设,认为很可能是辐射刺激神经功能,当与对照组比较,受照射的哺乳动物显示大脑血流增加,脑的发育加快、神经和脑的兴奋性增强。受照射小鼠和狗听觉及视觉锐敏性增加。在子宫内妊娠第13天接受照射后,新生小鼠行走较早,且走的较远,猴子受照射后,学习较灵敏。

生育力

动物生育力的辐射兴奋效应,包括观察雄性及雌性大鼠不育力的减少,幼仔数量增加,幼仔生存力增加,繁殖数代后总群体增加。

在培养动物细胞中,与对照比较,受照射者有丝分裂及细胞分裂增加。细胞周期缩短。照射大鼠的淋巴细胞,其有丝分裂比对照大鼠为多。用25拉德或50拉德照射小鲑鱼的精子,胚胎死亡率减少,如用100拉德照射则增加死亡率,慢性照射鲑卵或鲑仔,小仔生存力增强。照射母鸡,产蛋率增加,照射鸡蛋,胚胎发育加速。

低水平照射成年大鼠及小鼠,幼鼠产量增加。Ward及Hahn发现雌性大鼠在受精前4~8天接受照射,可增加排卵、胚胎着床,活胎儿及幼鼠数也增加。每代小鼠接受200拉德X线急性照射,通过25代观察,可见胎数增多、生育时间较长,相似结果也见于受慢性内照射者。用含 ^{90}Sr 及 ^{137}Cs 的饮水喂养小鼠,使每天受到1200及2600毫拉德照射,喂养数代,可见生育力增加。BEIR委员会于1980年接受了关于辐射效应阈剂量的概念,即辐射作用于机体后,对生育力、细胞分裂、眼、皮肤和血液损伤等效应应有阈值剂

量的概念,而对癌则没有阈值。

癌

没有人怀疑超剂量电离辐射引起致死效应,中等剂量电离辐射有致癌作用,轻微照射肿瘤组织,增加肿瘤细胞的有丝分裂和生长,但低剂量全身照射可减少肿瘤发生及肿瘤生长。

考虑Murphy及Morton的实验,在实验中,①三组小鼠均切去自发性肿瘤;②或者动物及肿瘤均未受到轻微照射;③原来的肿瘤植入到每只小鼠的腹股沟内;

结果表明,受全身照射的小鼠对植入的及新生肿瘤有较大抵抗力,受照射的小鼠可将植入的肿瘤消除50%,而对照小鼠仅消除3.4%。新的可触知的肿瘤的出现率,对照小鼠48例中有29例,受照射小鼠52例中仅为21例,此结果被Lisco等人用甲基胆蒽诱发小鼠肿瘤的观察所证实。Grahn等发现低剂量电离辐射照射小鼠,其白血病发生率减少5倍。

低剂量电离辐射引起动物癌症发生率减低的机制,一方面可能由于轻微照射动物后,修复机制被激活,血流增加,另一方面可能与T细胞群的辐射敏感性有关,T细胞可能抑制宿主对肿瘤起反应,一定剂量照射后,杀死了T细胞,宿主对肿瘤的防御变得更有效,故癌症发生减少。

有人给予小鼠10~100拉德急性照射,可观察到低水平辐射和癌症发生存在负相关,此结果也由人类慢性照射(其剂量稍高于平均值水平)流行病学资料所证实,略去气压及氧张力影响,将各种环境因素(社会地位,经济状态)进行多元回归分析,表明本底辐射与癌症引起的死亡之间呈负相关。Jacobson等及Panikar对印度喀拉拉邦人群进行调查,这些地方平均本底辐射每年为1.3雷姆,此量为大多数地区平均值的10倍,其结果未见辐射对人群有明显的影晌。Hickey等发现双变量(Bivariate)相关系数,即辐射与下列疾病的死亡率之间存在明显的负相关,肺癌、呼吸器官、口腔、喉、消化器官及腹膜癌症、全部癌症及心脏疾病”。

辐射抵抗力

无论开始照射是大剂量或小剂量,急性或慢性,内照射或外照射,照射前的照射对个体随后接受致死剂量照射的抵抗力比对照有所增加,这种放射抵抗力(radioreistance)。用低的、中等的甚至高达144拉德急性照射后,可产生对亚致死剂量的防护作用。

Maisin等发现不论是急性或慢性照射小鼠的胎鼠,它们对辐射的抵抗力四倍于成年小鼠。

人受到低剂量职业照射,可见淋巴细胞 的修复过程受到刺激。

创伤愈合

Schurch等提出切开家兔的皮肤,在切开前用镭稍加照射,与对照比较,创伤愈合较快。家兔受X线照射,狗受镭照射者,创伤愈合也较快。Omarov观察到家兔骨折后,在恢复期中,每天照射20拉德,可加速骨痂形成。

对感染的抵抗力

低剂量辐射,使动物比未照射的对照者具有更强的对疾病的抵抗力。有人提出辐射有一种“抗毒素效应”(Antitoxin effect),在注入白喉毒素后,受照射家兔存活时间比对照长,Bisgard等发现注入白喉毒素,受照射的所有家兔都存活,全部对照均死亡。

低剂量电离辐射照射后,免疫系统的几种成份都增加。受照射动物脾脏滤泡增生,空斑形成细胞及淋巴样细胞成分增加。低剂量照射,淋巴细胞生成及骨髓克隆形成细胞也增加。与对照比较,照射小鼠血清中控制T细胞成熟的胸腺激素增加。与对照比较,受照射动物吞噬细胞杀菌作用及吞噬细菌的活性增加,血清抗体增加,抗体亲和力增加。

寿命

在改善了防御系统的情况下,动物平均寿命可望增加。许多研究提出,受轻微照射的动物,其平均寿命增加是由于预防了早期死亡,而不是年老个体的增多。

啮齿动物对低剂量电离辐射一般慢性照射每天0.1~5拉德或急性照射10~80拉德相似,很多研究者发现小鼠及豚鼠平均寿命比未照射者增加大约120%以上,而大鼠则大于120%。

Frigerio及Stowe等人进行了流行病学的研究,提出当周围电离辐射高于平均值时,该地区人群平均寿命可能增加,在由BEIR委员会划定的美国高和低的电离辐射的范围内,人群死亡率,特别是1968~1972年间35~74岁白种男人心血管疾病死亡率与辐射呈负相关。

辐射需要

已综述的文献,使人们接受了一个共同的剂量-

反应曲线(图1),其中小剂量电离辐射对几种重要的生理功能有刺激作用,但如果在专门研究中,这一点并未明确,通过对不同条件下或低剂量进行外推,而使这一点表现出来,不管辐射兴奋效应的证据,仍有一个主要的问题:电离辐射是否为生命所不可少的?低于周围环境辐射水平时,剂量反应曲线的形式如图1纵坐标左侧所示,其变化是很重要的,如果全部电离辐射是有害的,那末,生长速度、生育力、健康及平均寿命应随着辐射剂量减少而增加,如果在低于环境辐射的范围内,其斜率是零,则辐射仅有兴奋效应,但是在低于环境的电离辐射的范围内生活的动物,其生长速度、生育力、健康、平均寿命是减少,如图1破折线所指出的,这就表明动物的基本生理功能需要一些电离辐射。

对原生动物研究支持此观点,电离辐射对于适宜的生理活动可能是必需的,planel等坚持十年研究,发现原生动物在10厘米厚的铅壁盒内进行培养,其繁殖速度明显减少,本文作者用两代原生动物进行研究,证实了此结果。这些比较工作急需用苍蝇、小鼠及人的细胞进行培养,以获得电离辐射是否是人及生物所必需的信息,需要作一个精确的实验,将内源性 & 外源性电离辐射减少至周围环境水平的2%,持续几代,低放射性核素饮食必须排除绝大部分⁴⁰钾及非基本放射性核素,但¹⁴碳的辐射可以忽略不计,因为它占总放射性1%以下。必需处理空气,以减少正常的气源性放射性粒子和气体,如氡,实验组动物必需屏蔽,使来自宇宙、地质和生物的射线减少95%,将实验动物保持在铅室或金属室内,室外涂石蜡及镉或铁加铜及塑料,在这种情况下第三代动物及第三代代的细胞将发现明显的辐射缺乏综合征。

假如电离辐射是必需的,有利的影响可总结为放射性兴奋效应,对此,可以理解为存在于适宜量以下的基本因素的补充。

总结已有资料,作者提出辐射缺乏综合征,其表现:①动物生长速度异常低下;②生理和心理发育缓慢;③受精后生育减少,胚胎和幼仔数目减少,幼仔活动能力降低;④体质较差,对辐射的抵抗力及免疫能力降低,对癌症及感染敏感性增加;⑤对营养利用减少;⑥寿命缩短。进一步的证据,将需要用射线或其化学产物(或相当制品)以预防或减轻电离辐射综合征。

【韩平戎摘译 夏世钧 查永如审校】