

密封小線源治療装置における線源停止位置・時間精度の検証

日本赤十字社和歌山医療センター 放射線科部

川村 佳生, 吉川 方登, 井上 賢人, 口井 信孝, 筒井 一成

索引用語：密封小線源, RALS, 線源停止位置精度, 線源停止時間精度

要 旨

密封小線源治療（以後 RALS とする）は高線量率小線源を体内に入れて放射線治療を行うため、線源が目的の位置に正確に移動し、決められた時間正確に停止することが重要である。当センターの RALS において、これらの精度を検証した。結果は停止位置精度 1 mm 以内、停止時間精度誤差 1 % 以内を示し、日本放射線腫瘍ガイドラインの基準値を満たした。

はじめに

RALS は放射性同位元素の小さな線源（線源カプセルは 4.5 mm であり、線源自体の大きさは 3.6 mm である）を用いた放射線治療で、線源を病巣に刺入、密着、内腔に挿入して照射を行う。当センターでは小線源にイリジウムを用いており、その特徴は高線量率、低エネルギーであることが挙げられる。イリジウムを用いることで、短時間に限局した治療が可能である反面、線源停止位置と時間の精度が治療効果を左右すると考えられる。

安全な放射線治療を担保する為に、当センターで使用している RALS の精度管理として、線源停止位置・時間精度の検証を行ったので報告する。

方 法

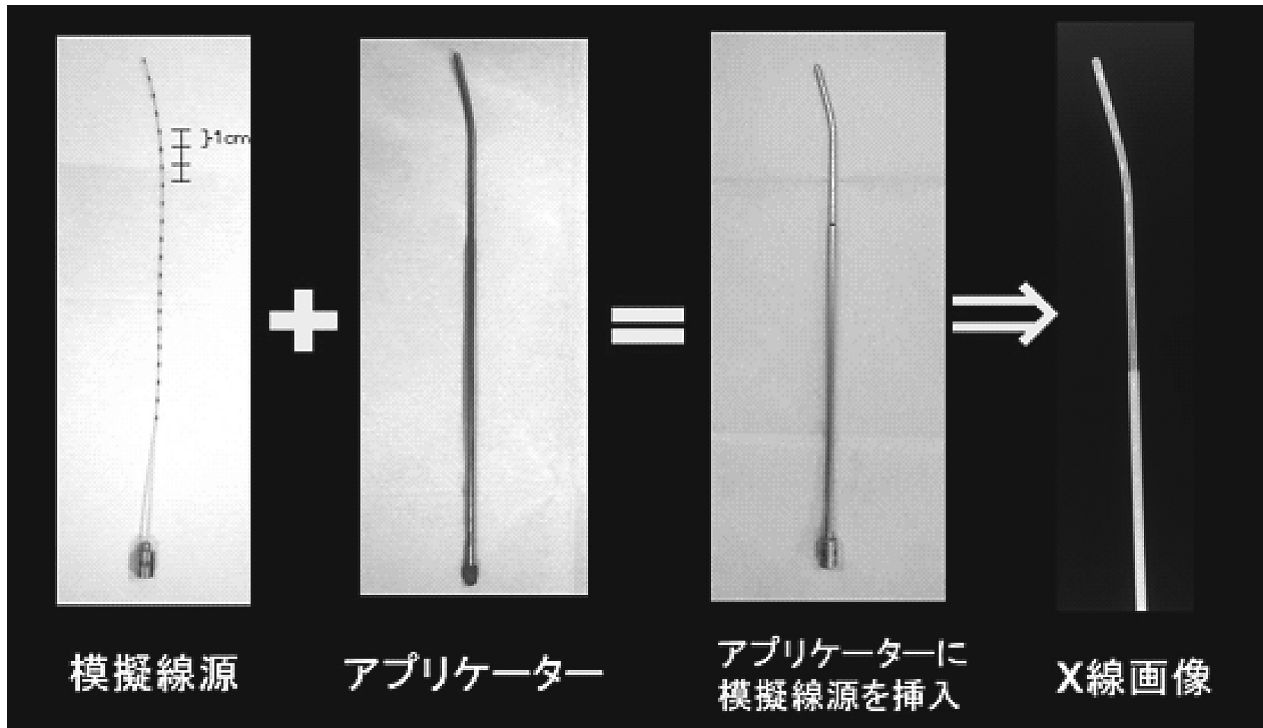
X線フィルム上に 1 cm 間隔のマーカが付いた模擬線源 (Fig.1) を挿入したアプリケーション (Fig.1) を置いて X線撮影を行う。同一フィルム上で本線源を模擬線源のある位置に移動させるよう計画し、実際に本線源を移動させフィルムを感光させる (Fig.2)。模擬線源の位置と感光した場所を比較・評価した。また、本線源の停止位置精度をビデオ撮影にて評価した (Fig.3.4.5)。

次に 3 種類のタンデム (Fig.6)、2 種類のオボイド (Fig.7) におけるアプリケーション先端から第一停止位置までの距離（デフォルト値：6 mm）を 9 名の計測者が高精細モニタ上で測定した (Fig.8)。これに先立ち、計測者の個人誤差を検証するため、高精細モニタ上で 10 mm の計測を 5 回行った。また、タンデム・オボイドにおける計測値の誤差を視覚的に表示した線量分布とそれをグラフに置き換えて各組織への線量の加わり方を表した Dose volume histogram（線量容積ヒストグラム、以下 DVH とする）により検証した。

（平成26年10月9日受付）（平成27年2月1日受理）
連絡先：(〒640-8558)

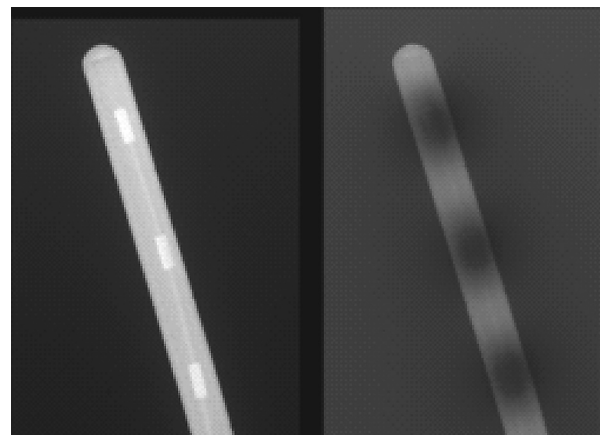
和歌山市小松原通四丁目20番地
日本赤十字社和歌山医療センター
放射線科部

川村 佳生



【Fig. 1】 アプリケーターと模擬線源

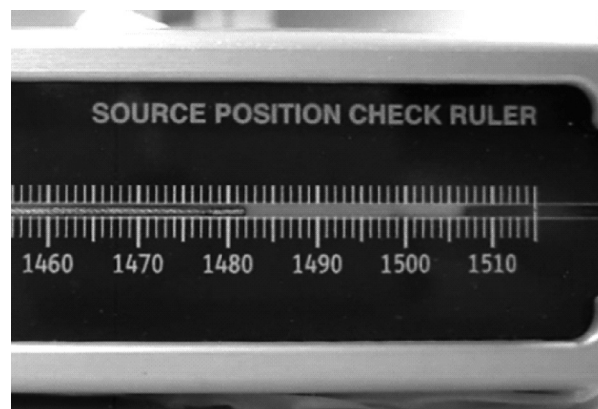
最後に、線源停止時間測定として、3箇所（1480 mm、1490 mm、1500 mm）の停止位置に30秒間線源を停止させた時のビデオ画像より、それぞれの停止時間を測定者8名によりストップウォッチで計測して評価した。



【Fig. 2】

(左) 模擬線源を入れたX線画像

(右) 模擬線源の位置に本線源を移動させる計画をたてて感光させた画像

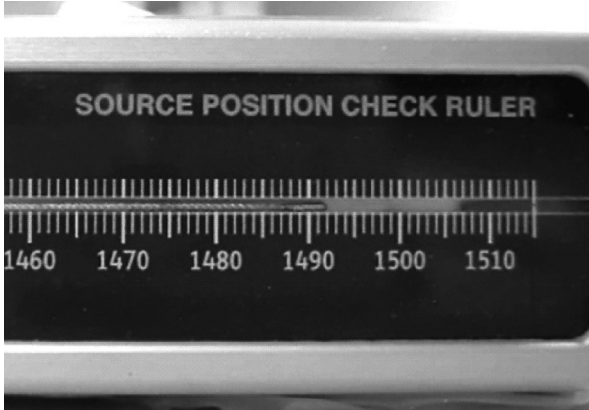


【Fig. 3】 1480 mm での停止画像

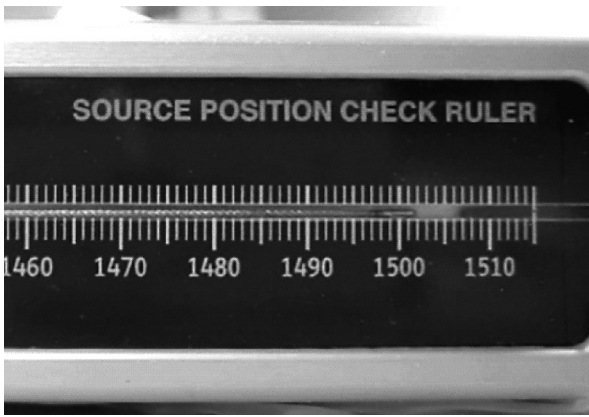
結 果

(Fig.2) よりアプリケーション内での本線源は模擬線源と同じ位置に停止していることが確認された。(Fig.3.4.5) の画像より、本線源中心が1ミリ以内の精度で停止していた。これより、線源停止位置精度は日本放射線腫瘍学会のガイドライン(以後ガイドラインとする)での誤差許容レベル±1ミリを満たしていた。

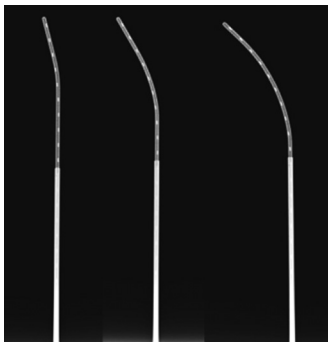
高精細モニタ上での計測個人誤差の平均値は0.13mmで、標準偏差は0.12となった(Fig.9)。



【Fig. 4】1490 mm での停止画像



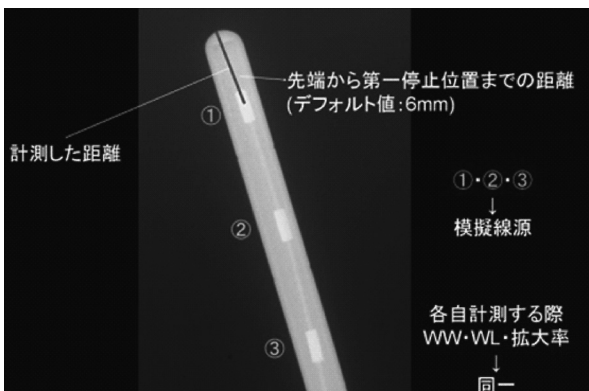
【Fig. 5】1500 mm での停止画像



【Fig. 6】3種類のタンデム
(左からタンデム角度 15°
30° 45°)



【Fig. 7】2種類のオボイド
(左から左用, 右用)



【Fig. 8】第一停止位置までの距離

計測者(9名)	高精細モニタ上での10mmの計測値の平均 試行回数:5回 単位:mm 少数2桁
A	10.03
B	10.32
C	10.11
D	9.97
E	10.04
F	10.32
G	10.17
H	10.13
I	10.09
平均	10.13
標準偏差	0.12
誤差(%)	1.3

【Fig. 9】個人誤差

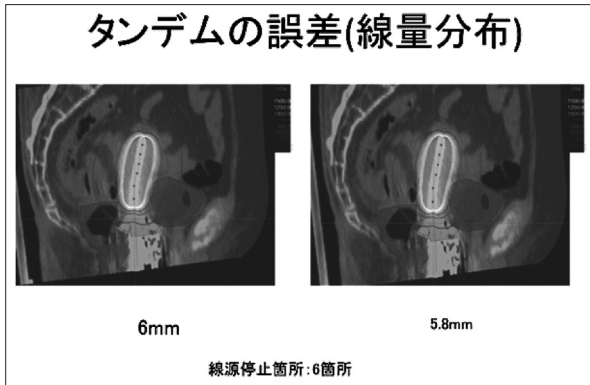
3種類の角度が異なるタンデムの計測結果を示す(Fig.10)。個人誤差を差し引いて算出した値は、タンデム 15° で 6.02 mm, タンデム 30° で 5.90 mm, タンデム 45° で 5.84 mm となり、それぞれの停止位置誤差は±0.2 mm 以内に収まっていた。

計測者(9名)	高精細モニタ上での10mmの計測値の平均 試行回数:5回 単位:mm 少数2桁
A	10.03
B	10.32
C	10.11
D	9.97
E	10.04
F	10.32
G	10.17
H	10.13
I	10.09
平均	10.13
標準偏差	0.12
誤差(%)	1.3

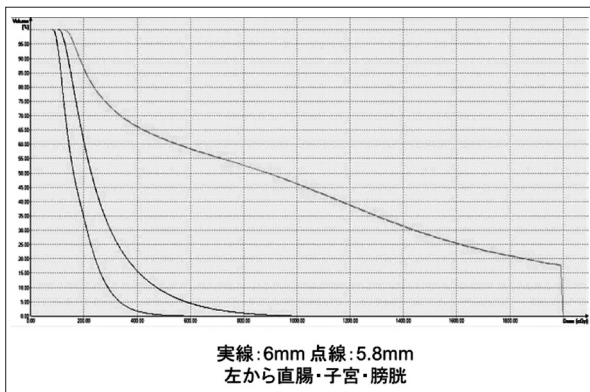
【Fig.10】タンデムの計測結果

当センターが治療時にデフォルトで入力している値（6 mm）と検証結果から出た値（5.8 mm）との線量分布（Fig.11）には肉眼での差は確認できなかった。

これらを DVH で比較（Fig.12）した結果、差はなかった。



【Fig.11】 6 mm と 5.8 mm での線量分布



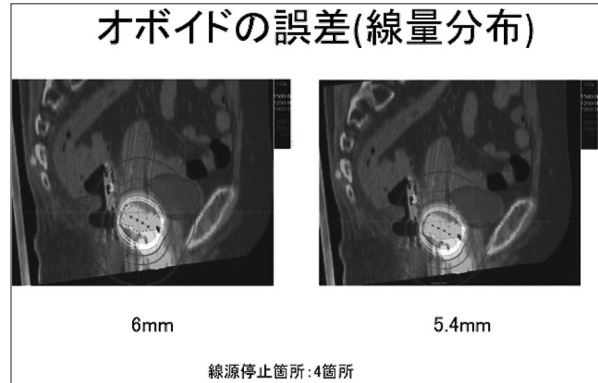
【Fig.12】 6 mm と 5.8 mm での DVH

次に 2 種類のオボイドの計測結果を示す（Fig. 13）. 左は 5.48 mm, 右は 5.64 mm となった. 誤差については左; 0.52mm, 右; 0.36mm だった.

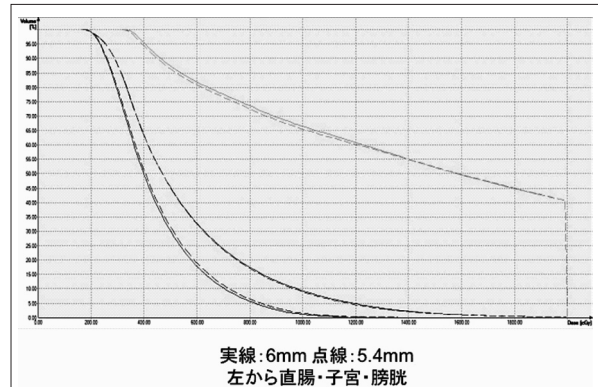
電子カルテ上での先端から模擬線源の中央までの距離 RALSのデフォルト値: 6mm 試行回数: 5回 単位: mm 少数2桁		
計測者(9名)	オボイド(左)	オボイド(右)
A	5.61	5.83
B	5.39	5.78
C	5.74	5.79
D	5.49	5.63
E	5.51	5.69
F	5.67	5.89
G	5.76	5.66
H	5.94	5.97
I	5.38	5.72
平均値	5.61	5.77
個人誤差を考慮した平均値	5.48	5.64
標準偏差	0.18	0.10
誤差(%)	8.67	6.00

【Fig.13】 オボイドの計測結

オボイドのデフォルト値（6mm）と検証結果から出た誤差の大きい値（5.4 mm）との線量分布(Fig.14)でも違いはなかった. DVH で比較（Fig.15）しても差は認められなかった.



【Fig.14】 6 mm と 5.4 mm での線量分布



【Fig.15】 6 mm と 5.4 mm での DVH

線源停止時間測定の結果を示す（Fig.16）. それぞれの停止位置の平均値と誤差は 30.05 秒（0.17%）, 30.02 秒（0.07%）, 30 秒（0%）となった. これは, 日本放射線腫瘍学会のガイドラインの基準値である誤差 1% 以内を満たしていた.

線源停止時間(30秒) 試行回数: 5回 単位: 秒 少数2桁			
測定者(8名)	1480mm	1490mm	1500mm
A	30.06	30.06	29.97
B	30.03	30	29.96
C	30.06	30.03	30.03
D	29.96	29.96	29.9
E	29.96	30	30.06
F	30.15	30.06	30
G	30.09	30	29.96
H	30.06	30.03	30.09
平均値	30.05	30.02	30
標準偏差	0.06	0.03	0.06
誤差	0.17%	0.07%	0%

【Fig.16】 線源停止時間測定結果

考 察

アプリケーションは金属製であり、本線源がアプリケーション内を移動している様子は目視できないが、今回の検証により本線源が治療計画通りの動きをしていることが確認できた。

角度の異なるタンデムの停止位置誤差は ± 0.2 mm以内に収まった。2種類のオボイドの停止位置誤差は大きい方で0.52 mmとなり、タンデムでの停止位置誤差と異なった。これは模擬線源のワイヤーがアプリケーション内を移動する際に、アプリケーションの中心を移動していない可能性や、オボイドの屈曲がタンデムよりも大きいことによるアプリケーション内でのワイヤーのねじれや歪みが生じている可能性が考えられた。

メーカーが行う定期点検の線源停止時間測定は、5分の測定で1%以内(3秒)の停止時間精度を担保しているが、今回我々は30秒の測定で0.3秒以内の停止時間精度を確認した。測定者の個人差や使用するストップウォッチの精度によっても値は変化するが、平均値の誤差は最大0.05秒となり停止時間精度は十分保証されていると考える。

結 語

今回の検証により当センターの RALS 装置の線源停止位置・停止時間はガイドラインの誤差許容レベルを十分満たすことが確認された。また、定期的な精度検証の実施は重大な事故を未然に防ぐことへつながるため、精度管理の大切さをあらためて実感した。

参考文献

- 1) 相川芳弘ほか：臨床放射線技術実践ハンドブック(下)，通商産業研究社，1996；193-195
- 2) 唐澤久美子ほか：放射線治療分野の医学物理士のための基礎知識，篠原出版新社，2009.
- 3) 山下孝編著：小線源治療，篠原出版新社，2002.
- 4) 日本放射線腫瘍学会小線源治療部会ワーキンググループ：HDR 物理 QA ガイドライン，2013.

Key words ; brachytherapy, RALS, source stop position accuracy, source stop time accuracy

Verification of the source stop position / time accuracy in brachytherapy system

Yoshiki Kawamura,R.T., Masanori Yoshikawa,R.T., Masato Inoue,R.T.,
Nobutaka Kuchii,R.T., Kazushige Tsutsui,M.D.

The department of radiology, Japanese Red Cross Society Wakayama Medical Center

Abstract

Remote After Loading System (hereinafter called RALS) is a treatment for performing radiation therapy administering high dosage rate brachytherapy into the body.

Therefore, it is important to be able to stop the source when it is moved exactly to the desired position and to be able to stop it within a set time.

At our Center, we have verified the accuracy of RALS. The results show that we could stop it at the targeted position with an accuracy of less than 1 mm and stop time accuracy within 1 % error, which meets the reference value of the Japan Radiation Oncology guidelines.