

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 6 月 12 日現在

機関番号：43109
 研究種目：基盤研究（B）
 研究期間：2008～2011
 課題番号：20390495
 研究課題名（和文） 低エネルギー電子線は超高齢社会での補綴物の安全性を向上し滅菌コストを削減する
 研究課題名（英文） The low energy electron beam improves the safety of the prosthesis in an ultra-aged society and reduces sterilization costs
 研究代表者
 野村 章子（NOMURA AKIKO）
 明倫短期大学・歯科技工士学科・教授
 研究者番号：80134948

研究成果の概要（和文）：高齢者や有病患者に安全な義歯を提供することは重要な課題である。私たちは工業、医療分野で利用されている電子線に着目し、低エネルギー電子線照射を歯科医療分野に応用するために、小型専用装置を開発した。さらに、その装置による電子線の進入深さ、義歯表面の吸収線量分布、および樹脂の表面改質と殺菌の可能性を検討した。

研究成果の概要（英文）：The present study has realized the effective use of electron beams in order to reduce residual monomers, for the purpose of providing safe dentures to senior citizens. The low-energy electron beam irradiation system was newly designed for dentures. This has enabled the denture surface with complicated profiles to be irradiated. The quantity of eluted MMA monomer decreased under irradiation. It was shown that E. coli cells on PMMA resin plate died when subjected to electron beam irradiation.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	7,500,000	2,250,000	9,750,000
2009年度	2,200,000	660,000	2,860,000
2010年度	2,600,000	780,000	3,380,000
2011年度	2,600,000	780,000	3,380,000
年度			
総計	14,900,000	4,470,000	19,370,000

研究分野：医歯薬学

科研費の分科・細目：歯学、補綴系歯学・歯科補綴学一般

キーワード：低エネルギー電子線・電子線照射条件・メチルメタクリレート樹脂

レジニアレルギー・残留モノマー・殺菌・歯科技工・歯科補綴治療

1. 研究開始当初の背景

電子線は医療、工業界で60年以上利用されているが高エネルギー（5,000KeV～10,000KeV）であるため従事者の被爆管理、取扱い

操作の難しさがあった。ところが、最近開発された小型電子線照射装置から発生する低エネルギー電子線（Low Electron Beam 以降 LEB）は、1/400 の低出力化により被爆管

理が容易となり、樹脂の重合改質が可能で、細胞の直接障害や細胞内水分子の活性化による殺菌効果もある。

LEB は粒子線であり、その特徴は表に示すように熱を伴わない常温反応であり、エネルギー利用効率が高く、ターゲット物質へのエネルギー付与率が高いので、UV や熱反応に比べて高速処理が可能である。

項目	LEB	UV	熱
エネルギー(eV)	50k以上	3~7	0.01~0.1
エネルギー利用効率(%)	40~90%	10%	1%以下
温度上昇	微少	中	大
雰囲気温度(°C)	室温	40~80	80~250
溶剤	不要	不要	必要
反応開始時間	不要	必須	必要
装置の規模	小	小	大

滅菌処理について比較すると、エチレンオキサイドガス、高温高压蒸気や紫外線は高速処理や安全性の面で満足とはいえず、近年は高エネルギー電子線照射が主流となり、薬事法で許認可されている。しかし、特殊で多種多様な器材を使用する歯科治療では、器具や材料の劣化を抑えるために低エネルギー電子線照射の方が有効であると考えられる。さらに、LEB は加速電圧が50 ~ 300kVであり、原子力基本法に基づく定義では放射線に当たらず、装置自体の遮蔽構造により、電子線が漏れないように医療現場での安全性と利便性が保たれている。

歯科医療の安全性、効率化、経費削減は臨床研究者に課せられた急務の課題と考える。低エネルギー電子線を活用してこれらの課題に積極的に取り組み、医療関係者および国民の利益に貢献すると考えた。

2. 研究の目的

- (1) 高齢者に安全な歯科補綴装置を提供するため、メチルメタクリレート樹脂の表面を改質し、口腔内へ溶出する残留モノマーを低減する低エネルギー電子線の有効利用を具現化する。
- (2) 歯科診療用樹脂製器具の殺菌処理を確

実、安全、容易、安価に行うための照射条件を確立し、歯科専用の小型照射装置を開発する。

3. 研究の方法

低エネルギー電子線照射装置（浜松ホトニクス株式会社）は、電子線照射源、電子線照射チャンバー、制御用 PC、その他の周辺装置から構成されているが、義歯や歯冠修復装置などの形状に適する仕様ではない。そのため、高額な電子線照射源（EB-ENGINE®、浜松ホトニクス株式会社）を購入し、歯科専用の照射システムの開発に向けて、電子線照射チャンバー、制御用 PC およびその他の周辺装置の設計を開始した。特に、平板試料を用いて照射後の MMA モノマー溶出試験・評価を行いながら、電子線照射ステージの均一照射機構にも焦点を絞って、照射システムの仕様や、照射条件すなわち加速電圧と管電流の値を調査した。

さらに、低エネルギー電子線照射の有効性を拡大するために、照射前後でメチルメタクリレート樹脂表面の化学構造状態、表面粗さ、ぬれ性の変化、殺菌効果についても確認した。

4. 研究成果

平成 20 年度から 21 年度にかけて、歯科専用の照射装置の開発に向けて、電子線照射チャンバー、制御用 PC およびその他の周辺装置の設計の中で、義歯専用ステージの傾斜・回転・移動機構を設計した。さらに、平板試料照射・MMA モノマー溶出試験・評価を行いながら装置の仕様について詳細な条件を決定したので、本学の歯科理工学実験室内に歯科専用の低エネルギー電子線照射装置を平成 21 年 8 月に設置した。



均一照射回転機構を内蔵した歯科用
低エネルギー電子線照射システム

開発した装置の設置までの期間は、各種床用レジン材料を用いた規格、均一性の高いデザインを重視した試料を作製し、低エネルギー電子線照射は従来通り外部委託しながら、残留モノマー溶出試験、原子間力顕微鏡によるレジン表面観察、測色試験を実施することにより、電子線照射条件の有効性を評価した。

平成 22 年度は今までの研究実績に基づき、新潟大学医学総合研究科包括歯科補綴学分野、同生体材料学分野および浜松ホトニクス株式会社電子管技術部電子管開発グループと連携を強化しつつ、メチルメタクリレート樹脂試料表面の X 線光電子分光法およびコンピュータシミュレーションによる電子線エネルギー侵入深度分析、上下顎義歯の表面における電子線吸収線量測定を実施した。その結果、低エネルギー電子線の照射条件すなわち加速電圧と管電流の値の有効性と、義歯専用ステージの傾斜・回転・移動機構を総合的に評価することができた。

最終年度は、低エネルギー電子線照射の有効性を拡大するために、照射前後でメチルメタクリレート樹脂表面の化学構造状態、表面粗さ、ぬれ性の変化を検討し、主鎖の切断、表面粗さの増加、ぬれ性の向上が示された。さらに、新潟大学工学部と連携することにより、メチルメタクリレート樹脂表面の殺菌効果について、大腸菌を指標菌として照射条

件を調べた。その結果、比較的少ない線量で照射時間も 1 分程度で十分な殺菌効果を得ることが確認できたことから、低エネルギー電子線照射装置の仕様を総合的に評価することができた。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表] (計 10 件)

- ① Ito K, Okawa S, Kanatani M, Yamaga Y, Kaneko H, Nomura A, Nomura S, Watanabe K: Effect of LEB irradiation on chemical properties of PMMA. International Symposium on Oral Health Education and Research, Balikpapan, Indonesia, 12-10-11, 2011
- ② Ito K, Okawa S, Kanatani M, Yamaga Y, Kaneko H, Nomura A, Nomura S, Watanabe K: Effect of LEB irradiation on surface chemical properties of PMMA. The 7th Biennial Meeting of Asian Academy of Prosthodontics, Shanghai, China, 10-28-30, 2011
- ③ Nomura A, Nomura S, Ito K, Kanatani M, Sano Y, Haraguchi D : Surface Modification Of PMMA Through LEB Irradiation - Electron Penetration Depth Distribution And Surface Absorbed Dose Distribution -, 14th Meeting of the International College of Prosthodontists, Hawaii, USA, 9-8-12, 2011
- ④ Ito K, Kanatani M, Nomura A, Nomura S, Sano Y: Surface Modification of PMMA through LEB Irradiation - Its Effect on Adhesive Strength -, 14th Meeting of the International College of Prosthodontists, Hawaii, USA, 9-8-12, 2011

- ⑤ Ito K, Okawa S, Kanatani M, Yamaga Y, Kaneko H, Nomura A, Nomura S, Watanabe K: Surface Modification of PMMA by LEB irradiation, International Dental Materials Congress 2011 & 第57回日本歯科理工学会学術講演会, Soul, Korea, 5-29, 2011
- ⑥ 伊藤圭一, 馬場勝也, 金谷 貢, 野村章子, 佐野裕子: 低エネルギー電子線照射を行ったメタクリレート系樹脂の接着強さについて, 日本歯科技工学会第32回学術大会, 名古屋, 11-6-7, 2010
- ⑦ Nomura A, Nomura S, Ito K, Sano Y, and Kanatani M: Properties of methyl methacrylate resin following low-energy electron beam irradiation, 88th General Session and Exhibition of the IADR, Barcelona, Spain, 7-14, 2010
- ⑧ 伊藤圭一, 野村章子, 石川俊一, 金谷貢, 佐野裕子: 低エネルギー電子線照射を行ったメチルメタクリレート系樹脂の物性について, 日本歯科技工学会第31回学術大会, 福岡, 11-22-23, 2009
- ⑨ Nomura A, Nomura S, Ito K, Sano Y, Kanatani M: Surface Modification of Methacrylate Prosthetic Material through LEB Irradiation, 87th General Session & Exhibition of the IADR, Miami, USA, 4-1-4, 2009
- ⑩ 伊藤圭一, 野村章子, 石川俊一, 佐野裕子, 花田晃治, 金谷 貢, 野村修一: 高齢者や有病者に安全な義歯を提供するための低エネルギー電子線の利用, 第21回日本歯科医学会総会, パシフィコ横浜, 1-21-23, 2008

6. 研究組織

(1) 研究代表者

野村 章子 (NOMURA AKIKO)
明倫短期大学・歯科技工士学科・教授
研究者番号: 80134948

(2) 研究分担者

佐野 裕子 (SANO YUKO)
明倫短期大学・歯科技工士学科・教授
研究者番号: 30300099
野村 修一 (NOMURA SHUICHI)
新潟大学・医歯学系・教授
研究者番号: 40018859
伊藤圭一 (ITOH KEIICHI)
明倫短期大学・歯科技工士学科・助教
研究者番号: 60389955
金谷 貢 (KANATANI MITSUGU)
新潟大学・医歯学系・助教
研究者番号: 40177499