

## 手算方式计算<sup>192</sup>Ir应用于宫颈癌近距离治疗的放置时间

尹朝晟<sup>1</sup>, 吴嘉明<sup>1,2</sup>, 任益民<sup>1,2</sup>

1. 湖南郴州第一人民医院南院放疗中心, 湖南 郴州 423000; 2. 台湾怡仁综合医院放射肿瘤科, 台湾 台北 326

**【摘要】目的:**研究近距离同时治疗子宫体及阴道壁以及用手算方式决定<sup>192</sup>Ir放置时间。**材料与方法:**首先测量<sup>192</sup>Ir在水中2.0 cm处的绝对剂量及一套<sup>192</sup>Ir在子宫体及阴道壁施源器的实测剂量率数据,之后回归一个可描述此数据的方程式,根据<sup>192</sup>Ir源和距给予剂量点的距离,综合利用此方程式逐一计算各点要满足所给予剂量时该停留的时间。**结果:**此手算的计算系统和现今使用的治疗计划系统所算出的时间比较误差在1.0%内,而且可以手算评估宫颈口的累计剂量,以避免过高剂量导致宫颈口糜烂。**结论:**在高度依赖计算机的时代,此方法提供近距离治疗的手算计算方式,在治疗计划系统出现故障或是系统太老旧无法符合临床所需时使用。此方法的实务操作更可提供给医师及医学物理师作为一个良好的训练教材。

**【关键词】**近距离治疗;宫颈癌;子宫体;阴道壁;同时治疗;手动计算

**【中图分类号】**R737.33

**【文献标志码】**A

**【文章编号】**1005-202X(2017)02-0139-08

## <sup>192</sup>Ir source dwelling time in brachytherapy for cervical cancer determined by hand calculation

YIN Zhaosheng<sup>1</sup>, WU Jiaming<sup>1,2</sup>, REN Yimin<sup>1,2</sup>

1. Radiotherapy Center, Chenzhou No.1 People's Hospital, Chenzhou 423000, China; 2. Department of Radiation Oncology, Yeezen General Hospital, Taipei 326, China

**Abstract: Objective** To determine the <sup>192</sup>Ir source dwelling time in the brachytherapy for treating corpus uteri and vaginal wall by using hand calculation. **Materials and Methods** The absolute dose of <sup>192</sup>Ir when the distance of source applicator in the water was 2.0 cm and the measured dose rate of <sup>192</sup>Ir in source applicators of corpus uteri and vaginal wall were measured and developed into a regression equation. According to the distance between <sup>192</sup>Ir source and the points which were delivered dose, the equation was used to calculate the dwelling time which made sure the dose to all points met requirement. **Results** The variation of the dwelling time between calculating system of hand calculation and the widely used treatment planning system was within 1.0%. The accumulated dose to cervical opening was also assessed by hand calculation to avoid the cervical erosion caused by high dose. **Conclusion** In the society which is highly dependent on computers, the hand calculation provides an alternative approach for brachytherapy source dwelling time determination when the treatment planning system is malfunction or too old to meet the clinical requirement. The practical operation of hand calculation also provides good experiences for physician and medical physicist.

**Keywords:** brachytherapy; cervical cancer; corpus uteri; vaginal wall; simultaneous treatment; hand calculation

### 前言

癌症的放射治疗主要有两种方式,一个是外照射,另一种方式是内照射,也就是现今所使用的近距

离治疗方式。外照射主要的方式是由体外照射病人体内的病灶进行治疗,过程中不可避免地会照射到不该照射的危及器官;而跟外照射相比,内照射的好处是可以近距离把辐射给到病灶处,近距离治疗方法可以让预计要治疗的区域达到最大的剂量,同时让周边危及器官的辐射降到最低。一般子宫腔内的近距离治疗均会选择一个剂量参考点,此点(point A)的位置以子宫颈口为原点<sup>[1]</sup>,往身体左侧或右侧偏离

【收稿日期】2016-10-25

【作者简介】尹朝晟,主治医师, E-mail: yzslx@163.com

【通信作者】吴嘉明,男,博士,助理教授,研究方向:放射物理, E-mail: jiaming.wu@chmsc.com

2 cm处,再往头顶方向偏离2 cm,此点(左点或右点)即为子宫动静脉(Uterine Vessels)和输尿管(Ureter)的交会处,因此一般要给肿瘤剂量时,均先会以A点为参考点,分次给予肿瘤必要的剂量而达到治疗效果。子宫体施源器(Tandem)是先置入子宫内,然后依据器械在子宫内的长度决定射源停留点数( $^{192}\text{Ir}$ 射源大小是 $2.6\text{ mm}\times 1.1\text{ mm}$  diameter),再加上阴道底的另2枝半球或半椭圆体钢管,此2枝钢管均以管顶为起点各放置1颗或数颗射源,此时3枝钢管的射源组合会对周围的组织贡献辐射剂量,辐射线在组织内因受到组织的阻挡,所以离开射源愈远,辐射剂量就愈少,大约呈现随距离平方成反比的关系。阴道壁的治疗方式是用一长柱状包住施源器的钢管置入阴道内以便对阴道壁的病灶施行近距离治疗。在本实验中提供一套解决近距离同时治疗子宫体及阴道壁,且用手算方式决定放置时间的方法,在治疗计划系统太老旧无法计算或是出现故障时使用。

## 1 材料与方法

此实验采用国产近距离治疗机天津华杨HDR-18,及其自带近距离治疗计划系统。宫颈癌的近距离治疗是把子宫体施源器(Tandem)放置到子宫体内,另外同时放置半球体施源器(Ovoid)做为阴道底部的剂量补足使用,而给予剂量时设A点作为剂量参考点。因为临床上常常碰到不只子宫体有病灶,同时阴道壁也同时有要治疗的病灶,本设计可近距离同时治疗子宫体及阴道壁,且用手算方式决定放置时间。实验首先必须实际量测 $^{192}\text{Ir}$ 源距离给予剂量的点在水中随距离改变的剂量率,此部分的测量会用到三维水箱,现就实验的步骤描述如下:

### 1.1 绝对剂量点的测量

放射性物质的活性活度的表征是A(Activity),其单位是居里(Ci),指的是每秒钟原子核内的衰变次数,蜕变的过程是能量的转移,是指能量由原子核转移到外界,所以活性越大,能量的转移率就越大。而能量转移率的指标就是剂量率常数(Dose Rate Constant),每一个核种都有一特有的剂量率常数,此剂量率常数不会随该核种(射源)的活性和剂量率而改变,也不随外界的环境如温度、强酸碱而改变,因为来自原子核的核力大大超过外界环境的影响。剂量率常数的单位如下: $\text{cGy}\cdot\text{mCi}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ ,其物理意义是指距1 mCi的射源每小时的照射量, $4.55\text{ cGy}\cdot\text{mCi}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ 是 $^{192}\text{Ir}$ 射源的剂量率常数<sup>[2]</sup>。活性的求法如下:先求出在空气中某个距离(cm)下的空气克马比[Air Kerma Rate

( $\text{cGy/hr}$ )],再除以剂量率常数( $4.55\text{ cGy}\cdot\text{mCi}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ )。测量方法如下:以圆柱型游离腔加上0.5 cm的套筒,在空气中取射源距游离腔中心点2 cm处开始测量,距离每增加2 cm测量一次,直到距离为20 cm时结束。然后把电量仪从电离室收集到的电荷读值利用距离平方反比定律推算到1 m处的读值,主要的目的是要跟国际标准的值相比,之后才能算出标准的活度,经过公式1的推演就可得到Air Kerma Rate( $K_{\text{rate}}$ ):

$$K_{\text{rate}}=N_k\cdot(M_0/t)\cdot K_{\text{TP}}\cdot K_{\text{recom}}\cdot K_{\text{air}}\cdot K_{\text{scatter}}\cdot K_n\cdot(d/d_{\text{ref}})^2 \quad (1)$$

其中, $N_k$ :测量用的电离室Air Kerma校正值, $M_0/t$ :微电量仪的单次测量读值, $K_{\text{TP}}$ :电离室的温压修正值, $K_{\text{recom}}$ :电离室的正负电离对再结合性的修正因子, $K_{\text{air}}$ :空气对 $^{192}\text{Ir}$ 光子衰减的修正量, $K_{\text{scatter}}$ :房间对 $^{192}\text{Ir}$ 光子散射量的修正值, $K_n$ :电离室不对称性的修正, $D$ :测量点离源的距离, $d_{\text{ref}}$ :参考距离,设为1 m。

因为测量时射源放在房间中央,所以来自房间的散射剂量贡献为零,故 $K_{\text{rs}}$ 值为1,把前述的修正因子全部乘起,即可得到在空气中距射源为D时的Air Kerma Rate,再除以剂量率常数 $4.55\text{ cGy}\cdot\text{mCi}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ ,就可得到当时测量时的活度( $\text{mCi}$ )<sup>[4-6]</sup>,再除上衰变因子(半衰期为74.02 d)即可得到射源在出厂时的活性<sup>[7-10]</sup>。目前很多使用到高剂量率后荷治疗的单位就直接以厂商所提供的活性转换成剂量率,而没有真正实测的结果,会导致剂量严重的误差。

### 1.2 Tandem及Ovoid的剂量率测量

如图1a的Tandem测量方式,我们使用三维水箱,让 $^{192}\text{Ir}$ 的源放置在A点(此点为源放置点),然后以PR-05的细小电离室沿着标示Tandem的方向量测(如图1a所示的量测方向);另外,如图1b的Ovoid测量方式,我们让 $^{192}\text{Ir}$ 的源放置在红点处,然后以PR-05的细小电离室沿着标示Ovoid的方向测量(如图1b所示的量测方向)。此两种测量的实验摆设方式主要是模拟宫颈癌患者在治疗时,给予剂量是给到A点,Ovoid作为阴道底部的剂量补给使用时的剂量给予方式而设计;PR-05的细小电离室中心有效测量点经过最短距离的测量校正<sup>[11-15]</sup>,即在离A点2 cm处沿着Tandem轴每隔1 mm测量并读值,把测量到的最大读值点作为测量原点(A'点),之后沿着标示Tandem长轴的方向每隔5 mm作停留测量取读值(如图1a示的测量方向);而Ovoid剂量率随距离变化的测量是在距图1b红点上1.5 cm处做最短距离的测量校正(即在找测量的起始点),在离红点1.5 cm处沿着图

示箭头的虚线每隔 1 mm 测量取读值,把测量到的最大的读值点作为测量原点(黑点,此时是把源放在红点),之后沿着标示 Ovoid 的方向每隔 5 mm 作停留测量取读值(如图 1b 的量测方向);在距图 1b 红点 1.5 cm 处开始测量 Ovoid 剂量率随距离变化的读值是因为比这个距离更短的位置所测量的数值会不精准。

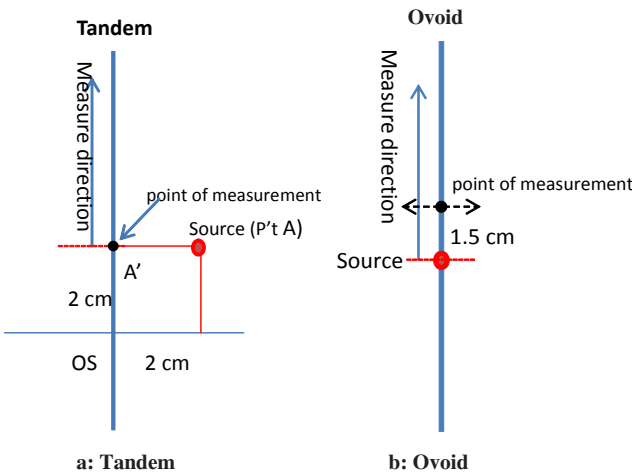


图 1 子宫体施源器和阴道球体施源器的剂量率测量  
Fig.1 Measurement of dose rate of corpus uteri source applicator (Tandem) and vaginal sphere source applicator (Ovoid)

2 结果

本实验所测得的活性反推到出厂日的活度为 9.49 Ci,而向原厂订射源时,我们所开列的规格应为 10 Ci,表示射源出厂时比我们所订缺少 5.1%。虽然在±10%的允许误差内,但针对病人的治疗质量而言,一开始剂量系统就有差异,那整个治疗过程的总误差更无法预估,而且正确评估所使用射源的活性才能应用到临床上的观念似乎比注重百分之几的误差的观念来的重要<sup>[16-17]</sup>。

<sup>192</sup>Ir 在本实验测量时的活度是 8.247 Ci。<sup>192</sup>Ir Tandem 的剂量率的测量读值如图 2 所示,结果显示,剂量率随在水中的距离增加做指数的衰减;而 Ovoid 剂量率随距离变化的读值测量结果如图 3 所示,其剂量率随在水中距离变化的结果可以用一指数方程式:  $y=713.6x^{-2.078}$  表示,此处的  $y$  代表剂量率,而  $x$  代表距离 <sup>192</sup>Ir 源的距离。

图 2 及图 3 转换成数字表格如表 1 及表 2 所示。

3 临床应用于子宫体的治疗

子宫体的给予剂量点是在图 4 的 A 点,如果有 Tandem 及 Ovoid,则 Tandem 所有点射源对 A 点的剂

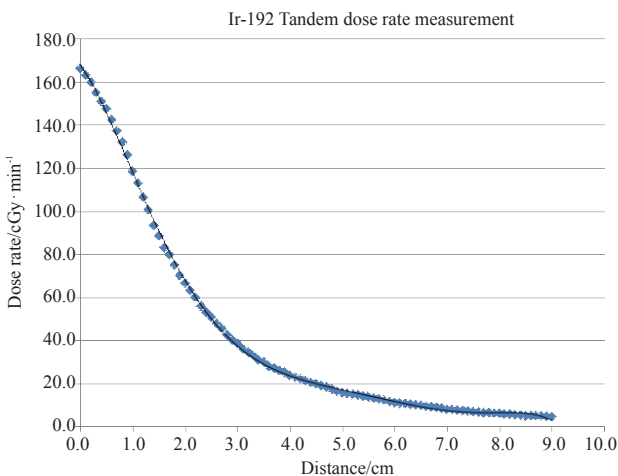


图 2 <sup>192</sup>Ir 在 Tandem 的剂量率在水中随距离增加衰减图  
Fig.2 Attenuation of <sup>192</sup>Ir Tandem dose rate in the water with the increased distance to <sup>192</sup>Ir source

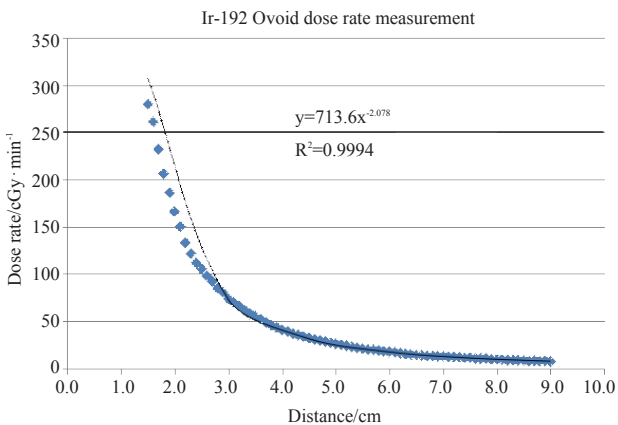


图 3 <sup>192</sup>Ir 在 Ovoid 的剂量率在水中随着距离的衰减  
Fig.3 Attenuation of <sup>192</sup>Ir Ovoid dose rate in water with the increased distance to <sup>192</sup>Ir source

量贡献是 75%,Ovoid 所有点射源对 A 点的剂量贡献是 25%(此剂量权重可根据临床需要做微调)。在图 4 中从宫颈口(第 9 点)往右及往上各 2 cm 的参考点 A 点给予剂量假设是 480 cGy,点跟点之间的间隙是 0.5 cm,每点的停留时间计算如下:第 1 点离第 5 点是 2 cm,从图 1 的曲线内插剂量率数值是 66.7 cGy/min,依此类推从第 2 个点到第 7 个点的剂量率依序是:第 2 点 88.6 cGy/min,第 3 点 118.4 cGy/min,第 4 点 147.5 cGy/min,第 5 点 166.1 cGy/min,第 6 点 147.5 cGy/min,第 7 点 118.4 cGy/min。我们让总累计剂量均匀分配,第 1 点停留时间权重较大是因离 A 点较远,所以停留时间权重是 1.5,第 7 点因离宫颈口最近,所以停留时间权重是 0.8,而第 8 点不放源是因为离宫颈口太近,其余各点的停留时间权重都是 1.0。因为 Tandem 所有点射源对 A 点的剂量贡献是 75%,所以如果 A 点给予剂量是 480 cGy,则停留时间权重

表 1 <sup>192</sup>Ir Tandem 剂量率随距离增大的测量值  
Tab.1 Measurement of <sup>192</sup>Ir Tandem dose rate with the increased distance to <sup>192</sup>Ir source

Distance/cm	Dose rate/cGy · min <sup>-1</sup>	Distance/cm	Dose rate/cGy · min <sup>-1</sup>	Distance/cm	Dose rate/cGy · min <sup>-1</sup>
0.0	166.1	3.1	36.0	6.2	10.6
0.1	163.0	3.2	34.5	6.3	10.3
0.2	159.8	3.3	32.9	6.4	10.1
0.3	155.1	3.4	31.0	6.5	9.9
0.4	151.0	3.5	30.0	6.6	9.5
0.5	147.5	3.6	28.1	6.7	9.1
0.6	142.5	3.7	27.1	6.8	8.8
0.7	137.1	3.8	26.0	6.9	8.4
0.8	131.9	3.9	25.0	7.0	8.0
0.9	126.1	4.0	23.7	7.1	7.8
1.0	118.4	4.1	23.0	7.2	7.6
1.1	112.9	4.2	22.0	7.3	7.3
1.2	106.5	4.3	21.2	7.4	7.1
1.3	100.5	4.4	20.5	7.5	6.9
1.4	93.5	4.5	19.9	7.6	6.7
1.5	88.6	4.6	19.1	7.7	6.5
1.6	83.0	4.7	18.2	7.8	6.4
1.7	79.6	4.8	17.4	7.9	6.2
1.8	75.0	4.9	16.5	8.0	6.0
1.9	70.0	5.0	15.7	8.1	5.8
2.0	66.7	5.1	15.3	8.2	5.6
2.1	63.2	5.2	14.9	8.3	5.5
2.2	60.0	5.3	14.6	8.4	5.3
2.3	56.0	5.4	14.2	8.5	5.1
2.4	53.1	5.5	13.8	8.6	5.0
2.5	50.9	5.6	13.2	8.7	4.9
2.6	47.9	5.7	12.7	8.8	4.8
2.7	45.6	5.8	12.1	8.9	4.7
2.8	42.6	5.9	11.6	9.0	4.6
2.9	40.0	6.0	11.0		
3.0	38.4	6.1	10.8		

为 1.0 的点计算如下:360 cGy/(1.5×66.7 cGy/min + 88.6 cGy/min+118.4 cGy/min+147.5 cGy/min+166.1 cGy/min+147.5 cGy/min+0.8×118.4 cGy/min),算出来停留时间权重是 1.0 的停留时间是 44.8 s(要治疗病

人时 <sup>192</sup>Ir 的活度是 4.61 Ci,此实验测量当时的的活度是 8.247 Ci,所以必须要计算活度因子 8.247/4.61),第 1 点 67.2 s,第 7 点 35.8 s,其余第 2 点到第 6 点均是 44.8 s。对于 Ovoid 的第 10、11、12 点离 A 点假设是

表 2 <sup>192</sup>Ir Ovoid 剂量率随距离改变的测量值  
Tab.2 Measurement of <sup>192</sup>Ir Ovoid dose rate with the increased distance to <sup>192</sup>Ir source

Distance/cm	Dose rate/cGy·min <sup>-1</sup>	Distance/cm	Dose rate/cGy·min <sup>-1</sup>	Distance/cm	Dose rate/cGy·min <sup>-1</sup>
1.5	280.0	4.1	38.9	6.7	13.4
1.6	261.1	4.2	37.1	6.8	13.1
1.7	232.0	4.3	35.4	6.9	12.8
1.8	206.2	4.4	33.6	7.0	12.5
1.9	186.1	4.5	31.9	7.1	12.2
2.0	166.0	4.6	30.6	7.2	11.9
2.1	150.1	4.7	29.4	7.3	11.6
2.2	133.1	4.8	28.1	7.4	11.3
2.3	121.5	4.9	26.9	7.5	11.0
2.4	112.0	5.0	25.6	7.6	10.7
2.5	105.0	5.1	24.6	7.7	10.4
2.6	97.5	5.2	23.7	7.8	10.0
2.7	91.5	5.3	22.7	7.9	9.7
2.8	85.0	5.4	21.8	8.0	9.4
2.9	80.0	5.5	20.8	8.1	9.1
3.0	73.7	5.6	20.1	8.2	8.8
3.1	70.0	5.7	19.5	8.3	8.6
3.2	65.8	5.8	18.8	8.4	8.3
3.3	61.5	5.9	18.2	8.5	8.0
3.4	57.9	6.0	17.5	8.6	7.8
3.5	55.0	6.1	16.8	8.7	7.7
3.6	52.0	6.2	16.1	8.8	7.5
3.7	48.5	6.3	15.4	8.9	7.4
3.8	46.0	6.4	14.7	9.0	7.2
3.9	43.0	6.5	14.0	-	-
4.0	40.6	6.6	13.7	-	-

4.5、4.7、4.9 cm, 从表 2 查得的剂量率数值是 31.9、29.4、26.9 cGy/min, Ovoid 的第 13、14、15 点离 A 点假设是 3.8、4.0、4.2 cm, 从表 2 查得的剂量率数值是 46.0、40.6、37.1 cGy/min, 因为 Ovoid 所有点射源对 A 点的剂量贡献是 25%, 则各点停留时间权重都为 1.0 的情况下, 各点停留时间计算如下: 120 cGy/(31.9 cGy/min+29.4 cGy/min+26.9 cGy/min+46.0 cGy/min+40.6 cGy/min+37.1 cGy/min), 算出来停留时间权重是 1.0 的停留时间是 60.8 s(要治疗病人时 <sup>192</sup>Ir 的活度是 4.61 Ci, 此

实验测量当时的的活度是 8.247 Ci, 所以必须要计算活度因子 8.247/4.61), 从第 11 点到第 15 点均是 60.8 s, 则把 Tandem 及阴道 Ovoid 的总剂量相加之后对 A 点的总贡献便是我们预期的 480 cGy。

4 阴道壁的治疗

阴道壁的给予剂量点是在图 5 的 B 点。假设阴道壁要治疗的长度是 7 cm, 所以总共要给 13 个点, 总有效给源点的中间位置点(第 17 点), 在离第 17 点 1.5 cm



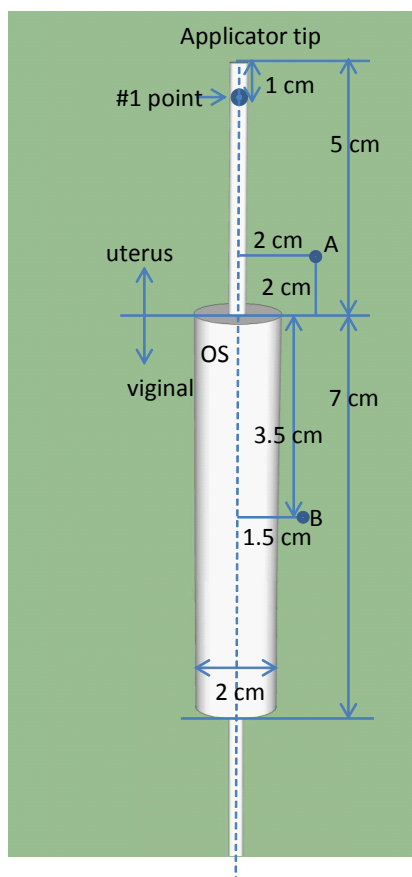


图6 同时治疗宫颈癌患者的子宫体及阴道壁施源器几何关系图

Fig.6 Geometrical relationship of source applicators for treating corpus uteri and vaginal wall simultaneously in patients with cervix cancer

类推从第2个点到第7个点的剂量率依序是: 第2点 88.6 cGy/min, 第3点 118.4 cGy/min, 第4点 147.5 cGy/min, 第5点 166.1 cGy/min, 第6点 147.5 cGy/min, 第7点 118.4 cGy/min, 我们让总累计剂量均匀分配, 第1点停留时间权重较大是因离A点较远, 所以停留时间权重是1.5, 第7点因离宫颈口最近, 所以停留时间权重是0.8, 而第8点不放源是因为离宫颈口太近, 其余各点的停留时间权重都是1.0。所以A点如果给予剂量是500 cGy, 则停留时间权重为1.0的点计算如下:  $500 \text{ cGy} / (1.5 \times 66.7 \text{ cGy/min} + 88.6 \text{ cGy/min} + 118.4 \text{ cGy/min} + 147.5 \text{ cGy/min} + 166.1 \text{ cGy/min} + 147.5 \text{ cGy/min} + 0.8 \times 118.4 \text{ cGy/min})$ , 算出来停留时间权重是1.0的停留时间是62.3 s (要治疗病人时  $^{192}\text{Ir}$  的活度是 4.61 Ci, 实验测量当时的活度是 8.247 Ci, 所以必须要计算活度因子 8.247/4.61), 第1点 93.43 s, 第7点 49.8 s。图5阴道壁总有效给源点的中间位置点 (第17点), 在距离第17点 1.5 cm 的B点是给予剂量 500 cGy 的参考点; 点与点之间的距离是 0.5 cm, 每点的停留时间计算如下: 第11点距离第17点是 4 cm, 把第11点~第23

点距离第17点的长度一一求出, 再按勾股定理计算第11点~第23点距离B点的距离设为  $x$ , 代入方程:  $y = 713.6x - 2.078$  即可求得第11点~第23点每点的停留时间, 我们让阴道壁总累计剂量均匀分配, 第11点及第23点的停留时间权重要较大是因离B点较远, 所以停留时间权重是1.1, 其余的停留时间权重都是1.0; 算出来的剂量率 ( $y$ ) 从第11点到第23点依序是: 32.2、43.1、59.3、83.4、117.0、153.7、171.5、153.7、117.0、83.4、59.3、43.1、32.2 cGy/min, 则停留时间权重为1.0的点计算如下:  $500 \text{ cGy} / (1.1 \times 32.2 \text{ cGy/min} + 43.1 \text{ cGy/min} + 59.3 \text{ cGy/min} + 83.4 \text{ cGy/min} + 117.0 \text{ cGy/min} + 153.7 \text{ cGy/min} + 171.5 \text{ cGy/min} + 153.7 \text{ cGy/min} + 117.0 \text{ cGy/min} + 83.4 \text{ cGy/min} + 59.3 \text{ cGy/min} + 43.1 \text{ cGy/min} + 1.1 \times 32.2 \text{ cGy/min})$ , 算出来停留时间权重是1.0的停留时间是 23.1 s (要治疗病人时  $^{192}\text{Ir}$  的活度是 4.61 Ci, 此实验测量当时的活度是 8.247 Ci, 所以必须要计算活度因子 8.247/4.61), 除第11点及第23点的停留时间是 25.5 s 外, 其余都是 23.1 s。此时所算的时间是A及B点所给予的剂量各是 500 cGy 的情况下, 但是 Tandem 给A点 500 cGy 时, 也会同时给B点带来 68.2 cGy 的剂量贡献, 而 Ovoid 给B点 500 cGy 时, 也会同时给A点带来 64 cGy 的剂量贡献, 所以必须修正A点及B点的给予剂量, 修正后的A点的给予剂量应是 443 cGy ( $500 \text{ cGy} \times 500/564$ ), 修正后的B点的给予剂量应是 439 cGy ( $500 \text{ cGy} \times 500/568.2$ ), 修正后的 Tandem 给予A点 443 cGy 时, 会给B点带来 60.5 cGy 的剂量贡献; 而 Ovoid 给B点 439 cGy 时, 会给A点带来 56.5 cGy 的剂量贡献。最后A点的给予剂量应是  $443 + 56.5 = 499.5 \text{ cGy}$ , 而B点的给予剂量应是  $439 + 60.5 = 499.5 \text{ cGy}$ 。

## 6 讨论

Tandem 及 Ovoid 对 point A 的剂量贡献权重是根据经验法则 (Empirical) 计算的, 而这经验法则根据治疗计划作比对及验证, Tandem 和 Ovoid 对 A 点 (2, 2) 剂量贡献权重设定为 3:1, 这点是根据近距离计算机治疗计划系统做最优化的计算结果及临床经验所设定的值, 这个值会因人、因地区性而异。Tandem 放射源停留时间计算公式如下:  $75\% \text{ 的拟定剂量} / (1.5 \times D_{r1} + D_{r2} + \dots + D_{r(n-1)} + 0.8 \times D_m)$ 。  $D_{r1} \sim D_m$  是指由宫腔管第一点至最后一点  $n$  的剂量率。而 Ovoid 放射源停留时间计算公式如下:  $25\% \text{ 的拟定剂量} / (D_{r1} + D_{r2} + \dots + D_{r(n-1)} + D_m)$ 。  $D_{r1} \sim D_m$  分别是 Ovoid 的第一点到最后一点  $n$  的剂量率。

最后 A 点的累计剂量由农夫电离室测量仪测

量。由于中国内地的近距离治疗均是使用国产天津华源HDR-18近距离治疗机,无法用自带的治疗计划系统做验证,所以所有的计算结果的验证均是使用台湾的MicroSelectron的系统执行剂量验证。

此篇所提到手算的近距离治疗, $^{192}\text{Ir}$ 源在施源器停留时间的计算都只是依赖正面照(Anterior-Posterior)的X光影像所呈现施源器的几何图像去布源点的位置,如果再加上身体侧边的X光影像的辅助,就可以做Tabdem往体表(正面或背面)倾斜时,源点位置的几何修正,让手算的方法达更精确的结果。而且手算过程必须注意是否机器可真正执行每个规划的源点位置到达该有的位置。

## 7 结 论

在高度依赖计算机的时代,此方法提供近距离治疗的手算计算方式,此套方法可以用于治疗计划老旧无法满足临床需求时手算治疗时间,或是故障时的应急计算;在教学上达到训练肿瘤科住院医师及临床物理师的目的,实为医学物理师应具备的基本技能。

## 【参考文献】

- [1] HENSCHKE U K, HILARIS B S, MAHAN G D. Afterloading in interstitial and intracavitary radiation therapy [J]. Am J Roentgenol Radium Ther Nucl Med, 1963, 90(2): 386-395.
- [2] MCDERMOTT M W, GUTIN P H, LARSON D A, et al. Interstitial brachytherapy [J]. Neurosurg Clin N Am, 1990, 1(4): 801-824.
- [3] MARCHAL M H, DE ALMEIDA C E, FERREIRA I H, et al. Experimental derivation of wall correction factors for ionization chambers used in high dose rate  $^{192}\text{Ir}$  source calibration [J]. Med Phys, 2002, 29(1): 1-5.
- [4] WILLIAMSON J F, KHAN F M, SHARMA S C, et al. Methods for routine calibration of brachytherapy sources [J]. Radiology, 1982, 142(2): 511-515.
- [5] COBB P D, BJARNGARD B E. Calibration of brachytherapy iridium-192 source [J]. Am J Roentgenol Radium Ther Nucl Med,

- 1974, 120(1): 120-121.
- [6] KUTCHER G J, COIA L, GILLIN M, et al. Comprehensive QA for radiation oncology: report of AAPM radiation therapy committee task group 40 [J]. Med Phys, 1994, 21(4): 581-618.
- [7] International Commission on Radiation Units and Measurements. ICRU Report 38: dose and volume specification for reporting intracavitary therapy in gynaecology [R]. Bethesda, MD: ICRU, 1985.
- [8] International Commission on Radiation Units and Measurements. ICRU Report 58: dose and volume specification for reporting interstitial therapy [R]. Washington, DC: ICRU, 1997.
- [9] WEAVER J T, LOFTUS T P, LOEVINGER R. Calibration of gamma ray emitting brachytherapy sources [R]. NBS, 1988.
- [10] DEWERD L A, THOMADSEN B R. Source strength standards and calibration of HDR/PDR sources [R]. Brachytherapy Physics: AAPM Summer School, 1994: 541.
- [11] International Atomic Energy Agency. IAEA Technical Report Series No. 374: calibration of dosimeters used in radiotherapy [R]. Vienna: IAEA, 1994.
- [12] VERHAEGEN F, VAN DIJK E, TIERENS H, et al. Calibration of low activity  $^{192}\text{Ir}$  sources in terms of reference air kerma rate with large volume spherical ionization chambers [J]. Phys Med Biol, 1992, 18(11): 2071-2081.
- [13] GOETSCH S J, ATTIX F H, PEARSON D W, et al. Calibration of  $^{192}\text{Ir}$  high-dose-rate afterloading systems [J]. Med Phys, 1991, 18(3): 462-467.
- [14] FERREIRA I H, DE ALMEIDA C E, MARRE D, et al. Monte Carlo calculations of the ionization chamber wall correction factors for  $^{192}\text{Ir}$  and  $^{60}\text{Co}$  gamma rays and 250 kV X-rays for use in calibration of  $^{192}\text{Ir}$  HDR brachytherapy sources [J]. Phys Med Biol, 1999, 44(8): 1897-1904.
- [15] SARFEHNIA A, KAWRAKOW I, SEUNTJENS J. Direct measurement of absorbed dose to water in HDR  $^{192}\text{Ir}$  brachytherapy: water calorimetry, ionization chamber, Gafchromic film, and TG-43 [J]. Med Phys, 2010, 37(4): 1924-1932.
- [16] RILEY A D, PIKE T L, MICKA J A, et al. Determination of air-kerma strength for the  $^{192}\text{Ir}$  Gamma Medplus iX pulsed-dose-rate brachytherapy source [J]. Med Phys, 2013, 40(7): 071732.
- [17] PODGORSK M B, DEWERD L A, THOMADSEN B R, et al. Thermal and scatter effects on the radiation sensitivity of well chambers used for high dose rate Ir-192 calibrations [J]. Med Phys, 1992, 19(5): 1311-1314.

(编辑:薛泽玲)

(上接第125页)

- [14] 孟玲玲, 冯林春, 王运来, 等. 非小细胞肺癌螺旋断层放疗与常规加速器调强放疗计划的剂量学比较 [J]. 医疗装备, 2009, 22(8): 99-103.
- MENG L L, FENG L C, WANG Y L, et al. Dosimetric compare of non-small-cell lung cancer between helical tomotherapy and intensity modulated radiation [J]. Medical Equipment, 2009, 22(8): 99-103.
- [15] WEN G, ZHANG J S, CHI F, et al. Dosimetric comparison of

volumetric modulated arc therapy (VMAT), 5F intensity modulated radiotherapy (IMRT) and 3D conformal radiotherapy (3DCRT) in rectal carcinoma receiving neoadjuvant chemoradiotherapy [J]. Int J Med Phys Chin Eng Radiat Oncol, 2015, 4(1): 54-63.

- [16] VIEILLOT S, AZRIA D, LEMANSKI C, et al. Plan comparison of volumetric-modulated arc therapy (RapidArc) and conventional intensity-modulated radiation therapy (IMRT) in anal cancer [J]. Radiat Oncol, 2010, 5(8): 1984-1990.

(编辑:陈丽霞)