

# I STRESZCZENIE

## WSTĘP

W nowoczesnej stomatologii technologia laserowa staje się coraz bardziej powszechna dzięki precyzyjnej aplikacji i minimalnej inwazyjności. Światło lasera Er:YAG jest bardzo dobrze absorbowane przez wodę i dobrze przez hydroksyapatyt co pozwala na opracowywanie tkanek twardych, w tym zębów i kości oraz tkanek miękkich. Również nowoczesne materiały stomatologiczne posiadają zdolność absorpcji energii światła laserowego dzięki czemu można go wykorzystać do usuwania wypełnień bez powstawania warstwy mazistej. W piśmiennictwie mało jest jednak badań opisujących siły adhezji materiałów stomatologicznych do tkanek zębów opracowywanych przy pomocy lasera a także jego wykorzystania do przygotowania powierzchni do leczenia periodontologicznego, w szczególności opierających się na nowej wiedzy związanej z opracowywaniem tkanek zęba przy pomocy lasera Er:YAG z zastosowaniem bezpiecznych i optymalnych protokołów naświetlania. Ponadto współczesna literatura nie oceniła jednoznacznie wpływu światła laserowego na odpowiednie przygotowanie powierzchni zęba do dalszych etapów leczenia.

## CEL

Celem pracy była ocena efektywności wykorzystania lasera Er:YAG w przygotowaniu powierzchni zęba do dalszych etapów leczenia stomatologicznego w porównaniu do metod konwencjonalnych.

## MATERIAŁ I METODY

Materiał stanowiący podstawę rozprawy doktorskiej podzielono na 2 części.

- 1. Wpływ lasera Er:YAG na wartość siły adhezji zamków ortodontycznych do tkanek zęba*  
Materiał badawczy stanowiły ludzkie zęby trzonowe i przedtrzonowe (n=15), które podzielono na 3 grupy w zależności od sposobu przygotowania powierzchni szkliva:  
G.1. trawienie 37% kwasem ortofosforowym (n=5),  
G.2. kondycjonowanie laserem Er:YAG: energia 100mJ, częstotliwość 10Hz, czas naświetlania: 10s, średnica aplikatora 600um, gęstość energii: 35,37J/cm<sup>2</sup>, odległość: 1mm od zęba, chłodzenie sprayem wodnym: 80%. (n=5),  
G.3. trawienie 37% kwasem ortofosforowym w połączeniu z kondycjonowaniem laserem Er:YAG: energia 100mJ, częstotliwość 10Hz, czas naświetlania: 10s, średnica aplikatora 600um, gęstość energii: 35,37J/cm<sup>2</sup>, odległość: 1mm od zęba, chłodzenie sprayem wodnym: 80% wraz z (n=5).  
W celu wyznaczenia wartości siły adhezji zamka do powierzchni zęba, przeprowadzono próbę ścinania z użyciem maszyny MTS 858 MiniBionix® (MTS System, Eden Prairie, MN USA). Ocenę struktury pryzmatycznej szkliva przeprowadzono z użyciem mikrotomografii komputerowej (Skyscan 1172, Bruker, Kontich, Belgia).

2. 2A) *Ocena powierzchni zęba po usunięciu wypełnienia kompozytowego za pomocą lasera Er:YAG, wiertła oraz kondycjonowania preparatem EDTA i NaOCl - analiza SEM*

Materiał badawczy stanowiło 30 zębów przedtrzonowych posiadających kompozytowe wypełnienia przyszyjkowe, które zostały usunięte w Katedrze i Zakładzie Chirurgii Stomatologicznej Uniwersytetu Medycznego we Wrocławiu ze wskazań ortodontycznych i periodontologicznych. Materiał podzielono na 6 grup w zależności od metody usunięcia materiału kompozytowego i opracowania zębiny:

G1 (n=5) wiertło diamentowe;

G2 (n=5) wiertło diamentowe + kireta;

G3 (n=5) wiertło diamentowe + EDTA (PrefGel®, Straumann, Szwajcaria)

G4 (n=5) laser Er:YAG (LightWalker®, Fotona, Ljubljana, Slovenia) pracujący z parametrami: energia 80mJ, 15Hz, długość impulsu 50us, aplikator H14 średnicy 1mm, gęstość energii 10,19J/cm<sup>2</sup>., odległość: 1,5 mm od zęba, chłodzenie sprayem wodnym: 4 woda/4 powietrze);

G5 (n=5) laser Er:YAG + 2% podchloryn sodu;

G6 (n=5) laser Er:YAG + 5,25% podchloryn sodu.

Powierzchnia zębiny została następnie oceniana przy pomocy mikroskopu skaningowego (SEM).

2B) *Usuwanie kompozytowych wypełnień przyszyjkowych przy użyciu lasera Er:YAG i wiertła – badanie in vitro.*

Na potrzeby niniejszej pracy usunięto 14 zębów przedtrzonowych (n = 14) z przyczyn ortodontycznych. Prostokątne ubytki o szerokości 3 mm i wysokości 1,5 mm zostały przygotowane za pomocą wiertła 0,8mm na kątnicy szybkoobrotowej w powierzchni zęba tuż poniżej połączenia szkliwno-cementowego (CEJ) i wypełnione materiałem kompozytowym. Materiał kompozytowy usunięto laserem Er:YAG o mocy 3,4 W, energii 170 mJ, częstotliwości 20 Hz, czasie trwania impulsu 300 μs, średnicy końcówki 0,8 mm, chłodzeniu powietrzem/płynem 3 ml/s i czasie naświetlania: 6 sek, w odległości 2 mm od zębów (grupa G1, n =7) lub wiertłem kątnicy szybkoobrotowej (grupa G2, n =7). Po usunięciu materiału kompozytowego powierzchnie zębów zbadano za pomocą skaningowej mikroskopii elektronowej (SEM) oraz mikroskopii fluorescencyjnej.

## WYNIKI

1. *Wpływ lasera Er:YAG na wartość siły adhezji zamków ortodontycznych do tkanek zęba*

Najwyższe wartości siły adhezji (naprężeń ścinających) uzyskano w grupie G3 (laser+wytrawiacz) (9,23±2,38 MPa), a najmniejsze w grupie G2 (laser) (6,44<sup>a</sup> ±2,11 MPa).*p*<0,05 Badania z użyciem mikrotomografii komputerowej wskazują na duże zmiany powierzchni szkliwa po zastosowaniu lasera sięgające do 9% jego grubości czego nie zaobserwowano dla próbek kondycjonowanych samym 37% kwasem ortofosforowym. Ponadto struktura szkliwa naświetlana laserem Er:YAG charakteryzuje się największą chropowatością.

2. 2A) *Ocena powierzchni zęba po usunięciu wypełnienia kompozytowego za pomocą lasera Er:YAG, wiertła oraz kondycjonowania preparatem EDTA i NaOCl - analiza SEM*

W grupach G1, G2 widoczne były uszkodzenia mechaniczne powierzchni spowodowane ruchem obrotowym wiertła diamentowego. W obrazie SEM widoczna była warstwa mazista, która dała się dopiero usunąć chemicznie poprzez zastosowanie 24% żelu z EDTA (grupa G3). W grupach G4-G6 powierzchnia zęba opracowywana laserem Er:YAG miała jednorodną strukturę bez uszkodzeń, z otwartymi kanalikami zębinowymi z widoczną denaturacją włókien kolagenowych. Zastosowanie podchlorynu sodu nie wpłynęło na zwiększenie widoczności kanalików zębinowych.

2B) *Usuwanie kompozytowych wypełnień przyszyjkowych przy użyciu lasera Er:YAG i wiertła – badanie in vitro*

Naświetlanie Er:YAG pozwoliło na całkowite usunięcie materiału kompozytowego z ubytku zęba. Badanie potwierdziło, że końce włókien kolagenowych uległy jedynie częściowej denaturacji po zastosowaniu lasera Er:YAG.

## **PODSUMOWANIE I WNIOSKI:**

1. Zastosowanie lasera Er:YAG o parametrach: energia 100mJ, częstotliwość 10Hz, czas naświetlania: 10s, średnica aplikatora 600um, gęstość energii: 35,37J/cm<sup>2</sup>, odległość: 1 mm od zęba, chłodzenie sprayem wodnym: 80% w połączeniu z 37% kwasem ortofosforowym do kondycjonowania szkliwa prowadzi do wzrostu siły adhezji zamków ortodontycznych do zęba w porównaniu do samego trawienia 37% kwasem ortofosforowym czy kondycjonowaniem samym laserem.
2. Zastosowanie lasera Er:YAG przy ustawieniach pracy wykorzystanych w badaniu (energia: 100mJ, częstotliwość 10Hz, czas naświetlania: 10s, średnica aplikatora 600um, gęstość energii: 35,37J/cm<sup>2</sup>, odległość: 1 mm od zęba, chłodzenie sprayem wodnym: 80%), prowadzi do modyfikacji szkliwa o znacznie większym stopniu w porównaniu do wytrawiania 37% kwasem ortofosforowym.
3. Powierzchnia zębiny po usunięciu wypełnienia kompozytowego za pomocą lasera Er:YAG o parametrach (energia: 80mJ, 15Hz, długość impulsu 50us, aplikator H14 średnicy 1mm, gęstość energii 10,19J/cm<sup>2</sup>., odległość: 1,5 mm od zęba, chłodzenie sprayem wodnym: 4 woda / 4 powietrze) posiada otwarte kanaliki zębinowe i nie wymaga dodatkowego kondycjonowania za pomocą podchlorynu sodu, nie posiada uszkodzeń mechanicznych i pozostałości kompozytu w porównaniu do klasycznego opracowanie wiertłem diamentowym.

# **I ABSTRACT**

## **INTRODUCTION**

In modern dentistry, laser technology is becoming more and more common thanks to precise application and minimal invasiveness. The Er: YAG laser light is very well absorbed by water and well by hydroxyapatite, which allows the preparation of hard tissues, including teeth, bones and soft tissues. Modern dental materials also have the ability to absorb the energy of laser light, so they can be used to remove fillings without the formation of a smear layer. However, there are few studies in the literature describing the adhesion forces of dental materials to tooth tissues prepared with the use of a laser and its use to prepare the surface for periodontal treatment, in particular based on new knowledge related to the preparation of tooth tissues with the Er: YAG laser with the use of safe and optimal exposure protocols. Moreover, the contemporary literature has not unequivocally assessed the influence of laser light on the appropriate preparation of the tooth surface for further treatment stages.

## **OBJECTIVE**

The aim of the study was to evaluate the effectiveness of using the Er: YAG laser in the preparation of the tooth surface for further stages of dental treatment in comparison to conventional methods.

## **MATERIAL AND METHODS**

The material constituting the basis of the doctoral dissertation was divided into 2 parts.

1. *The Effect of Er:YAG Laser on a Shear Bond Strength Value of Orthodontic Brackets to Enamel—A Preliminary Study.*

The research material consisted of human molars and premolars (n=15), divided into 3 groups depending on the method of enamel surface preparation;

G.1. etching with 37% ortho-phosphoric acid solution (n=5),

G.2. Er:YAG laser conditioning with the following operating parameters; energy: 100mJ, frequency 10Hz, exposure time: 10s, applicator diameter 600um, energy density: 35,37J/cm<sup>2</sup>, distance: 1mm away from a tooth, water spray cooling: 80%. (n=5),

G.3. Er:YAG laser conditioning with the following operating parameters; energy: 100mJ, frequency 10Hz, exposure time: 10s, applicator diameter 600um, energy density: 35,37J/cm<sup>2</sup>, distance: 1mm away from a tooth, water spray cooling: 80% combined with etching with 37% ortho-phosphoric acid solution (n=5).

To determine the shear bond strength of orthodontic brackets to enamel, a shear bond strength test was performed with the use of MTS 858 MiniBionix® machine (MTS System, Eden Prairie MN USA). The enamel prismatic structure was assessed using X-ray microtomography (Skyscan 1172, Bruker, Kontich, Belgium).

2. 2A) *SEM Evaluation of Tooth Surface after a Composite Filling Removal Using Er:YAG Laser, Drills with and without Currettes, and Optional EDTA or NaOCl Conditioning.*

The research material consisted of 30 premolars with cervical composite fillings, which were extracted at the Dental Surgery Department of the Wroclaw Medical University due to orthodontic and periodontal indications. The teeth were divided into 6 groups according to the method of removal of the composite material and dentine preparation;

G1 (n=5) – a diamond drill;

G2 (n=5) – a diamond drill + curette;

G3 (n=5) – a diamond drill + EDTA (PrefGel, Straumann, Switzerland);

G4 (n=5) – the Er:YAG laser (LightWalker, Fotona, Ljubljana, Slovenia) working with parameters: energy: 80 mJ, frequency: 15Hz, pulse length: 50us, H14 applicator diameter: 1mm, energy density: 10,19J/cm<sup>2</sup>., distance: 1,5 mm from the tooth, water spray cooling: 4 water / 4 air..;

G5 (n=5) –the Er:YAG laser + 2% sodium hypochlorite (NaOCl);

G6 (n=5) –the Er:YAG laser + 5,25% NaOCl. The dentine surface was then evaluated using a scanning electron microscope (SEM)

2B) *Removal of Composite Restoration from the Root Surface in the Cervical Region Using Er: YAG Laser and Drill—In Vitro Study*

For the purposes of this study, 14 premolar teeth (n = 14) were removed due to orthodontic reasons. The rectangular shape cavities with 3 mm in width and 1.5 mm in height were prepared with a 0.8 mm bur on high-speed contra-angle in the tooth surface just below cemento-enamel junction (CEJ) and filled with the composite material. The composite material was removed with the Er: YAG laser at a power of 3,4 W, energy 170 mJ, frequency 20 Hz, pulse duration 300 μs, tip diameter 0,8 mm, air/fluid cooling 3 mL/s, and time of irradiation: 6 sec, at a distance from teeth of 2 mm (G1 group, n = 7) or a high-speed contra-angle bur (G2 group, n = 7). After the removal of composite material, the surfaces of teeth were examined using the scanning electron microscopy (SEM) and fluorescence microscopy.

## RESULTS

1. *The Effect of Er:YAG Laser on a Shear Bond Strength Value of Orthodontic Brackets to Enamel—A Preliminary Study.*

The highest values of shear bond strength were obtained in G3 group (9,23±2,38 MPa) and the lowest values in G2 group (6,44±2,11 MPa).  $p < 0,05$  The tests with the use of X-ray microtomography showed significant changes in the enamel surface after the application of laser, reaching up to 9% of enamel thickness, , which was not observed in the case of the samples etched with 37% ortho-phosphoric acid solution. Moreover, the ER:YAG laser-irradiated enamel surface was characterised by the greatest roughness.

2. *2A) SEM Evaluation of Tooth Surface after a Composite Filling Removal Using Er:YAG Laser, Drills with and without Currettes, and Optional EDTA or NaOCl Conditioning.*

Groups G1 and G2 had mechanical damage of the tooth surface structure caused by the rotary motion of a diamond drill. The SEM image showed a smear layer that could only be removed chemically using 24% EDTA gel (group G3). The tooth surface prepared in groups G4-G6 with the Er:YAG laser had a homogeneous structure without damage along with open dentinal tubules with visible denaturation of collagen fibers. The use of sodium hypochlorite (NaOCl) did not increase the visibility of dentinal tubules

*2B) Removal of Composite Restoration from the Root Surface in the Cervical Region Using Er: YAG Laser and Drill—In Vitro Study*

The Er: YAG irradiation allowed to remove completely the composite material from the tooth cavity. The study confirmed, that the ends of collagen fibers were only partially denatured after the Er: YAG laser application.

## **SUMMARY AND CONCLUSIONS**

1. Using an Er: YAG laser with parameters (energy: 100mJ, frequency 10Hz, exposure time: 10s, applicator diameter 600um, energy density: 35,37J / cm<sup>2</sup>, distance: 1mm from the tooth, water spray cooling: 80%) in combination with 37% orthophosphoric acid for enamel conditioning, it leads to an increase in the adhesion strength of orthodontic brackets to the tooth compared to etching with 37% orthophosphoric acid or conditioning with the laser alone.
2. The use of the Er: YAG laser with the work settings used in the study (energy: 100mJ, frequency 10Hz, exposure time: 10s, applicator diameter 600um, energy density: 35,37J / cm<sup>2</sup>, distance: 1mm from the tooth, cooling with water spray: 80 %), leads to a much greater modification of the enamel compared to the etching with 37% orthophosphoric acid.
3. The use of the Er:YAG laser (energy: 80mJ, frequency: 15Hz, pulse length: 50us, H14 applicator diameter: 1mm, energy density: 10,19J/cm<sup>2</sup>, distance: 1,5 mm from the tooth, water spray cooling: 4 water / 4 air) results in the dentine surface with open dentine tubules, no smear layer and no mechanical damage. The dentine surface prepared using the Er:YAG laser does not require any additional NaOCl conditioning.