

三维后装放射治疗研究进展

刘丽¹ 窦鹏挥² 王晓悦¹ 李逸飞¹ 王尊宪²

(1.佳木斯大学 黑龙江佳木斯 154000; 2.佳木斯大学附属第一医院 黑龙江佳木斯 154000)

【摘要】当今恶性肿瘤已成为严重危害人类健康的重大疾病,恶性肿瘤的治疗包括手术、放疗、化疗、靶向治疗等多种治疗方法,三维后装放射治疗为放射治疗中的重要治疗方法,近年来在临床应用中取得了显著进展。在我国老龄化加剧且恶性肿瘤成高发趋势背景下,放射治疗在临床上的地位越发重要。本文将对三维后装治疗的发展历程、技术特点、临床应用以及未来的发展方向进行综述。

【关键词】恶性肿瘤;三维后装放射治疗;发展历程;技术特点;临床应用

Progress in three-dimensional post-mount radiotherapy

Liu Li¹ Dou Peng hui² Wang Xiaoyue¹ Li Yifei¹ Wang Zunxian²

(1. Jiamusi University, Heilongjiang Jiamusi 154000;

2. The First Affiliated Hospital of Jiamusi University, Heilongjiang Jiamusi 154000)

[Abstract] Today, malignant tumor has become a major disease that seriously endangers human health. The treatment of malignant tumor includes surgery, radiotherapy, chemotherapy, targeted therapy and other treatment methods. Three-dimensional posterior radiotherapy is an important treatment method in radiotherapy, which has made significant progress in clinical application in recent years. Under the background of aging and high incidence of malignant tumors in China, the role of radiotherapy is more and more important. This paper will review the development history, technical characteristics, clinical application and future direction of 3 D reloading therapy.

[Key words] malignant tumor; three-dimensional radiation therapy; development history; technical characteristics and clinical application

1 引言

三维后装放射治疗已成为恶性肿瘤的一种重要的治疗手段。三维近距离放射治疗是以三维影像(CT/MRI)为基础,对靶体积给予处方剂量,对靶区及危及器官给予剂量体积分直方图评估,影像引导下的后装治疗能够使精准的进行肿瘤靶区照射,同时有效保护周围正常器官。三维后装放疗技术适用于宫颈癌、子宫内膜癌、食管癌、肺癌、鼻咽癌等,尤其可以提高中晚期宫颈癌的放射治疗疗效。三维后装放射治疗是精准的放射治疗,提高了肿瘤的局部控制率、生存率,降低了肿瘤的复发率和死亡率。

2 三维后装放射治疗的发展历程

2.1 早期放射治疗阶段

1896年:法国物理学家亨利·贝利克勒发现了元素放射线。

1898年:居里夫人发现了“镭”元素,并很快被用于宫颈癌的治疗。

1903年:Margaret Cleaves 报告用放射源“镭”治愈了两例宫颈癌患者,这标志着放射治疗的开始。然而,早期的放射治疗是粗糙和简陋的,医务人员需要在没有任何防护的情况下夹取放射源,置入肿瘤组织中,患者需要携带放射源数天,且治疗过程中需要长期卧床,保持一个体位,不方便

移动。

2.2 后装技术的提出与发展

20世纪50年代:为了医务人员的安全以及近距离放疗的安全有效实施,美国纽约纪念医院 Henschke 提出了后装技术。早期的后装技术是指先把不带放射源的治疗容器置入治疗部位,然后再通过手动控制,让放射源通过连接管道到达治疗部位。

技术改进:随着计算机控制技术的发展,后装放射治疗技术得到了进一步的改进。现代的后装治疗步入了三维治疗时代,不仅在防护上进一步加强,还把手动控制改为了电脑控制,同时引进了CT或磁共振影像定位,增加了治疗的精准性。治疗结束后,在电脑控制下放射源自动退回放射源存储器。

2.3 三维后装放射治疗的兴起

三维适形放射治疗:三维适形放射治疗(3D-CRT)是最早基于将剂量集中在病变区以减少放射毒性的理念设计出的放射治疗方案。相较于传统的单一射野角度,3D-CRT允许多个角度照射,并利用多叶光栅遮挡束线,将出射束形状调制为与瘤形态的空间分布一致。目前调强放射治疗(IMRT)已广泛应用于临床,是一种建立在三维适形放射治疗之上的技术,通过使用不同照射角度,转速、剂量等科优化参数调节射野的强度分布,从而更好地保护正常器官,同时实现靶区高剂量覆盖。

图像引导的三维后装放射治疗:结合了现代CT、MR

等定位引导图像系统以及三维计划系统,使医生在进行临床操作时能够更精准地贴近或直接插入肿瘤中心,清晰地看到肿瘤的形态和各种危及器官,并进行勾勒。这种个体化的精准近距离放疗技术大大提高了治疗的准确性和安全性。

2.4 三维后装放射治疗的现代应用

广泛的应用范围:三维后装放射治疗在多种肿瘤的治疗中取得了显著的疗效,特别是在宫颈癌的治疗中,其5年生存率得到了显著提高。

3 三维后装放射治疗的技术特点

3.1 图像引导技术

3.1.1 CT 引导成像

通过CT引导的三维后装治疗技术,能够实现对靶区及周围危及器官的高度精确识别与定位,从而确保靶区勾画的精准无误。该技术还具备出色的剂量分布评估能力,使得三维后装治疗在具有高适形指数的同时,能够有效提升肿瘤靶区的照射剂量,而无需担心增加急性不良反应的风险。杨杰^[1]等对于CT引导下三维腔内后装放疗联合体外调强化疗在治疗晚期宫颈癌的应用价值的回顾性研究的结果表明,采用CT引导下的三维腔内后装放疗技术,并结合强度调制放射疗法(IMRT)及顺铂化疗方案,在治疗晚期宫颈癌方面展现出相较于传统二维腔内后装放疗联合IMRT及顺铂的显著优势。这一先进疗法不仅更有效地提升了治疗效果,而且显著降低了对周围重要器官的放射性损伤风险,为患者带来了更长的生存期。

3.1.2 MRI 引导成像

尽管CT引导的腔内后装治疗相较于传统二维后装治疗在提升疗效方面取得了显著进步,但CT在区分残余肿瘤总体积(GTV)、子宫颈、子宫及阴道等结构时仍存在一定的局限性,难以精确识别目标体积,并且在界定肿瘤浸润的参数方面表现不佳。相比之下,MRI在软组织成像方面具有卓越的优势,能够清晰地区分肿瘤组织与正常的子宫颈、子宫,并能精准显示肿瘤向邻近组织(如阴道)的浸润情况。这种精确的肿瘤描绘能力确保了放疗剂量的准确投放至目标区域,从而实现了出色的疾病控制率。3.1.3 CT与MRI融合引导成像

三维后装放射治疗目前有两种引导成像方式,CT及MRI引导成像,CT图像在界定靶区时,由于软组织分辨率低,往往导致靶区的宽度和厚度被高估,而MRI则能更清晰地识别肿瘤、膀胱壁、直肠和乙状结肠等组织结构。但MRI需要特殊的施源器,同时需要在施源器置入后行MRI扫描时,患者要长时间保持相同体位。因此,出现了CT/MRI融合的方法,它是将MRI图像与CT图像重叠融合,从而减少靶区勾画差异,提高了勾画的精准性。

3.2 施源器的选择

三维后装放射治疗作为放疗领域的一项关键技术,其成

效在很大程度上依赖于施源器的精准运用。其根据不同的治疗需求设计成硬管状、软管状或针状等多种形态,并能够被精确地放置于人体的自然腔道内(例如子宫、食管、直肠、支气管以及鼻咽部),分为Flecher施源器(三管施源器)、单通道施源器和柔性双囊施源器、组织间插植针、支柱调整体积植入(SAVI)施源器、Venezia敷贴器等,目前施源器以适合于特定治疗部位的形式应用于临床中。如组织间插植针主要应用于前列腺癌的治疗,支柱调整体积植入(SAVI)施源器用于乳腺癌的治疗,宫颈癌的近距离放射治疗通过腔内(IC)、插植针或这两种技术的组合进行治疗。Venezia敷贴器用于实现巨大肿瘤的适形剂量分布,例如子宫旁外侧扩张、广泛累及盆腔外侧壁、阴道延伸较低或阻塞口的肿瘤。不同类型的施源器适用于不同部位和类型的癌症治疗,其设计和应用与肿瘤的位置、形状以及治疗技术相关。在现代近距离放射治疗中,施源器的发展朝着与三维图像结合、实现剂量优化等方向发展,以提高治疗效果并减少对周围正常组织的损伤。

3.3 剂量优化

3.3.1 逆向规划:通过在优化之前规定对治疗靶点和OAR的剂量约束来定义治疗计划的目标,并且在优化过程中考虑患者的解剖结构。最后,该剂量优化的结果由每个停留位置的一组停留时间给出。基于优化过程的这一特征,这种方法称为逆向规划。

3.3.2 高剂量放射治疗(HRD)剂量优化法

HDR治疗计划使用多种数学技术来优化剂量分布,这些治疗计划方法分为启发式和精确方法。启发式方法不提供剂量优化问题的最佳解决方案,但在合理的时间内提供接近最佳解决方案的结果。因此,启发式方法更适合于解决真实的问题。

3.3.3 其他优化方法

几何优化:在几何优化中,驻留位置作为剂量点,同一导管内的源驻留位置需考虑几何距离优化,不同源驻留位置需考虑体积的几何优化。

图形优化:图解优化法是近年来得到广泛应用的一种简便的优化方法。在使用这种方法的治疗规划系统中,使用计算机鼠标手动改变近距离放射治疗计划的等剂量线。等剂量线的手动调整将指示算法计算最佳停留时间。Tanderup等人比较了图形优化和几何优化的结果,得出的结论是前者比后者具有更好的再现性。

4 三维后装放射治疗的临床应用

三维后装放射治疗已应用于多种恶性肿瘤的治疗,提高癌症患者的生存率,降低了复发率及死亡率,取得了显著成效,如宫颈癌、直肠癌、前列腺癌、鼻咽癌的临床应用取得了显著成效,以下将根据三维后装放射治疗的临床应用进行阐述。

4.1 宫颈癌

宫颈癌是世界范围内女性中第四大常见癌症,其治疗以手术、放疗、化疗等综合分治疗为主,在临床中约有一半的患者首次诊断时宫颈癌已达中晚期,通常已无法行手术治疗,因此,同步放化疗加近距离放疗已成为局部晚期宫颈癌的标准治疗方法。与此同时,放射治疗也逐渐从外束放疗加低剂量率腔内近距离治疗转变为外束放疗加高剂量率腔内三维近距离治疗。目前,标准放射治疗的方法已经从三维适形放射治疗转变为外部放射治疗的强度调制放射治疗,从近距离治疗的二维到三维图像引导方法。达到了对肿瘤的精准照射,减少了对直肠、膀胱等靶区器官的损伤,从而降低了宫颈癌患者的复发率及死亡率,提高了患者的生存率,给更多晚期宫颈癌患者带来了生存希望。

4.2 鼻咽癌

鼻咽癌是一种具有地域集中特性的疾病,尤其在中国的南方区域,例如广东、广西、香港及澳门等地,其发病率相对较高。尽管目前尚未完全揭示鼻咽癌的确切病因,但已确认的致病因素涵盖遗传背景、EB 病毒的感染,以及环境因素的共同影响。在治疗方面,放射治疗已被广泛认为是鼻咽癌最为有效的根治手段。此外,结合化疗与靶向治疗的综合疗法,通常以放射治疗为主导,作为辅助手段,进一步提升了治疗的效果^[2]。鼻咽腔内后装放射治疗在 20 世纪初就早有研究,张万团等^[3]在 I、II 期鼻咽癌外照射联合高剂量率腔内后装治疗研究中表明,外照射加高剂量率后装放射治疗可 I、II 期鼻咽癌患者的控制率。目前鼻咽癌的放疗方式主要有固定野调强放疗、容积旋转调强放疗、螺旋断层放射治疗、近距离放疗和立体定向放疗等。质子或碳离子调强放疗目前仍在进一步探索及研究中。

4.3 前列腺癌

前列腺癌是男性常见的恶性肿瘤之一,随着临床医学研究的进步,前列腺癌的治疗方法变得更为多样化,主要包括根治性前列腺切除术、外照射和前列腺近距离放射治疗等。20 世纪 50 年代应用外照射的方法广泛治疗前列腺癌,但早期外照射的照射视野小,仅适用于 T1 或 T2a 期的前列腺癌患者,不适合多数局部进展期的肿瘤。近年来随着放疗技术不断发展,前列腺间质近距离放射治疗采用永久或临时植入是一种成熟和不断发展的治疗非转移性前列腺癌的技术。

经研究表明前列腺近距离放射治疗比单独使用外束放射治疗更安全,因为它在前列腺周围有更大的一致性,不影响周围的直肠、膀胱和阴茎球。

5 三维后装放射治疗的问题和挑战

三维后装放射治疗是一种精准的放射治疗技术,主要应用于宫颈癌、子宫内膜癌、前列腺癌、食管癌等癌症,目前已成为放射治疗的重要手段之一,但仍存在一些问题及挑战:1.技术复杂性:三维后装放射治疗需要高精度的设备和技术支持,包括先进的 CT 或磁共振成像技术、治疗计划系统以及精确的施源器放置技术。这些技术的复杂性和成本限制了其在一些医疗机构中的普及和应用。2.靶区定位精度:尽管三维后装放射治疗已经显著提高了靶区定位的精度,但在实际操作中,仍然存在一定的误差。这些误差可能源于患者体内的解剖结构变化、呼吸运动等因素,从而影响治疗的准确性和效果。3.周围组织保护:虽然三维后装放射治疗能够更精确地覆盖肿瘤区域,但在治疗过程中仍然可能对周围组织造成一定程度的损伤。如何更好地保护周围正常组织和器官,减少并发症的发生,是三维后装放射治疗面临的重要挑战。

6 结论与展望

本文就三维后装放射治疗的发展历程、图像引导、施源器、技术应用及临床应用方面的研究进展进行综述。近距离放射治疗已经发展了 100 多年,由于 EBRT 技术被引入该领域,目前取得显著进展。特别是,使用 CT、MRI 和 PET-CT 图像引导的近距离放射治疗已经应用于患者的治疗;调强近距离放射治疗(IMBT)技术目前正在开发或已经在使用中,该技术通过一个辐射屏蔽或多个源通道产生不对称的剂量分布。IMBT 技术不仅将向肿瘤提供高剂量的辐射,还将有助于在可耐受的剂量水平内保护 OARS。随着近距离放射治疗技术的进步,预计前列腺癌、乳腺癌、妇科和皮肤癌的治疗结果将在未来得到极大的改善。

参考文献:

- [1]杨杰,郭丽宁,许汴菊.CT 引导下三维腔内后装放疗联合体外调强化疗在治疗晚期宫颈癌的应用价值[J].中国医学物理学杂志,2022,39(10):1213-1216.
- [2]康敏.中国鼻咽癌放射治疗指南(2022 版)[J].中华肿瘤防治杂志,2022,29(09):611-622.DOI:10.16073/j.cnki.cjcp.2022.09.01.
- [3]张万团,钱剑扬,陈昆田,等.I、II 期鼻咽癌外照射联合高剂量率腔内后装治疗[J].中华放射肿瘤学杂志,1996,(04):224-227.

作者简介:刘丽(1989.01-),女,汉族,黑龙江鸡西人,研究生,研究方向:肿瘤。