

再利用,也是设计者潜心研究的问题。例如将加热用的蒸汽使用后,通过冷凝器冷凝成水以再利用<sup>[7]</sup>;通过冷却压缩除去废气中的大量水分,以减少硅胶的水负荷,可延长其更迭周期。同时还可利用热交换器产生的热量来再生硅胶,既能减少二次废物的生成量,也提高了装置的处理效果和经济效益<sup>[10]</sup>。

### 参 考 文 献

- 1 程绍钧.重庆环境保护,1983; 2:11-13
- 2 鹤田英正.公开特许公报,1982;昭57-133399;477-482
- 3 重松昭世.他.公开特许公报,1982;昭57-133400;483-488
- 4 平竹遼.他.公开特许公报,1982;昭57-187697;559-562
- 5 平竹遼.他.公开特许公报,1982;昭57-187698;571-573
- 6 能見光彦.公开特许公报,1984;昭59-46899;571-574
- 7 内山義雄.公开特许公报,1984;昭59-88697;547-548
- 8 千野耕一.他.公开特许公报,1984;昭59-88700;559-561
- 9 井上俊二.他.公开特许公报,1986;昭61-90100;585-588
- 10 井上俊二.他.公开特许公报,1989;昭64-61698;587-591
- 11 细井融.他.公开特许公报,1989;平1-150900;595-597
- 12 柳瀬哲也.公开特许公报,1990;平2-259599;643-645

## 人类放射生物学的最新进展

Stather JW

目前,在人类放射生物学领域中,放射治疗和辐射防护都发生着重大的变化。

### 放射治疗

Kallman拓宽了与放射治疗有关组织和细胞放射生物学的看法。他提议,在受照组织经典细胞反应的五“r”——“修复”(repair)、“再分布”(redistribution)、“复原”(recruitment)、“再生”(repopulation)和“再氧合”(reoxygenation)的基础上,再增加一个名为“排异”(rejection)的第六个“r”。前五个“r”是治疗成功的关键,第六个“r”指的是免疫学排异作用,是一种期望而非临床事实。肿瘤是由正常组织产生的变异体,可认为是遗传上的不同,表型表达为抗原差异。如果其差异足够大,其抗原性就应反映在免疫原性上,从而可能产生排斥肿瘤细胞的抗体反应。由于尚不清楚的原因,这种期望未被实验和临床所证实,但根据机体的防御系统建

立治疗方法还是有吸引力的。要弄清组织对辐射的反应,还需单个肿瘤细胞效应的详尽材料。确定受辐射肿瘤细胞周期的研究是把体内照射的鼠肿瘤细胞分散成单个细胞悬液,然后离体培养。单个存活细胞用定时显微电影摄影术可得到生长模型,也可连续几代的跟踪观察大量单个细胞的分裂速率。研究证明,某些辐射过的肿瘤快速再生,可能是由于激发静止细胞进入分裂。

中子在放疗中的应用越来越引人注目。现今世界上已有18个研究中心应用快中子对15 000例病人进行常规治疗,或单独用快中子,或与其它放疗或化疗技术合并使用,已积累了丰富的经验。根据现有的临床资料可有效地判断肿瘤的种类和位置,与光子辐射相比,它具有明显的优势。组织对中子和光子反应的根本区别在于,不同的细胞系和组织对光子辐射的敏感性变异很大;无论是正常的还是恶性的组织,对中子的敏感性变异

要少得多。因为敏感性不同, 临床治疗病人的选择是很重要的, 并急需建立一种能够预测病人对治疗可能反应的技术。现有临床数据表明, 对一般生长较慢或分化较好的肿瘤, 用快中子比用光子照射更优越, 这样的肿瘤有唾液腺、鼻窦、头和颈肿瘤等。把软组织、骨和软骨肉瘤也列入中子治疗的行列, 作为进一步临床研究的第二组是必要的, 其中包括子宫颈、膀胱、直肠、支气管和食道肿瘤等, 似乎中子治疗对这些肿瘤更有效。

各种生物学因素都会影响正常组织和肿瘤组织的辐射反应, 对其综合分析, Arcun-geli阐述了分次治疗方法中某些新进展。常规分次疗法, 每周五天, 每天一次, 能对恶性组织进行有效治疗, 使正常组织的损伤得以修复。因癌细胞与正常组织反应不同,  $\alpha/\beta$ 商值一般比正常组织高。这样, 分次剂量、时间间隔和总剂量、治疗时间会明显地影响治疗反应, 因此可考虑怎样提高治疗效果。超分次(hyperfractionation, 减少分次时间, 不改变总治疗时间)。快分次(accelerated fractionation, 缩短总治疗时间, 不改变分次次数)和快-超分次(以上二者的结合)技术正在临床上试用, 希望能证实以上方法对某些类型的肿瘤比传统疗法更具效力。

建立一个模型以预测细胞和组织对不同分次方式的反应已是当务之急, 为达到最好的治疗效果, 最大程度地杀死癌细胞, 同时尽可能地保护正常组织, 所采用的模型应考虑到辐照时的剂量分布和组织的生物学反应。正在建立的包括解剖数据及详尽的治疗方案在内的三维模型, 使剂量分布连同肿瘤控制的概率预测值和正常组织中的任何并发症一起计算。该模型的依据是体模和显微镜功能单位, 主要局限性是缺乏有关实体肿瘤反应的详细放射生物学资料。

#### 辐射防护

近来建立了许多电离辐射引发肿瘤的模式。但这些模型一般未考虑致癌作用的复杂过程。并且几乎忽略了一个事实, 尤其对人, 即辐射只是影响肿瘤发生的因素之一。在验证模型时, 用对诱发肿瘤或细胞发生不同敏感性的动物品系或细胞系统进行研究是有价值的。用这些模型解释实验结果的一个特殊例子, 是某些人观察到的裂变中子辐射诱发培养细胞恶性转化的“反剂量率效应”。这种现象可解释为不同细胞周期辐射敏感性不同所致, 所以辐照时间长短是非常重要的。将来, 分子水平的研究可能解释癌变的起始过程, 而辐射致癌的多阶段模型对阐述辐射致癌全过程有说服力。

最近, 通过分析日本原子弹爆炸幸存者致癌的剂量反应数据, 结合新的DS33剂量系统, 估算了电离辐射致癌的危险度。结果表明, 其危险度比70年代后期高出2~3倍。对低剂量和低剂量率辐射致癌的危险度估计, 是在对受高剂量和高剂量率辐照组的流行病学研究基础上, 通过中报的剂量和剂量率因子计算得到的。美国已发表的资料和英国、加拿大等对核基地工作人员的进一步调查, 主要是为了验证原子弹爆炸幸存者的危险度。另外, 对具遗传效应危险度的估算较为理想, 由于缺少人类遗传危险度估算的确切资料, 只能从辐射诱发突变或染色体畸变的动物实验数据推出人的危险度系数。研究表明, 目前约50%的人类遗传病, 其分子改变均以点突变(DNA碱基对变化)为特征, 其余是由于缺乏或整个DNA分子的变化。所有这些变化并非随机分布在整个基因中, 而是聚集在某些特别敏感的位点上。在这些自发突变中所呈现的突变位点和断裂点缺失的特异性, 能否说明电离辐射的随机作用能引起这种变化还是问题。现在看来, 大多数健康效应可能是多因素造成的, 他们的表达是基因和环境之间相互作用引起的。对这些疾病, 在突变和诱发疾病间不存在简单

的联系,所以对辐射引起的附加危险度很难进行更可靠的估算。尽管ICRP新建议书已制订了判断这些疾病危险度的合理方法,但还需要有更多的有关机理知识的普及,才能够改进对危险度的估算。对遗传病而言,在缺乏人的资料情况下,普遍采用依据慢性动物实验得到的1Gy的倍增剂量。这个数据可能比较保守,但它是依据小鼠隐性突变得来的。由于缺少原子弹爆炸幸存者和动物的某些遗传效应数据,暗示其倍增剂量可能比1Gy高1~2倍。现行的遗传危险度估算不

可能低估电离辐射引起的遗传疾病的危险度,更像是高估了。

1986年4月,切尔诺贝利核电站第4机组发生泄漏,放射性物质的播散至整个北半球,当时已对释放在环境中放射核素的行为进行了广泛研究,还需解决的突出问题是如何最好地完成受照组流行病学研究,以得到某些重要资料。但至今仍无迹象表明这个时刻即将到来。

[Radiol Prot Bull 1992; 130(3): 12~17(英文)焦玲节译 穆传杰校]

## 利用新的组织权重因子对公众成员摄入放射性核素所致年龄依赖剂量的修正

Jain SC et al

**摘要:** ICRP 1990年建议书根据致死癌症和遗传疾患危险估算的新资料修正了组织权重因子,这种变动必然影响到ICRP原先所考虑的摄入各种放射性核素所致有效剂量的计算。本文重新计算了食入和吸入所致有效剂量并和原先值进行了比较。结果表明,在氚和 $^{14}\text{C}$ 无变化,对大多数放射性核素变化范围为原先值的 $\pm 20\%$ ,对选择蓄积于特定器官核素变动较大。

1977年,ICRP提出的有效剂量当量概念(现称有效剂量, E)已广泛应用于辐射防护实践。该参数考虑了受照公众的不均匀剂量分布,只适用于低剂量和低LET辐射。其主要优点是致癌和遗传效应的辐射危险有了一个统一的量度。有效剂量是采用分配给各器官和组织的组织权重因子计算的加权当量剂量之和。

ICRP56号报告已对公众成员各器官和组织由于摄入大多数有放射学意义的放射性核素,计算出了年龄依赖的剂量系数(又称剂量当量)。从这些剂量系数利用ICRP26号报告给出的组织权重因子,可计算出有效剂量。ICRP60号报告依据对致死癌症和遗传异常新的危险估算值对组织权重因子作了明显更动,不但包括了较多的器官和组织,某些权重因子数值也有重大变动。显然,组织

权重因子的这种更动会导致计算出的有效剂量的相应变动。本文按ICRP56号报告所作的考虑,采用新的组织权重因子计算了食入和吸入放射性核素所致有效剂量,并将修正后值和原先值进行比较。

ICRP26号报告推荐了7个组织权重因子,而其60号报告增加到13个。在ICRP26号报告,“其它”的权重因子0.30被等量分配于五个接受最高剂量当量的其余组织和器官,而在ICRP60号报告中,“其它”权重因子0.05,通常指未专门给出权重因子特定器官的平均剂量。“其它”所指的器官和组织为肾上腺、脑、上大肠、小肠、肾、肌肉、胰腺、脾、胸腺和子宫。当某一“其它”器官接受超过列出的12个器官的当量剂量时,该器官可有“其它”权重因子的一半,而剩余“其它”组织权重因子0.025用于别的“其