

小児がんの陽子線治療

神戸陽子線センター 放射線治療科
副島俊典



小児がんの放射線治療

小児がんは全国で年間2,500人から3,000人の症例数であり、小児人口100万人あたり、90人から130人といわれる。その頻度は成人と比べ約1/200と少なく、小児がんの放射線治療を経験する機会には放射線治療医にとってもまれである。しかし、小児がんの多くは放射線感受性が高く、集学的治療の一環として放射線治療は非常に重要である。

近年の放射線治療の現場では症例数の著しい増加と高精度化により多忙な環境のなかで治療が行われており、小児に対して十分時間をかけて治療できる環境作りが難しい状況となっている。放射線治療中は位置合わせから照射まで一定の時間動かないことが重要であり、小児の場合気を遣うところである。3歳以下の患児や安静を保てない患児の場合鎮静して放射線治療を行う。鎮静を誰がするかは神戸陽子線センターのように麻酔科医が行うのが理想的ではあるが、診療科の主治医の場合も多い。鎮静下で治療するか覚醒下で治療するかは両親と相談して検討し、覚醒下で治療する場合プレパレーションを行う。プレパレーションとは、「子どもと家族がストレスのかかる出来事や状況下において、できる限り先の見通しを持てるように手助けし、子どもと家族自身が積極的に状況をコントロールしながら対応していくことができるように支援すること」と定義される。チャイルドライフスペシャリスト (CLS) が病院にいる場合はCLSとタイアップして行い、CLSがいない場合でも看護師と診療放射線技師とが協力して患児に安心して治療を受けてもらえる環境作りが大切である。照射中は患児が治療室内にひとりになるため、両親から患児に声かけをするような設備を用意したり、DVDをみてもらおうなどの対処が必要である。

また、小児がん放射線治療にとってもインフォームドコンセントは重要である。放射線治療開始に当たっては患児両親に各疾患の治療法についてのエビデンスを提示し、十分な説明を行うことが肝要である。両親は患児に対して真剣な気持ちである以上、放射線治療について説明するわれわれも十分な知識を得た上で真摯な気持ちで対応することが望まれる。また、晩期合併症の説明も大切で

あり、患児家族に不安の残らないよう説明することが望まれる。

二次がん＝陽子線治療で発症を減らせる

小児がんの晩期合併症の中で二次がんは重大な問題である。例えば神経芽細胞腫の術後照射で前後対向2門と強度変調放射線治療 (IMRT) を比較し、IMRTは線量分布が良いが、肝臓や胃の低線量域広がり、二次がんを考えると前後対向2門照射の方が良い場合があるとの報告もみられる¹⁾。また、小児がん経験者の二次がん発症のリスクは同年齢の一般集団群より高いことも報告されている²⁾。陽子線治療は放射線を全く照射しない0 Gy領域が広くすることができるため、二次がんを減らすことが期待されている。網膜芽細胞腫治療後の二次がんの後方視的検討の報告でも、照射野内 (眼窩脳副鼻腔など) の二次がん発症が陽子線治療の方が少ないと報告している³⁾。この報告では照射野外の二次がんも少なかったと報告されている。陽子線治療はX線治療に比べて散乱線が少なく、低線量被曝が少なくなることが要因かもしれない。

晩期合併症

小児がんの治療後晩期合併症についても治療成績の向上に伴って関心が高まっている。小児がんは身体的、精神的に成長途上に発病するため、成人のがんとは違い、疾患のみの影響だけでなく、治療の影響を強く受ける。しかも、復学や社会復帰、就労、結婚、出産など重要なイベントをその後数多く迎える。今後長期経過観察のプログラムの作成が必要と考えられている。北米では二次がんを含めた、晩期合併症についての大規模な小児がん経験者のコホート研究が childhood cancer survivor study (CCSS) で続けられている。本邦でもフォローアップガイドラインやフォローアップ手帳なども作成され、徐々に長期フォローの重要性が認識されてきている。また、陽子線治療施設では小児がん陽子線治療後の長期の経過観察のデータベース化も検討されている。

神戸陽子線センター

神戸陽子線センターは2018年3月から小児の陽子線治療を開始しているが、2018年度には既に全国トップの小児陽子線治療の症例数を誇っている。小児がん拠点病院である兵庫県立こども病院と緊密な連携をとって小児がんの陽子線治療に当たっており、化学療法との同時併用は兵庫県立こども病院で入院の上治療に当たることができる。治療室は2室用意されており、そのうちの1室をお子さんたちの治療に当て(図1)、治療環境に配慮している。また、常勤の麻酔科医がいるために、安心して鎮静に対処することができる。

神戸陽子線センターの陽子線治療はブロードビームとスキャンニングの両方の技術を使うことができるのが特徴である。さらにスキャンニングではMultileaf Collimator (MLC) を併用することができるので、リスク臓器 (OAR) の線量低下に役立つ設計になっている。

多職種カンファレンス、治療スケジュール会議

神戸陽子線センターでは小児症例全例で放射線治療計画用のCTを撮像する前に放射線腫瘍医、麻酔科医、看護師、診療放射線技師、医学物理士、事務が集まってカンファレンスを行っている。その際、患者の病歴や全身状態、性格などもスタッフで共有し、どのように固定するか、治療上の注意はどうかなどを検討することになっている。

また、鎮静患者やその他の覚醒下の患者をどのような日程で照射するか調整するためにスケジュール会議を行っている。その会議によって1日の鎮静

による照射患者通常4名、最大6名までの治療に対応できるようにしている。両方の会議とも一時期COVID-19感染拡大のため人数を制限していた時期もあったが、多職種での検討により、スタッフ間の情報共有がスムーズになるので、今後も続けていきたいと考えている。

全脳全脊髄照射

全脳全脊髄照射は小児の陽子線治療が最も有効な治療法のひとつである。甲状腺機能低下、心肺機能低下や不妊、二次がんを避けるために陽子線治療は非常に有益である。神戸陽子線センターでは2019年度1年間に12例の全脳全脊髄照射を行っている。当初ブロードビームで開始したが、現在はIntensity Modulated Proton Therapy ; IMPTを用いたスキャンニングで治療に当たっている(図2)。当センターでは10歳未満の患者は椎体をPlanning Target Volume (PTV) に含めているが、10歳以上では無理に椎体を含めてはいない。全脳全脊髄照射は陽子線治療が有効であることは間違いないので、日本全国で全脳全脊髄照射は陽子線治療という流れが広がることを期待している。

中性子線

陽子線治療は中性子を発生しやすいのが問題となる。ペースメーカーなどのCardiac Implantable Electronic Devices (CIEDs) に不具合を起こしやすいことはよく知られており、日本放射線腫瘍学会 (JASTRO) が作成した植込み型心臓電気デバイス (CIEDs) 装着患者に対する放射線治療ガイド



図1 神戸陽子線センターの小児用の陽子線治療ガントリー

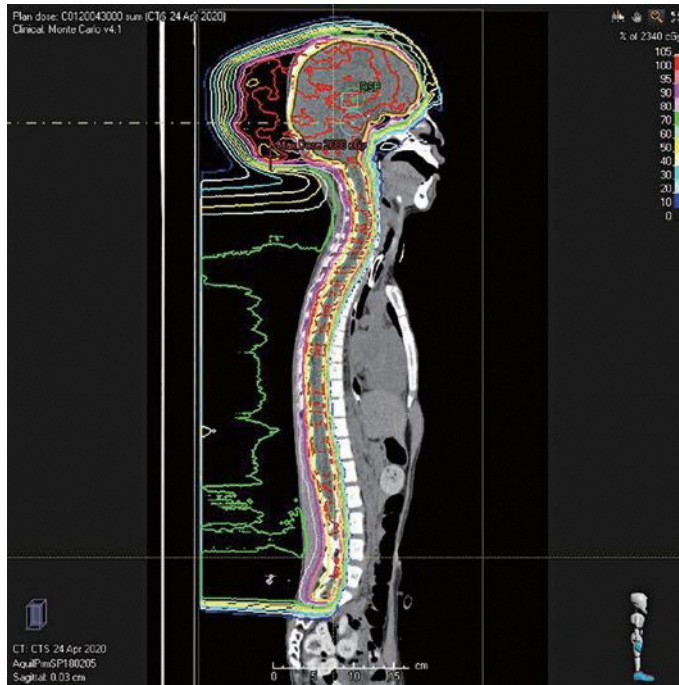


図2 神戸陽子線センターでの全脳全脊椎照射の線量分布

ラインにおいても陽子線治療は高リスクと記載されている。神戸陽子線センターでは患者監視モニターの誤作動が経験され、中性子による誤作動の可能性がある。麻酔器についても中性子による誤作動の可能性があるが、神戸陽子線センターでは電子機器を極力含まない構成にしている。今後麻酔科医とタイアップする施設はこの点を熟知して麻酔機器や患者モニターをそろえる必要があると考える。

AYA (Adolescent and Young Adult) 世代のがん

小児がんと同様にAYA世代のがんに関しても放射線治療後の二次がんや妊孕性温存目的で陽子線治療は有効である。しかし、20歳未満で発症した小児がんに対して、陽子線治療は保険適応になるに関わらず、20歳以上のAYA世代のがんに対しては保険診療が行われない。神戸陽子線センターでは年収にあわせた減額制度も作って対応するようにしている。

さいごに

今回小児がんの放射線治療の参考になるように神戸陽子線センターで行っていることを中心に記載した。小児がんの放射線治療を行う上でも有益となることを期待している。

文献

- 1) Paulino AC, Ferenci MS, Chiang KY, et al: Comparison of Conventional to Intensity Modulated Radiation Therapy for Abdominal Neuroblastoma. *Pediatr Blood Cancer* 46:739-744, 2006
- 2) Neglia JP, Friedman DL, Yasui Y, et al: Second malignant neoplasms in five-year survivors of childhood cancer: childhood cancer survivor study. *J Natl Cancer Inst* 93:618-629, 2001
- 3) Sethi RV, Shi HA, Yeap BY, et al: Second non-ocular tumors among survivors of retinoblastoma treated with contemporary photon and proton radiotherapy. *Cancer* 120:126-133, 2014