

上精确说明他们的生物学过程是有困难的。这一领域不仅在评价核燃料循环的生物影响有重要作用，而且对研究其它燃料循环和其它工业生产工艺的效应也有重要作用。

第三是讨论会一致认为，对剂量、剂量水平和剂量率之间的关系日益关注。

(Weeks JK等: Atomic Energy Rev 16:327~338, 1978 (英文) 卢正福译 王燮华校)

快中子放射治疗恶性肿瘤的前景

对于恶性肿瘤的放射治疗，临床上采用的基本上是属于低密度电离辐射。放射治疗医生的主要任务，就是要在病灶处造成最大可能的组织吸收剂量，并使周围健康组织受到最小的损伤。以往实践证明，用X射线和 γ 射线的最大病灶吸收剂量造成对肿瘤所谓的“破坏”，对一些晚期病人仍不足以达到根治肿瘤的目的。Suit证实，在175000例接受放射线治疗的病人中，有58500（33%）例是死于原发肿瘤的复发。因此，对于某些部位的肿瘤来说，其“不可治疗百分率”是非常高的：中枢神经系统——93%，卵巢——84%，前列腺——60%，食管——53%，膀胱——50%。由于照射会损伤病灶周围健康组织，因此不可能再增加病灶剂量。当前采用的根治性或姑息性放射治疗，对约70~75%的肿瘤病人的效果，不能认为是满意的。

随着微观世界科学技术发展起来的现代核子物理学，能够把某些带电粒子如质子、氦核和 α 粒子、 π 介子及比质子更大的富电离子（*многоядерный ион*），用作放射线治疗，在一定程度上，克服了前述射线的缺点。但必须设置昂贵的加速器，因而限制其应用。

目前有关采用快中子治疗的意见，整个科技界的兴趣正在增长。最乐观的前景是快中子的利用，有可能代替常规X射线和 γ 射线治疗。到1977年，世界文献记载了近2,000份采用快中子治疗的病例，取得了令人鼓舞的效果。Макарова等人指出，以现代实验生物学知识为依据的快中子治疗，已经积累了一定的临床经验。

快中子的空间物理剂量分布，并不比 ^{60}Co 更好一些，快中子的主要优越性在于它们生物学效应的特征。第一，快中子治疗可以提供乏氧效应，甚致可以期望它能克服乏氧肿瘤细胞对放射线的抗拒。第二，快中子治疗所致的细胞损伤，对细胞周期的不同时期，依赖程度很小。因此，可以认为，上述特点使快中子能够从本质上提高放射线治疗肿瘤的有

效率。

目前，在许多治疗中心，正计划在临床上大规模利用快中子治疗那些估计是乏氧的肿瘤和生长缓慢的肿瘤。快中子常用于大脑、肺、前列腺、胃肠道、骨骼、头颈部肿瘤，甚至是各种经过质子照射或其它治疗后又复发或转移的肿瘤。英国伦敦Hammersmith医院，不久前应用快中子治疗头颈部恶性肿瘤，获得了局部治疗率提高一倍的效果。

由于快中子具有高LET的生物学效应，因而它对时间-剂量、分次照射等的依赖关系较小。根据实验肿瘤的治疗准则，当适当减少分次照射次数时，较常规分次照射更为有效。Fowler指出，快中子的放疗反应、皮肤损伤，与一般照射并不同。快中子的总剂量，不必依据常规放疗那样仔细地进行分割。所以快中子的治疗计划，可具有很大的灵活性，尤其是应当用特殊的分割方案时，更是如此。

讨论应用快中子，还有一现实意义，就是以快中子对不同组织的放射敏感性，而使用不同的有效剂量率，此乃取决于快中子对各种组织的生物学效应。因此，可以针对“肿瘤-正常组织”的特异性，选择不同的特异的物理技术条件进行照射。这种选择，能使肿瘤对亚致死剂量照射的修复能力，比健康组织明显降低。

快中子的应用，从纯属理论性的问题开始，现已付诸实施。快中子的优越性，不久前还是假说，现已变成事实。与惯用的放疗手段和其他粒子辐射相比较，快中子是最有实用价值的。但也必须指出，把快中子看作是放射治疗恶性肿瘤的万能方法，也是错误的。提高对快中子治疗的重视，绝对不是创立与其他粒子辐射（甚致是光子照射）相竞争的趋势。

作者最后指出，在美国国内、日本-美国以及欧洲，正在对快中子治疗恶性肿瘤的物理技术、放射生物、临床观察，展开有计划的协作研究。从事快中子治疗的研究中心，已在迅速增加，1970年只有5个，1974年达到18个，而1977年总共有27个。

译者注：采用快中子放射治疗恶性肿瘤，在世界范围有迅速发展的趋势。1975、1976、1977年苏联在Обнинск Дубна先后召开过“医学应用中子”、“采用快中子治疗恶性肿瘤研究现状”专题会议。Мед Рад1977年第10期出刊医学“应用中子”专辑。本文是其中一篇有关应用快中子对恶性肿瘤进行放疗的概述性文章。

(Рудрман等: Мед Рад 10: 47~49, 1977

(俄文) 田国栋摘译 乔赐彬校)