

# 质子射线与光子射线治疗肺癌的剂量学比较：*meta*分析

田广伟 李楠 李光

**【摘要】** 背景与目的 由于缺乏质子治疗与传统光子治疗比较的临床随机对照研究，导致质子治疗在肺癌放疗中的应用没有充足的临床证据。本研究旨在探讨质子射线在肺癌放疗中的剂量学优势，以期为临床提供有价值的循证医学依据。方法 计算机检索Cochrane Library、PubMed、EMbase、中国生物医学文献数据库、中国学术期刊全文数据库和中国科技期刊数据库，同时辅助其它检索，搜集所有比较质子射线与光子射线治疗肺癌的剂量学研究的的文章，应用RevMan 5.2软件对满足条件的数据进行*meta*分析。结果 6篇文献纳入本次研究。质子射线与光子射线三维适形放疗（three-dimensional conformal radiotherapy, 3D-CRT）技术比较，降低了双肺 $D_{mean}$ （ $MD=-4.15$ , 95%CI:  $-5.56--2.74$ ,  $P<0.001$ ）及V20、V10、V5（ $MD=-10.92$ , 95%CI:  $-13.23--8.62$ ,  $P<0.001$ ）；降低了食管 $D_{mean}$ 及心脏 $D_{mean}$ ，差异有统计学意义。质子射线与光子射线调强放疗（intensity-modulated radiotherapy, IMRT）技术比较，V20、V10、V5在质子射线治疗组明显降低（ $MD=-3.70$ , 95%CI:  $-5.31--2.10$ ,  $P<0.001$ ； $MD=-8.86$ , 95%CI:  $-10.74--6.98$ ,  $P<0.001$ ； $MD=-20.13$ , 95%CI:  $-27.11--13.14$ ,  $P<0.001$ ）；而相比于光子射线（IMRT），质子射线治疗肺癌在食管 $D_{mean}$ 差异无统计学意义，但心脏 $D_{mean}$ 明显降低，差异有统计学意义。结论 与目前普遍采用的光子射线（3D-CRT技术及IMRT技术）放疗相比，质子射线在治疗肺癌的剂量学方面有明显的优势，具有临床应用价值。

**【关键词】** 质子；光子；*meta*分析；肺肿瘤；放射治疗

## Dosimetric Comparing between Protons Beam and Photons Beam for Lung Cancer Radiotherapy: A Meta-analysis

Guangwei TIAN, Nan LI, Guang LI

Department of Radiation Oncology, First Affiliated Hospital of China Medical University, Shenyang 110001, China

Corresponding author: Guang LI, E-mail: liguang1963@yahoo.com.cn

**【Abstract】** **Background and objective** The clinical evidences are not sufficient on the proton beam therapy of lung cancer for lacking of the RCTs on the comparing the proton with the photon beam in lung cancer radiotherapy. The aim of this study is to evaluate the dosimetry superiority of the proton beam and provide more valuable evidences to the clinical researches. **Methods** Clinical trails of dosimetric comparing between protons beam and photons beam for lung cancer radiotherapy were obtained from the Cochrane library, Pubmed, EMbase, CBM, CNKI, VIP, and Wan Fang databases. The data included in the study were evaluated and analyzed using the Cochrane Collaboration's RevMan 5.2 software. **Results** Six trails were included. Compared to photon therapy (three-dimensional conformal photon radiotherapy, 3D-CRT), the proton therapy had a significantly lower total lung  $D_{mean}$  ( $MD=-4.15$ , 95%CI:  $-5.56--2.74$ ,  $P<0.001$ ) and V20, V10, V5 ( $MD=-10.92$ , 95%CI:  $-13.23--8.62$ ,  $P<0.001$ ); The V20, V10, V5 significantly decreased in proton therapy group. Compared to photon therapy (intensity-modulated photon radiotherapy, IMRT), V20, V10, V5 were also significantly lowered in proton therapy group ( $MD=-3.70$ , 95%CI:  $-5.31--2.10$ ,  $P<0.001$ ;  $MD=-8.86$ , 95%CI:  $-10.74--6.98$ ,  $P<0.001$ ;  $MD=-20.13$ , 95%CI:  $-27.11--13.14$ ,  $P<0.001$ ); The esophagus  $D_{mean}$  was not lowered, while the heart  $D_{mean}$  decreased in proton therapy group. **Conclusion** Comparing to photon beam radiotherapy (3D-CRT and IMRT), proton beam therapy is advantageous in dosimetry of the lung cancer radiotherapy and recommended for clinical applying.

**【Key words】** Proton; Photon; Meta-analysis; Lung neoplasms; Radiotherapy

与光子射线相比,质子射线具有Bragg峰的物理学特质,这种Bragg峰的优良剂量分布促使质子束的能量能集中在癌细胞处释放。质子治疗时将峰值部分对准肿瘤病灶处,肿瘤处受到最大的照射剂量,肿瘤前的正常细胞只受到1/3到1/2的峰值剂量,肿瘤后部的正常细胞基本上不受到任何伤害。这一特点使质子射线具备在放射治疗中提高肿瘤的照射剂量,减小正常组织受量的剂量学优势。从1990年第一台质子治疗机开始应用于临床<sup>[1]</sup>到目前为止,全球已有29个质子中心(我国拥有1个)<sup>[2]</sup>,预计到2014年,世界范围内将成立54个质子治疗中心<sup>[3]</sup>。目前质子治疗开始应用于中枢神经系统肿瘤、眼葡萄膜黑色素瘤、前列腺癌、非小细胞肺癌、胃肠道肿瘤、头颈部肿瘤、儿童肿瘤等的放疗。随着研究者们对质子治疗的优化,尤其是整合了4D-CT技术和图像引导放射治疗(image guide radiation therapy, IGRT)技术后,一些研究机构进行了质子治疗应用于肺癌放疗的临床研究,有文章对质子治疗肺癌进行系统分析<sup>[4,5]</sup>,但是由于缺乏与传统光子治疗比较的临床随机对照研究,对质子治疗肺癌的临床优势很难下结论,2012年ASTRO会议关于质子治疗(protons beam therapy, PBT)的结论为:目前尚无充足的临床证据推荐质子治疗在肺癌中应用<sup>[6]</sup>。已有一些临床病例对照研究进行了质子射线与光子射线治疗肺癌的剂量学比较,为质子治疗在肺癌中的临床应用提供了理论基础。为此,本研究针对两种射线在治疗肺癌剂量学上的差异进行meta分析,以期临床提供有价值的循证医学依据。

## 1 资料与方法

### 1.1 纳入与排除标准

**1.1.1 研究类型** 已发表的比较质子射线与光子射线在治疗肺癌剂量学上的差异的文献。

**1.1.2 纳入标准** 质子射线与光子射线治疗肺癌的临床研究,语种不限。原始文献中有明确的质子射线与光子射线(3D-CRT和IMRT)治疗肺癌的相关剂量学数据。

**1.1.3 排除标准** 系统分析及综述,文献中无详细的相关剂量学数据。

**1.2 观察指标** 双侧肺总 $D_{mean}$ 、患侧肺 $D_{mean}$ 、V20、V10、V5、食管 $D_{mean}$ 及心脏 $D_{mean}$ 。

**1.3 检索方法** 以“lung neoplasms、lung carcinoma、lung cancer、proton”为检索词检索Cochrane图书馆

(2012年第12期)、PubMed(1978-2012)、EMbase(1974-2012)。以“肺癌、肺肿瘤、质子”为检索词检索中国期刊全文数据库(1979-2012)、中国生物医学文献数据库(1979-2012)、中文科技期刊全文数据库(1989-2012)。

**1.4 资料提取** 由2位研究者独立对检索到的文献按照纳入与排除标准进行资料选择、数据提取、质量评价,如遇分歧通过讨论解决,必要时由第3位研究人员参与解决。

**1.5 统计学方法** 采用Cochrane协作网提供的软件包(RevMan 5.2)进行meta分析,将资料按照不同剂量学指标进行亚组分析。纳入研究结果之间的异质性采用 $\chi^2$ 检验, $P \geq 0.1$ 为研究间具同质性,采用固定效应模型描述; $P < 0.1$ 为研究间具异质性,采用随机效应模型描述。

## 2 结果

**2.1 文献检索及纳入文献的特征** 初次检索获得351篇相关文献,阅读文献标题和摘要后初步纳入质子文章24篇,进一步阅读全文后排除文献18篇(无光子射线对照组3篇,综述9篇,无法提取数据6篇)。最终纳入6篇符合要求的文献。各纳入研究的特征见表1。

### 2.2 Meta分析结果

**2.2.1 CTV及PTV的剂量分布比较** 研究中关于质子射线与光子射线治疗肺癌CTV及PTV的剂量分布评价指标不同,由于数据有限,无法进行meta分析,本文仅做描述性分析,详细数据见表2。

**2.2.2 危及器官(肺)的剂量分布比较** 3篇文章提供质子 vs 光子(3D-CRT)治疗肺癌的双侧肺 $D_{mean}$ 、患侧肺 $D_{mean}$ 数据,异质性分析 $P$ 值均 $< 0.001$ ,均采用随机效应模型分析,结果显示,双侧肺 $D_{mean}$ 比较:MD=-4.15,95%CI: -5.56--2.74,  $P < 0.001$ ,质子明显优于光子(3D-CRT),差异有统计学意义;患侧肺 $D_{mean}$ 比较:MD=-1.10,95%CI: -2.40-0.20,  $P = 0.10$ ,差异无统计学意义;5篇文章提供质子 vs 光子(3D-CRT)治疗肺癌的V20、V10和V5数据,采用随机效应模式通过meta分析综合比较,其结果为MD=-10.92,95%CI: -13.23--8.62,  $P < 0.001$ ,质子明显优于光子(3D-CRT),差异有统计学意义(图1和图2)。3篇文章提供质子 vs 光子(IMRT)治疗肺癌的V20和V10数据,异质性分析 $P$ 值分别为0.98和0.47,均采用固定效应模型分析,结果显

表 1 纳入研究的基本特征

Tab 1 The general characteristics of included studies

Included studies	Nation (study type)	Cases	Clinicopathological staging	Radiotherapy	Pathological types
Jiang 2006 <sup>[7]</sup>	China (clinical control study)	5	NR	60 Gy/60 CGE	AD: 1 SCC: 3 Unknown: 1
Chang 2006 <sup>[8]</sup>	America (clinical control study)	25	Stage I: 10 Stage III: 15	Phase I: 66 Gy, 87.5 CGE Phase III: 63 Gy, 74 CGE	NR
Wang 2009 <sup>[9]</sup>	Japan (clinical control study)	24	Stage I Ia: 16 Ib: 16	66 Gy/60 CGE	AD: 16 SCC: 6 Others: 2
Georg 2008 <sup>[10]</sup>	Australia (clinical control study)	12	NR	45 Gy/3 f	NR
Register 2011 <sup>[11]</sup>	America (clinical control study)	15	Stage I: 15	50 Gy/4 f	NSCLC NOS: 15
Roelofs 2012 <sup>[12]</sup>	America, Norway, Canada (multicenter clinical control study)	25	Stage I: 4 Stage II: 3 Stage III: 18	70 Gy/70 CGE	AD: 5 SCC: 7 LC: 11 NSCLC NOS: 2

SCC: squamous cell carcinoma; AD: adenocarcinoma; LC: large cell carcinoma; NSCLC NOS: non-small cell lung cancer not otherwise specified; CGE: cobalt Gray equivalent; NR: not reported.

表 2 CTV及PTV的剂量分布比较

Tab 2 Dosimetric comparison of CTV and PTV

Studies	Statistical index	Data	P
Jiang 2006 <sup>[7]</sup>	CI IC	CI: 3D-CRT vs IMRT vs PBT=1.54 vs 1.27 vs 1.21 IC: 3D-CRT vs IMRT vs PBT=0.4 vs 0.29 vs 0.59	NC
Wang 2009 <sup>[9]</sup>	CTV covered by 90% isodose line (%) CTV covered by 95% isodose line (%)	3D-CRT vs PBT=99.0±0.4 vs 99.0±1.3 3D-CRT vs PBT=43.2±33 vs 86.4±12.5	0.57 <0.001
Georg 2008 <sup>[10]</sup>	CI	DIBH: 3D-CRT vs PBT=0.78±0.02 vs 0.53±0.08 SB+AC: 3D-CRT vs PBT=0.77±0.03 vs 0.54±0.08	<0.001 <0.001
Roelof 2012 <sup>[12]</sup>	CN	3D-CRT vs PBT=0.25±0.07 vs 0.25±0.08 IMRT vs PBT=0.38±0.1 vs 0.25±0.08	>0.999 <0.001

CI: conformity index; IC: inhomogeneity coefficient; CN: conformation number; DIBH: deep inspiration breath hold; SB+AC: shallow breathing with abdominal compression; 3D-CRT: three-dimensional conformal photon radiotherapy; IMRT: intensity-modulated photon radiotherapy; PBT: proton beam therapy; NC: not calculable.

示: V20和V10比较: MD=-3.70, 95%CI: -5.31--2.10, P<0.001; MD=-8.86, 95%CI: -10.74--6.98, P<0.001, 质子明显优于光子 (IMRT), 差异有统计学意义; 2篇文章提供质子 vs 光子 (IMRT) 治疗肺癌的V5数据, 采用随机效应模式分析, 其结果为MD=-20.13, 95%CI: -27.11--13.14, P<0.001, 质子明显优于光子 (IMRT), 差异有统计学意义 (图3和图4)。

2.2.3 危及器官食管和心脏的剂量分布比较 3篇文章提供质子 vs 光子 (3D-CRT) 治疗肺癌的危及器官食管D<sub>mean</sub>, 异质性分析P值为0.84, 采用固定效应模型分析, 结果为MD=-2.68, 95%CI: -3.50--1.85, P<0.001, 质子治疗食管受照射剂量明显低于光子 (3D-CRT), 差异有统计学意义; 3篇文章提供质子 vs 光子 (3D-CRT) 治疗肺癌的危及器官心脏D<sub>mean</sub>, 异质性分析P值为

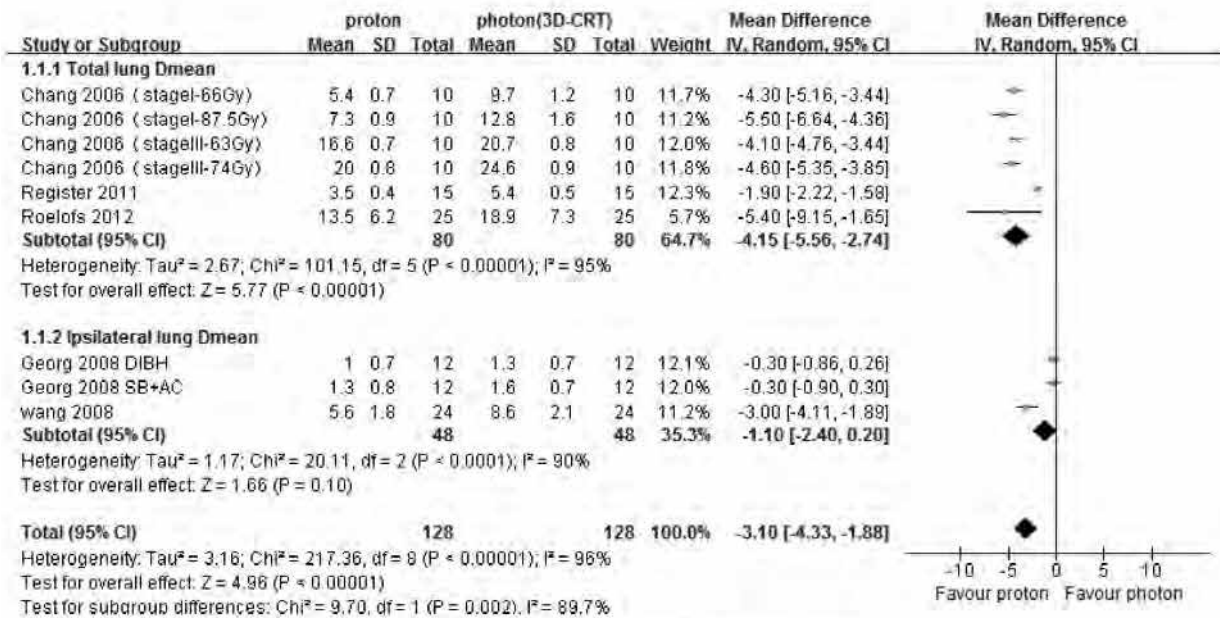


图1 质子 vs 光子 (3D-CRT) 治疗肺癌双侧肺D<sub>mean</sub>、患侧肺D<sub>mean</sub>的比较

Fig 1 The total lung D<sub>mean</sub> and ipsilateral lung D<sub>mean</sub> comparing between proton beam and photon beam (3D-CRT) for lung cancer

0.005, 采用随机效应模型分析, 结果为: MD=-8.35, 95%CI=-15.22--1.49, P=0.02, 质子治疗心脏受照射剂量明显低于光子 (3D-CRT), 差异有统计学意义 (图5、图6); 2篇文章提供质子 vs 光子 (IMRT) 治疗肺癌的危及器官食管D<sub>mean</sub>, 异质性分析P值为0.88, 采用固定效应模型分析, 结果为MD=0.08, 95%CI=-5.03-5.19, P=0.98, 差异无统计学意义; 2篇文章提供质子 vs 光子 (IMRT) 治疗肺癌的危及器官心脏D<sub>mean</sub>, 异质性分析P值为0.93, 采用固定效应模型分析, 结果为MD=-3.94, 95%CI: -6.66--1.22, P=0.005, 质子治疗心脏受照射剂量明显低于光子 (IMRT), 差异有统计学意义 (图7和图8)。

### 3 讨论

目前肺癌放疗通常使用光子射线的3D-CRT技术和IMRT技术。本文比较了质子射线和光子射线 (3D-CRT和IMRT技术) 在治疗肺癌的靶区剂量分布的相关评价参数: 在靶区的剂量分布上, 本文纳入研究中, Wang等<sup>[9]</sup>的结果显示, 对比质子治疗和光子3D-CRT治疗, 90%的等剂量曲线均能包括99%的CTV, 而对于95%的等剂量曲线, 质子治疗包括了

85.4%的CTV, 仍有较高的靶区覆盖率, 3D-CRT治疗仅包括了43.2%的CTV, 说明质子治疗在一定程度上提高了射线对靶区体积的覆盖, 优于光子射线3D-CRT技术, 对提高靶区内剂量具有优势, 这一结果与Seco等<sup>[13]</sup>的研究是一致的。理论上, 适形指数高意味着对于靶区更高的覆盖率以及对危及器官更少的照射<sup>[14]</sup>, 由于光子射线3D-CRT及IMRT技术使用的射束数目较质子多, 可能使质子治疗对比前者在靶区适形度上有一定的不足, 但本文纳入的几项研究中, 在适形度的比较上, 结果各不相同, Jiang等<sup>[7]</sup>的研究结果为, 质子治疗的靶区适形度与IMRT计划相似, 优于3D-CRT技术; Georg等<sup>[10]</sup>研究称, 质子治疗靶区适形度与3D-CRT相似, 均无IMRT的适形度好; 而Roelofs等<sup>[12]</sup>研究结果则表明为3D-CRT的适形度比质子治疗优越。对于质子治疗与光子治疗在适形度上的比较, 结果尚不一致, 期待更多研究结论。本研究纳入的6篇文献中, 仅有一篇文章描述了对靶区均匀度的比较, Jiang等<sup>[7]</sup>的结果为, IMRT计划比3D-CRT和质子治疗对于靶区的照射更加均匀。

对于危及器官受量的分析中, 除质子治疗与光子3D-CRT治疗对比患侧肺D<sub>mean</sub>和质子治疗与光子IMRT治疗对比食管D<sub>mean</sub>这两个评价指标的差异无统计学意

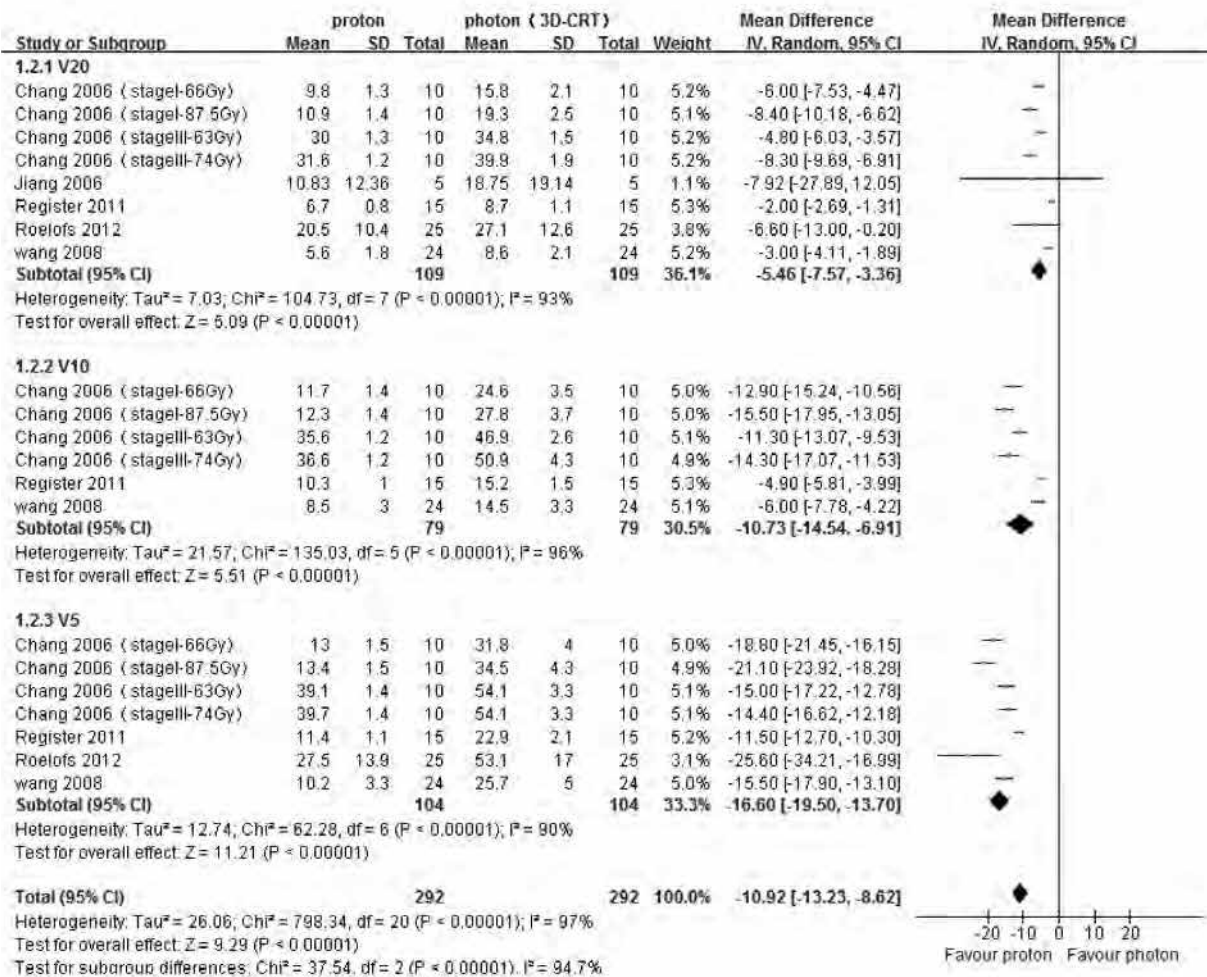


图2 质子 vs 光子 (3D-CRT) 治疗肺癌V20、V10、V5的比较

Fig 2 The V20、V10 and V5 comparing between proton beam and photon beam (3D-CRT) for lung cancer

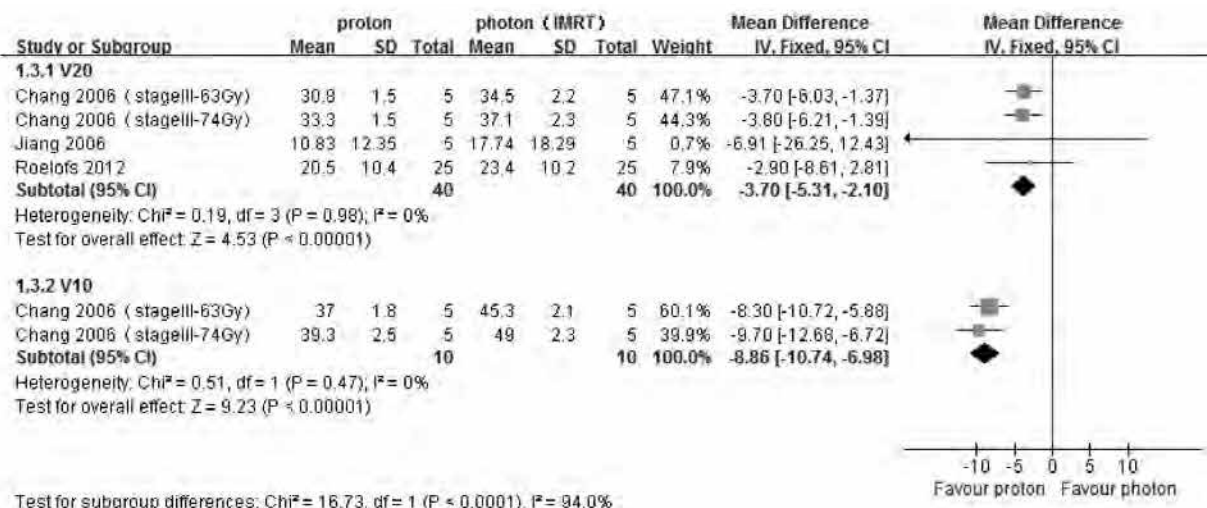


图3 质子 vs 光子 (IMRT) 治疗肺癌V20、V10的比较

Fig 3 The V20 and V10 comparing between proton beam and photon beam (IMRT) for lung cancer

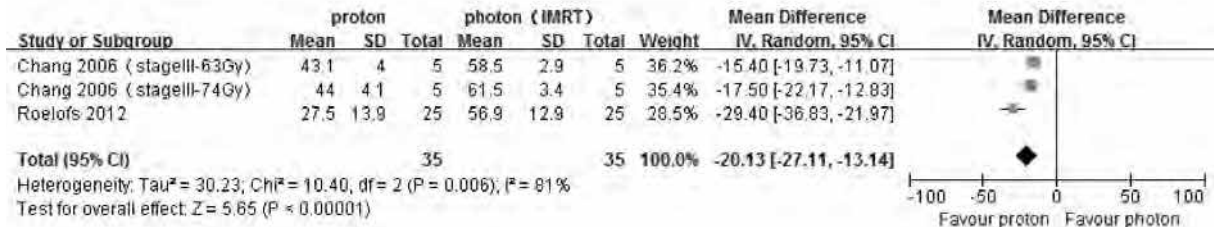


图4 质子 vs 光子 (IMRT) 治疗肺癌V5的比较

Fig 4 The V5 comparing between proton beam and photon beam (IMRT) for lung cancer

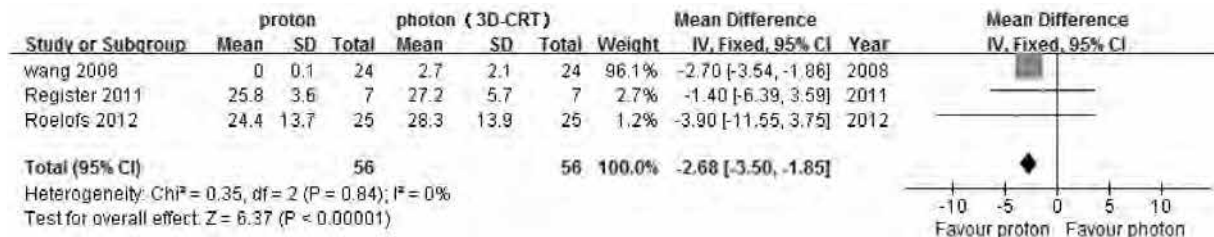


图5 质子 vs 光子 (3D-CRT) 治疗肺癌的危及器官食管D<sub>mean</sub>的比较

Fig 5 The esophagus D<sub>mean</sub> comparing between proton beam and photon beam (3D-CRT) for lung cancer

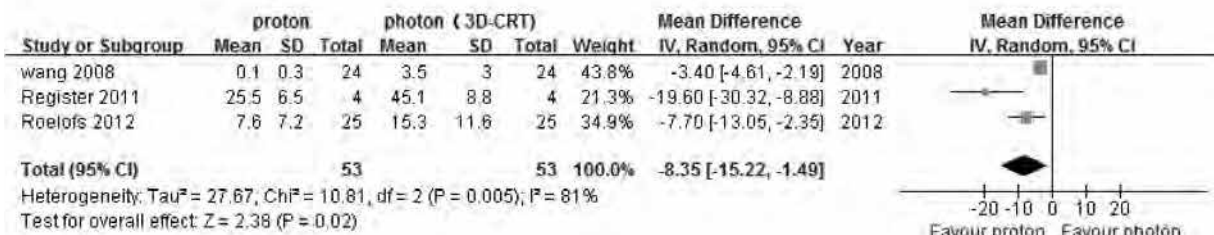


图6 质子 vs 光子 (3D-CRT) 治疗肺癌的危及器官心脏D<sub>mean</sub>的比较

Fig 6 The heart D<sub>mean</sub> comparing between proton beam and photon beam (3D-CRT) for lung cancer

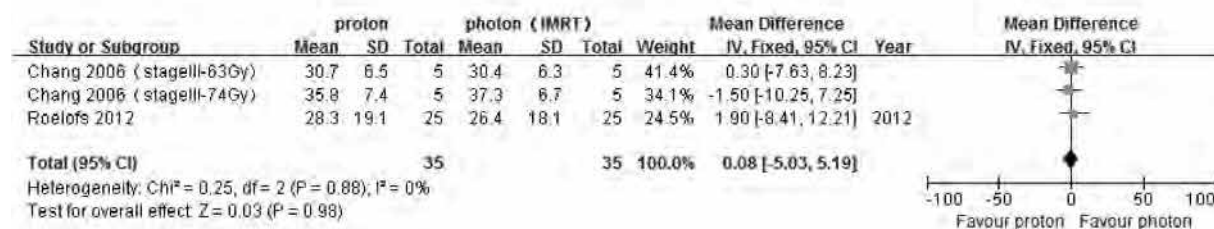


图7 质子 vs 光子 (IMRT) 治疗肺癌的危及器官食管D<sub>mean</sub>的比较

Fig 7 The esophagus D<sub>mean</sub> comparing between proton beam and photon beam (IMRT) for lung cancer

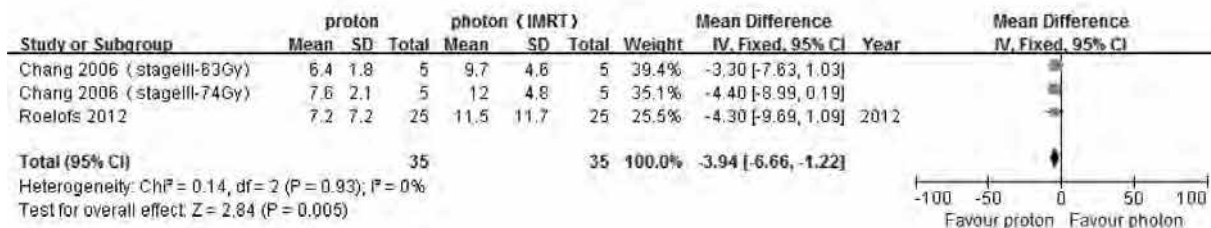


图8 质子 vs 光子 (IMRT) 治疗肺癌的危及器官心脏D<sub>mean</sub>的比较

Fig 8 The heart D<sub>mean</sub> comparing between proton beam and photon beam (IMRT) for lung cancer

义外，对于双肺D<sub>mean</sub>、V20、V10及V5等大多数危及器官评价指标，质子治疗均有着明显优势，特别是在与3D-CRT技术的比较中，质子治疗在剂量学参数上优势更大。在临床治疗中，V20<sup>[15]</sup>、V10<sup>[16]</sup>及V5<sup>[17]</sup>是放射性肺炎的预测因子，如计划中降低了V20、V10及V5，对于预防和减少放射性肺炎的发生有重要的临床意义。

通过提高靶区的剂量和进一步减少危及器官的受照剂量，可以使质子治疗的剂量学优势转化成肺癌治疗预后的改善，减少放疗副反应的发生。在纳入本研究的6篇文献中，Georg等<sup>[10]</sup>和Register等<sup>[12]</sup>两项研究都进行了SBRT（体部立体定向放射治疗）与PBT的剂量学比较，结论均为质子治疗减少了危及器官的剂量。一篇发表于2010年针对治疗I期不能手术的非小细胞肺癌进行临床观察研究的meta分析<sup>[18]</sup>在没有纳入RCT的情况下，比较了患者采用质子治疗、3D-CRT技术及SBRT在5年生存率上的差别，结论是质子治疗明显优于3D-CRT（5年生存率40% vs 20%），与SBRT相似（42%）。但由于该meta分析中纳入的均为非随机对照研究，三种照射技术的等效生物学剂量不等，其研究结论有待更多的RCT研究结论支持。一篇针对SBRT治疗肺癌的研究报道了当肿瘤受照射的生物学剂量高于100 Gy时，将获得91.9%的局控率及88.4%的3年总生存率<sup>[19]</sup>。Machtay等<sup>[20]</sup>研究发现在非小细胞肺癌的放疗中，等效生物学剂量与局控率及生存率具有明显的相关性，当等效生物学剂量提高1 Gy时，患者的局控率及生存率大约提高4%。Chang等<sup>[21]</sup>的一项关于III期肺癌质子治疗同步化疗的II期临床研究中，采用74 Gy的靶区照射剂量，化疗方案为紫杉醇及卡铂周疗，研究结果为1年生存率及无疾病进展率分别为86%和63%，同时没有发生与质子治疗相关的4级-5级不良反应。Oshiro等<sup>[22]</sup>对57例III期肺癌患者进行单纯的质

子治疗（剂量范围：50 Gy-84.5 Gy），有6例患者产生3级以上肺毒性，食管毒性均≤2级，没有发生心脏毒性。Hoppe等<sup>[23]</sup>的研究结论为接受质子治疗的III期肺癌患者发生的毒性反应也是可耐受的，其长期生存情况还未报道。由于质子治疗对危及器官的照射剂量小，为进一步提高肿瘤的生物学剂量创造了条件，可能取得更好的临床获益。目前在MD Anderson肿瘤治疗中心正在进行一项早期非小细胞肺癌质子治疗与光子SBRT治疗的前瞻性随机对照研究<sup>[3]</sup>，期望获得更好的生存获益。

为了更好的提高靶区剂量，避免放射损伤，特别是在使用单次大分割模式的质子治疗中，必须要考虑到质子射线有限的高剂量区这一物理性质，以及在肺癌治疗中由于呼吸运动带来的靶区位置变化这一关键问题，已有多篇文献报道<sup>[2,24,25]</sup>，当照射靶区的密度发生改变，会造成质子射线能量的衰变，这个潜在的问题对质子治疗的精确性是一个重大的挑战。随着4D-CT的应用，获得肺癌的内大体肿瘤靶区（internal GTV, IGTV），能更好的包括肿瘤靶区<sup>[26]</sup>，可以在一定程度上避免肿瘤漏照问题。

本篇meta分析由于纳入文献的数量、数据有限，文献的级别不高，可能会对结果产生一定的偏倚，另外没有进一步对不同期别的肺癌进一步汇总分析，有望在今后纳入更多的研究，针对不同期别的肺癌分别进行统计，可能会得出更准确的结论。目前质子治疗的研究逐渐增多，在肺癌方面，放疗的各项新的技术与质子治疗相结合（例如质子调强治疗<sup>[27,28]</sup>），使质子治疗的疗效更加值得期待。本文结论得出质子治疗在剂量学参数上明显优于光子，但如何体现在患者生存预后的优势上，还需要更多的临床研究及随机对照研究去验证。

## 参考文献

- Slater JM, Archambeau JO, Miller DW, *et al.* The proton treatment center at Loma Linda University Medical Center: rationale for and description of its development. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 1992, 22(2): 383-389.
- Shirato H, Onimaru R, Ishikawa M, *et al.* Real-time 4-D radiotherapy for lung cancer. *Cancer Sci*, 2012, 103(1): 1-6.
- Liao Z, Lin SH, Cox JD. Status of particle therapy for lung cancer. *Acta Oncol*, 2011, 50(6): 745-756.
- Oshiro Y, Sakurai H. The use of proton-beam therapy in the treatment of non-small-cell lung cancer. *Expert Rev Med Devices*, 2013, 10(2): 239-245.
- Widesott L, Amichetti M, Schwarz M. Proton therapy in lung cancer: clinical outcomes and technical issues. A systematic review. *Radiother Oncol*, 2008, 86(2): 154-164.
- Allen AM, Pawlicki T, Dong L, *et al.* An evidence based review of proton beam therapy: the report of ASTRO's emerging technology committee. *Radiother Oncol*, 2012, 103(1): 8-11.
- Jiang QA, Chen Q, Zhang SY, *et al.* Proton beam radiation therapy target and normal tissue dose distribution in non-small cell lung cancer. *Zhonghua Fang She Yi Xue Yu Fang Hu Za Zhi*, 2006, 26(6): 610-613. [江启安, 陈庆, 张抒雁, 等. 非小细胞肺癌质子射线放射治疗靶区及正常组织剂量分布的研究. *中华放射医学与防护杂志*, 2006, 26(6): 610-613.]
- Chang JY, Zhang X, Wang X, *et al.* Significant reduction of normal tissue dose by proton radiotherapy compared with three-dimensional conformal or intensity-modulated radiation therapy in stage I or stage III non-small-cell lung cancer. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 2006, 65(4): 1087-1096.
- Wang C, Nakayama H, Sugahara S, *et al.* Comparisons of dose-volume histograms for proton-beam versus 3-D conformal x-ray therapy in patients with stage I non-small cell lung cancer. *Strahlenther Onkol*, 2009, 185(4): 231-234.
- Georg D, Hillbrand M, Stock M, *et al.* Can protons improve SBRT for lung lesions? Dosimetric considerations. *Radiother Oncol*, 2008, 88(3): 368-375.
- Register SP, Zhang X, Mohan R, *et al.* Proton stereotactic body radiation therapy for clinically challenging cases of centrally and superiorly located stage I non-small-cell lung cancer. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 2011, 80(4): 1015-1022.
- Roelofs E, Engelsman M, Rasch C, *et al.* Results of a multicentric in silico clinical trial (ROCOCO): comparing radiotherapy with photons and protons for non-small cell lung cancer. *J Thorac Oncol*, 2012, 7(1): 165-176.
- Seco J, Panahandeh HR, Westover K, *et al.* Treatment of non-small cell lung cancer patients with proton beam-based stereotactic body radiotherapy: dosimetric comparison with photon plans highlights importance of range uncertainty. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 2012, 83(1): 354-361.
- Brennan SM, Thirion P, Buckney S, *et al.* Factors influencing conformity index in radiotherapy for non-small cell lung cancer. *Med Dosim*, 2010, 35(1): 38-42.
- Kimura T, T ogami T, T akashima H, *et al.* Radiation pneumonitis in patients with lung and mediastinal tumours: A retrospective study of risk factors focused on pulmonary emphysema. *Br J Radiol*, 2012, 85(1010): 135-141.
- Shi A, Zhu G, Wu H, *et al.* Analysis of clinical and dosimetric factors associated with severe acute radiation pneumonitis in patients with locally advanced non-small cell lung cancer treated with concurrent chemotherapy and intensity-modulated radiotherapy. *Radiat Oncol*, 2010, 12(5): 35.
- Wang S, Liao Z, Wei X, *et al.* Analysis of clinical and dosimetric factors associated with treatment-related pneumonitis (TRP) in patients with non-small-cell lung cancer (NSCLC) treated with concurrent chemotherapy and three-dimensional conformal radiotherapy (3D-CRT). *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 2006, 66(5): 1399-1407.
- Grutters JP, Kessels AG, Pijls-Johannesma M, *et al.* Comparison of the effectiveness of radiotherapy with photons, protons and carbon-ions for non-small cell lung cancer: a meta-analysis. *Radiother Oncol*, 2010, 95(1): 32-40.
- Onishi H, Araki T, Shirato H, *et al.* Stereotactic hypofractionated high-dose irradiation for stage I nonsmall cell lung carcinoma: Clinical outcomes in 245 subjects in a Japanese multiinstitutional study. *Cancer*, 2004, 101(7): 1623-1631.
- Machtay M, Bae K, Movsas B, *et al.* Higher biologically effective dose of radiotherapy is associated with improved outcomes for locally advanced non-small cell lung carcinoma treated with chemoradiation: an analysis of the Radiation Therapy Oncology Group. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 2012, 82(1): 425-434.
- Chang JY, Komaki R, Lu C, *et al.* Phase II study of high-dose proton therapy with concurrent chemotherapy for unresectable stage III non-small cell lung cancer. *Cancer*, 2011, 117(20): 4707-4713.
- Oshiro Y, Mizumoto M, Okumura T, *et al.* Results of proton beam therapy without concurrent chemotherapy for patients with unresectable stage III non-small cell lung cancer. *J Thorac Oncol*, 2012, 7(2): 370-375.
- Hoppe BS, Flampouri S, Henderson RH, *et al.* Proton therapy with concurrent chemotherapy for non-small-cell lung cancer: technique and early results. *Clin Lung Cancer*, 2012, 13(5): 352-358.
- Lomax AJ. Intensity modulated proton therapy and its sensitivity to treatment uncertainties 2: the potential effects of inter-fraction and inter-field motions. *Phys Med Biol*, 2008, 53(4): 1043-1056.
- Hui Z, Zhang X, Starkschall G, *et al.* Effects of interfractional motion and anatomic changes on proton therapy dose distribution in lung cancer. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 2008, 72(5): 1385-1395.
- Chang JY, Cox JD. Improving radiation conformality in the treatment of non-small cell lung cancer. *Semin Radiat Oncol*, 2010, 20(3): 171-177.
- Kase Y, Yamashita H, Fuji H, *et al.* A treatment planning comparison of passive-scattering and intensity-modulated proton therapy for typical tumor sites. *J Radiat Res*, 2012, 53(2): 272-280.



28 Zhang X, Li Y, Pan X, *et al.* Intensity-modulated proton therapy reduces normal tissue doses compared with intensity-modulated radiation therapy or passive scattering proton therapy and enables individualized radical radiotherapy for extensive stage IIIB non-small cell lung cancer: a virtual

clinical study. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 2010, 77(2): 357-366.

(收稿: 2013-01-05 修回: 2013-02-01)

(本文编辑 南娟)



**Cite this article as:** Tian GW, Li N, Li G. Dosimetric comparing between protons beam and photons beam for lung cancer radiotherapy: a meta-analysis. *Zhongguo Fei Ai Za Zhi*, 2013, 16(5): 252-260. [田广伟, 李楠, 李光. 质子射线与光子射线治疗肺癌的剂量学比较: Meta分析. *中国肺癌杂志*, 2013, 16(5): 252-260.] doi: 10.3779/j.issn.1009-3419.2013.05.07.

• 消息 •

## 2013年第22届亚太抗癌大会

2013年10月18-20日在中国天津举办的第二十二届亚太抗癌大会。

### 会议详情

会议为期三天, 届时来自国内外的专家学者将齐聚一堂, 共举盛会。

亚太抗癌大会的宗旨是推动、协调和促进有关癌症流行、预防和诊治方面的研究, 同时致力于亚太地区肿瘤医疗事业的不断完善和发展。

本届大会的主题是“癌症防治的创新与发展”。学术委员会很荣幸能够邀请到世界范围内高水平的专家前来演讲, 我们希望能够藉此更好地吸引、训练和激励拥有不同知识背景的参会代表。

**主要议题:** 乳腺癌; 肺癌; 消化道肿瘤; 头颈肿瘤; 妇科、泌尿肿瘤; 结直肠癌、膀胱癌; 流行病学; 姑息治疗; 临床试验; 筛查预防; 放射肿瘤; 防控策略; 健康经济学

**会议形式:** 大会发言; 专题报告; 午间专场; 自由投稿发言; 壁报交流; 卫星会议

### 联系方式

联系人: 中国抗癌协会

电话: 022-23359958

• 启事 •

## 读者来信 Letter to Editor

近日, 《中国肺癌杂志》热心读者贵阳医学院附属医院胸外科医生林锋医师来信告知, 本刊2013年所发题为“肺癌外科手术进展”一文[Mark W. Hennon, Sai Yendamuri. 肺癌外科手术进展. *中国肺癌杂志*, 2013, 13(3): C5-C8.]中“transcervical extended mediastinal lymphadenectomy (TEMLA)”翻译有误, 经本刊编辑部核查, 正确翻译应为“经颈扩大纵隔淋巴结切除术”。

本刊对因此给读者带来的不便表示歉意, 并对林锋读者表示由衷的感谢。编辑部希望更多本刊读者像林医师一样关心支持本刊, 帮助本刊的办刊水平不断提高。

《中国肺癌杂志》编辑部

2013-4-25