

## 学位研究紹介

## 低エネルギー電子線照射が常温重合型アクリルレジンの曲げ特性に与える効果 Effects of low-energy electron beam irradiation on flexural properties of self-curing acrylic resin

新潟大学大学院医歯学総合研究科 包括歯科補綴学分野

伊藤恭輔

Division of Comprehensive Prosthodontics, Niigata University

Graduate School of Medical and Dental Sciences

Kyosuke Ito

## 【緒言】

メタクリル酸メチル (MMA) とポリメタクリル酸メチル (PMMA) の混合物を主原料として用いる歯科用アクリルレジンは、加熱重合、常温重合、光重合など重合方式の違いはあるが、用途により最適なタイプが選択され、歯科臨床において広く用いられている。特に、常温重合型アクリルレジンは、操作性や成形性が良く、プロビジョナルレストレーションの製作、義歯修理、咬合位の修正などチェアサイドの処置において多用されている。しかしながら、加熱重合型と比較すると機械的強度は劣り、日常臨床でも、プロビジョナルレストレーションの破折や咬合面の早期摩耗など生じることがあり、機械的強度の向上が望まれている。この点を改善するために、種々の研究がおこなわれているが、著者はポリマー粉末への低エネルギー電子線 (LEB) 照射処理に着目し、これまで研究をすすめてきた。工業界では、電子線照射処理は高分子材料の強度、耐摩耗性向上などに用いられている。歯科界では、電子線照射処理は数例の報告はあるものの、いまだ臨床応用には至っておらず、また、ポリマー粉末への照射処理をおこなった報告はない。

そこで本研究では、常温重合型アクリルレジンの機械的強度の向上を目的にポリマー粉末に対し LEB 照射をおこない、その有効性を確認した。

## 【材料および方法】

実験材料として、常温重合型アクリルレジン (ユニファストⅢ クリア, ジーシー, 東京) を用いた。そのポリマー粉末に、Low Energy Electron Beam Radiation

System を用い LEB 照射をおこなった。照射条件は、管電圧 110 kV、管電流  $16 \mu\text{A}$  とし、照射は室温にて酸素濃度 2,000 ppm 以下の窒素ガス雰囲気中でおこなった。粉末への照射吸収線量は 0 (未照射)、25、50、75 および 100 kGy とし、未照射をコントロールとした。LEB 照射後、その粉末試料に対して電子スピン共鳴 (ESR) 分析をおこない、また、粉末試料とモノマーを通常に従い混和・重合した重合体試料に対して 3 点曲げ試験をおこなった。

## 【結果】

ESR 分析において、コントロール試料では ESR スペクトルは検出されなかったが、LEB 照射試料ではフリーラジカルの存在を示すスペクトルが確認された (Fig. 1)。そのピーク強度は照射吸収線量が増加するに

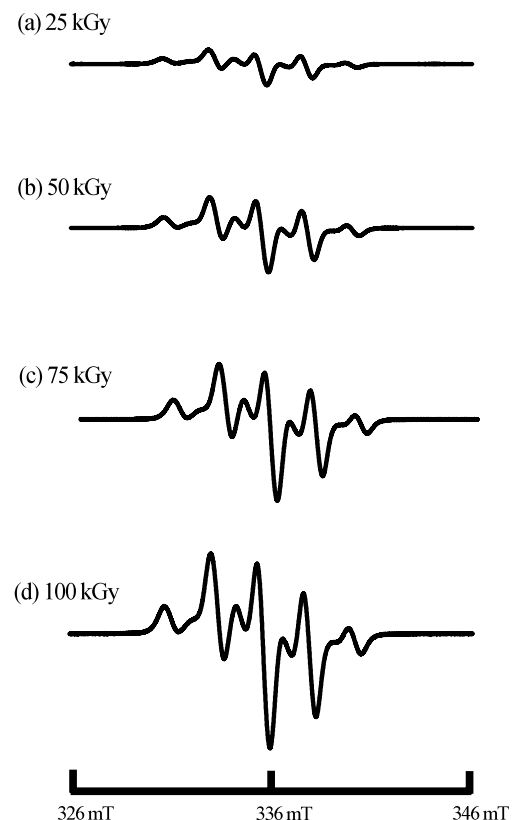


Fig. 1. ESR spectra at each condition. Strong peaks of ESR spectra are observed with increasing LEB irradiation dose. (a) 25 kGy, (b) 50 kGy, (c) 75 kGy, (d) 100 kGy. The figure shown was obtained from single sample due to little variations among measurements based on our preliminary data.

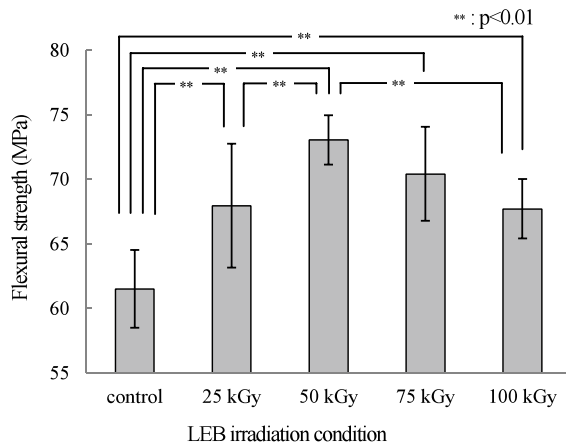


Fig. 2. Flexural strength at each condition. Bars represent the mean flexural strength  $\pm$  standard deviations of ten independent experiments. Asterisks indicate the significant differences between each condition ( $p < 0.01$ ).

つれ増加し、線量依存性が認められた。

3点曲げ試験において、破断時の曲げ強さ (MPa) は、コントロール ;  $61.5 \pm 3.0$ , 25 kGy ;  $67.9 \pm 4.8$ , 50 kGy ;  $73.0 \pm 1.9$ , 75 kGy ;  $70.4 \pm 3.6$ , 100 kGy ;  $67.7 \pm 2.3$  であり、コントロールと比較し、LEB 照射のすべての条件で曲げ強さが有意に増加した ( $p < 0.01$ ) (Fig. 2)。また、50 kGy で曲げ強さが最大であった。弾性係数 (GPa) は、コントロール ;  $2.13 \pm 0.10$ , 25 kGy ;  $2.13 \pm 0.06$ , 50 kGy ;  $2.21 \pm 0.10$ , 75 kGy ;  $2.23 \pm 0.15$ , 100 kGy ;  $2.18 \pm 0.05$  であり、すべての照射条件間で有意差を認めなかった ( $p > 0.05$ )。

### 【考察・結論】

アクリルレジンの重合反応はラジカルの生長として進行する。LEB 照射が重合にどのように影響を与えるか

を考えるうえで、LEB 照射とフリーラジカルの関係について調べることは重要である。フリーラジカルの検出には、ESR 分析が有効であるため、今回、粉末試料に対して ESR 分析をおこなった。LEB 照射試料では ESR スペクトルは 9 本のピークとして検出され、照射吸収線量の増加とともにそのピークも大きく観察された。この 9 本のピークは、ポリマー主鎖に起因するラジカルの存在を示すものであるため、LEB 照射によってポリマー粉末中でポリマー主鎖の切断が起きていることがわかった。

3点曲げ試験では、コントロールに比べ、すべての LEB 照射条件で曲げ強さが有意に増加した。LEB 照射した粉末試料では、ポリマー主鎖の切断によってフリーラジカルが生じたこと、粉末自体の分子量が減少したことによって、モノマーとの混和時に膨潤・溶解性が向上し、常温重合した重合体試料で架橋数の増加が起きたため曲げ強さが増加したと推定される。また、曲げ強さは 50 kGy で最大の値を示したが、100 kGy では 50 kGy と比較し有意に減少した ( $p < 0.01$ )。100 kGy 照射では、主鎖切断と重合開始剤の分解が過剰に起こり、フリーラジカル同士で反応してしまい、モノマーと混和した際の重合反応が 50 kGy より低下したためと考えられる。一方、弾性係数では、曲げ強さと同様な傾向はあるものの有意差が認められなかった。この理由は、弾性係数の定義が、弾性範囲内のごくわずかな応力とひずみの比であり、架橋数はこれにほとんど影響を与えないためである。したがって、ポリマー粉末への LEB 照射後に通法に従い常温重合させた重合体試料において、曲げ強さは増加したが、弾性係数では有意差を認めなかったものと考えられる。

本研究の結果から、常温重合型アクリルレジンの曲げ強さの向上に対して、ポリマー粉末への LEB 照射が有効であることが示された。