

科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成25年 5月 24日現在

機関番号：12602

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2011～2012

課題番号：23659895

研究課題名（和文）最先端レーザーを用いたジルコニア補綴物加工および無痛治療応用

研究課題名（英文）Study of zirconia surface modification by femto-second laser.

研究代表者

本村 一郎 (MOTOMURA KAZUO)

東京医科歯科大学・大学院医歯学総合研究科・助教

研究者番号：60272598

研究成果の概要（和文）：ジルコニア製の歯科補綴物は完全焼結材をダイヤモンドバーで切削するか、未焼結材を切削加工して再焼成して製作される。しかし加工時の工具の磨耗やチッピング、再焼結時の収縮などの問題点がある。本研究では、ナノ秒レーザーとフェムト秒レーザーを組み合わせることで完全焼結ジルコニア材の3D高速レーザー加工を試み、これに基づく「セラミッククラウンのデジタルプロセス」の確立を目指した。また完成した補綴物の支台への接着について表面性状の点から考察を加える事で最終補綴物の予後に影響する因子についても検討した。「ジルコニア完全焼結材のナノ秒レーザー加工」の最適条件に関する検討について、ジルコニア完全焼結材表面の微小方形域の加工を例として、ナノ秒レーザー加工の繰り返し周波数、加工スポットサイズおよびオーバーラップに関する最適条件を検討。とくに、高速加工を実現する条件を検討した。「ジルコニア完全焼結材のフェムト秒レーザー加工」の最適条件に関する検討について、ジルコニア完全焼結材表面の微小方形域の加工を例として、フェムト秒レーザー加工の繰り返し周波数、加工スポットサイズおよびオーバーラップに関する最適条件を検討、製品表面のクラックが生じない加工条件を検討した。3Dモデルを用いたジルコニア製クラウンの3Dレーザー加工について、ジルコニア完全焼結材からクラウン形状を3Dレーザー加工した。今回レーザー加工により得られる表面性状への接着強さを検討するため、異なる条件を選定し、通法に従った手技により接着を行い、圧縮せん断試験により評価を行い、良好な結果が得られた。象牙質を用い、歯髄腔内に超小型光ファイバー圧力・温度センサーを挿入し、外側より2種類のレーザー照射を行い髄腔内への影響を調べた。その結果から、温度上昇などの変化が認められず無痛治療への応用は可能と考えられたが、実験方法等について更なる検討が必要であり、今後の課題が残された。

研究成果の概要（英文）：We modified the surface of zirconia dental prostheses through femto-second laser process in order to improve the adhesion strength of them. In this study, two alignments of linear micro-grooves were employed on the surface. The increase of adhesion shear strength and the effect of the alignment on the strength were examined. A round end surface of a fully-sintered zirconia bar with diameter of 5mm was processed with femto-second laser system, which provided pulse energy of $9\mu\text{J}$ and spot feed of $5\mu\text{m/pulse}$. Through the process, micro grooves with depth of $51\mu\text{m}$ and width of $53\mu\text{m}$ were obtained. In this study, two types of alignments in linear grooves were produced. In the first alignment, straight groove lines were parallel. In the second, two groups of parallel grooves were perpendicular to each other. The modified zirconia surfaces were bonded to the mirror surface of Crearfil DC Core Auto-mix ONE (Kuraray Medical Inc., Japan) to which the surface of a glass slide was transferred. The adhesion used was Crearfil SA Cement Auto-mix universal (Kuraray Medical Inc., Japan). The thickness was $50\mu\text{m}$ and the diameter of round bonded area was 4mm. Adhesion shear strength tests were carried

out on the universal testing machine (DCS-5000, Shimazu Co.), in which the speed of cross head was 1mm/min.

The adhesion shear strength of zirconia surface with linear parallel microgrooves was 35.8 (S.D. :6.0) MPa, while the strength of original surface without grooves was 23.4 (S.D. :9.2) MPa. Moreover, the strength of the surface with cross-typed microgrooves increased up to 46.8 (S.D. :5.5) MPa. The surface modification through femto-second laser process, in which micro-grooves were formed on it, is very useful tool for improving the adhesion strength between zirconia prostheses and cements.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	2,900,000	870,000	3,770,000

研究分野：医歯薬学

科研費の分科・細目：歯学・補綴系歯学

キーワード：歯科補綴学一般

1. 研究開始当初の背景

ジルコニア製の歯科補綴物は完全焼結材をダイヤモンドバーで切削するか、未焼結材を切削加工して再焼成して製作される。しかしながら加工時の工具の磨耗やチップング、再焼結時の収縮などの問題点があげられていた。そこでナノ秒レーザーとフェムト秒レーザーを組み合わせて完全焼結ジルコニア材の3D高速レーザー加工を試み、これに基づく「セラミッククラウンのデジタルプロセス」の確立を目指す事を目的とした。

2. 研究の目的

ナノ秒レーザーとフェムト秒レーザーを組み合わせて完全焼結ジルコニア材の3D高速レーザー加工を試み、これに基づく「セラミッククラウンのデジタルプロセス」の確立を目指す事を目的とした。またこのプロセスで得られる補綴物および補綴物の予後、ナノ秒レーザーとフェムト秒レーザーを用いた歯科応用の可能性について検討を行う事も目標とした。

①-2 研究の学術的背景:応募者のこれまでの研究成果と着想に至る経緯

歯科で用いられるジルコニアは未焼結材を切削加工、再焼成して最終補綴物の製作が行われている。しかしながら加工時の工具の磨耗やチップング、再焼結時の収縮などの問題点があげられていた。そのた

めこれらをデジタルプロセスで行う最適な方法について模索したところ、ナノ秒レーザーと（もしくは）フェムト秒レーザーを用いる方法により加工が可能である事が得られた。国外では BÄRSCH¹⁾らが、フェムト秒レーザーを用いたジルコニアクラウンの加工が提案されているが具体的な結果はいまだ提示されていない。

1)Niko BÄRSCH, Stephan BARCIKOWSKI and Klaus BAIER, Journal of Laser Micro / Nanoengineering Vol. 3, No.2, 2008.

研究期間内の目的

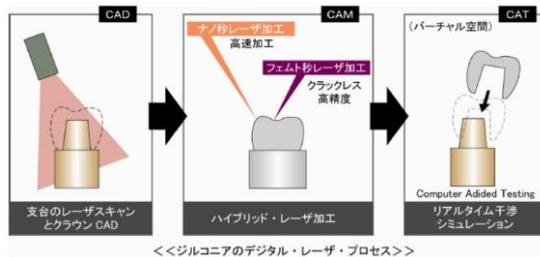
- 1) 完全焼結ジルコニア材のナノ秒およびフェムト秒レーザー加工最適条件の探求。
- 2) 完全焼結ジルコニア材のナノ秒・フェムト秒レーザー・ハイブリット化による加工の高速化。
- 3) 天然歯のフェムト秒レーザー加工に関する基礎的検討とその最適化。
- 4) 3Dデータを用いたセラミッククラウンの3次元レーザー加工プロセスのデジタル化。
- 5) レーザ加工し得られる表面性状への接着強さの検討。

③-1 当該分野における本研究の学術的な特色

硬くチップングしやすい完全焼結ジルコニア材の 3D-CAD データを用いた非接触 3D レーザー加工、およびナノ秒・フェムト秒レーザー加工の併用による加工の高速化と製品のクラックレス化を特色とする。また微細加工を施す事が可能になるため、加工して得られた補綴物の接着強さに及ぼす表面形状因子について、一定の状態を保つ事が可能となる。YAGレーザーなどで歯質の切削などを行う場合、歯牙への加工熱を考慮した冷却装置に課題があるが、加工反力が非常に小さく熱加工でないフェムト秒レーザーによる天然歯の加工は無痛治療に近づく可能性を秘めている。麻酔薬などを用いない例を生み出す事も可能となり、より低侵襲の治療が考えられる。

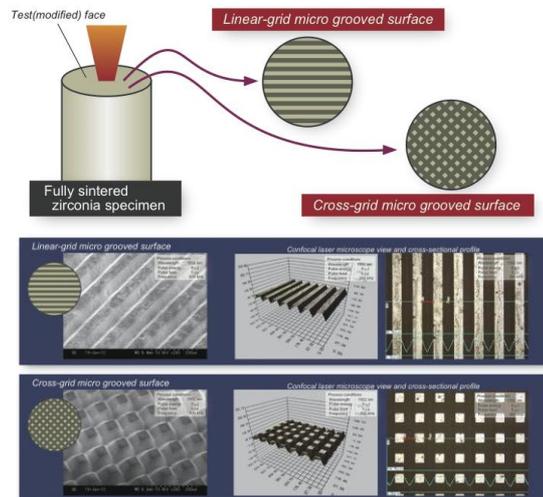
3. 研究の方法

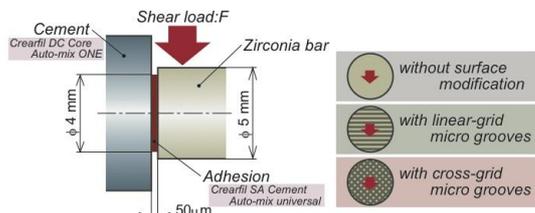
ナノ秒およびフェムト秒レーザーを用いるジルコニア完全焼結材のレーザー加工の最適条件を探求。続いて、クラウンの 3D-CADとそれを用いた3Dレーザー加工プロセスを開発し、得られたジルコニアクラウンをリアルタイム干渉シミュレーション技術と3次元力覚デバイスを用いてバーチャル空間でリアルタイム評価。高速加工が可能な「ナノ秒レーザー加工」とクラックレスの「フェムト秒レーザー加工」を併用するハイブリッド加工の効果を検討。レーザー加工により得られる表面性状への接着強さの検討・評価。フェムト秒レーザー加工を天然歯の加工へ適用してその有用性の検討。



4. 研究成果

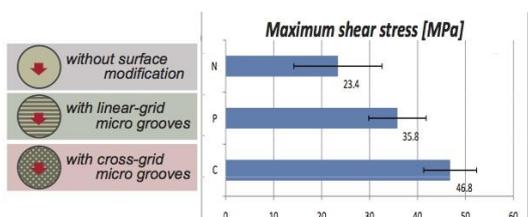
デジタルプロセスで行う最適な方法について模索したところ、ナノ秒レーザー・フェムト秒レーザーを用いる方法により加工が可能である事が得られた。「ジルコニア完全焼結材のナノ秒レーザー加工」の最適条件について、ジルコニア完全焼結材表面の微小方形域の加工を例として、ナノ秒レーザー加工の繰返し周波数、加工スポットサイズおよびオーバーラップに関する最適条件、とくに高速加工を実現する条件を得た。「ジルコニア完全焼結材のフェムト秒レーザー加工」の最適条件について、ジルコニア完全焼結材表面の微小方形域の加工を例として、フェムト秒レーザー加工の繰返し周波数、加工スポットサイズおよびオーバーラップに関する最適条件、とくに製品表面にクラックを生じない加工条件を得た。クラウンの 3D モデルデータの作成について、支台サンプルの非接触レーザー 3 次元デジタルデータをもとにジルコニアクラウンの 3D モデルデータを作成した。3D モデルを用いたジルコニア製クラウンの 3D レーザー加工について、前述のジルコニアクラウンの 3D モデルデータを用い、ジルコニア完全焼結材からクラウン形状を 3D レーザ加工。レーザ加工により得られた表面性状への接着強さを検討するため、異なる条件を選定し、通法に従った手技により接着を行い、圧縮せん断試験により接着強





さの評価を行った。

ジルコニア補綴物の接着に関し、投錨効果を期待し接着面に対し2種類の加工を施した所試験片の接着強さは、鏡面研磨の約2倍となった。



人歯象牙質を用い、歯髓腔内に超小型光ファイバー圧力・温度センサーを挿入し、外側より2種類のレーザー照射を行い髓腔内への影響を調べたところ、温度上昇などの変化は認められず無痛治療への応用は可能と考えられたが、実験方法等について更なる検討が必要であり、今後の課題が残された。

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1件)

H. NAKAMURA, K. MOTOMURA, T. YOSHIOKA, M. YAMAMOTO, S. TANAKA : Zirconia surface modification by femtosecond laser improving adhesion. 91st General Session & Exhibition of the IADR. , Seattle, USA. 2013.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

本村 一郎 (MOTOMURA KAZUO)

東京医科歯科大学・医歯(薬)学総合研究科・助教

研究者番号：60272598

(2) 研究分担者

中村 英雄 (NAKAMURA HIDEO)

東京医科歯科大学・医歯(薬)学総合研究科・助教

研究者番号：60172425

(3) 研究分担者

田中 繁一 (TANAKA SHIGEKAZU)

静岡大学・工学部・教授

研究者番号：60197423