

# 博士學位論文

内容の要旨

および

審査結果の要旨

令和6年3月

近畿大学大学院

医学研究科

# 学位論文審査結果の報告書

氏 名 中村 憲治

生 年 月 日 昭和平成 57 年 2 月 7 日

本 籍 ( 国 籍 ) 大阪府

学 位 の 種 類 博 士 ( 医 学 )

学 位 記 番 号 医 第 1415 号

学位授与の条件  
(博士の学位) 学位規程第5条該当

論 文 題 目

The development and characterization of an all-purpose  
bolus for radiotherapy

(放射線治療のための万能ボラスの開発と評価)

学位論文受理日 2023年 11月 2日

学位論文審査終了日 2024年 1月 17日

審 査 委 員 (主 査) 石井一成

(副主査) 藤池恒史

(副主査) 重吉康史

指 導 教 員 松尾幸憲

# 論文内容の要旨

## 【目的】

表在性病変に対する外部放射線治療では、皮膚線量を補償するために組織等価材質のボラスを皮膚上に配置する。一般的に使用されるビニルシートゲルボラス (Gel ボーラス) では、凹凸のある体表面に密着させることが難しく、ボラスと皮膚の間に空気層 (air gap) を生じることで投与線量を損なうことが問題である。その点を改善するために様々なボラス開発されているが、それぞれ長所と短所がある。これらの長所を持ちながら、短所のないボラスを開発することが臨床的に重要である。本研究の目的は、新しいボラス (HM ボーラス) を開発することと、HM ボーラスの特性を明らかにし、臨床使用に向けての評価を行うことである。

## 【方法】

線量特性を評価するため、HM ボーラスと Gel ボーラスを水等価ファントム上に設置し、電子線 (6MeV, 9MeV) と光子線 (4MV, 6MV) の percentage depth dose (PDD) を求め、平均線量差を計算した。また、Gel ボーラス、軟質ゴムボラス (SR ボーラス)、HM ボーラスを、成形直後および成形 1、2、3 週間後に骨盤ファントムに密着させ CT を用いて撮影した。各 CT 画像を用いて、air gap にて密着性、ダイス係数 (DSC) にて再現性の評価を行った。

## 【結果】

HM ボーラスと Gel ボーラスの PDD における電子線の平均線量差は  $0.16\% \pm 0.79\%$ 、光子線の平均線量差は  $0.06\% \pm 0.34\%$  であり、同様の線量特性を示した。Gel ボーラス、SR ボーラス、HM ボーラスの平均 air gap 値は、それぞれ  $96.02 \pm 43.77 \text{cm}^3$ 、 $34.93 \pm 21.44 \text{cm}^3$ 、 $4.40 \pm 1.50 \text{cm}^3$  であった。Gel ボーラス、SR ボーラス、HM ボーラスの初期像に対する平均 DSC 値は、それぞれ  $0.363 \pm 0.035$ 、 $0.556 \pm 0.042$ 、 $0.837 \pm 0.018$  であった。HM ボーラスはどの時点においても、高い密着性と再現性を示した。

## 【考察】

本研究では従来のボラスで最も密着困難な外陰部癌を想定し、骨盤ファントムを用いて評価を行った結果、高い密着性と再現性を示した。HM ボーラスは他の凹凸の大きい頭頸部や四肢などにおいても、治療期間中高い密着性にて使用可能であり、体形変化の大きい患者にも使用できることが示唆された。

## 【結論】

組織等価性、透明性、再利用性、約 40°C で自由に成形可能などの特徴を有した新しいボラスを開発した。HM ボーラスは治療時に高い密着性があり、理想的なボラスとして臨床使用できる。

	公表年月日	出版物の種類および名称
博士論文の印刷公表	2023年5月5日 公表 (DOI : 10.1088/1361-6560/acc7e0)	博士学位論文 Physics in Medicine & Biology 第 68 巻 第 10 号 105007 頁
	全文	The development and characterization of an all-purpose bolus for radiotherapy

## 論文審査結果の要旨

### 1) 論文内容の要旨

【目的】 表在性病変に対する外部放射線治療において、皮膚線量を補償するためのポーラスを皮膚上に配置するが、一般的に使用されるビニルシートゲルポーラス (Gel ポーラス) は凹凸のある体表面に密着させることが難しく、空気層 (air gap) を生じることで投与線量を損なうことが問題である。これを改善するために様々なポーラス開発されているが、それぞれ長所と短所があるため、これらの長所を持ちながら、短所のない新しいポーラス (HMポーラス) を開発し、HMポーラスの特性を明らかにし、臨床使用に向けての評価を行った。

【方法】 線量特性の評価としてHM ポーラスと Gel ポーラスを水等価ファントム上に設置し、電子線 (6MeV, 9MeV) と光子線 (4MV, 6MV) の percentage depth dose (PDD) を求め、平均線量差を計算した。また、Gel ポーラス、軟質ゴムポーラス (SR ポーラス)、HM ポーラスを、成形直後および成形 1、2、3 週間後に骨盤ファントムに密着させCT撮影し、各 CT画像を用いて、air gapにて密着性、ダイス係数 (DSC) にて再現性の評価を行った。

【結果】 HM ポーラスと Gel ポーラスの PDD における電子線の平均線量差は 0.16%、光子線の平均線量差は0.06%であり、同様の線量特性を示した。Gel ポーラス、SR ポーラス、HMポーラスの平均air gap値は、それぞれ96.02cm<sup>3</sup>、34.93cm<sup>3</sup>、4.40cm<sup>3</sup> であった。Gel ポーラス、SR ポーラス、HM ポーラスの初期像に対する平均DSC値は、それぞれ0.363、0.556、0.837であった。HM ポーラスはどの時点においても、高い密着性と再現性を示した。

【考察】 本研究では従来のポーラスで最も密着困難な外陰部癌を想定し、骨盤ファントムを用いて評価を行った結果、高い密着性と再現性を示した。HM ポーラスは他の凹凸の大きい頭頸部や四肢などでも、治療期間中高い密着性にて使用可能であり、体形変化の大きい患者にも使用できることが示唆された。

【結論】 組織等価性、透明性、再利用性、自由に成形可能などの特徴を有した新しいポーラスを開発した。このHMポーラスは治療時に高い密着性があり、理想的なポーラスとして臨床使用できる。本論文は表在性病変の放射線照射時に使用するポーラスをこれまでの素材の長所を活かしながら短所を克服した画期的素材を開発しその有用性を評価したもので今後の臨床応用に大きな期待がもたれる内容である。

### 2) 審査結果の要旨

中村憲治氏の博士学位論文に対する最終試験は2023年12月26日18時30分より医学部専門棟第9講義室にて実施された。

最終試験では、中村憲治氏が本研究を行うに至った背景、対象と方法、結果と考察を口頭で発表し、皮膚線量を補償するためのポーラスをこれまでの短所を克服した新しいポーラスを開発し評価したを発表した。それに対して主査である石井、副主査である重吉、菰池両教授がいくつかの疑問点を質した。

重吉教授からはDSCの計算式はどのようなものか、毎回の照射時に同じポーラスを使用するのか、毎回成形しなおすのか、皮膚に配置するだけで密着する理想的なポーラスの開発の可能性について質した。

菰池教授からは、腫瘍が治療期間中に縮小した場合の対応、素材の検討は誰が行ったのか、本ポーラス開発時における中村氏の役割、本ポーラスの費用について質した。

石井からは、本ポーラスの耐久性、本ポーラスにおける透明性と組織等価性のトレードオフの関係について質した後、今後の展開として臨床試験に実施について見解を求めた。

これらの質問に対して申請者は具体的な例をあげながら極めて的確に応答した。また、論文内容からも放射線治療における放射線科技師としての能力についても卓越したものを持つことが確認された。

したがって、主査・副主査は合議の上、提出された学位論文が確かに中村憲治氏の研究成果であること、学位授与にふさわしい放射線治療技術と研究指導能力をもつことを確認し、評価点数が合格基準を満たしていることをもって最終試験を合格と判定した。

### 3) 最終試験の結果：

審査基準に基づく評価点

A項目 48/50点 48/50点 46/50点

B項目 5/5点 3/5点 3/5点

合

## 論文審査結果の要旨

4) 学位授与の可否：可