

高線量率組織内照射における画像誘導バーチャル刺入計画法の開発

国立病院機構 大阪医療センター
三上 麻里

【背景】

高線量率組織内照射は、視触診や画像情報をもとに、がん病巣を取り囲むように直接刺入された治療用ニードルアプリータ（以下アプリータ）にアイソトープ線源を遠隔操作で挿入することで、短期間に高線量を集中してがん病巣へ照射し、近隣の正常組織に障害を起こすことなく、腫瘍細胞を死滅させることを目的とした治療である。

特に、高齢や合併疾患などで摘出手術が困難な腫瘍や、手術では高度の機能障害を伴うような頭頸部領域や骨盤領域の腫瘍に対しても有効であり、通常では根治治療を諦めざるを得ないような手術後・照射後再発腫瘍にも救済の可能性を与える。一般的には、視触診や超音波検査で把握可能な腫瘍が良い適応とされるが、手術では舌・喉頭摘出が必要になる咽頭領域や、超音波でも把握しにくい骨盤リンパ節、子宮体部や直腸上部の腫瘍などにも適応の拡大が望ましい。しかし、治療期間中の数日間はアプリータが刺入されたままであるため、ベッド上で臥位安静となり、患者の QOL は低下するという欠点があった。

そこで当院では 2003 年より骨盤内腫瘍に対して、¹⁹²Ir による高線量率組織内照射を行ってきた。これまでに治療期間中の患者 QOL 向上のため、アプリータをステンレス製の柔軟性に欠けるニードルから樹脂製のフレキシブルニードルに変更し、さらに取り外し可能なテンプレートを使用することで治療期間中の歩行を可能とする‘歩行可能法’を開発し、治療を続けてきた。また、日々のフレキシブルニードルの偏位を CT 画像で検討・補正する画像誘導組織内照射を開発してきた。

これらの研究により、適切に刺入ができた腫瘍については高精度の治療ができるようになった。そこで、さらにこの高精度の治療の適応をより拡大できるよう、ニードル刺入前に「バーチャル刺入計画」を立案することを考案した。これにより近隣の血管や重要臓器を避けながら有効的にがん病巣にアプリータを刺入することのできる刺入方法を治療計画コンピュータでシミュレーションし、刺入当日は決定した方法でアプリータ刺入するだけで理想通りの刺入ができるシステムの構築を目指した。

【方法】

1. CT/MRI が撮影可能なバーチャル刺入計画用テンプレートを作成する。
2. アプリータ刺入手術前に、刺入計画用テンプレートを患者に装着し、計画用 CT を撮影する。
3. CT 画像を治療計画コンピュータ計画用コンピュータ（Oncentra[®] Brachy）に取り込み、テンプレートや各組織の正確な輪郭を描出させる。最適なアプリータ刺入孔を決定するために、刺入点予測システムを使用して、アプリータをコンピュータ上に仮想表示させ、刺入計画を行う。
4. アプリータ刺入手術当日は、バーチャル刺入計画で決定したテンプレート上の刺入孔より、経直腸エコーで刺入アプリータを確認しながら刺入を行っていく。

【結果】

(1) バーチャル刺入計画用テンプレートの作成

骨盤内腫瘍の中でも特に、子宮頸癌に対する組織内照射を目的として刺入計画用テンプレートの作成を行った。これまでの子宮頸癌に対する組織内照射で作成した自作ビニールテンプレートの刺入位置を検証し、バーチャル刺入計画用テンプレートの刺入孔を決定した。さらに刺入後にテンプレートを分解して取り外せる機構も考案した。

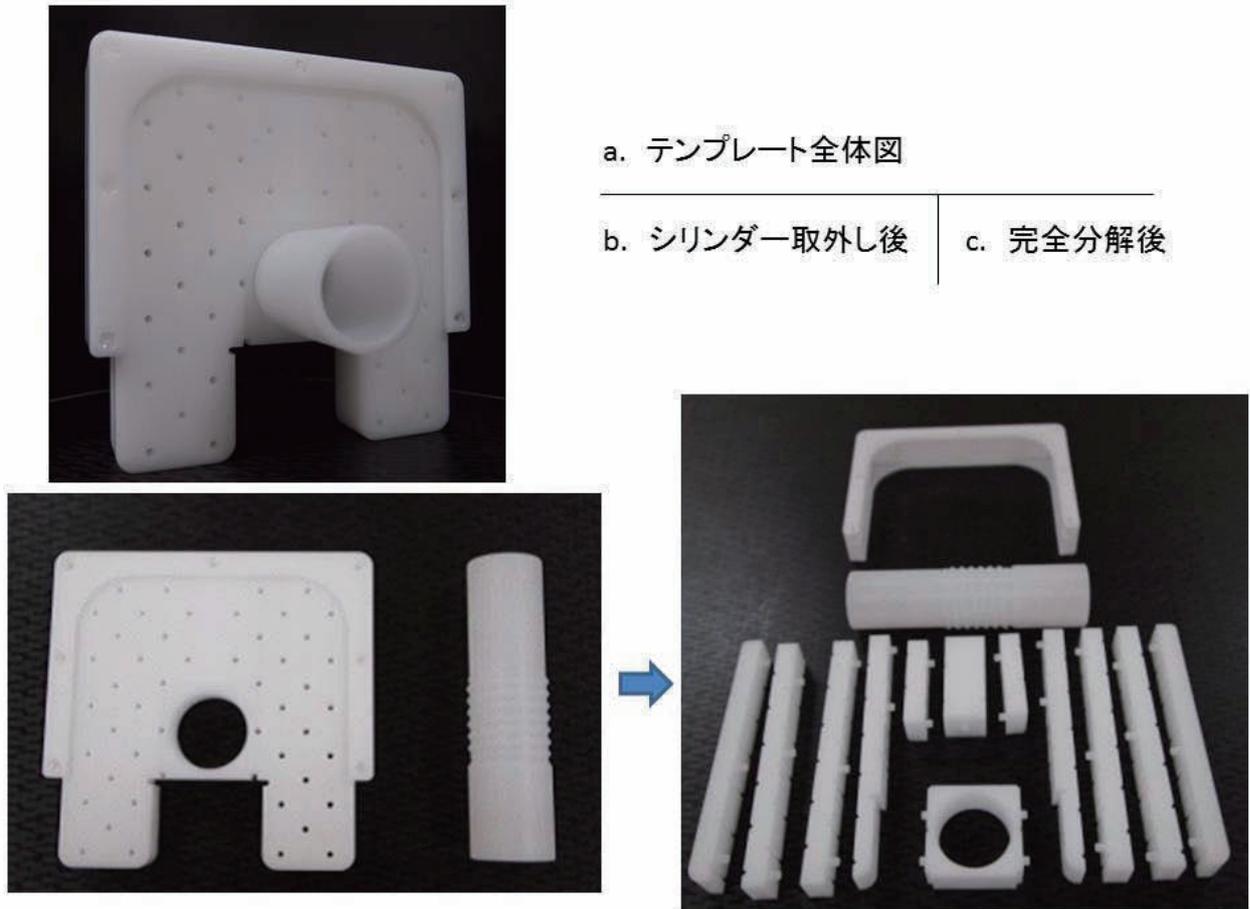
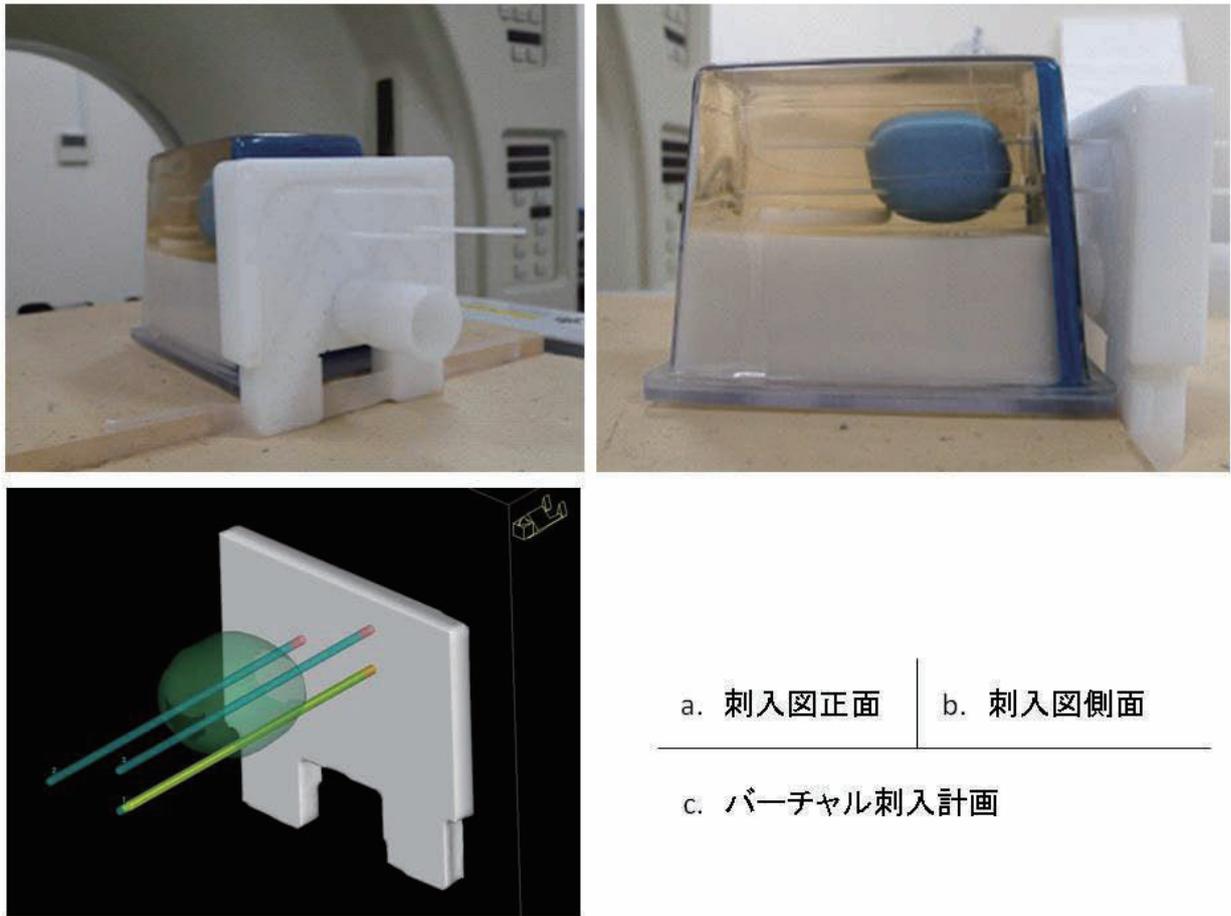


Fig.1 刺入計画用テンプレート

(2) ファントム検証

作成した刺入計画用テンプレートを組織内用ファントムに装着し、CT撮影を行った。計画用コンピュータに画像を取り込み、テンプレート、模擬腫瘍の輪郭を取得し、バーチャル刺入計画を行い、作成した刺入計画用テンプレートがバーチャル計画を行う際に問題がないか確認した。

また、刺入計画テンプレートを使用して組織内用ファントムにフレキシブルニードルを刺入し、バーチャル刺入計画がどの程度再現できるか検討した。



a. 刺入図正面 b. 刺入図側面

c. バーチャル刺入計画

Fig.2 ファントム検証

(3) 臨床経験

2009年1-3月に根治照射を行い、2010年2月に照射野内骨盤リンパ節に再発を認めた36歳の膣癌患者に対して、高線量率組織内照射による救済を検討した。当初経直腸超音波検査では腫瘍を同定できなかったため、術前に刺入孔のついているテンプレートを膣内に挿入し、載石位にてCT撮影後、治療計画コンピュータ（Oncentra[®] Brachy）にてバーチャル刺入計画を行った。テンプレート、腫瘍、伴行する血管、骨盤骨の輪郭を取得し、腫瘍を適切に照射して、かつ血管を損傷しない刺入孔を決定した。

組織内刺入当日はバーチャル計画に従って刺入を行った上、術中に経直腸エコーで applicator をモニターすることで腫瘍を確認でき、またドプラモードを使用することによって伴行する血管を同定することができたため、出血などの障害を起こすことなく腫瘍に処方線量を投与することができた。

【結論】

バーチャル刺入計画用テンプレートを作成し、ファントムにて検証を行い、臨床で使用可能なことを確認した。また組織内刺入前にバーチャル計画を行うことにより、術前の超音波診断で同定できなかった腫瘍に適切な組織内刺入が行えた。

計画用テンプレートを用いたバーチャル刺入計画はまだ臨床では使用経験が少ないため、今後症例を重ね、検討を行って報告を行っていく。

【謝辞】

本研究を遂行するにあたり、助成いただいた財団法人医用原子力研究振興財団に厚く御礼申し上げます。

【成果】

1. 三上麻里，吉田謙，武中正，吉田岑雄，田中英一．“子宮頸癌高線量率組織内照射におけるフレキシブルニードル偏位に伴う線量分布の評価．” 日本放射線腫瘍学会第 23 回学術大会，千葉，2010 年 11 月

2. 三上麻里，吉田謙，武中正，田中英一，吉田岑雄，吉村泰司，本多数弥．“新鮮子宮頸癌高線量率組織内照射におけるフレキシブルニードル偏位の経時的変化．” 第 64 回国立病院総合医学会，博多，2010 年 11 月

3. 三上麻里，吉田謙，山崎秀哉，吉田岑雄，武中正，三宅俊輔，田中英一．“組織内刺入前にバーチャル刺入計画を行った転移性骨盤リンパ節腫瘍の一例．” 第 297 回 日本放射線学会関西地方会，大阪，2011 年 2 月