

学位論文の内容の要旨

専攻	分子情報制御医学	部門	分子腫瘍学
学籍番号	12D731	氏名	馬越通崇
論文題目	In vivo Electron Paramagnetic Resonance Tooth Dosimetry: Dependence of Radiation-induced Signal Amplitude on the Enamel Thickness and Surface Area of <i>ex vivo</i> Human Teeth		

(論文要旨)

放射線被ばく等の事故が起きた際、線量の把握は治療に重要な情報となる。線量計を付けていない場合、歯から測定するEPR(Electron Paramagnetic Resonance 電子常磁性体共鳴)線量推計は有用である。この技術は、解離性放射線によって生成されたラジカルが骨、歯の組織中で極めて安定であることを利用している。従来のEPR計測で使われていたマイクロ波より低いマイクロ波(1.2GHz、L-band)を使用することで、生体内から直接吸収線量の推定が可能になった。本研究は、このL-band EPR線量推計の検出精度をより向上させるため、測定対象の上顎中切歯に関して、ラジカルが生成されるエナメル質の厚みと面積、放射線生成信号Radiation Induced Signal(RIS)との関係、さらに検出ループの歯面への適切な設置部位について評価・検討を行った。

(材料、方法)

実験には、10本の抜去歯(上顎中切歯)を用いた。サンプルの歯にX線照射をする前に、1.2GHz L-band EPR spectrometerを用いて、既存信号(0Gy)の測定を行った。サンプルの歯それぞれにエックス線の追加照射(1Gy、5Gy、10Gy、20Gy)を行い、エックス線を照射するごとに、抜去歯面の3つの異なる位置(歯頸部、中央部、切縁部)でRISを測定した。

RISを記録した後、マイクロCTを用いて、各測定位置における唇側エナメル質の厚さと面積を測定した。

共振器のループ周囲の電磁場は高周波3次元電磁場解析ソフトウェアを用いて計算した。

エナメル質内の磁場エネルギーをシミュレーションするため、共振器のループと25枚のエナメル質の板(厚さ0.2mm)からなる3次元モデルを使用した。

(結果)

唇側のエナメル質の厚みはI点: 0.84 ± 0.05 mm、F点: 0.73 ± 0.05 mm、C_{2.0}点: 0.45 ± 0.05 mm、C_{1.5}点: 0.37 ± 0.04 mmであった。

一元配置分散分析では、エナメル質の面積は共振器の設置部位に依存した($p < 0.001$)。

多重比較分析では、切縁部と歯頸部のエナメル質の面積、中央部と歯頸部のエナメル質の面積に有意差があった($p < 0.001$)。

放射線量応答曲線は照射された放射線量に比例する。放射線量応答は $RelRIS = \alpha D + \beta$ の式で表わされる。切縁部の測定値は、 $\alpha = 0.063 \pm 0.010 Gy^{-1}$ 、中央部は $\alpha = 0.056 \pm 0.079 Gy^{-1}$ 、歯頸部は $\alpha = 0.049 \pm 0.079 Gy^{-1}$ であった。

一元配置分散分析では、 α は共振器のループの位置に有意に依存した($p = 0.005$)。

多重比較分析では、 α は歯の切縁部と歯頸部での測定値間に有意差があった。($p = 0.003$)。

線形回帰分析では、 α はエナメル質の面積に依存した($p < 0.001$)。

図1は、エナメル質内の磁場エネルギーとエナメル質の深さとの関係を示す。

図2は、エナメル質の厚みとRISとの関係を示す。

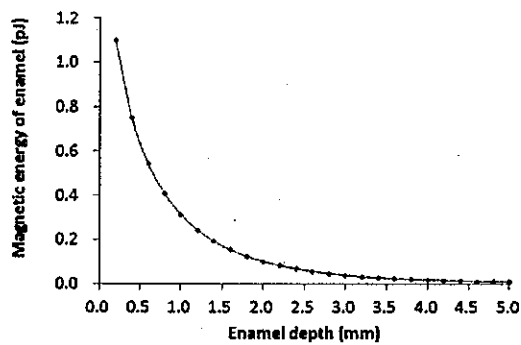


図1

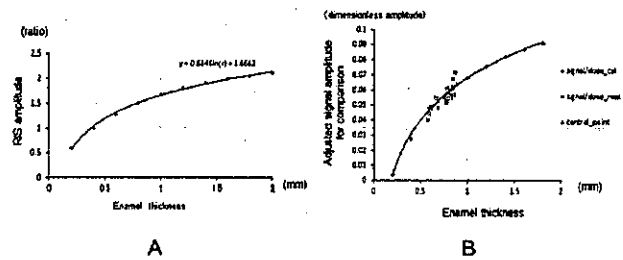


図2

(論議)

ヒトの歯の唇側のエナメル質は切縁部ほど厚いことが知られている。共振器の検出ループがサンプルの歯から離れるほど、感度が低くなることが分かっているが、エナメル質の厚みの差による信号強度への影響は考慮されていなかった。今回の研究で、 α (dosimetry sensitivity) は、測定部位のエナメル質の面積によって明確に変化した。さらにエナメル質内の磁場エネルギーはエナメル質の厚さに関係した。我々が行ったエナメル質の磁場エネルギーのシミュレーションでは、エナメル質の板 (厚さ0.2mm) が増加するにつれて、次のエナメル質の板の磁場エネルギーは減少するが、厚さが増加するにつれて、エナメル質全体の磁場エネルギー、RISは増加した (図1、2)。切縁部のエナメル質の厚みはI点: 0.84 ± 0.05 mmで、歯頸部の厚みはC_{2.0}点: 0.45 ± 0.05 mm、C_{1.5}点: 0.37 ± 0.04 mmであり、図2Aより切縁部と歯頸部のエナメル質の厚みではRISは約1.5倍違うと予想される。エナメル質の厚みによって変化するRIS量が明らかとなった。従って、個体間で上顎中切歯のエナメル質の厚みに違いがあれば、RISに有意な測定値の差がでると思われる。今回の研究結果は、日本人の上顎中切歯に最適な共振器の検出ループの設計また計測の精度向上のために有用であると考えられた。

(結論)

上顎中切歯の唇側部のエナメル質の厚み、面積は、共振器の設置部位により異なった。 α (dosimetry sensitivity)は、エナメル質の厚み、共振器の設置部位に依存した。共振器の検出ループが接するエナメル質の厚みによって、変化するRIS量が明らかとなった。

(今後の課題)

生体内のEPR線量推計において、歯の周囲組織 (歯肉、頬粘膜等) の影響を考慮する必要がある。さらに、年齢、人種、エナメル質の成熟度、乳歯等の違いによりRISに変化がでるか検討する。

掲載誌名	Health Physics		第 卷, 第 号
(公表予定) 掲載年月	2017年5月掲載受理	出版社 (等) 名	Wolters kluwer
Peer Review	(有) . 無		

(備考) 論文要旨は、日本語で1, 500字以内にまとめてください。