

- (eds). *Intracocular tumors: a text and atlas* [C]. Philadelphia: Saunder, 1992. 117-136.
- 3 De Potter, Shields CL, Shields JA, et al. Plaque radiotherapy for juxtapapillary choroidal melanoma: visual acuity and survival outcome [J]. *Arch Ophthalmol*, 1996, 114:1357-1365.
 - 4 Cruess AF, Augsburger J, Shields JA, et al. Visual results following cobalt plaque radiotherapy for posterior uveal melanoma [J]. *Ophthalmology*, 1984, 91:131-136.
 - 5 Finger P. Microwave plaque thermoradiotherapy for choroidal melanoma [J]. *Br J Ophthalmol*, 1991, 76:358-364.
 - 6 Shields CL, Shields JA, De pooter P, et al. Treatment of nonresectable malignant iris tumors with custom designed plaque radiotherapy [J]. *Br J Ophthalmol*, 1995, 79: 306-312.
 - 7 Shields JA, Shields CL. Current management of retinoblastoma [J]. *Mayo Clin Proc*, 1994, 69:50-56.
 - 8 Amendola BE, Lamm FR, Markoe AM, et al. Radiotherapy of retinoblastoma. A review of 63 children treated with differentiation techniques [J]. *Cancer*, 1990, 66:21-26.
 - 9 Shields CL, De potter P, Himmelstein B, et al. Chemoreduction in the initial management of intraocular retinoblastoma [J]. *Arch Ophthalmol*, 1996, 114:1220-1338.
 - 10 Amendola BE, Markoe AM, Augsburger JJ, et al. An treatment results in 36 children with retinoblastoma treated scleral plaque irradiation [J]. *Int J Raidat Oncol Biol Phys*, 1989, 17:63-70.
 - 11 Shields CL, Shields JA, De Potter P, et al. Plaque radiotherapy the management of retinoblastoma: use as a primary and ciliary treatment [J]. *Ophthalmol*, 1993, 100:216-224.
 - 12 Shields JA, Shields CL, De Potter P, et al. Plaque radiotherapy residual or recurrent retinoblastoma in 91 case [J]. *J Pediatr Ophthalmol Strabismus*, 1994, 31:242-245.
 - 13 Shields CL, Shields JA, Minelli S, et al. Regression of retinoblastoma after plaque radiotherapy [J]. *Am J Ophthalmol*, 1993, 115:187.
 - 14 Hernandez JC, Brady LW, Shields CL, et al. Conservative treatment of retinoblastoma: the use of plaque brachytherapy [J]. *Am Oncol*, 1993, 16:397-401.
 - 15 Schwartz MB, Burgess LP, Fee WE Jr, et al. Post-irradiation sarcoma in retinoblastoma. Induction or predisposition [J]. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg*, 1988, 114:640.

文章编号: 1001-098X(2002)01-0032-03

重离子束治癌

党秉荣, 卫增泉, 李文建

摘要: 由于重离子 Bragg 峰的物理特性, 使重离子束治疗肿瘤成为当今最先进的技术。因此, 在许多国家这一技术得到发展, 而且取得了很好的社会效益和经济效益。介绍了重离子治疗技术的现状、发展和研究的新信息。

关键词: 重离子束; 放射治疗; 肿瘤

中图分类号: R815.6

文献标识码: A

Therapy tumor with the heavy ions beam

DANG Bing-rong, WEI Zeng-quan, LI Wen-jian

(*Institute of Modern Physics, The Chinese Academy of Science, Gansu Lanzhou 730000, China*)

Abstract: As physical characteristic of heavy ions Bragg peak, therapy tumor with heavy ions is becoming advanced technology. So, many countries have developed the technology and used to treat tumor, the societal and economic effects are beneficial to people. In this paper, we show the development, present situation and information of research in world of advanced radiotherapy with heavy ions.

Key words: heavy ions beam; radiotherapy; tumor

根据世界卫生组织(WHO)的统计资料表明,目前,全世界癌症患者有1400多万,1976年,全世界40多亿人口中每年因癌症死亡的超过500万,到2000年估计癌症致死人数将上升50%,达到750多万。在欧洲,每年癌症发病人数为100多万,其中德国年发新病例大约为40万人,仅局部肿瘤(未转移)治疗(手术、放疗、手术加放疗)后未能控制而导致死亡的人数已接近8万人。目前,癌症已经成为西方国家病人死亡的第二杀手(心血管病名列第一)。据2001年1月11日的《科学时报》报道,美国癌症协会预计,2001年美国新的癌症患者和死亡人数均将有所上升。报告预计,2001年美国将新增加127万癌症患者,高于2000年的122万,预计将有55.34万人死于癌症,高于2000年的55.22万人。

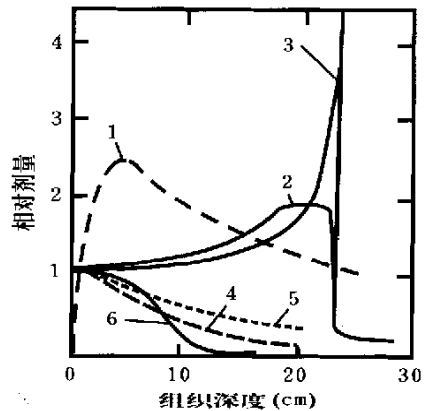
1 放疗在肿瘤治疗中的重要性

癌症作为一种威胁人们生命健康的疾病,正日益成为致死的重要杀手。目前治疗癌症的有效方法为外科手术、放疗和化疗,其中,放疗是治疗恶性肿瘤的主要手段之一。欧洲的癌症研究委员会(Cancer Research Working Party)在1994年的一份报告中介绍了欧洲癌症患者采用的各种治疗方法和相应的治愈率,表明45%癌症患者可以治愈,其中22%是以手术为主治愈,18%是以放疗为主治愈,5%是以化疗为主治愈;55%为治疗失败,其中18%为局部治疗失败,37%是姑息治疗。

2 放疗的发展趋势

近年来,常规辐射(X射线、⁶⁰Co γ 射线、电子束等)治疗癌症的治愈率和有效控制率明显提高。放射治疗使某些早期局限性肿瘤获得根治,中晚期肿瘤也可被抑制扩散,减轻痛苦,改善病人生活质

量和延长生命时间,并且放疗对癌症部位器官和功能的保留有着重要意义。然而,常规辐射的治疗存在着某些固有的不足,由于它们在人体组织的剂量分布不理想,在杀死癌细胞的同时,周围健康组织也受到较大损伤,造成明显副效应,甚至出现一些并发症。尽管对放疗设备进行非常严密的设计(例如, γ 刀、中子刀等),但肿瘤周围的正常组织和器官仍受到相当高剂量的照射。为了避免使肿瘤周围的正常组织(特别是对放射线敏感的重要组织和器官)受到不必要的损伤,有时不得不把总剂量减低,以致使肿瘤区得不到必要的照射剂量,因此大大地降低了肿瘤的治愈率。这是由于这些辐射与物质相互作用的物理特点决定了它们的剂量是非局域沉积(见图1)。而当带电的重离子穿过物质时,在与穿越物质的相互作用中,其深度-剂量曲线表现为在坪区吸收剂量相对保持恒定,而在射程的末端,离子的速度变得很低,其能量损失速率急剧增加,从而形成一高电离密度 Bragg 峰;另外,由于离子之间射程的涨落和一部分离子在射程末端的能量损失速率低于其他离子,因此使 Bragg 峰展宽。将这一特点应用在放疗中,即把受照射的肿瘤部位置于 Bragg 峰处,从而在肿瘤接受较大剂量情况下,其前方正常组织接受较小的剂量。



1: 22MV X射线; 2: 展宽 Bragg 峰的碳离子束; 3: 碳离子束; 4: 200kV X射线; 5: ⁶⁰Co γ 射线; 6: 22M eV 电子束。

图1 各种射线的深度剂量分布

3 国内外研究现状

早在1946年,美国的 Wilson RR 就认识到重带电粒子这种不同于其他粒子和射线的物理学特征可应用于医学中治疗癌症。1974年,美国 LBL(伯可

收稿日期: 2001-12-12

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(19905013)

作者简介: ①党秉荣(1965-),男,陕西蒲城人,中国科学院近代物理研究所(兰州,730000),从事离子辐射生物学研究
②卫增泉(1939-),男,江苏无锡人,中国科学院近代物理研究所,从事离子辐射生物学研究。
③李文建(1959-),男,河北石家庄人,中国科学院近代物理研究所,从事离子辐射生物学研究。

利国家实验室)得到治癌所需能量和强度的重离子束后,用重离子($Z \geq 2$)进行肿瘤放疗才得到了发展。1975年,在LBL肿瘤患者第一次接受了重离子束(Ne离子)临床治疗。截至1992年6月,已收治各种难治癌症患者2487例,其中用 ^4He 离子束治疗的有2054例,用 ^{12}C 和 ^{20}Ne 离子束治疗的患者有433例,取得了很高的肿瘤治愈率,较常规的X、 γ 射线和电子束等治疗有明显优越性(见表1)。他们的成功经验鼓舞了人们对重离子治疗肿瘤的应用。

表1 LBL的 ^{20}Ne 离子束治疗肿瘤的效果

肿瘤部位	^{20}Ne 离子束 治愈率(%)	X射线治 愈率(%)
鼻咽癌和副鼻窦癌	87	21
耳下腺癌	79	28
前列腺癌	92	60
恶性肉瘤	58	28

日本于1984年就提出在国立放射医学综合研究所(NIRS)建造一台重离子医用加速器(HIMAC),专门用于重离子治癌及放射医学研究。1994年6月21日,第一批病人用HIMAC接受了治疗^[1],治疗的患者包括头颈部肿瘤、脑瘤、肺癌、肝癌、前列腺癌及宫颈癌,都取得了良好的疗效,肿瘤生长抑制率很高^[2]。

在欧洲,重离子束治癌装置HITAG于1996年在德国重离子研究中心GSI建成。GSI借鉴了LBL的 ^{20}Ne 离子束及NIRS的 ^{12}C 离子束的治疗特点和治疗经验,采用了先进的光栅磁扫描系统,达到了重离子束与肿瘤的适形放疗。在过去的20多年中,GSI做了不少于十万个样品的放射生物学实验和大量的放射物理学实验,积累了大量肿瘤临床治疗所需的基础数据和治疗经验。正是有了这样的基础,GSI于1997年12月开始用高能碳离子束治疗了两例颅底瘤患者,并从1998年下半年起开始一项为期五年

的临床研究,治疗几百位颅底和脑部肿瘤患者,最终将重离子束治癌新疗法推广到德国的各大医院,使每年几千例的肿瘤患者能从重离子治疗手段中获得健康。欧洲癌症研究与治疗联盟(EORTC)于1985年在法国尼斯举行会议,向欧共体提出申请要在医院建造一台欧洲轻离子医用加速器(EULIMA),1986年又在西欧核子中心(CERN)召开第二次会议,法国、瑞士、南斯拉夫和比利时等国参加。但至今只进行了概念性、物理和部分工程设计,由于种种原因仍未启动。1993年,意大利提出了强子治疗网计划,包括中子、质子和重离子的医学研究和临床治疗。该计划也是跨国性的,有意大利、法国和瑞士等国参加,目前已经开展了一些基础研究,作好了技术准备,主要内容是剂量学的精确测量,包括方法、技术和装置,例如平行板电离室和多丝正比室。此外,还有剂量与靶体积的适形技术,例如点扫描和线扫描,以及计算机控制显示读出系统。

最新的资料显示,全世界用粒子治疗者为34440例,其中,质子29852例(23个治疗机构),离子3488例(4个治疗机构),介子1100例(3个治疗机构)^[3]。由此可见,当前国际上对重离子束治癌的基础研究和临床应用研究日趋升温 and 加快,世界上凡是有重离子加速器的国家几乎都开展了这项研究工作,使得重离子束治癌成为放疗领域的前沿性研究热点。

参考文献:

- 1 Tsujii H. Book of Abstracts, 5th workshop on heavy charged Particles in Biology and Medicine [C]. Darmstadt:GSI 1995.167.
- 2 Tsujii H. Book of Abstracts, 6th workshop on heavy charged Particles in Biology and Medicine[C]. Bevano: Italy, 1997, 16.
- 3 Sisterson J. A newsletter for those interested in proton, light ion and heavy charged particle radiotherapy [C]. Particle therapy cooperative group, 2001.