

教育講演「染色体異常から医療被ばくおよび 職業被ばくを考える」

Consideration of medical and occupational exposure from the viewpoint of chromosome aberration studies

三浦 富智

Tomisato MIURA

弘前大学被ばく医療総合研究所 リスク解析・生物線量評価部門

Department of Risk Analysis and Biodosimetry, Hirosaki University Institute of Radiation Emergency Medicine

I. 放射線により誘導される染色体異常と生物学的線量評価

1895年にレントゲン博士がX線を発見し、人類の放射線利用の歴史がスタートしました。放射線の健康影響が明らかとなり、放射線による健康被害を防ぐための法制度も整備され、診断および治療のさまざまな場面で医療用放射線が用いられています。放射線は私たちの生命の設計図であるDNAを主な標的とし、DNAの損傷を引き起こします。放射線によって引き起こされたDNA損傷の多くは正常に修復されますが、DNAの二本鎖切断が誤って修復されると染色体異常として検出されます。放射線被ばくで誘導される染色体異常は生物学的半減期が短い不安定型染色体異常と、生物学的半減期が長い安定型染色体異常に大別されます。それぞれの代表的な染色体異常として、二動原体染色体(dicentric chromosome, Dic)と染色体転座が知られています。これらの染色体異常出現頻度は放射線被ばく線量と正の相関を示すことから、被ばく医療における生物学的線量評価に用いられます^{1,2)}。なかでも、Dic頻度から被ばく線量を推定するDic法は、60年以上にわたり生物学的線量評価のゴールドスタンダードとして用いられています³⁾。

II. 医療被ばくと染色体異常

Computed tomography(CT)の利用件数が年々増加するなか、小児のCT検査により白血病および脳腫瘍リスクが増加することが報告されました⁴⁾。CT検査による白血病および脳腫瘍リスクの増加については、その後、肯定的な研究と否定的な研究の双方が論文発表されていますが、医療被ばくによるリスクを再評価するきっかけとなりました。そこで、私たちはCT検査のリスクを明らかにするため、末梢血リンパ球におけるCT検査前後の染色体異常を解析しました。CT検査前後のDic頻度を比較した結果、ほとんどの患者においてCT検査後にDic頻度が有意に増加しました⁵⁾。さらに、CT検査によるDic頻度の増加を確認するため、8名の追跡調査の結果、いずれの年でもCT検査後にDic頻度が有意に増加しました。しかし、前年度のCT検査から約1年経過した時点で、CT検査によって誘導されたDic頻度は前年度のCT検査前のレベルまで低下しました⁶⁾。Dicは不安定型染色体異常であり、その生物学的半減期は1年半前後と短いことから⁷⁾、染色体異常を有する

リンパ球は体内に蓄積しないことが明らかとなりました。また、染色体転座頻度には、有意な変化は認められませんでした。

これらの結果から、CT検査により誘導される染色体異常は健康リスクを増加させるほどの影響はないと思われませんが、染色体異常を誘導することから、被ばく線量の低減に努める必要があると考えられます。

III. 医師の職業被ばくと染色体異常

次に、職業被ばくとしてX線透視検査および手術に従事する整形外科医の解析における有害事象例を紹介します。整形外科では、放射線被ばくによる労災認定が全国的に散発しており、放射線防護体制の整備が喫緊の課題となっています。私たちは、青森県脊椎懇話会に所属する整形外科医18名に協力していただき、被ばく実態を明らかにするため末梢血リンパ球における染色体異常頻度を解析しました^{8,9)}。研究に協力していただいた多くの医師で、爪甲色素線条が認められました。さらに、18名の中には、有棘細胞癌を発症した医師2名、ボーエン病を発症した医師1名が含まれていました。

末梢血リンパ球における1,000個の分裂中期細胞あたりのDic頻度から全身被ばく線量として算出すると、推定上限値として200mGyに達する医師がいました。X線透視手術に従事する整形外科医は、術中にX線照射野に手指を入れる機会が多く、局所的に直接X線に被ばくする「超局所被ばく」となることから、今回の全身被ばく推定線量に比べ、局所的には有害事象が発生するほどに積算線量として高線量を被ばくしていると考えられます。染色体転座頻度においても、明らかに過剰な被ばくがあったことが確認されました。

そこで、一般公衆や病院に勤務する医療従事者の染色体異常頻度と^{10,11)}、私たちの整形外科医の解析結果を比較しました。1,000細胞あたりのDic頻度が一般公衆では0.5~0.86、看護師では1.0~1.1、泌尿器および産科の医師では2.13であったのに対し、私たちが調査した整形外科医では3.5と、他の医療職と比べて高い値を示しました。さらに、環状染色体頻度においても他の医療職より高い結果が得られました。これらの結果から、私たちが調査した整形外科医が局所的に高い線量に曝されていたことが明らかとなりました。

現在は、線量管理が厳正化されていますが、数年前までは医療職者の職業被ばく対策が不十分でした。X線透視検査および手術に携わる整形外科医の線量管理および放射線防護の啓蒙や強化が必要であることを示した事例として紹介させていただきました。

IV. 放射線業務に携わる看護師の方々へ

このたびは、染色体異常解析という視点から医療用放射線による医療被ばくと職業被ばくのリスクを紹介させていただきました。これらの経験から、放射線業務に携わる看護師の方々へ、以下の4点について、ご留意いただきたいと思います。①身のまわりの被ばくリスクを再点検し、潜在的なリスクを見逃さないでください。②職業被ばくでは医療職者の放射線防護が徹底されていないことがありますので、放射線防護・被ばく線量管理を徹底してください。③放射線の感受性には個人差があります。慢性炎症患者では、放射線の副作用が大きいので基礎疾患に留意してください。④医療被ばくの生体影響や副作用を理解し、患者が安心して治療を受けられる環境を提供してください。

医療用放射線利用時のリスクや被ばく実態をご理解いただき、本稿が皆様の職場における放射線被ばくリスクや被ばく線量管理を再点検するきっかけとなることを願っています。

引用文献

- 1) International Atomic Energy Agency (IAEA). Safety Reports Series No. 2. Diagnosis and Treatment of Radiation Injuries. 1998. pp. 10–11.
- 2) International Atomic Energy Agency (IAEA), Vienna. Technical reports series No. 405. Cytogenetic analysis for radiation dose assessment. 2001. pp. 19–24.
- 3) Blakely WF, Carr Z, Chu MC, et al. WHO 1st consultation on the development of a global biodosimetry laboratories network for radiation emergencies (BioDoseNet). Radiation Research. 2009, 171(1). 127–139. doi: 10.1667/RR1549.1.
- 4) Pearce MS, Salotti JA, Little MP, et al. Radiation exposure from CT scans in childhood and subsequent risk of leukaemia and brain tumours: A retrospective cohort study. Lancet. 2012, 380(9840). 499–505. doi: 10.1016/S0140-6736(12)60815-0.
- 5) Abe Y, Miura T, Yoshida MA, et al. Increase in dicentric chromosome formation after a single CT scan in adults. Scientific Reports. 2015, 5(1). 13882. doi: 10.1038/srep13882.
- 6) Abe Y, Noji H, Miura T, et al. Investigation of the cumulative number of chromosome aberrations induced by three consecutive CT examinations in eight patients. Journal of Radiation Research. 2019, 60(6). 729–739. doi: 10.1093/jrr/rrz068.
- 7) Bauchinger M, Schmid E, Braselmann H. Time-course of translocation and dicentric frequencies in a radiation accident case. International Journal of Radiation Biology. 2001, 77(5). 553–557. doi: 10.1080/09553000010022382.
- 8) 三浦富智, 越後谷直樹, Valerie Goh Swee Ting, 他. 超局所慢性被曝を受けた整形外科医の末梢血リンパ球における染色体異常解析. 日本整形外科学会雑誌. 2019, 93(10). 774–779.
- 9) 三浦富智. 整形外科医の超局所慢性被曝による染色体異常. 臨床整形外科. 2020, 55(2). 109–113. doi: 10.11477/mf.1408201585.
- 10) Nikolay PB, Chebotarev AN, Katosova LD, et al. The database for analysis of quantitative characteristics of chromosome aberration frequencies in the culture of human peripheral blood lymphocytes. Russian Journal of Genetics. 2001, 37(4). 440–447.
- 11) Kasuba V, Rozgaj R, Jazbec A. Chromosome aberrations in peripheral blood lymphocytes of Croatian hospital staff occupationally exposed to low levels of ionising radiation. Arhiv za Higijenu Rada i Toksikologiju. 2008, 59(4). 251–259. doi: 10.2478/10004-1254-59-2008-1909.