

有关详情, 请您垂询

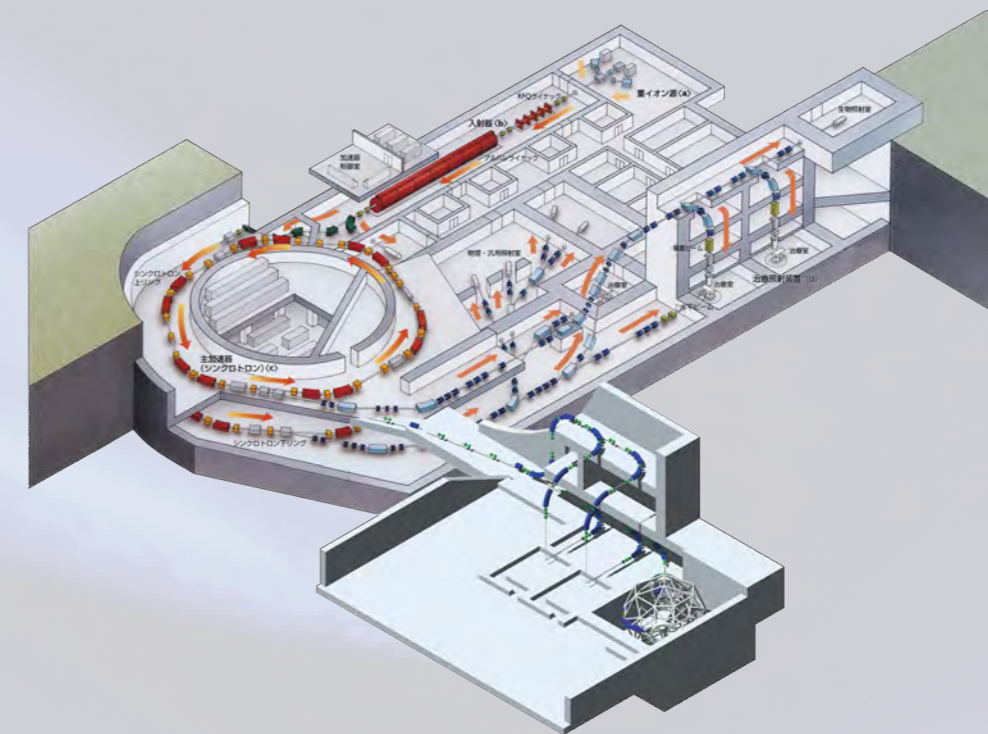
放射线医学综合研究所
研究企画室
TEL +81-(0)43-382-3476 (仅限英语)
E-mail: nirs_intl@qst.go.jp

最尖端的放射线医学
在实体瘤治疗领域走在世界前列

重粒子射线癌症放疗



HIMAC
(Heavy Ion Medical Accelerator in Chiba)



治疗疑难癌症

治疗时间短

保持生活质量

- 从东京
东京羽田机场
〈电车〉 乘坐JR总武线稻毛站下车
徒步10分钟到放医研, 或从稻毛站乘坐开往山王町方向的公共汽车在放医研正门站下车。
- 从东京
成田机场
〈自驾〉 从京叶高速路的穴川IC(立交)到放医研1.8公里。
〈电车〉 乘坐JR总武线开往千葉站的快速电车到稻毛站下车。
徒步10分钟到放医研, 或从稻毛站乘坐开往山王町方向的公共汽车在放医研正门站下车。
〈自驾〉 从东关东高速路的千葉北IC(立交)到放医研5.5公里。

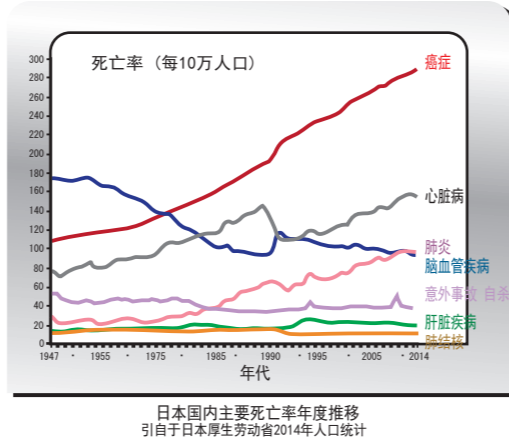
重粒子射线癌症放疗的原理与优点



国立研究开发法人量子科学技术研究开发机构放射线医学综合研究所（放医研）领先于世界开发并制造出重粒子射线癌症放疗专用设备HIMAC，并在先进医疗，临床试验两方面均获得了极为丰硕的成果。

对于居死因第1位的癌症，放疗是最佳治疗方案

近年来，罹患癌症的人士、因癌症而逝世的人士不断增加。2014年1年中的死亡人数高达约37万人，占总死亡人数的29%。



什么是放射线治疗

放射线治疗=非手术治疗：无痛、无灼热、无恐惧、无损伤

放射线治疗，并非是利用放射线的热量烧死癌细胞。而是利用放射线给癌细胞核中的DNA（脱氧核糖核酸）造成分子级的损伤，使其不能继续进行细胞分裂，从而杀死癌细胞。

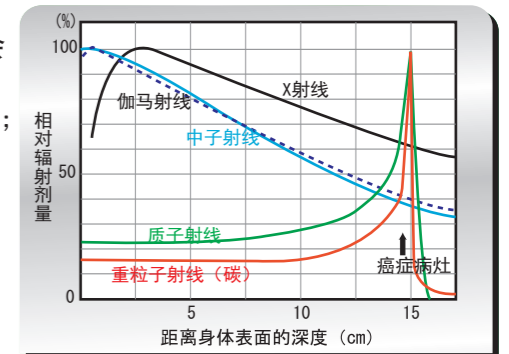
癌症治疗方法

| | 外科疗法 | 放射线疗法 | 化学疗法 |
|----|--|---|---|
| 适用 | <ul style="list-style-type: none"> 从早期癌症到中期进展性癌症 局部癌症（集中于1处的癌症） | <ul style="list-style-type: none"> 从早期癌症到局部进展性癌症 局部癌症 | <ul style="list-style-type: none"> 特别适用于白血病等扩散至全身性的癌症 |
| 优点 | <ul style="list-style-type: none"> 根治性高 | <ul style="list-style-type: none"> 功能与形态的缺损较少 治疗中对身体负担小 | <ul style="list-style-type: none"> 在某些病例中，延寿效果显著 |
| 缺点 | <ul style="list-style-type: none"> 功能与形态的缺损有时会较大 不适用于高龄者等体力较弱的患者 | <ul style="list-style-type: none"> 副作用小 | <ul style="list-style-type: none"> 通常，副作用强 不是所有病例均可根治 |

重粒子射线的物理/生物特征

重粒子射线癌症放疗的特征：治疗疑难癌症、治疗时间短、保持生活质量
治疗难以手术的癌症、治愈常规放疗难以治愈的癌症

如右图所示，由于X射线物理特性决定，在进入人体后剂量会逐渐降低，所以难以治疗位于体内深处的癌症。然而，重粒子射线在到达病灶之前，对于正常组织影响甚小；当到达病灶时，释放出巨大能量然后射线停止，该物理特性具有良好的治愈深部癌症效果。



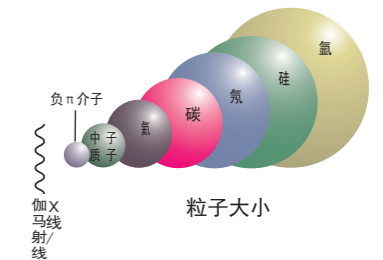
各种放射线在生物体内的辐射剂量分布

什么是重粒子射线

- 重粒子射线：是碳（C）、氦（Ne）、硅（Si）、氩（Ar）等离子超高速飞行形成的射线。
- 放医研将重离子（碳离子）射线用于癌症治疗。

其他放射线

- 质子射线：氢（H）的原子核（质子）超高速射出形成的射线。
- 光子射线：光子是指高能光粒子。
光子射线是由光子以光速飞行所形成的射线。
X射线以及伽马射线都属于光子射线。



※) 当使用这些离子进行治疗时，大量的同一方向飞行的粒子形成粒子束照射到病灶处。

重粒子射线的物理特性

- 能够精确地预先设定离子束在体内停止的深度。
- 最大能量沉积于离子停止位置。

重粒子射线的生物特征

- 同等辐射剂量，生物效应强于X射线。

X射线放疗与重粒子射线放疗的差异

常规放射线癌症放疗

传统放疗（光子射线），在人体内近皮肤处能量沉积最强，随着深度加深能量沉积递减，与此同时光子射线也无法准确停止于病灶处，故该方法会损伤病灶前后正常细胞。

※1 因对放射线的敏感度高，必须尽量避免照射的器官。
※2 这类癌细胞对放射线敏感度低因此用常规放疗（X射线，伽马射线）难以杀伤的细胞。

利用重粒子射线进行癌症放疗

碳离子束通过入射能量的控制可以停止在体内指定的精确位置，同时具有将最大能量释放于该位置，所以只对于病灶处癌细胞进行致命杀伤照射。

※1 高放射敏感性器官应避免照射。
※2 此类癌细胞属于低放射敏感；对常规放疗具有阻抗。
※3 适形固定模具用于调节剂量分布使之适形于肿瘤形状。

重粒子射线癌症放疗装置

世界首台重粒子射线癌症放疗装置HIMAC

HIMAC是领先世界所制造出的，用于研究重粒子射线癌症放疗的专用装置。HIMAC的使命是证明重粒子射线癌症放疗的有效性与安全性，并且开发新的治疗方法。HIMAC是由下图所示的各种装置组合而成。



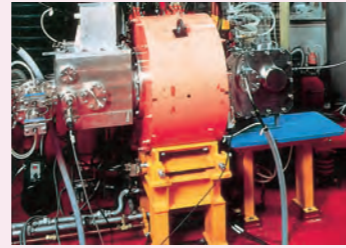
③ ALVARE 加速器

ALVARE 加速器是一台直径2.2m，长约 24m 的直线加速器。可加速到6MeV/核子（光速的约11%）。



② RFQ 加速器

RFQ 加速器是直径 0.6m，长约 7.3m 的直线加速器。可加速到800keV/核子（光速的约4%）。



① ECR型离子源

从原子上剥离电子，生成多价离子。



④ 主加速器偏转电磁铁

为了让重粒子保持在同步回旋轨道上而令其偏转的电磁铁，是磁场强度会随着加速能量而改变的交流电磁铁。



⑤ 高频加速腔

在同步加速器中，是利用加速腔的高频电场对粒子进行加速。以 6MeV/核子的能量入射的重粒子，在这一加速腔中被逐渐加速，经数十万转之后，最高能量达到800MeV/核子（光速的约84%）。



⑥ 照射设备

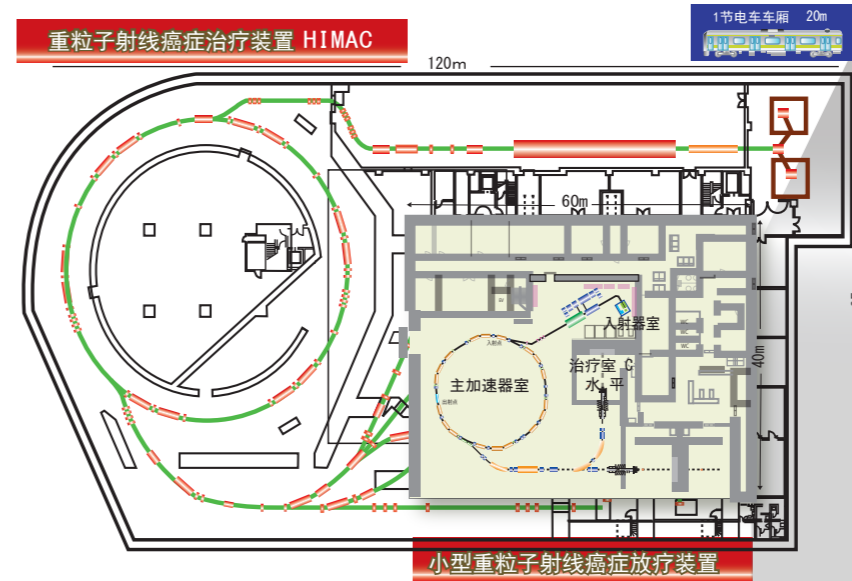
在此使用多种照射设备，例如：可将照射范围调节至与肿瘤形状横切面相一致的准直仪等。



⑦ 治疗室

为了有效运用重粒子射线，拥有3间放疗照射室，可运用垂直射线与水平射线两者进行治疗。特别是放疗照射室B，可同时运用水平、垂直射线进行放疗。

以普及为目标的小型化研究开发



作为研究设施的 HIMAC 是一台巨大的设备，面积相当于足球场。普及型是专以治疗为目的通过对重粒子射线的种类和能量予以优化选择，研发出来的可将其面积和建设费用均缩小到原来的1/3新的小型设备。普及型设备已安装在群马，佐贺，神奈川并在运行。

新一代照射系统的研究开发

为了研发新的照射法，在2010年对HIMAC进行了增建。

其目的在于，为了减少对正常组织造成的损伤，针对形状及大小不断变化的癌症病灶，实现更高精度的照射。

【研发同步呼吸3维扫描照射法】

- 通过将重粒子射线的功效仅集中照射病灶处以减少副作用照射法。

【研发旋转门架】

- 为了患者能够从任何一个方向均以舒适的接收治疗，研发出来可以用重粒子射线进行照射的旋转门架。

群马大学重粒子线治疗设施
开始治疗 2010年3月

九州国际重粒子线肿瘤治疗中心
开始治疗 2013年8月

神奈川县立肿瘤中心
开始治疗 2015年12月

大阪重粒子射线治疗中心
开始治疗 2018年10月

新治疗楼

旋转门架
(可从360°任意方向进行照射)

G治疗室

重粒子射线癌症放疗的历程

| 1957年 昭和32年 | 1984年 昭和59年 | 1986年 昭和61年 | 1988年 昭和63年 | 1993年 平成5年 | 1994年 平成6年 | 2001年 平成13年 | 2003年 平成15年 | 2004年 平成16年 | 2006年 平成18年 | 2010年 平成22年 | 2011年 平成23年 | 2017年 平成29年 | | | | |
|----------------|---------------------------------------|----------------|----------------|---------------|----------------------|--------------------|-----------------|------------------|----------------|-------------------------------------|------------------|----------------|------------------|-----------------------|------------------|--------------|
| · 放射线医学综合研究所建立 | · 在日本政府“第10个抗癌综合性战略”支持下，HIMAC作为国家项目启动 | · 开始HIMAC的基本设计 | · 开始建设HIMAC | · HIMAC建设完工 | · 机构重组，成立重粒子放射线治疗中心。 | · 开始重粒子射线癌症放疗的临床试验 | · HIMAC设备系统升级研发 | · 治疗患者累计突破1,000人 | · 重粒子放射线治疗中心成立 | · 重粒子射线癌症放疗被厚生劳动大臣认证为高度先进医疗（现：先进医疗） | · 治疗患者累计突破2,000人 | · 开始普及小型化研究 | · 开始下一代照射系统的研究开发 | · 在群马大学建设普及型1号机，并开始治疗 | · 新一代扫描照射法临床试验开始 | · 开始旋转门架临床试验 |

常见问题 (FAQ)

关于原理特征

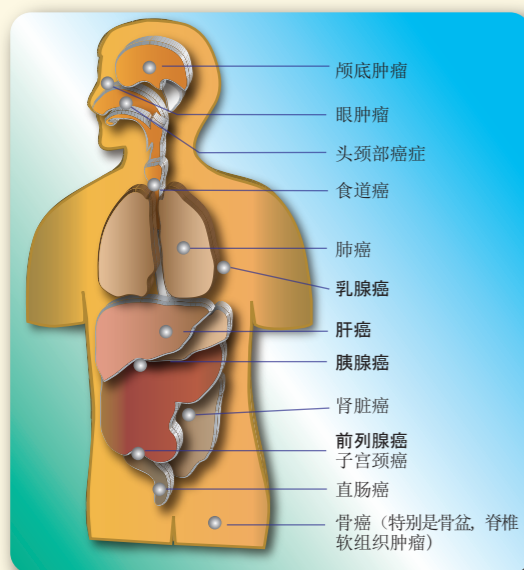
Q 1 重粒子射线癌症放疗与质子射线癌症放疗的区别在哪里？

A 1 以采用相同辐射剂量的重粒子射线与质子射线进行照射时做对比，重粒子射线攻击癌症病灶的效果极大。其结果就是，只需比质子射线更少的照射次数就能够完成治疗。并且，对于骨肉瘤等表现出放射线抗性的癌症，与X射线及质子射线相比，在辐射剂量集中性与生物学效应两方面均表现优异的重粒子射线对此类癌症特别有疗效。

关于适用对象与治疗成绩

Q 2 适用于哪些疾病的治疗？

A 2 主要的适用癌症



- **骨·肉肿瘤**
难以进行手术的肿瘤 ····· 4周治疗
- **头颈部癌症**
鼻·副鼻腔·唾液腺难以手术的肿瘤 ····· 4周治疗
- **肺癌 (非小细胞型)**
局部进行性癌 ····· 3~4周治疗
I期癌症 ····· 1天~3周治疗
- **肝癌** ····· 2天~1周治疗
- **胰腺癌** ····· 3周治疗
- **前列腺癌** ····· 3周治疗
- **子宫颈癌** ····· 5周治疗
- **直肠癌 (手术后复发)**
难以手术治疗直肠癌 ····· 4周治疗
- **恶性黑色素瘤**
眼球脉络膜等 ····· 1~2周治疗
- **乳腺癌** ····· 1~2周治疗

Q 3 哪些情况下不在治疗范围内？

A 3

■ 发生转移

- 发生转移，特别是转移到距离原发病灶较远的肺部等部位（称为远处转移）时，基本上不能进行重粒子射线放疗。另外，发生大范围的全身转移时，也无法使用重粒子射线治疗个别转移癌症。

■ 过去曾经接受过放射线治疗

- 已经接受过放射线治疗的情况下，再接受重粒子射线照射会有造成严重副作用的危险。因此，治疗对象部位已经接受过放射线治疗的患者，原则上不在本疗法的治疗范围之内。

■ 袋状的官腔性器官癌症、或已确立了其他治疗方法的病症

- 胃癌、十二指肠癌、卵巢癌等不再本疗法的治疗范围之内。



Q 4 可以说重粒子射线癌症放疗是真正有效的治疗方法？

A 4 因放疗不是表现照射之后病灶就立刻消失，那么要断定是否治疗有效需要花一定的时间。即使是足够的剂量进行照射，病灶从外观上也不会马上表现出有很大的变化。但是在病灶细胞核内部已经发生了记录遗传信息的DNA自身受到不能再修复的破坏这个巨大的变化，放疗之后癌细胞衰竭的结果，表现在癌肿块渐渐变小直到消失，这一过程根据癌症种类的不同，需要最短从一个月到一，两年的时间。因此，设定了局部控制率、生存率等衡量指标，并进行三年一阶段，五年一阶段的追踪观察。

局部控制率是指放疗之后癌肿瘤渐渐消失，或者变小之后没有复发的比率。某种程度的进行性癌症有转移的可能性，局部控制率只对此次放疗的病灶进行追踪调查。生存率有全生存率和原病生存率等数种指标，用于衡量治疗成绩是全生存率。原病生存率是指是否因原发疾病而死亡的衡量指标，因其他疾病或者事故等其他原因的死亡不包括在内。全生存率是指包括其他原因而死亡的衡量指标。

关于治疗费用

Q 5 由海外而来的患者的治疗费用是多少？

A 5 从海外来的患者因没有加入日本国民医疗保险，须自行承担528万日元（含税）的重粒子射线放疗技术费，并额外需要负担旅行，住宿，住院等费用。