



放射治疗装置





1概述(1)

1、肿瘤放射治疗学的历史

- 1895年伦琴发现X射线
- 1942年原子反应堆问世，制造出多种人工放射性同位素
- 50年代Co-60治疗机出现
- 60年代医用电子感应加速器、医用电子直线加速器应用于临床
- 70年代开始对中子、质子、负 π 介子和重离子等的应用进行研究，出现X-刀和 γ -刀
- 80年代后对恶性肿瘤的70%进行放射治疗



1 概述(2)

2、放射治疗的原理

放射治疗学是利用核射线（ X 、 γ 、 β 和中子流等）对疾病进行辐射治疗的学科。

放射治疗的基本原理是当射线达到一定剂量时，射线照射对病变细胞有抑制和杀伤作用。

射线通过直接效应和间接效应置癌细胞于死地。

1概述(3)

3、世界各国肿瘤发病情况

- 据1989年统计，全世界40亿人口中每年有600万人得癌症。在我国上海、江苏、浙江、福建等地，肿瘤已列为第一位；北京、天津等地列为第二位。
- 在美国，肺癌占第一位，大肠癌占第二位；我国胃癌占第一位，肺癌占第二位。
- 食管癌在世界有三个高发区，中亚里海沿岸、南部非洲地区和我国华北地区。我国华南以鼻咽癌较常见，东北胃癌占首位，西南地区肺癌占首位。
- 经过各种治疗，各种癌症的平均5年生存率已达48%。

1概述(4)

- 3、放射治疗用的放射源有三大类：
 - (1)放射性同位素发射出的 α 、 β 、 γ 线
 - (2)X射线治疗机和各类加速器产生的不同能量的X射线
 - (3)各类加速器产生的电子束、质子束、中子束、负 π 介子和重离子束等
- 第一类放射源用作体外照射、腔内照射或组织间照射，也可用口服或静脉注射将放射性核素注入人体，进行内用同位素治疗。
- 第二、三类放射源只能用于体外照射。



1概述(5)

4、肿瘤放射治疗的方法和疗效

- 放射治疗的方法有三种：贴敷法、腔内照射法和体外照射法。
- 据有关报道：如子宫癌手术前放射治疗的治愈率可从**70%**提高到**90%**；膀胱癌手术前放射治疗的治愈率可提高**10%**以上；肺癌手术后放射治疗**5**年生存率从**0**提高到**20%**。
- 单独放射治疗恶性肿瘤**5**年治愈率可达**50%**



2 放射治疗设备

1. X射线治疗机

为获得X射线必须有二个条件：

- (1) 要有足够数量高速运动的电子
- (2) 要有一个能够接受高速电子撞击而产生X射线的靶。

2 放射治疗设备(1)

X射线治疗机有以下几种：

- 接触治疗机，治疗皮肤癌，管电压10—60千伏；
- 表层治疗机，治疗浅层，管电压60—140千伏；
- 中层治疗机，治疗皮下中层组织，管电压140—180千伏；
- 深部治疗机，治疗组织深部的病灶，管电压180—250千伏。

放射治疗设备(2)

1、医用加速器 -WEIDA

Energy:

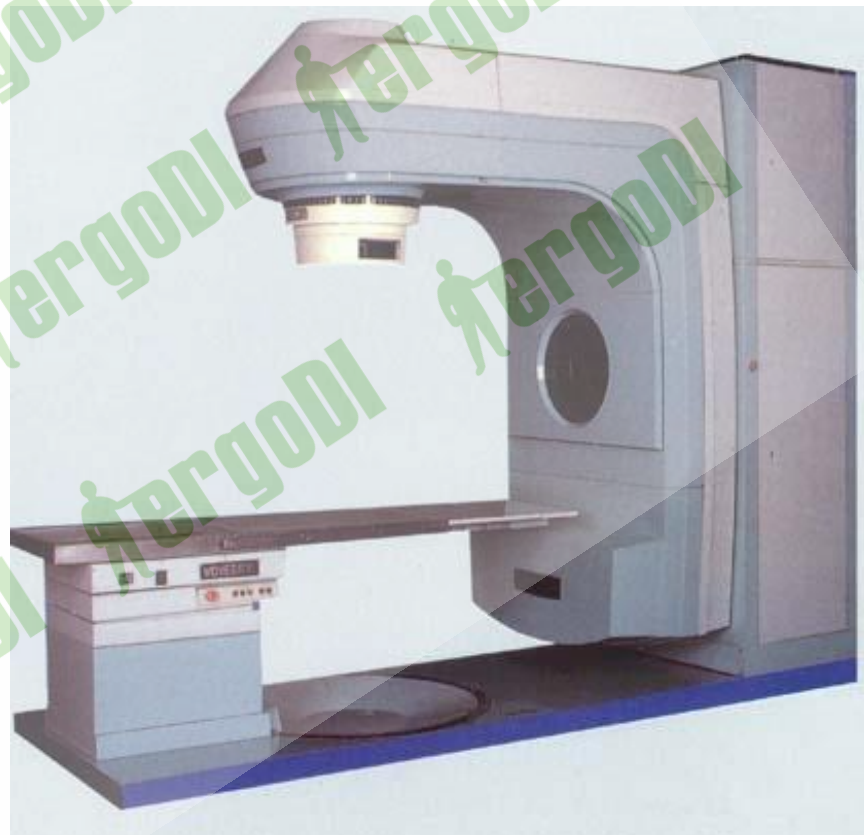
6MeV(X-ray)

Dose Rate :

2GY/min

Field size:

2X2~35X35cm



2 放射治疗设备(3)

2、Co-60治疗机

- γ 射线，能量1.17Mev， 1.33Mev，
- 穿透力强，深部治疗比200千伏的X射线大15%。皮下反应轻，骨骼和软组织吸收剂量相等，旁向散射小，经济可靠，结构简单。

Co60治疗机（HMD-I）型



3 放射治疗设备(4)

3、后装治疗仪

后装治疗仪是一种远距离控制小射线源（钴60，铯137等）的治疗装置。

4、快中子治疗仪

中子源14MeV

D-T中子发生器

5、负 π 介子治疗仪

4 医用加速器

1. 概述

- 放射治疗是癌症治疗的主要手段。最早用于治疗癌症的是X射线，50年代出现了远距离钴60治疗机，进入60年代后，医用加速器技术应运而生。由于医用加速器能产生电子、X、 γ 等射线，射线定向性好，能量高，穿透性强，并且可以控制，利用率又高，故各种加速器的不断出现很快在医学上得到重视和利用。

4 医用加速器 (1)

- 加速器用于医学在本世纪30年代就开始了，那时美国就有了用于医学的回旋加速器。40年代出现了医用电子感应加速器、电子同步加速器和质子同步加速器。1952年电子直线加速器在英国首次用于医疗。进入60年代医用电子直线加速器开始应用，由于它是一种能产生X射线和电子射线的先进设备，所产生的高能射线能以电离辐射的形式作用于细胞，杀伤不同种类的肿瘤细胞，所以被广泛用于临床治疗肿瘤。



4 医用加速器 (2)

2、电子直线加速器

医用电子直线加速器是医疗器械领域设计制造复杂、技术含量最高的高科技产品，也是目前治疗肿瘤的主流设备。下面是国产XHA600C医用电子直线加速器

XHA 600C医用电子直线加速器



XHA 600C医用电子直线加速器

- 射线类型: X线
 - X线能量: 6MV
 - 正常治疗距离(NTD): 100cm
 - 最大输出剂量率: $\geq 250\text{cGy}/\text{min}$
 - 照射野范围:
 - a 对称野: $20\text{mm} \times 20\text{mm} \sim 400\text{mm} \times 400\text{mm}$
 - b 非对称野: 上光阑: $-100\text{mm} \sim +200\text{mm}$ (单边)
下光阑: $-20\text{mm} \sim +200\text{mm}$ (单边)
 - 等中心精度: $\leq 1\text{mm}$
 - 均整度: ≤ 1.06
 - 旋转治疗每度吸收剂量: $1.0 \sim 10\text{MU}/\text{deg}$, 连续可调,
 - 机架角度: $0^\circ \sim 360^\circ$
 - 床面升降运动高度范围: $750\text{mm} \sim 1500\text{mm}$

XHA900医用加速器



XHA900医用加速器

- 射线类型: X线、E线
- X线能量: 6MV或8MV
- 电子线能量: 5、7、9MeV
- 正常治疗距离(NTD): 100cm
- 最大输出剂量率: X线 $\geq 300\text{cGy/min}$
E线 $\geq 500\text{cGy/min}$
- 治疗方式: 固定束治疗、旋转治疗
- 照射野范围: a 对称野: $2\text{cm} \times 2\text{cm} \sim 40\text{cm} \times 40\text{cm}$
b 非对称野: 上光阑: $-10\text{cm} \sim +20\text{cm}$ (每边)
下光阑: $-2\text{cm} \sim +20\text{cm}$ (每边)
- 等中心精度: $\leq 1\text{mm}$
- 均整度: ≤ 1.06
- 楔形角设置范围: $0^\circ \sim 60^\circ$ 任意设置
- 旋转治疗每度吸收剂量: $1.0 \sim 10\text{cGy/deg}$, 连续可调, 治疗角度 $0^\circ \sim 360^\circ$
- 等中心高度: 1300mm
- 床面升降运动范围: 650mm \sim 1500mm
- 床面横向移动范围: $\pm 245\text{mm}$
- 床面纵向移动范围: 1100mm
- 床面旋转范围: $0^\circ, 180^\circ$
- 床公转范围: $\pm 95^\circ$

BJ-6B医用电子加速器

- BJ-6B医用电子加速器X线能量：6MV
输出剂量率：400 cGY / min;
SSD：100CM;
最大照射野：40cm×40cm ;
均整度： ≤ 1.06 ;
楔形角度：0~60度自动设置;
弧形治疗剂量：1~18 cGY / deg;
半影区： $\leq 8\text{mm}$;
机架旋转速度：0.1~1.0 RPM;
等中心高度：1330mm;
等中心精度： $\leq \pm 0.5\text{mm}$;
整机控制系统：PC-STD 现代工业控制计算机;
独有的，适合X刀治疗的大剂量治疗方式。
全新的外观设计及加工工艺。主要技术指标达到进口
机型水平；全新的外观设计及加工工艺。面向国际市场
获国家科技进步二等奖

BJ-6B医用电子加速器



BJ-14医用电子加速器

- 能量：6, 8, 10MV任选两挡；
电子线能量：6, 8, 10, 12, 14MeV五挡；
X线剂量率： $\geq 200\text{cGY} / \text{Min}$ (6MV)；
 $\geq 300\text{cGY}/\text{Min}$ (8或10MV)；
电子线剂量率：400cGY/Min（标称值）
SAD：100CM；
最大照射野：40cm \times 40cm；
均整度： ≤ 1.06 （射野 $< 30\text{cm}\times 30\text{cm}$ ）；
楔形角度：0~60度任意设置，自动完成；
X线弧形治疗剂量：0.5~10cGY / deg连续可变；
半影区： $\leq 8\text{mm}$ ；
主机等中心高度：1300mm；
主机三轴等中心精度： $\leq 1\text{mm}$ ；
整机控制系统：PC-STD 现代工业控制计算机

BJ-14医用电子加速器



西门子加速器



瓦里安加速器



医科达加速器



4 医用加速器 (3)

3、电子回旋加速器



5 立体定向放射治疗

一、概述

1949年瑞典神经科学家Leksell首先提出了放射外科学理论，设想利用立体定向技术，使用大剂量的高能量射线束（X、 γ 、质子、中子等）一次性摧毁靶点的病变组织。此后近二十年有许多科学家进行了研究和实验，于1968年建造了世界上第一台 γ 刀，并于1972年—1974年成功地做了二十多例脑动静脉畸形和癌症手术。从此 γ 刀开始用于治疗各种神经外科和癌症疾病。

5 立体定向放射治疗(1)

二、 γ -刀

γ -刀和X-刀并非通常意义上的有利刃、有把柄、能切割的金属刀。称其为“刀”是因为它能象手术刀那样切除肿瘤，冠以“X”或“ γ ”是因为原动力来自X射线和 γ 射线，所以也是一种放射治疗。

5 立体定向放射治疗(2)

1. γ -刀的基本原理和概况

γ -刀是将多个放射源静止性照射到一点上，使该点的剂量很大，从而到达治疗的目的。

1968年第一台 γ -刀在瑞典问世，用179个钴60源；1974年第二代 γ -刀用201个钴60源，照射直径达4—30mm；八十年代发展了第三代 γ -刀，用多个等剂量

5 立体定向放射治疗(3)

中心，更换各种准直器头盔，应用范围扩大到颅内肿瘤和血管畸形。

- 1984年后 γ -刀受到世界各国关注和推广，在英国和阿根廷安装了第三台和第四台 γ -刀。
- 1987年在美国安装了北美第一台 γ -刀，每个钴源达30居里，适用于治疗面积更大、位置更深的病变。
- 1992年美国已有10台 γ -刀，日本有8台。近年来，我国已引进5台。

5 立体定向放射治疗(4)

2、 γ -刀的组成 γ -刀由六部分组成，它们是：

放射系统；校准系统（头盔）；手术台；控制台；液压系统和计算机治疗计划系统。

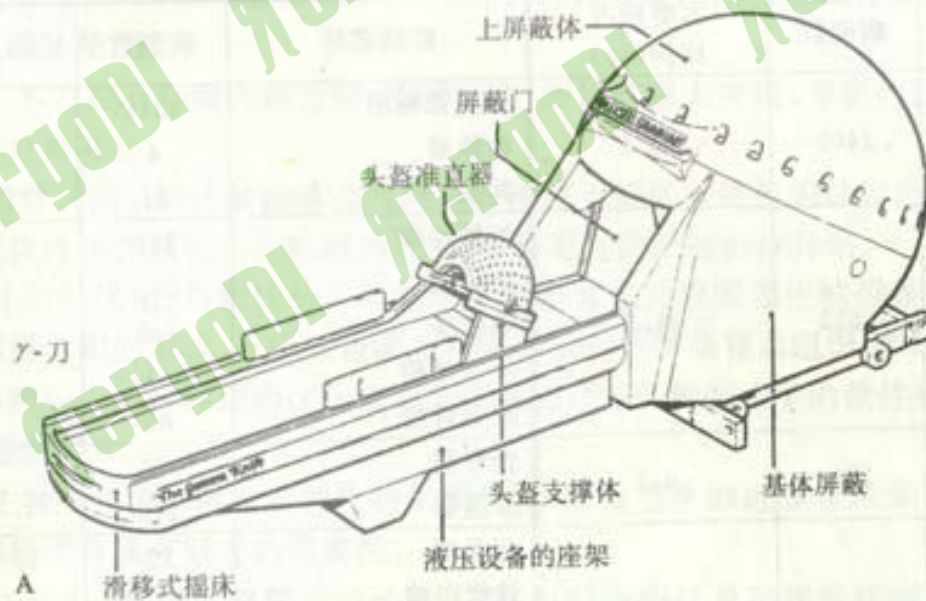


图 6.3.3 γ -刀的原型

5 立体定向放射治疗(5)

3、 γ -刀的特点

- ① 无手术治疗，病人无痛苦；
- ② 手术精确，误差小（ $\pm 0.1\text{mm}$ ）；
- ③ 简便省时，每次治疗只需3-小时；
- ④ 新一代 γ -刀配合CT、MRI和DSA及计算机，使治疗过程自动化和程序化。

5 立体定向放射治疗(6)

4、 γ -刀的临床应用

■ *伽玛刀、X刀治疗适应症:*

1. 所有的脑内良、恶性肿瘤: 脑膜瘤、垂体瘤、脑转移瘤、松果体瘤、三叉神经瘤、听神经瘤、血管网织细胞瘤、脊索瘤、雪旺氏神经鞘瘤、NPH癌等
2. 癫痫;
3. 脑血管畸形、脑血管瘤;
4. 五官肿瘤: 鼻咽癌、颅咽管瘤、鼻血管纤维瘤、内耳肿瘤、眼球后肿瘤;
5. 功能性脑神经疾病: 三叉神经痛、顽固性头痛、帕金森氏病。

奥沃伽玛刀



5 立体定向放射治疗(7)

三、X—刀

1、概述 以产生硬X射线的医用直线加速器为放射源的立体定位定向装置，称为X—刀。其原理是通过Linac机架旋转控制射线的输出剂量，照射野的再次准直和治疗床的角度变化来使高辐射剂量照射源集中在靶点，而靶区周围X射线剂量很小，取得与 γ —刀相同的治疗效果。

5 立体定向放射治疗(8)

2、X—刀的特点和评价

- (1) 无痛手术，病人痛苦极小
- (2) 设备简单，只需对标准直线加速器稍加修改，就非常接近 γ —刀
- (3) 操作简单，技术容易掌握
- (4) 造价比 γ —刀低，容易推广
- (5) 对环境污染小
- (6) 可对多种癌（肝、肾、肺及骨癌等）进行立体放射治疗。

5 立体定向放射治疗(10)

评价：预测X—刀将成为未来立体放射治疗的主要设备，比 γ —刀更易推广。在美国X—刀治疗中心有80多个，而 γ —刀治疗中心只有8个。

3、X—刀的临床应用

我国从1991年研制第一台X刀，两年中就完成了160多病例。

X-刀(STAR系列)



6 硼中子俘获癌症治疗

1、概述

- **BNCT (Boron Neutron Capture Therapy)** 中文含义是硼中子俘获治疗，是目前世界上最先进的癌症治疗方法之一。
- 到目前为止，世界上用反应堆中子源的（**rBNCT**）治疗机已经达到二期临床水平，但基于加速器的**BNCT**世界上还没有，许多发达国家都在研制中。

6 硼中子俘获癌症治疗(1)

在所有目前可以列举的放射治疗方法中，**BNCT**具有其它放疗所不具备的突出优点。主要表现在：中子的穿透性比质子和重离子好，容易实现深部癌症治疗；**BNCT**用的是低能中子，与快中子治疗相比，低能中子对人体正常细胞的伤害要小得多；发挥治疗作用的 α 粒子和 ${}^7\text{Li}$ 重离子具有局域性好的特点；药物的选择性提高了**BNCT**治疗癌症方面的优势；对无原发肿块的癌症有潜在的治疗能力等。

6 硼中子俘获癌症治疗(2)

2. BNCT的基本原理

将含 ^{10}B 元素的BNCT药物注射到人体中,药物对肿瘤的选择性越高越好,每克肿瘤组织达到 $30\mu\text{g}$ 的 ^{10}B ;由加速器产生的中子源经慢化后变为 $1\text{eV}-1\text{keV}$ 范围内的超热中子,照射到病变组织,与 ^{10}B 发生俘获反应,反应方程如下:



产生的 ${}^4_2\text{a}$ 粒子和 ${}^7_3\text{Li}$ 核的射程都很短,分别为 $5\mu\text{m}$ 和 $8\mu\text{m}$,它们能有效地杀死癌细胞,而对周围正常细胞损伤很小。

6 硼中子俘获癌症治疗(3)

3. BNCT中子源

- 一个理想的BNCT中子源应具备下列性质：
- 源的主要成分是1eV到10keV的中子；
- 源在病人辐照区的通量大于或等于 10^9 量级也即在一个小时内可将总量约 10^{12} 的中子注入病灶；
- 源的快中子成分足够低；
- 源的 γ 射线成分足够低；
- 源的方向性足够好。

6 硼中子俘获癌症治疗(4)

- 目前能够最大程度接近这些要求的中子源只有反应堆中子源，但世界上正全力开拓小型加速器中子源及辅助设备，从90年代初开始，已吸引了几十个研究组在开展研究工作。
- 加速器产生中子的方法一般用 ${}^7\text{Li} (p,n)$ 、 ${}^9\text{Be}(p,n)$ 或 ${}^9\text{Be}(d,n)$ ，高能质子或氘核（能量大于2.4MeV轰击Li靶或Be靶，产生能量大于700keV的中子，再经慢化装置变成超热中子。

4、剂量计算