

出國報告（出國類別：進修）

大阪重粒子中心  
短期進修心得報告

服務機關：台北榮總腫瘤醫學部 放射腫瘤科

姓名職稱：住院總醫師 藍天立

派赴國家/地區：日本 大阪

出國期間：2022/6/25-9/1

報告日期：2022/9/26

## 摘要

台北榮總重粒子中心於今天(民國 111 年)正式開始進行第一階段臨床試驗，並預計於民國 112 年開始營運。在臨床試驗過程中，由於這是全台灣第一座重粒子治療機器，因此臨床試驗的結果受到醫院以及全國放射腫瘤界萬眾矚目。本人有幸能受部長及科內各主治醫師的推薦，到使用相同重粒子治療機型的大阪重粒子中心進行為期兩個月的短期外調訓練。

台北榮總重粒子第一期臨床試驗共 6 位患者，在與大阪方共同合作下，皆於計畫時間內順利開始進行治療，並做出讓所有計畫主持人都有共識且認可的治療計畫及劑量分布圖。未來將於追蹤六個月後，進行副作用分析並確認重粒子治療之安全性。

關鍵字：重粒子治療、第一期臨床試驗

## 目次

- 一、 目的
- 二、 過程
- 三、 心得
- 四、 建議事項

## 一、 目的

台北榮民總醫院重粒子中心已計畫逾十年，終於在民國 111 年正式啟用並開始第一期臨床試驗，是為全台灣第一座重粒子治療設備。本人自 111 年 7 月至同年 8 月至使用同機型(日立公司)之大阪重粒子中心進修，並配合台北榮總重粒子臨床試驗進行期間，針對技術問題透過與大阪的醫師及物理師討論，使臨床試驗得以順利進行。

## 二、 過程

大阪重粒子中心採用與台北榮總重粒子中心相同規格之迴旋加速器設備，並設置有三間治療室。進修的第一個月以跟診的方式學習，每天跟擅長不同癌別的醫師的門診，藉以初步了解重粒子臨床適應症。日本在剛開始執行重粒子治療時，都是以自費醫療或是先進醫療的方式，由患者自費高額醫療費用。但隨著重粒子的好處逐漸透過臨床試驗的背書而有證據支持，讓日本政府願意將重粒子治療納入健保給付規範。第一步納入健保的適應症包含顱底腫瘤、骨肉瘤、攝護腺癌。第二階段自今年四月起又新增了胰臟癌、大於 4 公分的肝癌、肝內膽管癌、子宮頸腺癌至健保給付範圍。在開放健保適應症後，患者數量急遽增加，使大阪重粒子中心一年的治療人數預估增加約三成。另外，由於日本媒體的報導以及宣傳，有非常多患者自行詢問或是透過原主治醫師介紹重粒子的治療，然而，在這麼大量的患者中，其實大約有二至三成的患者是完全不適合作重粒子治療的，因此透過不同專科的聯合討論會審慎評估適應症及確認其他治療方式對患者是否好處不如重粒子治療也是未來台北榮總開始臨床治療時很有可能面臨到的難題。

臨床部份，除了確認適應症外，很重要的也包含治療計畫的決定及照射角度的選擇。重粒子，有別於一般傳統放射治療，雖然在單一方向的劑量深度曲線有布拉格峰的優勢，讓劑量到達較深處才釋放出大量能量而能使前後及周邊組織的劑量大幅下降，但因為重粒子射線的方向不易調整，因此只能使用固定角度進行治療。以台北榮總的治療室為例，只有水平及垂直兩個方向的射束，而大阪重粒子中心則多了一個 45 度方向的斜角射束。在射束方向固定的前提下，病人的擺位方式就會大大的影響副作用的程度，必須盡量讓我們想保護的重要器官不要座落在射束路徑上，才能發揮重粒子治療最大的優勢。一般而言，旋轉治療床，包含上下、左右、前後的三個方向之外，現在許多放射治療床都搭載六維空間旋轉的設計，包括重粒子中心也都採用相同的治療床規劃。這種治療床除了上述三個方向之外，多了 pitch、yaw、roll，這三個方向，而得以克服部分避開正常組織的難題。然而，放射治療時，患者會採用熱塑性塑膠模具進行姿勢固定，若旋轉角度過大，則會造成模具變形而導致後續治療時無法精準重現原先的擺位姿勢。因此，在定位前先以過往的影像做虛擬計畫的重要性就會相當高，也可以藉由此計畫來決定治療入射角度及病人固定的姿式選擇。在大阪重粒子中心，這種虛擬計畫在腸胃道癌症是相當常見的做法。

第二個月將學習重心轉換到劑量計畫室以及定位室。重粒子的劑量計算相比傳統光子複雜度高上非常多。雖然有布拉格峰的特性，讓劑量分布有顯著的改善，卻也同時因為高劑量範圍變得非常小，而讓精準度的要求變得非常的高。傳統放射治療對於體內會移動的腫瘤，通常使用 Internal organ motion 的方式加大照射範圍，使患者無論呼吸到哪一個階段都能受到放射線的照射。然而，重粒子因為腫瘤殺傷力強的同時，對正常組織的破壞性也高，而會要求盡量減少照射體積。在這一方面，台北榮總重粒子中心採用與大阪及大部分重粒子中心的策略，使用 ANZAI 系統搭配 gating technique，制定一定的閾值來達到同時能兼顧治療範圍小、患者不需長時間憋氣、照射劑量能精準打到腫瘤的目的。然而，這項技術非常困難且複雜，從一開始的患者呼吸訓練、模具製作、選擇適合的體表偵測點，到後續的呼吸相位擷取、不同相位的治療範圍圈選及正常組織移動，甚至非常進階的因為高電子密度正常組織移動所產生的治療深度偏移所需要加的 beam specific PTV 及實際治療時所會採用的 real time gating level adjustment，這些細節都會相當大程度的影響劑量分布以及病患腫瘤的控制率。除此之外，考量重粒子射束特性，射束的方向以會經過的組織最穩定的方向進行，因此會避開腸胃道以及橫膈附近的角，以最大程度降低照射所產生的不確定性。最後，透過與外科合作進行 spacer 的放置，可以讓正常組織與要照射的腫瘤產生 5mm 到 1cm 不等的距離。這樣的距離可以讓重粒子射束非常好的停在正常組織前，而降低患者的副作用。然而，spacer 的放置也是一項非常有難度且需要大量經驗的技術，這部份要再與外科進行討論，確認放置 spacer 的可行性。

### 三、心得

這兩個月在大阪重粒子中心最大的收穫是對於可能產生的不確定性的了解更豐富，也因此能了解每一個射束角度及權重的考量因素。在日本，物理師及放射師擔負更多定位時的規劃以及治療當下調整閾值的責任，且專業能力非常高，足以讓醫師可以很放心治療相關的程序，並專注更多在與病人溝通以及臨床資料的蒐集與整理。此外，由於重粒子在全世界依然是相對新型的治療方式，所以仍有許多未來可以發展的臨床試驗設計。輻射生物方面，目前大阪重粒子採用的 kanai model 及德國等歐美國家使用的 LEM model 及北榮使用的 mMKM model，都各有其長處，關於各類計算的模型，之後也會是很適合發展的目標。

### 四、建議事項

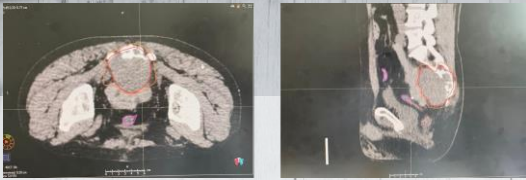
未來科內若能增加有寫程式能力的人才，對於治療計畫製作以及呼吸調控儀器的紀錄都會有很大的幫助。大阪重粒子中心的放射線技師有幾位具備寫程式的能力，而能讓整體運作效率及治療紀錄都更順暢且詳細。

202207~08  
大阪重粒子中心外訓報告

CR 藍天立

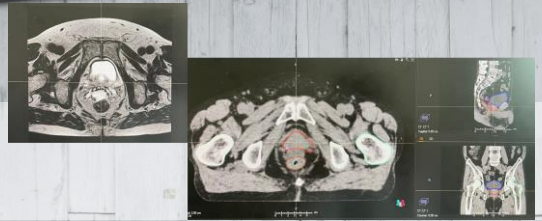
SECTION 1-1  
Spacers

OSAKA - Sacrum Chordoma



3

OSAKA - Prostate



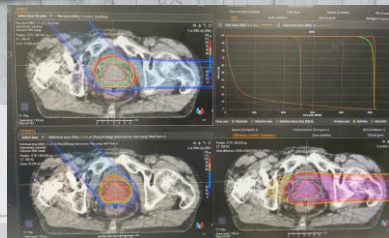
4

OSAKA - Post THA prostate

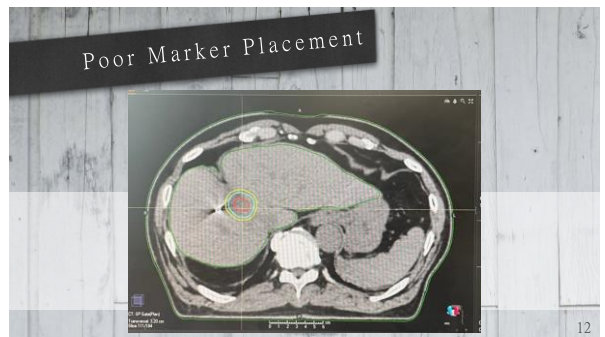
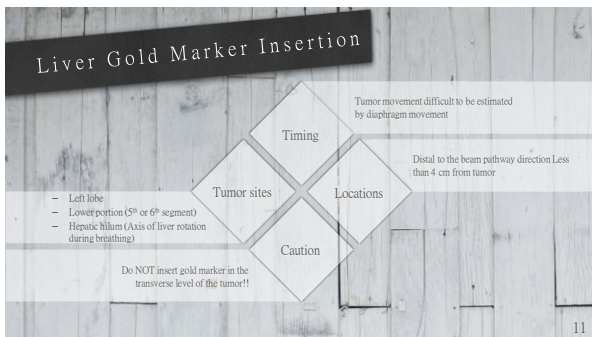
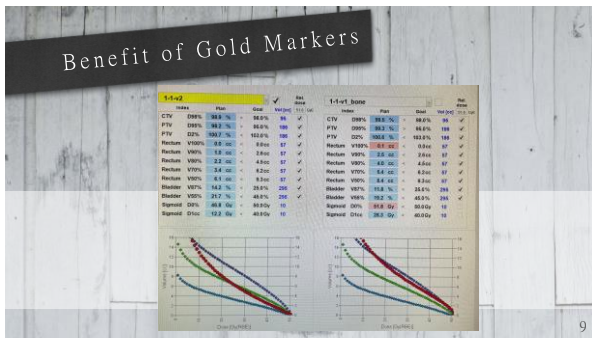


5

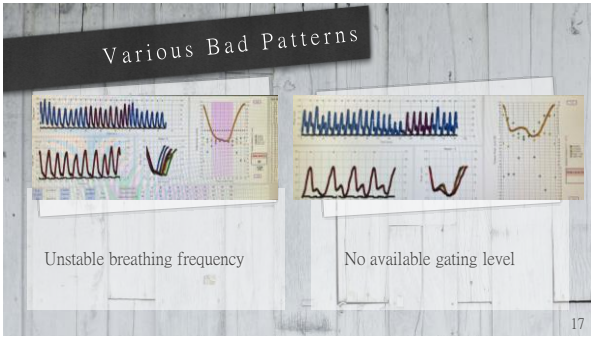
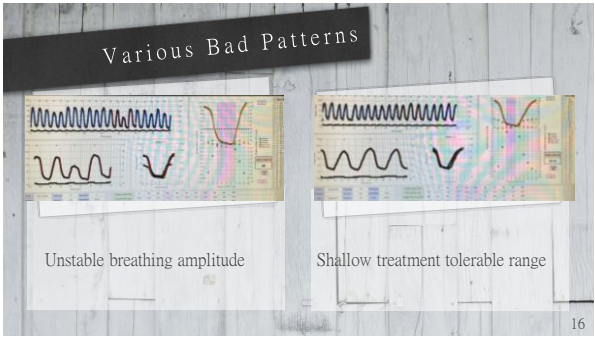
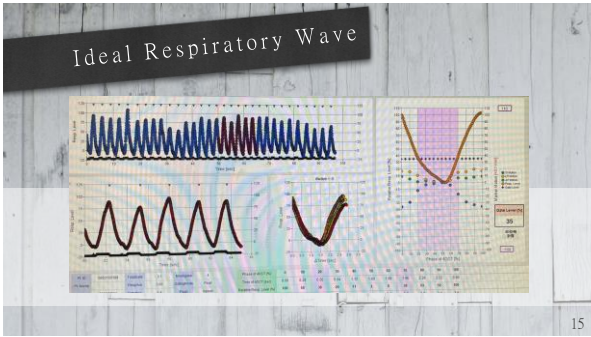
OSAKA - Beam Angle



6







## Issues About In Room CT

### Frequency

If adaptive plan is not feasible, is it necessary to arrange in room CT that often? (by Dr.Kamada)  
Isn't PTV and bs-PTV sufficient to cover the internal organ motion?

### Confidence

If we arrange in room CT frequently, can we be comfortable enough to reduce the margin of PTV and the lateral margin of bs-PTV?

19

## Benefits of In Room CT

The image displays three axial CT slices with various colored contours representing target volumes and organs at risk. Below the slices is a graph showing dose distribution curves for different volumes, and a table with numerical data.

20

## The HIBMS Project

The diagram shows a path with four main components:

- MIM**: Patient setup, Deformable image registration
- AI-seg**: Auto-segmentation system, 1 minute required for 90% satisfying image OAR contouring
- NVIDIA Clara Imaging**: Clara train SDK platform for AI imaging training based on OAR DGX GPU system
- Axion-4s**: Fleet dose calculation, Approved by MHLW on 2018/4

21

## HIBMS Project

**NVIDIA DGX Systems**  
AIの発展を加速させた専用設計

CT画像上の腫瘍及び周辺正常組織の識別を自動で行うAI

22

## SECTION 3 Thoughts about bsPTV

## The purpose of bsPTV

### Planning

### Relative organ motion

24



### "Lateral" Margin of bsPTV

**For Horizontal Beam**

- ◆ Lateral: SI and AP
- ◆ Range: LR

**For Vertical Beam**

- ◆ Lateral: SI and LR
- ◆ Range: AP

25

### When "Bone Matching"

26

### When "Marker Matching"

27

### Back to clinical bsPTV

**Field setting – Prostate (using bone matching)**

- Condition: In order to protect obturator muscle and using spacer

**Field setting – Prostate (using marker matching)**

- Basic condition

PTV margin	Target	bsPTV				Beam	Beam	Beam	Beam	Beam	Beam	
		Distal	Proximal	Lateral	Anterior							
AP: 5 mm LR: 5 mm	CTV			SI: 7 mm A: 3 mm P: 3 mm							1	Prostate

**Field setting – Prostate (using tumor matching)**

- Condition: Without marker

PTV margin	Target	bsPTV				Beam	Beam	Beam	Beam	Beam	Beam	
		Distal	Proximal	Lateral	Anterior							
AP: 5 mm LR: 5 mm	CTV			SI: 7 mm A: 3 mm P: 3 mm							1	Prostate

28

### Back to clinical bsPTV

#### Planning - Field setting

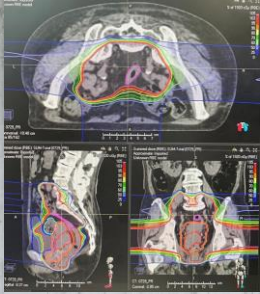
	PTV margin	Target	bsPTV				Beam	Beam	Beam	Beam	
			Distal	Proximal	Lateral	Anterior					
Prostate	AP: 5 mm LR: 5 mm	CTV			SI: 7 mm A: 3 mm P: 3 mm					1	Prostate
Body using marker or diaphragm matching	1-3 mm	CTV	(Max depth) <math>\pm 0.25</math> <math>\pm 1</math> mm	(SI depth) <math>\pm 0.25</math> <math>\pm 1</math> mm	SI: 7 mm PTV margin: <math>\pm 2</math> mm					2.4	Body using marker or diaphragm matching
Body using bone matching	1-5 mm	PTV	(Max depth) <math>\pm 0.25</math> <math>\pm 1</math> mm	(SI depth) <math>\pm 0.25</math> <math>\pm 1</math> mm	SI: 7 mm PTV margin: <math>\pm 2</math> mm					2.4	Body using bone matching
H & N	0-3 mm				25 mm					1	H & N

29

### Prostate Cancer and bs-PTV

30

SECTION 4  
**Uncommon Cases Study**



**Cervical Cancer**

Adenocarcinoma

- CTV1: 3 Gy x 12fx
- CTV2: 4.8 Gy x 8fx
  - GTV+ uterus+ upper vagina

Squamous carcinoma

- CTV1: 3 Gy x 13fx
- CTV2: 3 Gy x 5fx
- CTV3: 4.5 Gy x 2fx
  - GTV

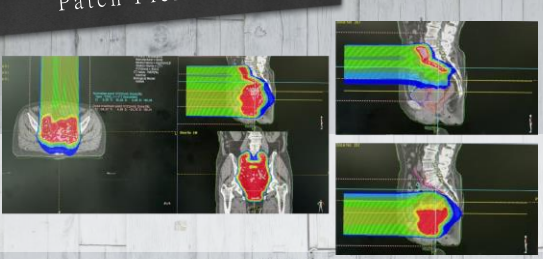
32

**Tumor Shrinkage  
 → Reduced Plan**



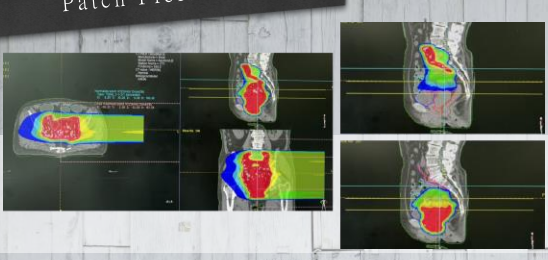
33

**Patch Field Technique**



34

**Patch Field Technique**

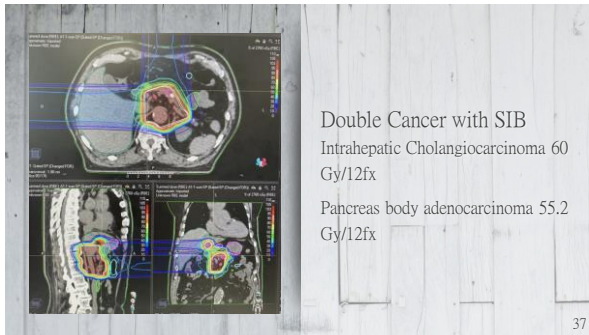


35

**Patch Field Technique**

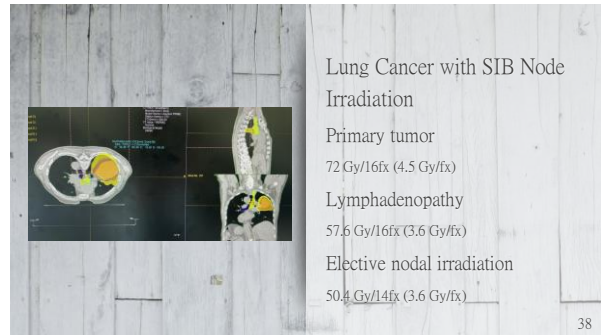


36



Double Cancer with SIB  
 Intrahepatic Cholangiocarcinoma 60 Gy/12fx  
 Pancreas body adenocarcinoma 55.2 Gy/12fx

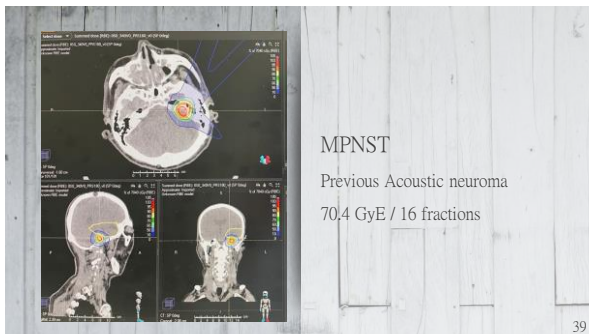
37



Lung Cancer with SIB Node Irradiation

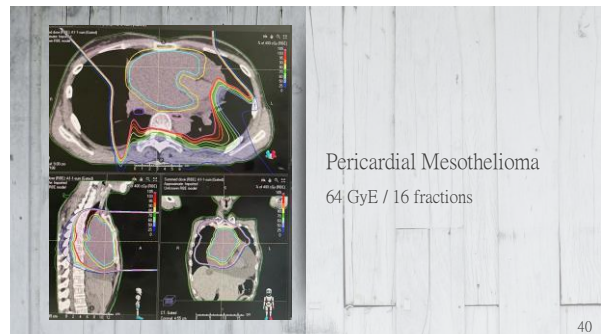
Primary tumor  
 72 Gy/16fx (4.5 Gy/fx)  
 Lymphadenopathy  
 57.6 Gy/16fx (3.6 Gy/fx)  
 Elective nodal irradiation  
 50.4 Gy/14fx (3.6 Gy/fx)

38



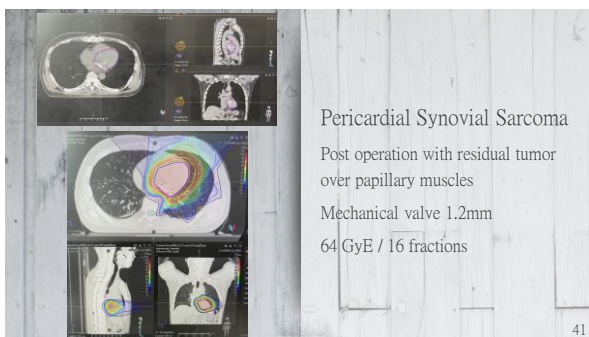
MPNST  
 Previous Acoustic neuroma  
 70.4 GyE / 16 fractions

39



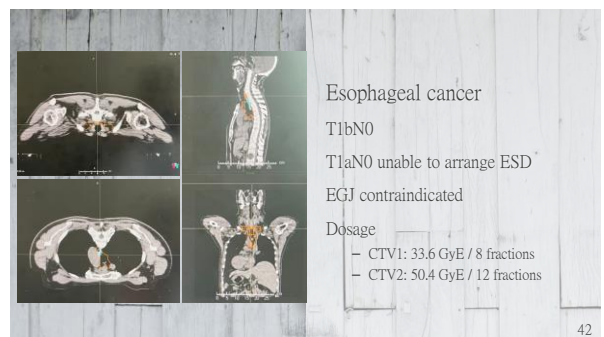
Pericardial Mesothelioma  
 64 GyE / 16 fractions

40



Pericardial Synovial Sarcoma  
 Post operation with residual tumor over papillary muscles  
 Mechanical valve 1.2mm  
 64 GyE / 16 fractions

41



Esophageal cancer

T1bN0  
 T1aN0 unable to arrange ESD  
 EGJ contraindicated

Dosage

- CTV1: 33.6 GyE / 8 fractions
- CTV2: 50.4 GyE / 12 fractions

42

