

- mobility group box 1-toll-like receptor 4-nuclear factor κ B signalling pathway[J]. Clin Exp Pharmacol Physiol, 2017, 44(3): 353-361.
- [17] SHI J, YU T, SONG K, et al. Dexmedetomidine ameliorates endotoxin-induced acute lung injury in vivo and in vitro by preserving mitochondrial dynamic equilibrium through the HIF-1 α /HO-1 signaling pathway[J]. Redox Biol, 2021, 41: 101954.
- [18] MENG L, LI L, LU S, et al. The protective effect of dexmedetomidine on LPS-induced acute lung injury through the HMGB1-mediated TLR4/NF- κ B and PI3K/Akt/mTOR pathways[J]. Mol Immunol, 2018, 94: 7-17.
- [19] 邓娟, 李亚春, 朱涛. 右美托咪定对脂多糖诱导的脓毒症大鼠全身炎症反应和肺损伤的影响[J]. 临床麻醉学杂志, 2017, 33(9): 899-903.
- [20] 陈俊仁, 谢乐华, 劳期迎, 等. 肺保护性通气策略联合右美托咪定用于单肺通气肺癌根治术的效果[J]. 广东医科大学学报, 2022, 40(1): 62-66.
- [21] ZHOU H, SUN J, ZHONG W, et al. Dexmedetomidine preconditioning alleviated murine liver ischemia and reperfusion injury by promoting macrophage M2 activation via PPAR γ /STAT3 signaling[J]. Int Immunopharmacol, 2020, 82: 106363.
- [22] ZHAI Y, ZHU Y, LIU J, et al. Dexmedetomidine post-conditioning alleviates cerebral ischemia-reperfusion injury in rats by inhibiting High Mobility Group Protein B1 Group (HMGB1)/Toll-Like Receptor 4 (TLR4)/Nuclear Factor kappa B (NF- κ B) signaling pathway[J]. Med Sci Monit, 2020, 26: e918617.
- [23] ZHANG Y N, CHANG Z N, LIU Z M, et al. Dexmedetomidine alleviates gut-vascular barrier damage and distant hepatic injury following intestinal ischemia/reperfusion injury in mice[J]. Anesth Analg, 2021, 134(2): 419-431.
- [24] ZHAI M, KANG F, HAN M, et al. The effect of dexmedetomidine on renal function in patients undergoing cardiac valve replacement under cardiopulmonary bypass: A double-blind randomized controlled trial[J]. J Clin Anesth, 2017, 40: 33-38.
- [25] CHO J S, SHIM J K, SOH S, et al. Perioperative dexmedetomidine reduces the incidence and severity of acute kidney injury following valvular heart surgery[J]. Kidney Int, 2016, 89(3): 693-700.

基于Sentinel/Catalyst 光学体表监测系统引导下的体表图像引导放疗技术在肿瘤放射治疗中的应用研究

陈荣耀, 郭 顺, 林远雄, 罗 晓, 周怀恒, 蓝 威 (广东省农垦中心医院肿瘤放射治疗区, 广东湛江 524002)

摘 要: 光学体表引导放疗 (SGRT) 可在患者治疗过程中实现全程监控, 提供连续图像, 在为肿瘤患者获得更精确、安全的放疗中展现了越来越重要的作用。该文就 SGRT 放疗技术治疗四肢肿瘤、体部肿瘤、头颈部肿瘤的应用场景、具体应用方案及技术进展等作一综述。

关键词: 肿瘤; 放疗; 光学体表引导放疗; 图像引导放疗

中图分类号: R 730

文献标志码: A

文章编号: 2096-3610 (2023) 02-0231-04

Application of body surface image guided radiotherapy based on Sentinel/Catalyst in tumor radiotherapy

CHEN Rong-yao, GUO Shun, LIN Yuan-xiong, LUO Xiao, ZHOU Huai-heng, LAN Wei (Central Hospital of Guangdong Nongken, Zhanjiang 524002, China)

Abstract: Surface guided radiotherapy (SGRT) can monitor the whole process during the treatment for patients and provide continuous images. It plays an increasingly important role in obtaining more accurate and safe radiotherapy for patients.

收稿日期: 2022-11-22

基金项目: 湛江市非资助科技攻关计划项目 (2021B01498)

作者简介: 陈荣耀 (1990-), 男, 本科, 医疗器械工程师, 医学物理师, E-mail: 774925449@qq.com

This paper reviews the application scenarios, specific application schemes and technical progress of SGRT radiotherapy in the treatment of limb tumor, body tumor, and head and neck tumor.

Key words: tumor; radiotherapy; optical surface guided radiotherapy; image guided radiotherapy

使用放射线对肿瘤患者进行治疗, 杀灭肿瘤细胞, 实现患者的临床治愈是肿瘤治疗的重要手段之一^[1]。放射治疗的摆位准确度直接影响患者的治疗效果。图像引导放射治疗(IGRT)可以为患者提供精确的摆位及精准的治疗^[2]。目前, 锥形束计算机断层扫描(CBCT)是图像引导放射治疗在肿瘤治疗中应用最多的技术之一。但应用CBCT行图像引导容易对患者造成二次辐射伤害, 并且耗时长, 不利于患者耐受。所以, 为保证患者接受更加精准、舒适、高效的放疗方式, 需采取更加科学先进的设备以提升治疗效果和效率。放疗中光学体表追踪解决方案的应用可以实现对患者不同自由度的监测, 提高治疗的准确性、安全性和工作效率。光学体表引导放疗(SGRT)能够无辐射、无创、快速获得患者的体表图像, 在治疗中进行全过程监控, 为技术员提供连续、实时图像^[3-4]。该项技术能保证技术员在患者行放疗摆位时, 有效节约摆位时间, 降低摆位误差, 提升治疗效率。本文就光学体表追踪技术的主要应用场景、具体应用方案及技术进展等作一综述, 旨在为该技术应用于临床实践提供参考依据。

1 SGRT 放疗技术

放射治疗是一种安全、有效的肿瘤治疗手段。随着科技进步和医学发展, 图像引导、立体定向和智能控制相结合的治疗方式将成为放射治疗的主流技术。在治疗过程中, SGRT 技术通过实时图像与参考图像进行对比, 可以完成治疗前的位置验证等工作, 有效提高放疗的准确定位, 尽可能减少对患者的机体损伤。SGRT 技术是以提高治疗准确性为目标, 将图像引导技术应用于临床放疗中的治疗方式, 具有无辐射、安全、无创等特点。该技术借助三维体表成像原理, 可以实时采集到患者的各种体表图像信息, 为确保治疗的顺利实施提供重要的参考依据。与常规放疗技术相比, SGRT 技术的精确性高、安全性强, 在临床治疗中具备一定的应用价值^[5-6]。SGRT 技术的实施主要应用设备为瓦里安 Vitalbeam 加速器、Sentinel/catalyst 光学体表监测系统及 Eclipse 计划系统。Vitalbeam 直线加速器自带 CBCT, 在治疗过程中能监测到肿瘤的位置, 实施精准治疗, 正常组织可以避免受到过多伤害, 同时支持三维适形放射治疗(3D-CRT)、调强放射治疗(IMRT)、容积调强放射治疗(VMAT)、立体定向放射

治疗(SRT)等多种治疗技术, 具有高精度、高智能、低损伤的特点, 简而言之就是损伤少、痛苦小^[7]。

2 肿瘤治疗中SGRT 放疗技术的应用

2.1 四肢肿瘤放疗

放疗中传统的靶区勾画是基于解剖结构, 如体表标记、骨性标记等确定靶区范围^[8]。临床上很多因素都会影响肿瘤治疗的精确性, 如患者的摆位、临床体征及医生的主观因素等, 光学体表追踪技术的优势在于既能提高肿瘤靶区剂量又能减少周围正常组织的照射量, 总的原则是要求患者体位固定重复性好以及舒适度高^[9]。但是, 由于四肢易活动的原因, 四肢放疗摆位难度相对较大, 摆位难以在治疗床中心, 四肢的放疗须更加合理化才能获得最好治疗效果^[10]。Gierga 等^[11]使用光学体表监测系统监测了 16 名骨肉瘤患者的放疗摆位情况, 共计摆位 236 次, 分析光学体表追踪系统能否增加四肢肿瘤摆位的精确性。该研究表明分次内摆位误差小于 1.3 mm, 分次间摆位误差为 3~4 mm, 可见应用光学体表监测系统可降低四肢摆位误差。Zhou 等^[12]研究了四肢癌症患者的摆位精度, 得出 SGRT 与 CBCT 的摆位有着一致的精确度, 但是 CBCT 辐射会对患者产生二次伤害, 而 SGRT 无辐射, 且能够实时监控, 利于患者挪动引起的误照射。对于四肢肿瘤无法行固定模进行固定的患者, 可先行 SGRT 摆位, 再通过 CBCT 进行摆位及六维床修正, 在治疗中通过光学体表监测系统进行实时监控, 保证患者在治疗过程中不发生意外照射。张光伟等^[13]发现, 对比于传统的体表面积进行精确摆位, 使用光学体表监测系统自动摆位能够很好地提升摆位精度, 缩短摆位时间, 提升治疗效率。

2.2 体部立体定向放疗

目前肿瘤的治疗手段越来越多, 但手术、放疗和化疗依然是最有效的治疗方式^[14]。虽然放射治疗已经步入精确放疗时代, 但分次放疗的摆位以及器官运动均可形成靶区误差, 这些误差的测控与校正一直是困扰放疗界的难题。图像引导放疗能准确照射肿瘤所在地, 避免或者降低正常组织损伤。体部立体定向放疗技术作为放疗领域的前沿技术, 对位置和剂量精度提出了更高的要求, 配合深吸气屏气技术(DIBH), 患者屏气时肿瘤部位保持相对静止状态, 使定向放疗

更加安全有效^[15]。Cui等^[16]通过研究20例宫颈癌患者,记录了452次的放射治疗摆位误差,发现SGRT组在5个空间维度上明显优于标记线组,可见光学体表监测系统能够有效改善摆位的精度。Wikström等^[17]通过对比40例需在盆腔区域进行放射治疗的患者行SGRT与CBCT检测,并对位置进行移位比较,发现光学体表监测系统是CBCT系统的有效补充,SGRT技术在盆腔的肿瘤治疗中具有重要的临床应用价值。刘苗苗等^[18]证实传统的摆位技术主要使用激光灯、真空垫及膜等工具做二维摆位,摆位精度低,可重复性差。李治斌等^[19]研究证明每次“照光”都由CBCT指导精准摆位,则治疗的精度会更高。俞泽炎^[20]的研究表明SGRT用敏锐的光代替侵入式框架和体表标记,能大大缩短患者的摆位时间,实现亚毫米的高精度,有效提高了患者体位摆位的精度,并减少了治疗中对患者进行体位摆位的时间,为医护和患者带来极大的治疗便利。

2.3 头颈部肿瘤放疗

光学体表引导放射治疗可通过平面影像、容积影像、标记物定位、标记物跟踪、患者体表跟踪等多种技术得以实现,能减少或消除器官移动和摆位误差等多种因素引起的治疗不确定性,精确确定放疗靶区,避免脱靶,同时使正常组织得到最大限度的保护^[20]。开放式热塑膜的精度被认为是可以媲美框架式的,同时也优于头颈肩全面罩热塑膜和头颈全面罩热塑膜^[21-22]。张校铭等^[23-25]对头颈部肿瘤放疗中4种不同固定技术摆位的误差情况进行了对比,发现头颈肩塑形垫+头颈肩面罩固定的重复性和稳定性最好,为进一步减少摆位误差,可以对患者使用开放式面罩固定,合并联合使用光学体表监测技术。放射治疗中,还应注意对患者的位移变化情况进行动态实时监测^[26-28]。Alongi等^[29]证实放射治疗过程中,使用非共面治疗技术能够很好地对脑部等正常组织进行保护。Wen等^[30]通过精确试验,表明了使用无框架的图像引导放射治疗定位精度能达到使用框架立体定向放射治疗的相同疗效。采用光学体表监测系统治疗在头部肿瘤中可达到精准的治疗,期间可免去面罩,减少患者不适感。Dekker等^[31]分析了30例肿瘤患者不使用面罩直接进行全脑放疗(WBRT)的治疗方案,发现治疗效果良好,表明无面罩的WBRT放射治疗临床应用完全可行。

3 小结与展望

随着患者医疗需求的不断提升,对放疗治疗的精

确性和安全性的要求也不断提升。近年来,随着计算机技术及人工智能的引入,放射治疗计划系统和智能内置多叶光栅的加速器得到了越来越多的应用^[32-33]。当今图像引导放疗时代,SGRT作为新兴的技术,实现了对影像设备与直线加速器的有机结合,综合运用多种技术手段,提高患者摆位的准确性,使误差降至最小限度^[34]。目前,SGRT技术已经被应用到多种不同类型肿瘤患者的治疗之中,在提高治疗效果、安全性、患者舒适性等多个方面发挥出重要作用^[35]。相信随着医工技术的不断发展,该技术将得到更为广泛的应用。目前,已有单位将SGRT技术应用于质子的放疗^[36]及螺旋断层放射治疗(TOMO)^[37]中。随着影像技术和放疗技术的不断进步,分辨率更高的体表影像结合生物特征识别技术的放疗模式在未来将会被更广泛地应用于临床之中。

参考文献:

- [1] 张赛, 李春迎, 张恒, 等. 光学体表引导放射治疗研究现状[J]. 中国辐射卫生, 2022, 31(3): 362-366, 372.
- [2] 翟延宝, 杜武, 梁广立, 等. 在CBCT下乳腺癌根治术后调强放疗时两种固定方式应用比较分析[J]. 吉林医学, 2019, 40(2): 3.
- [3] DEKKER J, ROZEMA T, BÖING-MESSING F, et al. Whole-brain radiation therapy without a thermoplastic mask[J]. Phys Imaging Radiat Oncol, 2019, 11: 27-29.
- [4] 李丽琴. 光学表面成像与CBCT引导摆位精度对比研究[D]. 武汉大学, 2017.
- [5] COVINGTON E L, FIVEASH J B, WU X G, et al. Optical surface guidance for submillimeter monitoring of patient position during frameless stereotactic radiotherapy[J]. J Appl Clin Med Phys, 2019, 20(6): 91-98.
- [6] RWINGEMA J C M, LAMIMAN K, REZNIK R S, et al. Palliative radiation therapy for superior vena cava syndrome in metastatic Wilms tumor using 10XFFF and 3D surface imaging to avoid anesthesia in a pediatric patient—a teaching case[J]. Adv Radiat Oncol, 2017, 2(1): 101-104.
- [7] 张丙新, 付东山. 锥形束CT临床应用中的主要问题对策研究现状[J]. 中华放射肿瘤学杂志, 2021, 30(10): 6.
- [8] 张庆钊, 刘凌湘, 易兰. 瓦里安CLINAC-IX型直线加速器联锁UDRS原理及不常见故障处理[J]. 中华放射肿瘤学杂志, 2021, 30(3): 294-296.
- [9] 徐浩然, 孙显松, 王欣海, 等. Halcyon医用电子直线加速器对142例肺癌患者常规分割治疗模式下靶区外放边界分析[J]. 基础医学与临床, 2020, 40(12): 1691-1694.
- [10] BRADY J L, BEGUM R, HARTILL C, et al. Analysis of factors affecting benefit from deep inspiration breath hold technique in mediastinal radiation therapy for lymphoma[J].

- Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2016, 96(2): E491.
- [11] GIERGA D P, TURCOTTE J C, TONG L W, et al. Analysis of setup uncertainties for extremity sarcoma patients using surface imaging[J]. Pract Radiat Oncol, 2014, 4(4): 261-266.
- [12] ZHOU S, LI J, DU Y, et al. Development and longitudinal analysis of plan-based streamlined quality assurance on multiple positioning guidance systems with single phantom setup[J]. Front Oncol, 2021, 11: 683733.
- [13] 张光伟, 吴何苟, 刘剑锋, 等. 光学表面监测系统自动摆位功能对乳腺癌放疗患者治疗精度及摆位时间的影响[J]. 中国医学物理学杂志, 2021, 38(4): 5.
- [14] 李谭潭, 邹福奎, 戴建荣. 光学体表引导放疗技术的临床应用[J]. 中华放射肿瘤学杂志, 2021, 30(6): 5.
- [15] CARDAN R A, POPPLE R A, FIVEASH J, et al. A priori patient-specific collision avoidance in radiotherapy using consumer grade depth cameras[J]. Med Phys, 2017, 44(7): 3430-3436.
- [16] CUI Z, LI X, XIE J, et al. PO-1942 application of SGRT in pronecervix positioning[J]. Radiother Oncol, 2021, 161(S1): S1655.
- [17] WIKSTRÖM K, NILSSON K, ISACSSON U, et al. A comparison of patient position displacements from body surface laser scanning and cone beam CT bone registrations for radiotherapy of pelvic targets[J]. Acta Oncologica, 2014, 53(2): 268-277.
- [18] 刘苗苗, 段诗苗, 陈培培, 等. 发泡胶+头颈肩热塑膜在鼻咽癌螺旋断层调强放射治疗体位固定中的应用价值[J]. 蚌埠医学院学报, 2021(12): 46.
- [19] 李治斌, 钟仁明, 柏森. 4D CBCT在胸部肿瘤影像引导下自动配准精度及其影响分析[J]. 四川大学学报(医学版), 2020, 51(6): 834.
- [20] 俞泽炎. 光学体表监测系统与传统体表标记线在乳腺癌术后放疗颈胸膜固定中的应用效果[J]. 医疗装备, 2021, 34(4): 2.
- [21] SUEYOSHI M, OLCH A J, LIU K X, et al. Eliminating daily shifts, tattoos, and skin marks: Streamlining isocenter localization with treatment plan embedded couch values for external beam radiation therapy[J]. Pract Radiat Oncol, 2018, 9(1): e110-e117.
- [22] 巩月辉, 金河天. 非小细胞肺癌脑转移行伽马刀及全脑放疗治疗的效果及预后的影响因素分析[J]. 中国肿瘤外科杂志, 2021, 13(1): 76-80, 89.
- [23] 张校铭, 秦勤, 李军烽, 等. 4种不同固定技术在头颈部肿瘤放疗中的摆位误差比较[J]. 医疗卫生装备, 2021(8): 42.
- [24] 刘礼东, 杨振, 钟美佐, 等. 肿瘤放疗中塑形垫结合热塑网膜体位固定方式的摆位误差研究[J]. 中国肿瘤临床, 2020, 47(4): 198-201.
- [25] 张雷, 段诗苗, 孙谦. 发泡胶联合热塑膜在头颈部肿瘤放疗中的应用研究[J]. 重庆医学, 2021, 50(12): 2054-2056.
- [26] 杜乙, 岳海振, 王美娇, 等. 一种基于光学体表监测技术的新摆位方法在头部放疗中的应用[J]. 中华放射医学与防护杂志, 2020, 40(3): 7.
- [27] KÜGELE M, MANNERBERG A, NØRRING BEKKE S, et al. Surface guided radiotherapy SGRT improves breast cancer patient setup accuracy[J]. Appl Clin Med Phys, 2019, 20(9): 61-68.
- [28] 徐庚, 郑佳俊, 赵建, 等. 光学体表监测系统(OSMS)在胸部肿瘤放疗摆位中的临床应用[J]. 肿瘤预防与治疗, 2020, 33(7): 6.
- [29] ALONGI F, FIORENTINO A, GREGUCCI F, et al. First experience and clinical results using a new non-coplanar mono-isocenter technique (HyperArc™) for Linac-based VMAT radiosurgery in brain metastases[J]. J Cancer Res Clin Oncol, 2018, 145(1): 193-200.
- [30] WEN N, SNYDER K C, SCHEIB S G, et al. Technical note: Evaluation of the systematic accuracy of a frameless, multiple image modality guided, linear accelerator based stereotactic radiosurgery system[J]. Med Phys, 2016, 43(5): 2527-2537.
- [31] DEKKER J, ROZEMA T, BING-MESSING F, et al. Whole-brain radiation therapy without a thermoplastic mask[J]. Phys Imaging Radiat Oncol, 2019, 11: 27-29.
- [32] 李君, 孔祥慧, 杨瑞杰, 等. 基于射波刀Xsight spine prone tracking模式治疗脊柱肿瘤患者的摆位准确性分析[J]. 中国肿瘤临床, 2022, 49(13): 5.
- [33] 张伟亮, 蔡育欣, 何丽红, 等. 基于电子射野影像系统分析自制脚垫对盆腔肿瘤调强放疗摆位的影响[J]. 中国医疗器械信息, 2022, 28(19): 3.
- [34] WILLOUGHBY T, LEHMANN J, BENCOMO J A, et al. Quality assurance for nonradiographic radiotherapy localization and positioning systems: Report of Task Group 147[J]. Med Phys, 2012, 39(4): 1728-1747.
- [35] 谭薇薇, 罗灿, 周军. 基于ExacTrac X射线图像引导系统的无创颅脑SRS精确性研究[J]. 医疗卫生装备, 2019, 40(7): 44-48.
- [36] BATIN E, DEPAUW N, MACDONALD S, et al. Can surface imaging improve the patient setup for proton postmastectomy chest wall irradiation?[J]. Pract Radiat Oncol, 2016, 6(6): e235-e241.
- [37] HARALDSSON A, CEBERG S, CRISTER C, et al. PO-0978 Accurate positioning with decreased treatment time using surface guided tomotherapy[J]. Radiother Oncol, 2019, 133: S534-S535.