

令和 4 年 6 月 15 日現在

機関番号：13101

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2017～2021

課題番号：17K11664

研究課題名（和文）重粒子線3次元線量分布への歯科用合金の影響解明と分布に影響しないマウスピース開発

研究課題名（英文）Development of a mouthpiece that does not affect the effect of dental alloys on the 3D dose distribution of heavy particle beams and its distribution

研究代表者

勝良 剛詞（Katsura, Kouji）

新潟大学・医歯学総合病院・講師

研究者番号：30283021

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,500,000円

研究成果の概要（和文）：今まで解明されていない重粒子線治療における口腔内の金属とマウスピースとの関係を明らかにした。この研究により、重粒子線治療がより安全に行われるだけでなく、医療経済的に優れた口腔内金属に対する対応が示された。結果として、重粒子線治療では歯科用金属の除去は必須であり、マウスピース素材として、エチレン酢酸ビニル共重合樹脂が最適であることが示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

重粒子線治療では粒子線の優れた物理学的特性を担保するために、治療前に口腔内のすべての歯科用合金は除去される。この理由は、金属アーチファクトにより阻止能比をCT値から算出できず、CTシミュレーション上で歯科用合金の線量分布への影響が予測できないからである。実測値から歯科用合金の種類による阻止能比が明らかにできれば、治療前に口腔内のすべての歯科用合金を除去する必要がなくなり、医療費の抑制、重粒子治療の効率化、新たな重粒子線治療の創出が可能になり意義あることである。

研究成果の概要（英文）：We have clarified the relationship of the dose distribution in heavy ion radiotherapy between the dental metals and the mouthpiece. As the results, the their impact of dose distribution in heavy ion radiotherapy was clarified. In addition, this study shows that mouthpiece measures against dental metal is more beneficial to the removing dental metal before radiotherapy.

研究分野：歯科放射線

キーワード：歯科用金属 頭頸部放射線治療

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

重粒子線治療は線量分布に優れていることから重要臓器の多い口腔・頭頸部領域の治療に適しており、治療精度向上のための患者固定用マウスピース型スペーサーは必須であり、加えて正常組織を圧排するような形態を付与し有害事象を極力少なくする工夫がされている。研究代表者らは、エックス線放射線治療においてマウスピース型スペーサーの素材は実効原子番号と物理密度が高いほど線量強度変化への影響が大きいことを明らかにしている。重量のある重粒子線はエックス線よりも素材の線量強度に与える影響は大きいと推測され素材の選択は重要であるが、マウスピース型スペーサーの線量分布への影響や阻止能比を CT 値から算出した研究はあるが、現在市販されているスペーサー素材を実際に用いた実測値から線量分布への影響や阻止能比を算出した研究はない。したがって、予測式や CT 値から算出された阻止能比が正しいのか検証されずに重粒子線治療が行われている。本研究により、実測値でのスペーサー素材の阻止能比やスペーサーの材質による重粒子線の線量分布変化の違いを示すことができれば、重粒子線治療の精度はさら向上し意義のあることである。

重粒子線治療では粒子線の優れた物理学的特性を担保するために、治療前に口腔内のすべての歯科用合金は除去される。この理由は、金属アーチファクトにより阻止能比を CT 値から算出できず、CT シミュレーション上で歯科用合金の線量分布への影響が予測できないからである。実測値から歯科用合金の種類による阻止能比が明らかにできれば、治療前に口腔内のすべての歯科用合金を除去する必要がなくなり、医療費の抑制、重粒子治療の効率化、新たな重粒子線治療の創出が可能になり意義あることである。

2. 研究の目的

上記の問題について科学的根拠に基づいた議論を進めるため、合金とスペーサーによる重粒子線の阻止能比を実測値から解明し、それらの物理学的特徴や最適なスペーサーの素材について検討することを目的とした。加えて、放射線治療における歯科用合金対策の医療費を推計、比較し、対費用効果に優れた歯科用合金対策について議論した。

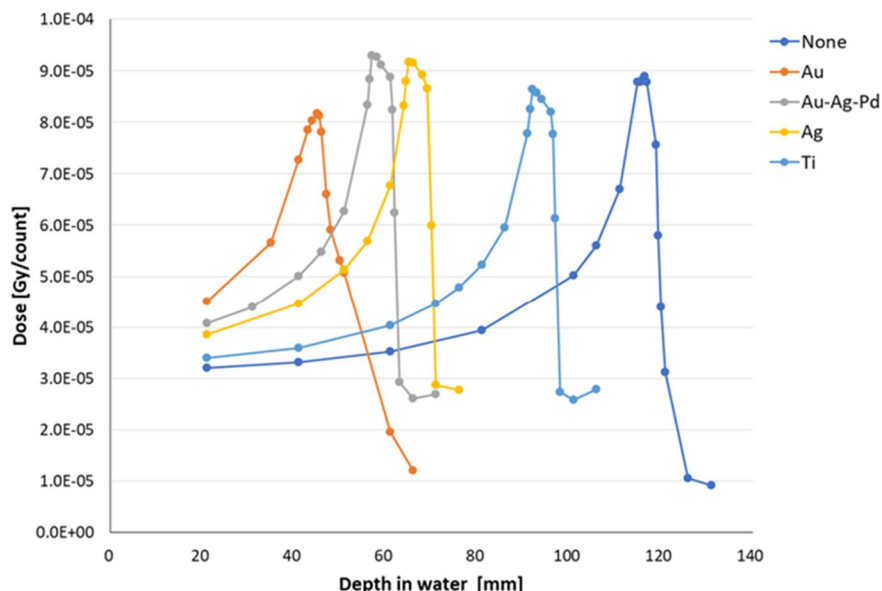
3. 研究の方法

4 種類の歯科用合金（金合金、銀合金、金銀パラジウム合金、チタン合金）と 3 種類のスペーサー素材（ポリオレフィン、エチレン酢酸ビニル共重合樹脂、ポリエチレンテレフタレート）を用い、頭頸部がん治療で用いられる実臨床に近い形を想定し、HIMAC でエネルギーは 290 MeV/u、線量強度は最大 1.8×10^9 、コリメーター全開、RSF なし、Mono ビーム、バツシブ法、SOBP 5 を用い、対象物から 0-200 mm までの線量を 1mm 間隔で平行平板電離箱（Classic Markus）を用いて測定し、それぞれの阻止能比と水を基準とした飛程差（以下、飛程差）を算出した。

歯科用合金対策の医療費は、JASTRO 放射線治療症例全国登録事業 2018 年度調査、厚生労働省 2018 年度歯科疾患実態調査、2020 年歯科および医科診療報酬点数表を参考に推定した。

4. 研究成果

(1) 歯科用合金による線量強度変化



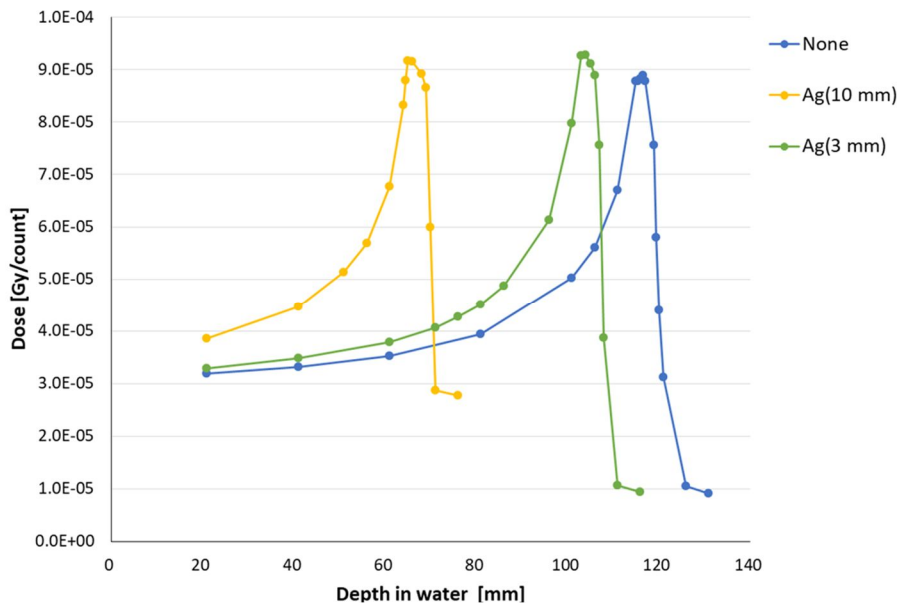
歯科用合金の実行現番号が高くなるほど重粒子線の飛程が短くなることが示された。

(2) 歯科用合金の阻止能比

	Au	Au-Ag-Pd	Ag	Ti
飛程[mm] (ピークの80%位置)	47.1	61.7	69.5	96.8
飛程差[mm]	82.0	67.4	59.6	32.4
ビーム通過長[mm]	10.0	10.0	10.0	10.0
阻止能比(実測値)	8.20	6.74	5.96	3.24
阻止能比(計算値)	9.31	7.16	6.08	3.28
実測値/計算値	0.881	0.941	0.980	0.986

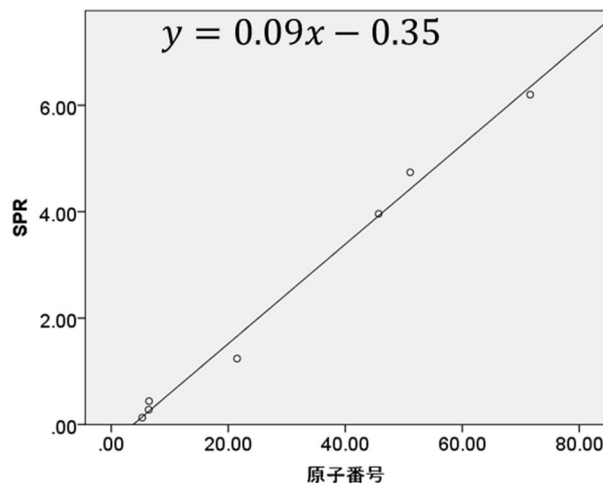
歯科用合金の阻止能比は、実効原子番号が高くなるほど、計算値と実測値ともに高くなった。また、阻止能比が大きいほど、計算値と実測値の差が大きくなり、最も実効原子番号が高い金合金では10%を超える相違があった。これは $\rho = 0.5$ の固定値を採用している影響と考えられた。この相違の改善には、モンテカルロにより詳細なシミュレーションを実施する必要があると考えられた。

(3) 歯科用合金の厚さの違いによる線量分布変化



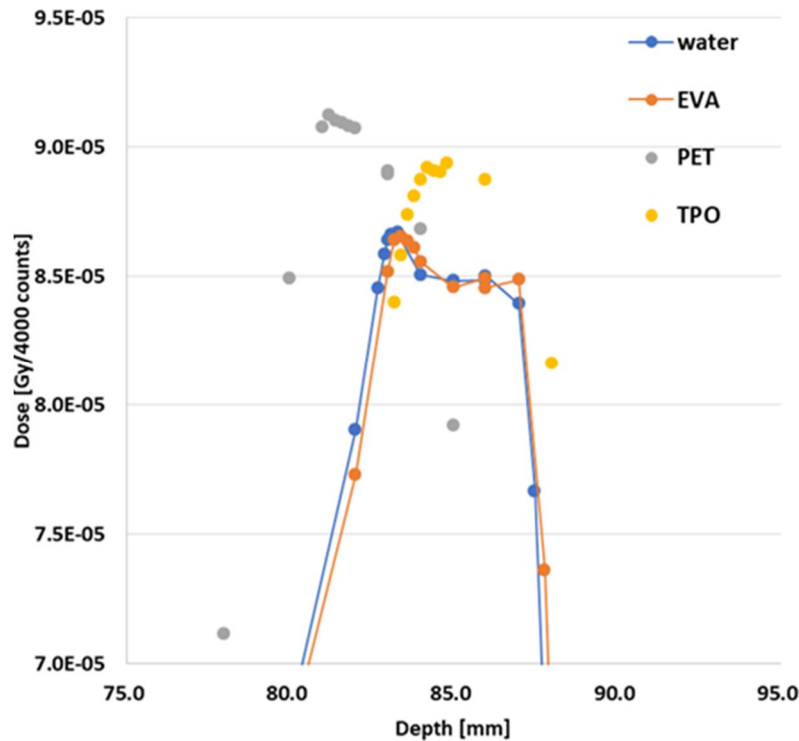
合金の厚みが増えるほど重粒子線の飛程は短くなることが示された。

(4) 重粒子線の飛程差と実効原子番号との関係



実効原子番号と飛程差は強い正の相関を示し、飛程差は $0.09 \times \text{実効原子番号} - 0.35$ で推定できることが示された。10 mm の歯科用合金による飛程差は最短 32.4 mm (チタン合金) 最長 82.0 mm (金合金) であり、理想的な金属歯冠修復物の厚み 0.5~1 mm であることから、実際の飛程の短縮は 10~5 mm と考えられ、重粒子線治療前の歯科用合金の除去は必須と考えられた。

(5) 歯科用スパーサーによる線量分布変化



スパーサーの実効原子番号が高くなるほど重粒子線の飛程は短縮した。また、密度が水と同じエチレン酢酸ビニル共重合樹脂 (EVA) は、baseline の水とプロファイルが一致し、重粒子線治療のスパーサー素材としてエチレン酢酸ビニル共重合樹脂が最も適していることが示された。

(6) 放射線治療における歯科用合金対策の対費用効果

金属冠除去なし		金属冠除去	
スパーサー		金属冠除去	
印象採得: 222x2	444	クラウン: 42x4.1	147
スパーサー: 1,500x2	3,000	ブリッジ: 126x1.3	93
装着料: 150	150		
MRI		金属冠再製作	
MRI (1.5T以上3T未満)	1,330	クラウン:	
コンピューター診断加算	450	(166+64+18+1,187+45+10)x4.1	4,613
電子画像管理加算	120	ブリッジ:	
		(332+282+76+100+2,166+1,278+150+20)x1.3	4,385
計	5,494点	計	12,172点
公的医療費	54,940円	公的医療費	121,720円

放射線治療における歯科用合金対策としての放射線治療計画前の金属冠除去と金属冠除去なしの公的医療費の費用最小化分析を行ったところ、年間 368,625,600 円の差があることが推計され、医療経済の観点から、金属冠除去なしが優位であることが示された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Katsura Kouji, Soga Yoshihiko, Zenda Sadatomo, Nishi Hiromi, Soga Marie, Usubuchi Masatoshi, Mitsunaga Sachiyo, Tomizuka Ken, Konishi Tetsuhito, Yatsuoka Wakako, Ueno Takao, Aragaki Tadanobu, Hayashi Takafumi	4. 巻 62
2. 論文標題 A cost-minimization analysis of measures against metallic dental restorations for head and neck radiotherapy	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Radiation Research	6. 最初と最後の頁 374 ~ 378
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/jrr/rrab003	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Katsura Kouji, Utsunomiya Satoru, Kushima Naotaka, Abe Eisuke, Aoyama Hidefumi, Hayashi Takafumi	4. 巻 28
2. 論文標題 SY13-3Special prosthetic device for head and neck radiotherapy based on scientific evidence	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Annals of Oncology	6. 最初と最後の頁 No.suppl_9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/annonc/mdx583	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件/うち国際学会 1件）

1. 発表者名 勝良剛詞
2. 発表標題 頭頸部放射線治療における金属歯冠修復物対策の経済評価
3. 学会等名 日本がん口腔支持療法学会第6回学術大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Kouji Katsura
2. 発表標題 Cost estimation study of measures against metallic dental restorations for head and neck radiotherapy in Japan
3. 学会等名 2021 MASCC/ISOO Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計4件

1. 著者名 日本がんサポーターケア学会、日本がん口腔支持療法学会	4. 発行年 2020年
2. 出版社 金原出版	5. 総ページ数 192
3. 書名 がん治療に伴う粘膜障害マネジメントの手引き 2020年版	

1. 著者名 勝良剛詞、東 光久	4. 発行年 2018年
2. 出版社 技術情報協会	5. 総ページ数 508
3. 書名 がん治療で起こる副作用・合併症の治療法と薬剤開発	

1. 著者名 勝良剛詞、水野秀之、宇都宮悟	4. 発行年 2020年
2. 出版社 QST	5. 総ページ数 310
3. 書名 2020年度放射線医学総合研究所重粒子線がん治療装置等共同利用研究報告書	

1. 著者名 林 孝文, 小林太一, 高村真貴, 曾我麻里恵, 新國 農, 勝良剛詞	4. 発行年 2019年
2. 出版社 MEDICAL VIEW	5. 総ページ数 132
3. 書名 特集アドバンストコース [Vol.34, 11月号] 顎口腔・歯科領域の画像診断と放射線治療	

〔産業財産権〕

〔その他〕

新潟大学 研究者総覧 http://researchers.adm.niigata-u.ac.jp/html/484_ja.html?k=%E5%8B%9D%E8%89%AF%E5%89%9B%E8%A9%9E

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	水野 秀之 (Mizuno Hideyuki) (70421823)	国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構・QST病院・主幹 研究員(定常) (82502)	
研究分担者	伊川 裕明 (Igawa Hideaki) (00793928)	国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構・QST病院 治療 診断部・歯科医師(任常) (82502)	
研究分担者	宇都宮 悟 (Utsunomiya Satoru) (50570868)	新潟大学・医歯学系・助教 (13101)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------