

<特別寄稿「永守記念最先端がん治療研究センター開所に当たって」>

永守記念最先端がん治療研究センターの特色 —京都初の陽子線治療施設の概要—

山崎 秀哉*, 山田 恵

京都府立医科大学大学院医学研究科放射線診断治療学

Proton radiotherapy facility of Nagamori Memorial Center of Innovative Cancer Therapy and Research at KPUM

Hideya Yamazaki and Kei Yamada

Department of Radiology, Kyoto Prefectural University of Medicine

Graduate School of Medical Science

抄 録

永守記念最先端がん治療研究センター内に京都府初の陽子線治療施設が附置され、いよいよ今春臨床開始となる。陽子線は優れた線量分布を持つため、腫瘍の位置に合わせて照射すれば正常組織の有害事象軽減が期待できる。特に小児癌では正常組織線量軽減に伴う二次発癌予防の明らかな利点があり、本邦でも2016年4月から保険収載がなされた。当院は小児がん拠点病院でもあり陽子線治療は大きな利点となる。昨年より陽子線の保険適応が、前立腺がん、頭頸部悪性腫瘍、骨軟部腫瘍に広がり、より多くの患者様のお役に立てるようになった。さらに肝臓がん、肺がんなどが先進医療として実施可能である。新しい最先端放射線治療の導入により、切らずに治す低侵襲医療を提供し、京都のがん診療に貢献できることを期待している。

キーワード：陽子線治療，小児癌，前立腺がん，頭頸部悪性腫瘍，骨軟部腫瘍。

Abstract

The Nagamori Memorial Center of Innovative Cancer Therapy and Research will start operating this spring as a first proton beam therapy (PBT) facility in Kyoto. The PBT has superior dose distribution compared with conventional photon therapy, as it can avoid radiation to the normal tissue. This will lead to superior dose distribution and it has a potential to improve tumor control with higher irradiated dose without elevating the toxicity. In Japan, National Health Insurance (NHI) has first approved its reimbursement for pediatric cancer for its clear advantage in reducing secondary cancer. The NHI then expanded its application to prostate cancer, head and neck cancer and bone/soft tissue malignancies. As our institution is designated

平成31年2月2日受付 平成31年2月8日受理

*連絡先 山崎秀哉 〒602-8566 京都市上京区河原町通広小路ル梶井町465番地
yamahi@koto.kpu-m.ac.jp

doi:10.32206/jkpum.128.04.225

as one of 15 core hospitals for pediatric cancer treatment by the Ministry of Health, Labor and Welfare, having a treatment choice of PBT would be one of the special features that is advantageous for patients with pediatric cancers. We hope that our PBT will provide curative medical service to more and more patients who require less invasive therapy.

Key Words: Proton beam therapy, Pediatric cancer, Prostate cancer, Head and neck cancer, Bone and soft tissue malignancies.

はじめに

わが国の死因第1位，国民病となったがんに対してただ「治す」のみではなく「どのように治すか」が問われる時代になり，特に小児や高齢者ではQOL（生活の質）を保つ低侵襲治療が必要である．放射線治療は「手術」，「化学療法」と並び癌の3大療法の一つに数えられているが，低侵襲で機能・形態の温存が可能な時代の要請に即した治療法である．中でも陽子線治療は，その優れた線量分布を生かして，低侵襲，かつ根治性の高い治療法として期待されている．今春，京都府立医大の永守記念最先端がん治療研究センター内に京都府初の陽子線治療施設が附置され，治療が開始される．本稿はその特徴を概説する．

1. 陽子線治療の物理学的特性と日本の現状

治療に用いる放射線には光子線としてX線やガンマ線があるが，粒子線として陽子線と重粒子線がある（図1a）．光子は光線であり遠くまで徐々に減衰しつつ到達するが，陽子線は粒子＝球の性質を持っているために，到達深に近い所でブラッグピークと呼ばれるピークを形成し，一気にエネルギーを放出し，それ以遠にはほとんど届かない（図1b）．このピーク以深で「止まる」という性質により，X線と比べそこより深くにある正常組織へのダメージが軽減し，身体にやさしい癌治療となる（図1c）¹⁾．特に小児癌ではこれまで問題となっていた成長障害や治療後の二次発癌などの有害事象軽減が報告されており，網膜芽細胞腫の治療では照射野内の二次

発がんが0%になった報告がある²⁾．わが国でも小児がんは陽子線治療の保険適応第一号として認められるようになった．

日本では全国的に粒子線治療施設が増えており2012年度には9施設（陽子線7施設）であった粒子線治療施設が，2018年度には18施設（陽子線14施設）と増加している．京都府立医科大学附属病院でも今春より陽子線治療を開始する．大学病院に附置された粒子線治療施設はまだ少なく，本学がん治療の大きな特徴となると思われる．

2. 陽子線治療の適応疾患：保険適応と先進医療

1) 保険適応

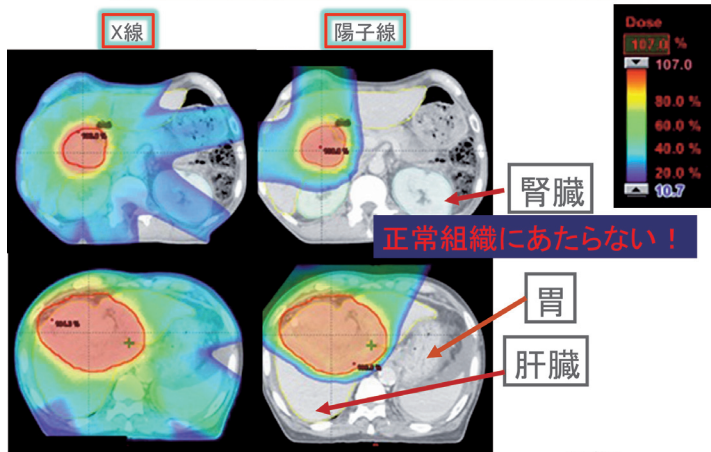
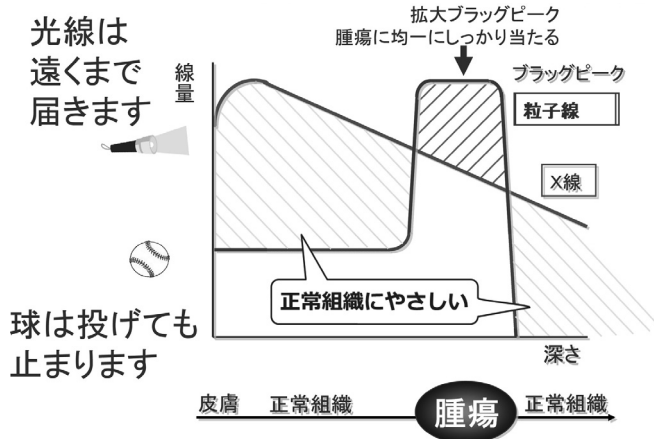
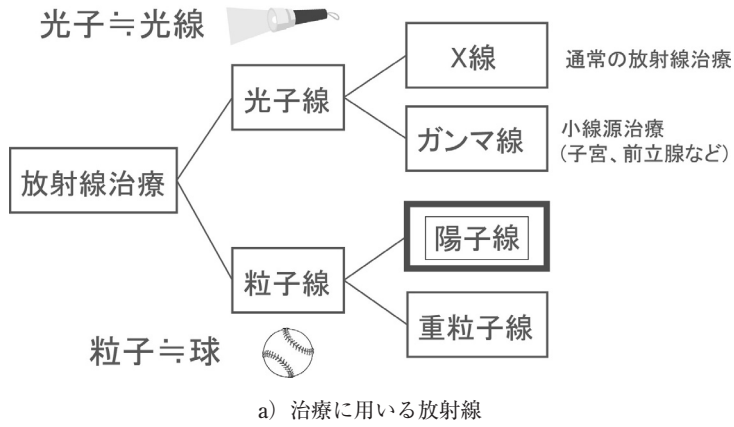
現在保険適応となっている疾患は以下の4種類である（図2a）．

1. 小児固形悪性腫瘍
2. 頭頸部の悪性腫瘍
（口腔・咽喉頭の扁平上皮がんを除く）
3. 前立腺がん
4. 骨軟部腫瘍

保険償還としては前立腺がんは160万円程度，他疾患は240万円程度となっている．適応，治療成績などは他稿に譲る．本誌では2017年に「陽子線治療 ―陽子線が拓く未来の医療―」を掲載しておりご一読頂ければ幸いです^{3,4)}．

2) 先進医療

脳脊髄，頭頸部，肺・縦隔，消化管，肝胆膵，泌尿器，乳腺・婦人科，骨軟部，少数個の転移性腫瘍など数多くの疾患に施行されている^{3,4)}．まだまだ高価ではあるが，民間保険でも最近では先進医療特約が付いているものも多く，この



c) 陽子線治療計画の線量分布 (肝臓例)

図1 陽子線の物理学的特性

① 保険適用(前立腺がんは約160万円、他は約240万円)

小児固形悪性腫瘍
前立腺がん
骨軟部腫瘍
頭頸部の悪性腫瘍
 (口腔・咽喉頭の扁平上皮がんを除く)

② 先進医療 (約300万円)

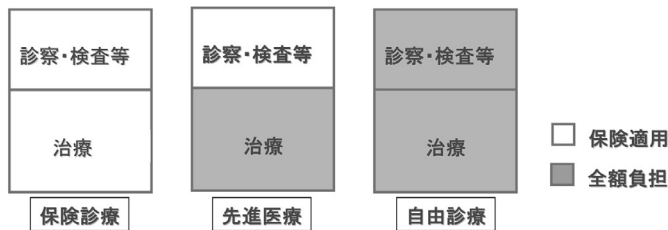
厚生省・日本放射線腫瘍学会が指定した疾患
 脳脊髄、頭頸部、肺・縦隔、消化管、肝胆臓、泌尿器、乳腺・婦人科、
 骨軟部、少数個の転移性腫瘍など

③ 自由診療 上記以外の疾患、外国人

a) 保険診療と陽子線治療

- 保険診療と保険外診療の併用(混合診療)は禁止
- 保険外診療のうち厚生労働省の定めた一部の医療技術が保険診療と併用可能(先進医療)
- 技術料は全額自己負担

重粒子線治療 約310万円
 陽子線治療 約280万円
民間の医療保険



b) 先進医療

図2. 陽子線の適応疾患

場合診察・検査部分は保険で賄われ、治療費は民間保険が負担する事になるため保険よりもむしろ割安となる可能性がある(図2b)。

3. 本学陽子線治療施設の概要

建屋外観と陽子線治療装置レイアウト、治療室イメージを示す(図3)。2017年11月竣工で、地上4階、地下1階、延べ約5800平方メートル。陽子線治療装置は2室あり、今春開始予定。他に高精度放射線治療装置(トモセラピー)を附

置、同時期に開始を予定している。PET-CTや外来化学療法室が既に稼働している。

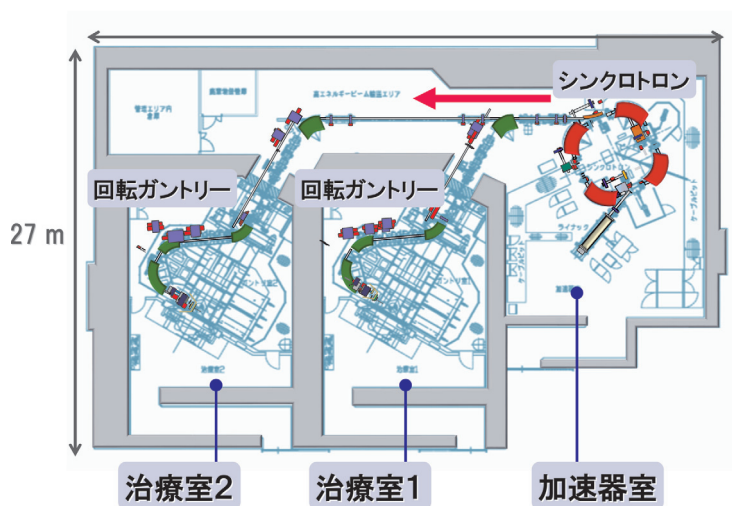
当院の陽子線治療の特徴は、北大と日立が開発してきた新しい技術が導入されていることであり、以下の三点があげられる⁴⁾。

(1) スポットスキヤニングと強度変調陽子線治療(Intensity Modulated Proton Therapy: IMPT) 標的内を小領域に分割して順次照射する方式で、複数の方向から任意の分布を作る強度変調陽子線治療を可能にしている。



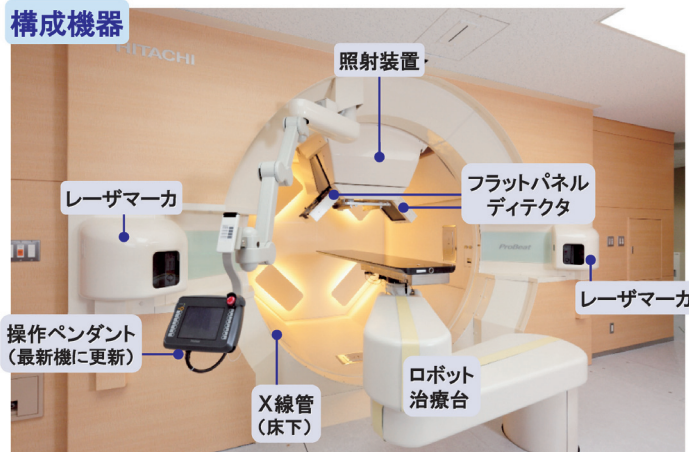
a) 永守記念最先端がん治療研究センター外観

42 m



b) 陽子線治療装置レイアウト

構成機器



c) 治療室イメージ

図3 本学の陽子線治療装置の概要

(2) 動態追跡機能：体内に金属マーカーを留置してマーカーが、予め設定した領域に入った時のみ照射する方法を用いる。腫瘍の呼吸性移動など体内での位置変化に対応できる。照射野の縮小・有害事象の軽減に有用。

(3) 画像誘導装置コーンビームCT (Cone Beam Computed Tomography : CBCT) : 被写体に円錐状のX線 (コーンビーム) を照射して回転撮影を行い、コンピュータで三次元像を作成する装置。従来のCTに比して装置がコンパクトでライナックに搭載可能。広範囲撮影には不適だが、照射の前後に撮影可能で治療台上で照射野内の腫瘍や正常組織を確認するには非常に有効。画像誘導放射線治療 (Image Guided Radiotherapy : IGRT) を可能にする。

おわりに

これまで国内・国外各地の先行施設で当科の

担当医師・看護師・技師・医学物理士らが研修を行ってきており、安心・安全な最先端医療を提供する準備は整っている。技術の高度化により小さく・正確に当てる技術が進歩し、陽子線治療は副作用を少なく治癒を目指す治療である。保険医療として、あるいは先進医療として適応疾患が拡がり、より良いがん医療に役立つことが期待される。京都府立医科大学附属病院のホームページに陽子線治療の詳細な情報を提示している。

(<https://www.h.kpu-m.ac.jp/doc/departments/proton-beam-therapy/index.html>)

患者紹介方法なども順次掲載予定であり、御覧頂ければ幸いです。

開示すべき潜在的利益相反状態はない。

文 献

- 1) Toramatsu C, Katoh N, Shimizu S, Nihongi H, Matsuura T, Takao S, Miyamoto N, Suzuki R, Sutherland K, Kinoshita R, Onimaru R, Ishikawa M, Umegaki K, Shirato H. What is the appropriate size criterion for proton radiotherapy for hepatocellular carcinoma? A dosimetric comparison of spot-scanning proton therapy versus intensity-modulated radiation therapy. *Radiat Oncol*, 48: 8, 2013.
- 2) Sethi RV, Shih HA, Yeap BY, Mouw KW, Petersen R, Kim DY, Munzenrider JE, Grabowski E, Rodriguez Galindo C, Yock TI, Tarbell NJ, Marcus KJ, Mukai S, MacDonald SM. Second nonocular tumors among survivors of retinoblastoma treated with contemporary photon and proton radiotherapy. *Cancer*, 120: 126-133, 2014.
- 3) Sakurai H, Ishikawa H, Okumura T. Proton beam therapy in Japan: current and future status. *Jpn J Clin Oncol* 2016; 46: 885-892.
- 4) 特集「陽子線治療 —陽子線が拓く未来の医療—」
京府医大学誌 2017-2002; 126: 75-119.