

心房細動の治療として最適化された 非侵襲的放射線治療アブレーション法の開発

国立がん研究センター東病院 放射線品質管理室
室長 橘 英伸

(共同研究者)

国立がん研究センター東病院 放射線品質管理室 医学物理士レジデント 大鹿 理貴
国立がん研究センター東病院 放射線品質管理室 医学物理士レジデント 米村 美紀

はじめに

心房細動は脳梗塞や心不全、認知症などの生命や生活にとって致命的な疾患に直結する。心房細動の有病数として米国では223万人、我が国では72万人と推定されている。さらに有病率に関して、米国では60歳以上では5.9%、80歳代以上では10%となり、我が国は米国に比べ小さいが、同様な傾向であり年齢と共に有病率は急激に増大した。心房細動の治療として高周波カテーテル焼灼術が主として用いられるが、末梢血管疾患や重篤なアレルギーを有する患者などはカテーテル挿入や造影剤使用に伴う様々な禁忌事項があり、治療を享受できない。これは超高年齢社会となっている日本では年齢に伴い基礎疾患を有する心房細動患者が増加するため問題となる。したがって、前述の問題点を解消しつつ高周波カテーテル焼灼術と同等の治療成果を期待される治療法が待ち望まれ、その結果として癌治療に用いられている放射線治療装置を利用した焼灼術が登場し、その方法の臨床的有効性が示された。

そこで、本研究では、癌治療に向けて製造されている放射線治療装置を心房細動への治療に最適化させることで、治療成績を向上させる放射線治療システムの開発を行う。本研究課題では治療計画および照射の部分に注目した心電図同期追尾照射法を開発し、心房の心拍による動きを伴っても1 mm未満の照射精度で照射することを達成することを目的とする。本報告では現在利用されている放射線治療機器が1 mmを達成できることかを動きがない状態で検証した。

方 法

国内の16施設の放射線治療施設が参加した。米国Varian Medical Systems製リニアックが8台、欧州Elekta AB製リニアックも8台であった。我々が設定した手順に則り、全施設で同様の新型ゲル線量計dGEL™ (株式会社トライアングルプロダクツ)を利用して照射精度を行った。照射前後においてゲル線量計のCone-Beam Computed Tomography(CBCT)画像を取得し、Pantらが報告した方法⁽¹⁾を参考にして実装したin-houseソフトウェアで解

析した。照射精度は、CBCT画像の画像中心（Imaging Isocenter、iIC）に対する各ビームの最短距離 d_{min} と、iICに対する各ビームから形成される中心（Radiation isocenter : rIC）までの距離 $d_{iIC-rIC}$ 、さらにビームのぼらつきを表す r_{iIC} の半径 r_{rIC} を各施設で評価した。

結 果

図1に、3D-SS試験により得られた各施設の d_{min} 及びその最大値、 $d_{iIC-rIC}$ 、 r_{rIC} をメーカー別に示した。本試験の全ビームの d_{min} について、Varian製リニアックとElekta製リニアックで中央値がそれぞれ0.3 mm、1.0 mmであった。最大値は0.9 mm、1.8 mmであった。全ビームの d_{min} 及び各施設の d_{min} の最大値について、メーカー間で有意差があった ($p < 0.001$) (図1 a, b)。 $d_{iIC-rIC}$ について、Varian製リニアックとElekta製リニアックでそれぞれ中央値が0.2 mm、0.8 mmであった。最大値は0.9 mm、1.3 mmであった。 $p < 0.001$ で有意差があった (図1 c)。 r_{rIC} について、Varian製リニアックとElekta製リニアックでそれぞれ中央値が0.4 mm、0.8 mmであった。最大値は0.5 mm、1.5 mmであり、 $p < 0.001$ で有意差があった (図1 d)。iICに対する三次元的照射精度について、正確度とバラツキの両面で、Varian製リニアックで良好な結果を得た。

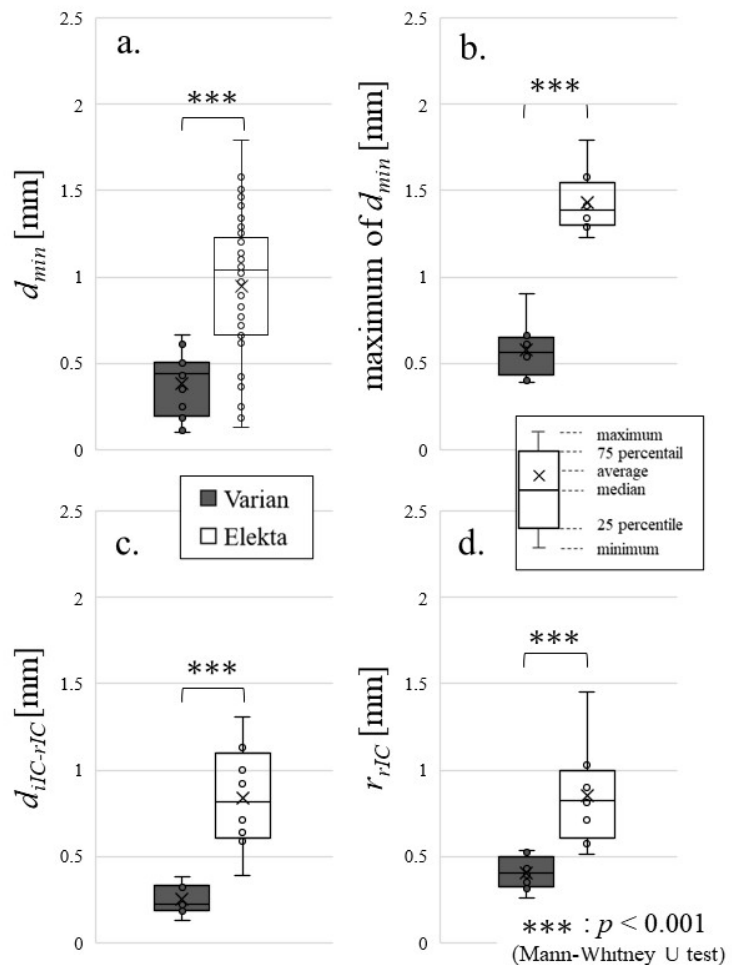


図1 Comparison of d_{min} , maximum of d_{min} , $d_{iIC-rIC}$, and r_{rIC} between each manufacture

考 察

現在利用されている放射線治療機器において動きがない状態での照射精度を複数の装置及び多施設で実施した。Varian製リニアックではiICとrICの乖離は最大でも0.4 mm、その

半径も0.5 mmであり、ビームの最大乖離も0.9 mmと1 mm未満であった。一方、Elekta リニアックではiIC-rICの乖離は最大で1.3 mmであり、半径は1.5 mmであった。ビームの最大の乖離は1.8 mmであったことから、Elekta製リニアックでも1 mmを超えた。したがって、心房細動に対する放射線治療アブレーションを1 mmの照射精度で実施する場合、Varian製リニアックのみで実施すべきであるといえる。Elekta製リニアックを利用する場合は1 mmを超える余分なマージンを付加し、本来目的とする照射部位への影響を加味しながらの治療計画が必要であるといえる。今後、1 mm以内の照射精度を求めるとなると、心拍に伴う動きに対して高い予測精度が必要な追尾照射が必要であるといえる。その精度も1 mm未満である必要がある。

要 約

高周波カテーテル焼灼術ではカテーテルを操作し、焼灼する部位に電極を直接設置させる。そのため、焼灼の目的部位と設置の位置精度が非常に高い。一方、放射線治療はカテーテルの挿入などの非侵襲的な作業はないが、外部からの照射となるため位置精度が懸念点である。臨床試験では放射線治療のアブレーションが実施されているが、動きの対応や照射装置自身の照射精度が重要である。本研究では動きがない状態での照射装置のみの評価を行なった。1 mmを求められる精度とすると、メーカーによって達成できないことがわかった。したがって、癌治療における放射線治療では現状で十分なかもしれないが、心臓における治療では不適な照射装置があるので注意する必要がある。

文 献

1. Pant K, et al. Comprehensive radiation and imaging isocenter verification using NIPAM kV-CBCT dosimetry. Med.Phys. 2020;47 (3) :927-936. doi:10.1002/mp.14008