

<特集「小児・AYA 世代肉腫治療研究の最前線」>

小児・AYA 世代肉腫患者への放射線治療最前線

相部 則博*, 鈴木 弦, 山田 恵, 山崎 秀哉

京都府立医科大学大学院医学研究科放射線診断治療学

The State of the Art of Radiation Therapy for Pediatric, Adolescent, and Young Adult Patients

Norihiro Aibe, Gen Suzuki, Kei Yamada and Hideya Yamazaki

*Department of Radiology, Kyoto Prefectural University of Medicine
Graduate School of Medical Science*

抄 録

小児・AYA 世代の肉腫に対する集学的治療において、放射線治療は局所領域治療として活用されている。集学的治療の進歩に伴い長期生存者が増加する一方、深刻な晩期有害反応の問題が明らかとなり、治療成績の向上と共に長期生存後の有害反応低減を目指したより低侵襲な治療が求められている。この潮流の中、病態理解の深化や放射線治療技術の進歩により、放射線治療の線量、照射範囲、照射方法の最適化が進んでいる。本項では、エビデンスの蓄積が進む小児がん診療を中心に現代の放射線治療について、放射線治療における背景、照射線量や照射体積の最適化を目指した治療方法の変化、照射技術の高精度化、陽子線治療の現状に触れ概説する。

キーワード：小児・AYA 世代の肉腫治療、放射線治療の最適化、陽子線治療。

Abstract

Radiation therapy has a significant role for locoregional treatment in the multidisciplinary therapy for pediatric, adolescent and young adult (AYA) patients with sarcomas. The current advancement of multimodal therapy for these cancers has substantially improved the long-term survival rates. However, it is also true that many of those cancer survivors will be at increased risk of developing severe late adverse effects. It is, therefore, crucial to set up effective treatment strategies in which the treatment-induced adverse effects can be minimized. The deeper understanding of clinicopathological features of the diseases and advances in radiation oncology have had positive impact on the prescription dose, target volume, and dose delivery technique for sarcomas of children and AYA. Herein, we will first report on the background of the radiotherapy for sarcomas, mainly based on the increasing evidence of treatments for children sarcomas. We will then touch on the present-day knowledge about the optimal delivery dose, target volume, and the dose delivery technique. Lastly but not the least, we will describe about the current situation and evidences of proton beam therapy.

Key Words: Treatment for pediatric and AYA patients with sarcomas, Optimization of radiotherapy, Proton beam therapy.

令和2年10月12日受付 令和2年10月20日受理

*連絡先 相部則博 〒602-8566 京都市上京区河原町通広小路上ル梶井町465番地

a-ib-n24@koto.kpu-m.ac.jp

doi:10.32206/jkpum.129.12.813

はじめに

小児・AYA (adolescent and young adult) 世代に発生する肉腫は希少である。肉腫には様々な疾患が含まれるが骨腫瘍と軟部腫瘍に大別される。骨腫瘍で多くを占める疾患は、小児においては骨肉腫、Ewing 肉腫ファミリー腫瘍 (骨 Ewing 肉腫)、AYA 世代ではこれらの2疾患に加え軟骨肉腫も多いとされる¹⁾。小児がんにおける軟部腫瘍の多くは横紋筋肉腫であるが、AYA 世代における軟部腫瘍は多岐にわたることが報告されている²⁾。このように小児とAYA 世代で罹患する肉腫には相違を認めるものの、がん克服後に何十年と長期生存しえるこれらの世代群には、治療効果と共に長期的なQOL (quality of life) の維持、すなわち有害事象の低減が求められており、放射線治療に問われる課題は両群で同一であると考えられる。本項では、包括医療における治療効果の向上と有害事象低減を目指した放射線治療における取り組みについて言及したい。

小児・AYA 世代の肉腫治療における放射線治療

肉腫治療の集学的治療において、放射線治療は局所 (領域) 病変の病勢制御を向上させるために用いられる。骨肉腫は放射線治療抵抗性であることが知られており、手術と薬物療法による治療戦略がとられるが³⁾、放射線治療感受性を有する Ewing 肉腫ファミリー腫瘍や横紋筋肉腫に対しては、手術、薬物療法と共に放射線治療が活用され、良好な治療成績を得ている⁴⁾。また、軟骨肉腫に対しては、手術を主体とした治療戦略が一般的であるが、手術困難な症例に対して粒子線治療や高精度 X 線治療による高線量治療を行うことで良好な治療成績が報告されており⁵⁾⁶⁾、手術困難症例に対する有効な治療法の一つになりえると考えられる。しかし、小児・AYA 世代での安全性に関するエビデンスは少なく今後の報告が待たれる。

AYA 世代に発生した肉腫に対する治療に関するエビデンスは依然として限られているが、

小児がんに対するエビデンスの蓄積は進み、病態理解の深化、臨床試験による知見の蓄積、集学的治療の最適化により目覚ましい進歩を遂げている。National Cancer Institute (NCI) の Surveillance, Epidemiology, and End Results Program (SEER) のデータベースによれば、1980 年以前では 60% に満たなかった 0~19 歳の小児がん罹患患児の 5 年相対生存率は、2000 年代に入り 80% を超えるまでになっている⁷⁾。このように長期生存症例が増える一方で、治療に伴う晩期有害事象が問題となっている。オランダからの報告 (観察期間中央値 17 年) によれば、1966~1996 年に治療を受け 5 年以上生存できた患児のうち、約 3/4 で 1 つ以上の有害事象を認め、約 40% では grade 3 以上の有害事象を経験している (grading は CTCAE ver. 3.0 による)⁸⁾。そして、これらの有害事象発生相対リスクは、放射線治療を用いることで高くなることが報告されている (grade 2 以上の相対リスク、手術：化学療法：放射線治療：化学放射線治療 = 1 : 0.87 : 1.49 : 1.30)。また、小児・AYA 世代の長期生存者で二次発がんは晩期有害事象として特に問題となるが、この発生にも放射線治療が強く影響していることが報告されている。アメリカの CCSS (Childhood Cancer Survivor Study) による 14,358 名のコホート研究では、放射線治療後の 30 年の二次がん累積発生率は約 9% に達し、長期生存者における死亡原因の約 20% が二次がん発症に起因するものであったと報告している⁹⁾。また、放射線治療における照射線量と発がんは多くの臓器で正比例関係にあり¹⁰⁾、二次発がんのリスク低減には低線量被曝を含めた正常組織への線量低減対策が必要である。

このように、治療後、何十年と長期生存しえる小児・AYA 世代に対するがん診療においては、根治を目指すだけでなく、がん克服後の長期的な有害事象にも配慮したより低侵襲な治療が求められている。放射線治療においても、長期的視野に立った更なる低侵襲化に向けた治療の最適化や治療方法の改善が望まれている。

病態理解の深化と治療戦略の最適化に伴う放射線治療の変化

小児がん診療においては、欧米を中心に実施された大規模臨床試験による病態理解の深化を通じて、照射線量と照射体積の最適化が進んでいる¹¹⁾。

横紋筋肉腫に対する放射線治療では、肉眼的病変に対しては 50.4Gy/28 回、顕微鏡的病変に対しては 41.4Gy/23 回の線量が妥当とされ、有害事象に配慮しながら当該線量の処方を実施されてきた。しかし、Children's Oncology Group (COG) の D9602 試験にて、シクロフォスファミドを含めた適切な化学療法が実施されていれば、切除後に顕微鏡的残存を認めた低リスク横紋筋肉腫症例に対する術後照射は 36Gy/20 回で妥当な局所制御が得られると報告され、同リスク群での必要照射線量の低減の可能性が示唆されている¹²⁾。また、眼窩部に発生した Group 3 の embryonal type の横紋筋肉腫に対しては、適切な VAC 治療にて肉眼的病変が消失した症例においては、45Gy/25 回の放射線量で十分な局所制御が達成可能であることが確認され、同群においても照射線量の低減が可能であると考えられるようになってきている¹³⁾。一方、5 cm 以上の病変を有した症例に対しては、50.4Gy/28 回での放射線治療では局所制御が不良であったため線量増加の必要性が示唆され¹⁴⁾、現在進行中の COG の臨床試験 (ARST1431) では 59.4Gy/33 回の線量増加が試みられている。また、従来は肉眼的病変に対して 1.5~2.0 cm 程度のマージンをもって線量投与を実施していたが、欧米における Phase II 試験の結果から、1.0 cm のマージンでも十分な局所制御が達成可能であることが明らかとなり、治療すべき標的体積の低減が可能であると考えられるようになっている¹⁵⁾。

Ewing 腫瘍においては、vincristine, doxorubicin, cyclophosphamide に加えて ifosfamide と etoposide を加えることで局所制御率と共に全生存率が向上することが明らかとなり、標準治療として局所治療（手術と放射線治療）と共に

実施されている。放射線治療は、顕微鏡的病変には 45-50.4Gy/25~28 回、肉眼的病変に対しては 55.8Gy/31 回（8 cm 以上の巨大病変には 60Gy 以上を処方する場合もあり）の高線量放射線治療が手術と組み合わせて実施される。本疾患では高線量投与が用いられるため、照射体積の低減は有害事象のリスク低減に直結する。従来は、肉眼的体積に対して 1.5~2.0 cm 程度のマージンを取って放射線治療を行っていたが、2016 年に報告された Phase II 試験の解析結果から、1.0 cm のマージン設定でも良好な局所制御率を達成可能であることが明らかとなり¹⁶⁾、より照射範囲を限定した治療が実施されるようになっている。

上記のように、臨床試験を通じた慎重な検討により、集学的治療における照射線量や照射体積の最適化は進んでいる。局所再発リスクに応じた更なる最適化が望まれる。

放射線治療の高精細化・高精度化

放射線診断学、放射線治療学の進歩に伴い、病変部位の正確な同定、標的への照射精度の向上は進み、照射体積の低減が可能となっている。放射線治療においては、画像情報合成技術の進歩により CT 画像、MRI 画像、PET/CT 画像情報を治療計画用 CT に取り込むことでより詳細な標的設定が可能となっている。また、呼吸性移動を 4DCT により画像化することで照射時の病変変位を加味した正確な照射範囲設定が可能となっている。

放射線治療装置の機能向上に伴い、画像誘導を用いた放射線治療（画像誘導放射線治療）は普及し、高精度な放射線治療が実施できるようになっている。画像誘導放射線治療においては、放射線治療装置に搭載された X 線画像撮影装置を用いて、2 次元画像照合、CT 画像撮影 (kVCT 画像、MVCT 画像) による 3 次元画像照合を行うことで、治療寝台上での照射直前の標的位置照合を mm 単位の精度で実現できるようになっている。

これらの治療計画立案の精緻性の向上、照射の高精度化が進むことで¹⁷⁾、従来よりも照射範

囲を絞ったより小さな照射範囲で必要とされる放射線治療を実施することで、治療成績を担保しながら有害事象の発生リスクを抑えた放射線治療の提供が可能となっている (図 1)。

小児・AYA 世代の 放射線治療における陽子線治療

数十年の長期生存を期待される小児・AYA 症例においては、治療後の 2 次発がんリスクの低減は喫緊の課題である。陽子線治療は、従来の X 線治療に比べ、その物理特性から被曝体積を低減させることが可能であり、晩期有害事象 (特に 2 次発がん) のリスク低減に寄与すると期待されている。X 線は深部方向の放射線被曝の広がりを制御することは不可能である。一方、陽子線ではブラッグピークという物理特性を有するため、深部方向の放射線被曝を制御す

ることが可能であり、放射線治療による体内被曝を最小化できる可能性を有している (図 2)。X 線治療と陽子線治療の線量分布比較は数多く報告されている¹⁸⁻²⁰⁾。全脳全脊髄照射において、Cochran 等は、髄芽腫を中心とした 39 例に対する線量分布比較により、陽子線治療によって白内障につながる水晶体への照射線量を有意に低減可能であったと報告している¹⁸⁾。Zhang 等は 17 例の髄芽腫における線量分布比較により、陽子線治療において、胃、大腸、肝臓、肺、心臓、乳房、前立腺、膀胱、甲状腺など多岐にわたる正常臓器への線量低減が可能であることを報告しており (特に心臓の平均投与線量を 10.4Gy (RBE) から 0.2Gy (RBE) へと低減可能であった)、二次発がんや心疾患の発症リスクの有意な低減が期待できるとしている¹⁹⁾。頭頸部腫瘍においても、Landra 等は IMRT (intensity-

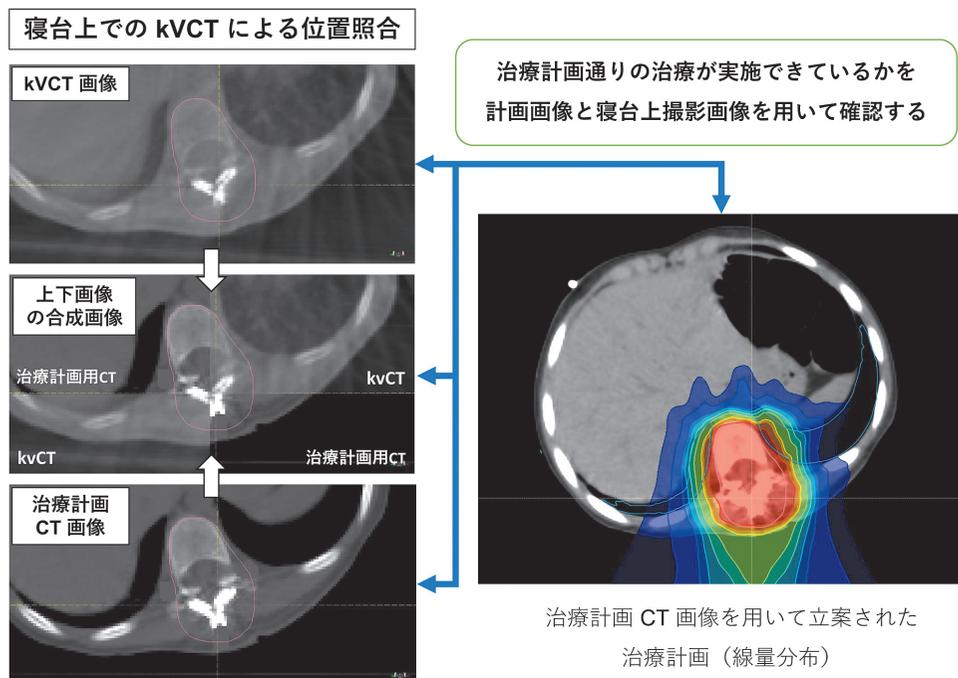


図 1. kVCT を用いた高精細位置照合

治療装置に搭載された X 線画像撮影装置を用いて撮影された kV CT 画像と治療計画に用いられた CT 画像、両者の合成画像を用いて、治療時の病変・患者の状態が治療計画を立案した状態 (治療計画 CT 画像上の状態) と相違がないかを確認することで、治療寝台上での高精度な位置照合が可能である。

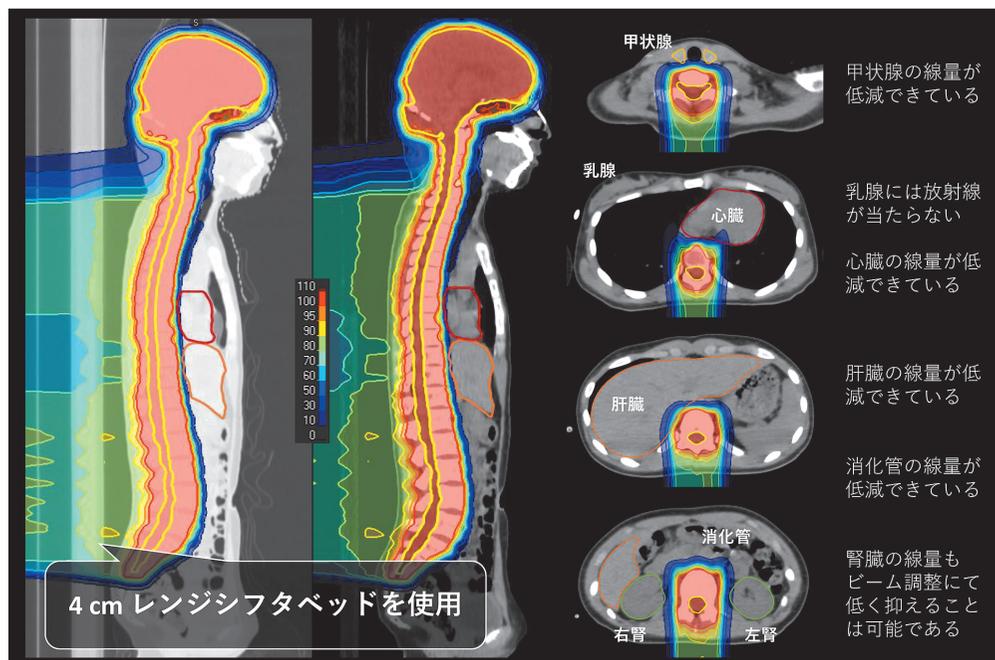


図2. 陽子線治療による全脳全脊髄照射
標準リスク髄芽腫に対する全脳全脊髄照射 (23.4Gy (RBE)/13回). 陽子線治療の物理学的特性 (ブラッグピーク) により体内被曝線量の低減が可能となっている.

modulated radiation therapy) と陽子線治療の線量分布を比較しており (比較部位は視交叉, 下垂体, 視床下部, 脳幹, 小脳, 甲状腺, 視神経, 水晶体, 網膜, 蝸牛, 耳下腺), 甲状腺と患側蝸牛を除く全臓器において陽子線治療により有意な線量低減が可能であったと報告している²⁰⁾. また, 二次発がん発生リスクにおいては複数の論文で陽子線治療の有効性が報告されている²¹⁾. Chung らは陽子線治療と X 線治療を比較し, 二次がん発症リスクは陽子線治療で 5.2%, X 線治療で 7.5%, 10 年累積発症率は陽子線で 5.4%, X 線で 8.6%, ハザード比 0.52 ($p = 0.09$) と報告している²²⁾. また, Sethi 等は, 網膜芽細胞腫 84 症例における放射線誘発または照射野内の 10 年累積二次がん発症率を解析した結果, X 線治療で 14%であったのに対し陽子線治療では 0%と有意な差を認めたと報告している (ただし, 経過観察期間は X 線治療群で長いことは留意すべきである)²³⁾.

このように陽子線治療は, 小児・AYA 症例における更なる低侵襲化治療につながる事が期待され, 小児がん診療を中心に世界中で陽子線治療の臨床応用が進められ, 徐々にその安全性と有効性が示されている²⁴⁻²⁶⁾. Huynh 等は, 中枢神経腫瘍における review にて, 陽子線治療は従来の X 線治療と同等の治療効果を担保しながら毒性低減に寄与していると結論付けている²⁴⁾. 本邦からの多施設共同研究による後方視的解析においても陽子線治療は良好な成績を示している²⁵⁾. また, 同論文では, X 線による放射線治療が提供困難な症例に対しても陽子線治療では治療提供が可能であり, 有効な結果を示していたと報告している.

米国放射線腫瘍学会 (American Society for Radiation Oncology: ASTRO) は 2014 年に放射線治療の専門的立場から陽子線治療に関するモデルポリシーを公表し, 陽子線治療が最も推奨される疾患群 Group1 の一つとして小児の原

発性固形腫瘍を挙げている。また、同モデルポリシーでは、陽子線治療は小児の良性腫瘍や対症療法における利用においても妥当であるとし、患児に対する最適な放射線治療として陽子線治療を推奨している²⁷⁾。本邦においても2016年に小児がん治療において陽子線治療は保険収載化された。今後は、2次発がんリスクの低減を目指した低侵襲治療として、AYA世代における保険収載化が望まれる。

最 後 に

エビデンス蓄積が進む小児がん診療を中心に小児・AYA世代に対する放射線治療の現状について述べた。更なる最適化により、小児・AYA世代に対するより良い放射線治療が実践されることを期待する。

開示すべき潜在的利益相反状態はない。

文 献

- 1) Fukushima T, Ogura K, Akiyama T, Takeshita K, Kawai A. Descriptive epidemiology and outcomes of bone sarcomas in adolescent and young adult patients in Japan. *BMC Musculoskelet Disord*, 19: 297, 2018.
- 2) Papworth KE, Arroyo VM, Styring E, Zaikova O, Melin BS, Lupo PJ. Soft-tissue sarcoma in adolescents and young adults compared with older adults: A report among 5000 patients from the Scandinavian Sarcoma Group Central Register. *Cancer*, 125: 3595-3602, 2019.
- 3) Whelan JS, Davis LE. Osteosarcoma, Chondrosarcoma, and Chordoma. *J Clin Oncol*, 36: 188-193, 2018.
- 4) Breneman JC, Donaldson SS, Constine L, et al. The Children's Oncology Group Radiation Oncology Discipline: 15 Years of Contributions to the Treatment of Childhood Cancer. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 101: 860-874, 2018.
- 5) De Amorim Bernstein K, DeLaney T. Chordomas and chondrosarcomas-The role of radiation therapy. *J Surg Oncol*, 114: 564-569, 2016.
- 6) Frisch S, Timmermann B. The Evolving Role of Proton Beam Therapy for Sarcomas. *Clin Oncol (R Coll Radiol)*, 29: 500-506, 2017.
- 7) "Browse the SEER Cancer Statistics Review 1975-2013". National Cancer Institute Surveillance, Epidemiology, and End Results Program. http://seer.cancer.gov/csr/1975_2013/browse_csr.php?section=28&page=sect_28_table.08.html. (参照 2016-11-07)
- 8) Geenen MM, Cardous-Ubbink MC, Kremer LC, van den Bos C, van der Pal HJ, Heinen RC, Jaspers MW, Koning CC, Oldenburger F, Langeveld NE, Hart AA, Bakker PJ, Caron HN, van Leeuwen FE. Medical assessment of adverse health outcomes in long-term survivors of childhood cancer. *JAMA*, 297: 2705-2715, 2007.
- 9) Meadows AT, Friedman DL, Neglia JP, Mertens AC, Donaldson SS, Stovall M, Hammond S, Yasui Y, Inskip PD. Second neoplasms in survivors of childhood cancer: findings from the Childhood Cancer Survivor Study cohort. *J Clin Oncol*, 27: 2356-2362, 2009.
- 10) Inskip PD, Sigurdson AJ, Veiga L, Bhatti P, Ronckers C, Rajaraman P, Boukheris H, Stovall M, Smith S, Hammond S, Henderson TO, Watt TC, Mertens AC, Leisenring W, Stratton K, Whitton J, Donaldson SS, Armstrong GT, Robison LL, Neglia JP. Radiation-Related New Primary Solid Cancers in the Childhood Cancer Survivor Study: Comparative Radiation Dose Response and Modification of Treatment Effects. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 94: 800-807, 2016.
- 11) Breneman JC, Donaldson SS, Constine L, Merchant T, Marcus K, Paulino AC, Followill D, Mahajan A, Laack N, Esiashvili N, Haas-Kogan D, Laurie F, Olch A, Ulin K, Hodgson D, Yock TI, Terezakis S, Krasin M, Panoff J, Chuba P, Hua CH, Hess CB, Houghton PJ, Wolden S, Buchsbaum J, Fitzgerald TJ, Kalapurakal JA. The Children's Oncology Group Radiation Oncology Discipline: 15 Years of Contributions to the Treatment of Childhood Cancer. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 101: 860-874, 2018.
- 12) Breneman J, Meza J, Donaldson SS, Raney RB, Wolden S, Michalski J, Laurie F, Rodeberg DA, Meyer W, Walterhouse D, Hawkins DS. Local control with reduced-dose radiotherapy for low-risk rhabdomyosarcoma: a report from the Children's Oncology Group D9602 study. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 83:

- 720-726, 2012.
- 13) Ermoian RP, Breneman J, Walterhouse DO, Chi YY, Meza J, Anderson J, Hawkins DS, Hayes-Jordan AA, Parham DM, Yock TI, Donaldson SS, Wolden SL. 45 Gy is not sufficient radiotherapy dose for Group III orbital embryonal rhabdomyosarcoma after less than complete response to 12 weeks of ARST0331 chemotherapy: A report from the Soft Tissue Sarcoma Committee of the Children's Oncology Group. *Pediatr Blood Cancer*, 64, 2017.
 - 14) Wolden SL, Lyden ER, Arndt CA, Hawkins DS, Anderson JR, Rodeberg DA, Morris CD, Donaldson SS. Local Control for Intermediate-Risk Rhabdomyosarcoma: Results From D9803 According to Histology, Group, Site, and Size: A Report From the Children's Oncology Group. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 93: 1071-1076, 2015.
 - 15) Tinkle CL, Pappo A, Wu J, Mao S, Hua CH, Shulkin BL, McCarville MB, Kaste SC, Davidoff AM, Bahrami A, Green DM, Ness KK, Merchant TE, Spunt SL, Krasin MJ. Efficacy and Safety of Limited-Margin Conformal Radiation Therapy for Pediatric Rhabdomyosarcoma: Long-Term Results of a Phase 2 Study. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 107: 172-180, 2020.
 - 16) Talleur AC, Navid F, Spunt SL, McCarville MB, Wu J, Mao S, Davidoff AM, Neel MD, Krasin MJ. Limited Margin Radiation Therapy for Children and Young Adults With Ewing Sarcoma Achieves High Rates of Local Tumor Control. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 96: 119-126, 2016.
 - 17) Hess CB, Thompson HM, Benedict SH, Seibert JA, Wong K, Vaughan AT, Chen AM. Exposure Risks Among Children Undergoing Radiation Therapy: Considerations in the Era of Image Guided Radiation Therapy. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 94: 978-992, 2016.
 - 18) Cochran DM, Yock TI, Adams JA, Tarbell NJ. Radiation dose to the lens during craniospinal irradiation-an improvement in proton radiotherapy technique. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 70: 1336-1342, 2008.
 - 19) Zhang R, Howell RM, Taddei PJ, Giebeler A, Mahajan A, Newhauser WD. A comparative study on the risks of radiogenic second cancers and cardiac mortality in a set of pediatric medulloblastoma patients treated with photon or proton craniospinal irradiation. *Radiother Oncol*, 113: 84-88, 2014.
 - 20) Ladra MM, Edgington SK, Mahajan A, Grosshans D, Szymonifka J, Khan F, Moteabbed M, Friedmann AM, MacDonald SM, Tarbell NJ, Yock TI. A dosimetric comparison of proton and intensity modulated radiation therapy in pediatric rhabdomyosarcoma patients enrolled on a prospective phase II proton study. *Radiother Oncol*, 113: 77-83, 2014.
 - 21) ガイドライン作成委員会委員長 櫻井 英幸. 陽子線治療による二次がん発症に関するシステマティックレビュー. 日本放射線腫瘍学会, 日本小児血液・がん学会. 小児・AYA 世代の腫瘍に対する陽子線治療診療ガイドライン 2019 年版. 日本: 金原出版株式会社, 35-37, 2019.
 - 22) Chung CS, Yock TI, Nelson K, Xu Y, Keating NL, Tarbell NJ. Incidence of second malignancies among patients treated with proton versus photon radiation. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 87: 46-52, 2013.
 - 23) 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, 2013.
 - 24) Huynh M, Marcu LG, Giles E, Short M, Matthews D, Bezak E. Current status of proton therapy outcome for paediatric cancers of the central nervous system - Analysis of the published literature. *Cancer Treat Rev*, 2018.
 - 25) Mizumoto M, Murayama S, Akimoto T, Demizu Y, Fukushima T, Ishida Y, Oshiro Y, Numajiri H, Fuji H, Okumura T, Shirato H, Sakurai H. Proton beam therapy for pediatric malignancies: a retrospective observational multicenter study in Japan. *Cancer Med*, 1519-1525, 2016.
 - 26) Leroy R, Benahmed N, Hulstaert F, Van Damme N, De Ruyscher D. Proton Therapy in Children: A Systematic Review of Clinical Effectiveness in 15 Pediatric Cancers. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 95: 267-278, 2016.
 - 27) "PROTON BEAM THERAPY (PBT)". ASTRO Model Policies. 2014-4-20. https://www.astro.org/uploadedFiles/Main_Site/Practice_Management/Reimbursement/ASTRO%20PBT%20Model%20Policy%20FINAL.pdf. (2016-11-7)

著者プロフィール



相部 則博 Norihiro Aibe

所属・職：京都府立医科大学大学院医学研究科放射線診断治療学・助教

略 歴：2007年3月 京都府立医科大学医学部医学科 卒業

2007年4月 京都府立医科大学附属病院研修医

2009年4月 京都府立医科大学附属病院専攻医（放射線診断治療学講座）

2010年4月 京都府立医科大学大学院 医学研究科統合医科学専攻

2014年3月 京都府立医科大学大学院 卒業

2014年4月～現職

専門分野：高精度外部放射線治療

- 主な業績：1. Aibe N, Yamazaki H, Nishimura T, Oota Y, Iwama K, Nakamura S, Ikeno H, Yoshida K, Okabe H, Yamada K. Analysis of intrafractional organ motion by megavoltage computed tomography in patients with lung cancer treated with image-guided stereotactic body radiotherapy using helical tomotherapy. *Anticancer Res*, **34**: 7383-7388, 2014.
2. Aibe N, Yamazaki H, Nakamura S, Tsubokura T, Kobayashi K, Kodani N, Nishimura T, Okabe H, Yamada K. Outcome and toxicity of stereotactic body radiotherapy with helical tomotherapy for inoperable lung tumor: analysis of Grade 5 radiation pneumonitis. *J Radiat Res. J Radiat Res*, **55**: 575-582, 2014.
3. Aibe N, Demizu Y, Sulaiman NS, Matsuo Y, Mima M, Nagano F, Terashima K, Tokumar S, Hayakawa T, Suga M, Daimon T, Suzuki G (5), Hideya Y (5), Yamada K, Sasaki R, Fuwa N, Okimoto T. Outcomes of Patients With Primary Sacral Chordoma Treated With Definitive Proton Beam Therapy. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, **100**: 972-979, 2018.
4. Aibe N, Karasawa K, Aoki M, Akahane K, Ogawa Y, Ogo E, Kanamori S, Kawamori J, Saito AI, Shiraishi K, Sekine H, Tachiiri S, Yoshimura M, Yamauchi C. Results of a nationwide survey on Japanese clinical practice in breast-conserving radiotherapy for breast cancer. *J Radiat Res*, **60**: 142-149, 2019.