

高能 X(γ)射线在人体深层组织中 有无再次建成效应的测量

谢国栋, 吴建亭, 曹金山

中图分类号: R144 文献标识码: B 文章编号: 1004-714X(2007)04-0429-02

【摘要】目的 验证高能 X(γ)射线在人体深层组织中 有无再次建成效应存在。方法 对加速器输出的 15MV 和 6MV X线在经由不同材料组成的模体后在水模中进行测量。结果 15MV X射线出现明显的建成效应。6MV X射线因测量水箱结构的原因, 未能完整的显现出建成效应。结论 大部分的肿瘤均在深层的组织中。治疗时, 射线要先穿过不同的组织后才能到达肿瘤。临床上用均质水模测量的数据与实际情况肯定存在一定的差异。须看差异的大小是否在允许范围内, 否则要进行校正。

【关键词】建成效应; 介质; 次级电子; 能量

当高能 X(γ)射线进入到人体或模体时, 射线与物质的相互作用而产生高能次级电子。这些次级电子要穿过一定厚度的组织或模体物质后, 能量耗尽后才终止而被物质吸收。由于高能次级电子的产生和吸收, 其吸收剂量随着穿透物质深度的增加而增加, 约在电子最大射程附近达到最大, 即建成效应^[1]。随着深度的增加, 一部分透过组织, 一部分被吸收。透射出来的是已减弱了的原射线^[2]。常规测量, 模体为均质的水, 而人体内有不同的组织, 密度有差异。高能 X(γ)射线在穿过不同密度的介质时, 射线能量沉积与次级电子的输运情况大不相同。在从一种介质进入另一种介质时, 在新介质的界面及相继深度中, 有无新的建成效应出现? 笔者用 6MV、15MV X射线模拟实测了射线经胸部组织时的情况。

1 材料与方法

测试条件与操作: 美国 VARIAN CLINAC-23EX 加速器, 测量 6MV 与 15MV X射线; 剂量仪 NE2670 FARMER, 电离室 NEQ 6 cm³ GUARDED FARMER2571 用厚度为 1.8 cm (ρ=1.131 g/cm³) 有机玻璃代替皮肤, 软组织, 再用 7.8 cm 厚的泡沫 (ρ=0.050 g/cm³) 替代肺, 以 1.3 mm 厚的塑料板 (ρ=0.858 g/cm³) 承载以上材料。用双面胶将泡沫粘在塑料板上。标准水箱盛着一定深度的水, 塑料板与水面吻合。射线依次通过有机玻璃板、泡沫、塑料板, 水模 (见图 1)。每次增减 2 mm 厚的

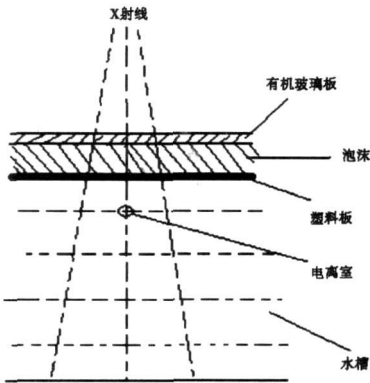


图 1 射线通过衰减层示意图

水。每一个深度重复测量五次。为使增减水量精确度提高, 可以用大针筒抽取确定的水量。可以从 3.5 cm 测到 1 cm, 也可以从 1 cm 测到 3.5 cm。我们主张从 1 cm 测到 3.5 cm, 这样能早些看到建成效应的出现。因水箱上安放电离室的防水有机玻璃

孔直径为 2 cm, 故在水箱中只能测到 1 cm 深度。低于 1 cm 的深度无法测量。每改变水深要重新核对 SSD=100 cm, 测量照射野为 5 cm×5 cm、10 cm×10 cm、15 cm×15 cm、20 cm×20 cm 等四种情况。

2 结果

2.1 测量数据与标准差 分别对加速器输出的 6MV、15MV X射线作测量, 固定有机玻璃、泡沫、塑料板厚度, 焦距距 (SSD=100 cm), 只改变水深及照射野大小, 每次出束 100 MU, 每个深度测量五次, 求平均值及标准差。数据见表 1 和表 2。

去掉有机玻璃板、泡沫, 只比较有无塑料板的情况。具体数据见表 3。

表 1 6MV X 射线经衰减层后测量结果 (MU)

深度 (cm)	5 cm×5 cm	10 cm×10 cm	15 cm×15 cm	20 cm×20 cm
1	79.112±0.035	79.769±0.042	80.755±0.056	81.658±0.044
1.1	78.885±0.052	79.541±0.104	80.523±0.028	81.424±0.054
1.3	78.885±0.052	79.541±0.104	80.523±0.028	81.424±0.054
1.5	77.813±0.101	78.459±0.104	79.429±0.058	80.317±0.046
1.7	77.452±0.074	78.095±0.046	79.060±0.203	79.944±0.024
1.9	76.827±0.061	77.465±0.095	78.423±0.025	79.299±0.075
2.1	76.197±0.052	76.830±0.089	77.780±0.074	78.640±0.121
2.3	75.567±0.081	76.195±0.064	77.137±0.052	77.999±0.059
2.5	74.777±0.062	75.398±0.025	76.330±0.034	77.183±0.078
2.7	74.164±0.021	74.780±0.083	75.704±0.075	76.551±0.028
2.9	73.462±0.038	74.072±0.046	74.988±0.044	75.836±0.051
3.1	73.008±0.059	73.614±0.089	74.524±0.035	75.357±0.067
3.3	72.062±0.046	72.660±0.085	73.558±0.106	74.381±0.028
3.5	71.593±0.071	72.188±0.046	73.080±0.045	73.897±0.081

表 2 15MV X 射线经衰减层后测量结果 (MU)

深度 (cm)	5 cm×5 cm	10 cm×10 cm	15 cm×15 cm	20 cm×20 cm
1	79.441±0.065	82.321±0.050	86.094±0.082	88.378±0.054
1.1	79.902±0.054	82.799±0.044	86.594±0.056	88.891±0.074
1.3	80.198±0.068	83.105±0.107	86.914±0.0621	89.220±0.081
1.5	80.282±0.152	83.193±0.100	87.006±0.084	89.314±0.026
1.7	80.259±0.132	83.169±0.173	86.981±0.056	89.288±0.065
1.9	80.217±0.085	83.125±0.116	86.935±0.035	89.241±0.122
2.1	80.047±0.025	82.949±0.132	86.751±0.029	89.052±0.165
2.3	79.619±0.046	82.505±0.071	86.286±0.051	88.576±0.058
2.5	79.126±0.074	81.995±0.123	85.753±0.063	88.028±0.028
2.7	78.666±0.058	81.518±0.125	85.254±0.102	87.516±0.128
2.9	78.105±0.041	80.937±0.126	84.647±0.251	86.892±0.255
3.1	77.739±0.098	80.557±0.052	84.249±0.059	86.484±0.054
3.3	76.959±0.105	79.749±0.072	83.404±0.046	85.617±0.247
3.5	76.596±0.042	79.373±0.088	83.011±0.018	85.213±0.065

基金项目: 天津市自然科学基金项目 (043802411)
作者单位: 南通市肿瘤医院放疗科, 江苏 南通 226361
作者简介: 谢国栋 (1965~), 男, 南通人, 副主任医师, 研究方向: 恶性肿瘤的放射治疗。

表 3 6MV X射线有无塑料板比较 (Field=10×10 cm)

水深	有塑料板 (MU)	无塑料板 (MU)
1.0	96.963±0.110	95.654±0.062
1.2	98.612±0.092	98.312±0.116
1.4	97.513±0.046	99.362±0.044

2.2 绘制衰减曲线 图 2.3分别为 6MV、15MV X射线经各衰减层后在水中的吸收曲线;图 4为 6MV X射线在有、无塑料板情况下衰减后在水中的吸收曲线。

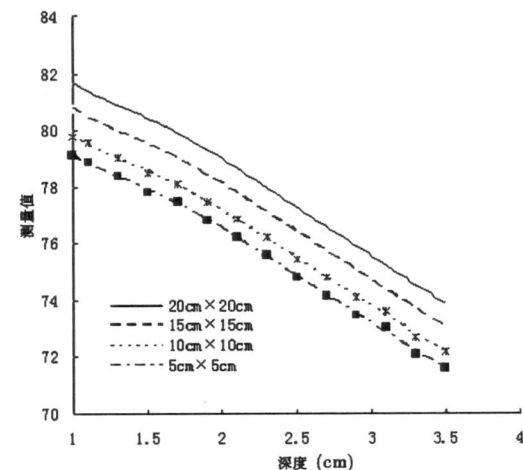


图 2 6MV X射线经各衰减层后的吸收曲线

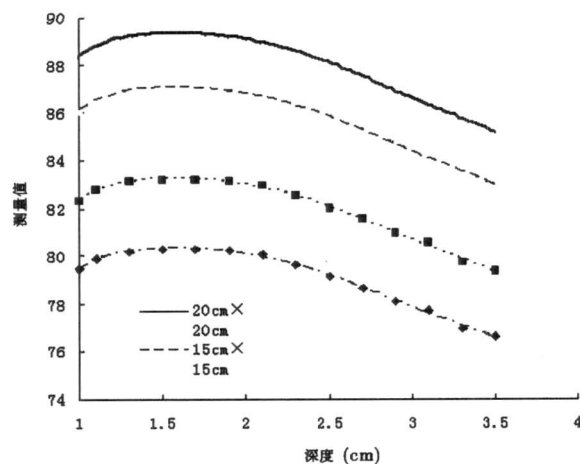


图 3 15MV X射线经各衰减层后的吸收曲线

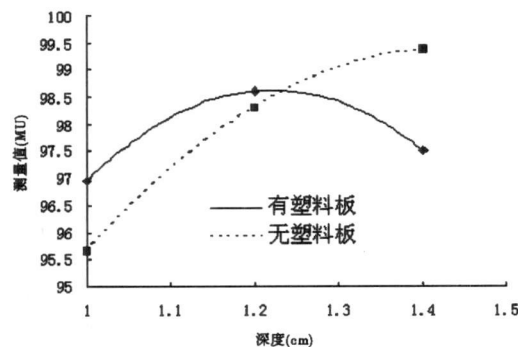


图 4 6MV X射线在有、无塑料板情况下在水中的吸收曲线

从表 2及图 3可以看出: 15MV X射线存在明显的建成效应, 随着射野的增大, 散射线的增多, 测量值也在增大。15MV X射线经各衰减层后, 在 1.4 cm左右就达到峰值, 比在均质水体模中的建成深度减少了一半。6MV X射线也应有类似效应, 但没有出现, 是由于标准水箱中供放置电离室的孔道, 外壳直径约 2 cm无法测得 1 cm以内的数值。据推测 6MV X射线的建

成效应该在 1 cm以内水深才能显示出来。6MV X射线在均质水体模中的建成深度是 1.5 cm从图 4可以看出, 在加了 1.3 mm厚的塑料板后, 建成深度减为 1.2 cm。这表明, 射线不管经过几种介质, 在到达另一种介质时, 只要这种介质的厚度足够大, 就会表现出二次建成效应。

图 4进一步证明了在放疗时, 皮肤上不能有覆盖物, 有了覆盖物不但会引起射线的稍许衰减; 而且使得建成深度变浅, 最大剂量深度向皮肤表面移动, 从而增加了电子污染, 增大了皮肤受量。

3 讨论

用有机玻璃代替皮肤、肌肉、脂肪组织, 以塑料泡沫替代肺组织, 水模拟肺后面的组织。这样的构成可能在质量密度、电子密度、厚度上存在差异, 但从模拟高能 X(γ)射线在人体深层组织中有无再次建成效应来讲是可行的。大部分的肿瘤均有一定的深度, 放疗时射线要穿过不同的组织层才能到达肿瘤, 不同的组织层有厚度、质量密度、电子密度的差异, 这种组织不均匀性不但改变了原射线的吸收和散射线的分布, 而且改变了次级电子的注量分布, 在组织界面处, 还易发生电子失衡现象。临床上 PDD、TMR的测量均是以水来代替人体组织的, 这与实际存在着差距。我们最关心的是查表所得的值与真实值之间的差距是否在允许范围内? 最好是用非均匀人体模型来测量, 使之更接近实际。邓小武等测量了食管癌患者用网状金属支架后对剂量分布的影响, 发现其后空腔形成的二次建成效应使剂量增加大于 5% [3]。肖泽久等发现将测量体模增至 8 cm时仍存在明显的建成效应 [4]。Wang [5]等发现在肿瘤体积较小时, 由于射线在肿瘤内存在二次建成, 建成深度超过肿瘤半径, 高能射线使得靶区的剂量亏欠比低能的要严重。傅卫华 [6]等通过研究也得出了类似的结论。所以为了提高治疗增益, 改善靶区剂量分布, 小肿瘤应避免选择高能射线而选用低能射线, 体积较大的肿瘤可以考虑使用高能射线 [7]。

所以, 对深度肿瘤, 射线能量并非越高越好, 应当综合考虑肿瘤深度、大小、射野所经的组织层及层厚, 选择适当能量的射线, 使得射线在瘤体内的建成深度小于瘤体的直径, 提高治疗增益, 同时使用多野照射也是改善靶区剂量分布的重要手段之一。

参考文献:

- [1] 胡逸民主编. 肿瘤放射物理学 [M]. 北京: 原子能出版社, 2003: 154.
- [2] 孟代英主编. X线投照技术 [M]. 济南: 山东科学技术出版社, 1998: 61.
- [3] 邓小武, 傅剑华, 陈立新, 等. 金属食管支架对放射治疗剂量分布的影响 [J]. 中华放射肿瘤学杂志, 2003, 12(3): 192—195.
- [4] 肖泽久, 王建宇, 钱渡江, 等. 高能 X射线放疗中气腔问题探讨 [J]. 中华放射肿瘤学杂志, 1994, 3(3): 189—191.
- [5] WANG L, YORK E, DESBRY G, et al. Dosimetric advantage of using 6MV over 15MV photons in conformal therapy of lung cancer: Monte Carlo studies in patients geometries [J]. J Appl Clin Med Phys, 2002, 3(1): 51—59.
- [6] 傅卫华, 胡逸民, 戴建荣. 侧面电子失衡对肺部肿瘤放射治疗计划设计的影响 [J]. 中国生物医学工程学报, 2004, 23(1): 49—54.
- [7] NCCN. Non-small Cell Lung Cancer [Z]. Version 2, 2006.