

PIOTR HADROWICZ

**Próba oceny relacji wyników analizy obrazu u pacjentów  
z wszczepami zębowymi opartej o macierz długości serii  
i macierz zdarzeń**

Rozprawa doktorska

Promotor: prof. dr hab. n. med. Marcin Kozakiewicz

Drugi promotor: dr hab. n. med. prof. nadzw. Adam Gesing

Klinika Chirurgii Szcękowo-Twarzowej

UNIWERSYTET MEDYCZNY W ŁODZI

ŁÓDŹ 2015

Lek., lek. dent. Piotr Hadrowicz

KLINIKA CHIRURGII SZCZĘKOWO-TWARZOWEJ

UNIwersytetu Medycznego w Łodzi

Próba oceny relacji wyników analizy obrazu u pacjentów z wszczepami  
zębowymi opartej o macierz długości serii i macierz zdarzeń.

*Streszczenie*

Promotor: prof. dr hab. n. med. Marcin Kozakiewicz,

Klinika Chirurgii Szczękowo-Twarzowej, UM w Łodzi

Drugi promotor: dr hab. n. med. prof. nadzw. Adam Gesing,

Zakład Endokrynologii Onkologicznej, UM w Łodzi

**Wstęp.** Mimo prężnego rozwoju implantologii stomatologicznej wciąż nie wynaleziono łatwych, obiektywnych do oceny parametrów służących rokowaniu sukcesu implantologicznego. Osteoporoza oraz choroby metaboliczne kości występują powszechnie w populacji, są asymptomatyczne do czasu powikłań i mogą zwiększać ryzyko niepowodzeń implantologicznych. Wykrycie potencjalnych korelacji pomiędzy parametrami dotyczącymi densytometrii odcinka lędźwiowego kręgosłupa a wartościami macierzy długości serii i macierzy zdarzeń kości wyrostka zębodołowego, uwidocznione na obrazie RTG, mogłoby prowadzić do rutynowego wykonywania tego badania przed zabiegiem wszczepienia implantów zębowych. Po stwierdzeniu wyżej wymienionych zależności, dodatkowa informacja z pojedynczego wewnątrzustnego zdjęcia RTG pozwoliłaby na wyselekcjonowanie wśród pacjentów osób z grupy ryzyka,

zagrożonych rozwojem osteoporozy oraz skierowanie ich do właściwego specjalisty. Badania te mogłyby okazać się długoczasowym czynnikiem prognostycznym zabiegu implantacji.

**Cel Pracy.** Celem badania była ocena wpływu wybranych cech anatomicznych, cech technicznych zabiegu implantologicznego i nikotynizmu na liczbę beleczek kostnych i na zróżnicowanie struktury kości w obrazie rentgenowskim okolicy wszczepu zębowego.

**Materiały i metody.** W prospektywnym badaniu uczestniczyło 127 pacjentów, średni wiek był równy  $46,39 \pm 11,93$  lat, w tym 74 kobiety oraz 53 mężczyzn. Kryterium włączenia do badania: pacjenci bez chorób nerek i przytarczyc, zgłaszanie się na wizyty kontrolne, przekazanie wszystkich zleconych badań, zdjęcia rentgenowskie z całkowitym uwidocznieniem wszczepu zębowego.

Kryterium wyłączenia z badania: zdiagnozowane choroby metaboliczne kości, brak zgłaszania się na wizyty kontrolne. Uzyskano zgodę Komisji Bioetycznej: RNN/27/12/KE. W pracy przeanalizowano wpływ 282 implantów zębowych na strukturę kości wyrostka zębodołowego. Przed badaniem odnotowano wiek, wagę, wzrost, występowanie nikotynizmu, wymiary wszczepów oraz ich lokalizację, obliczono BMI dla wszystkich badanych osób. Pacjentom zlecono wykonanie densytometrii kręgosłupa – czterech pierwszych kręgów lędźwiowych [L1-L4]. Ocena parametrów odcinka lędźwiowego kręgosłupa (L1-L4) zawierała: T-Score, Z-Score oraz BMD. Badanie zostało wykonane w specjalistycznej pracowni densytometrycznej dysponującej akredytowanym aparatem densytometrycznym. Następnie wykonywano cyfrowe zębowe zdjęcie RTG bezpośrednio po implantacji-00M, bezpośrednio po obciążeniu czynnościowym-00M\_load, oraz 3, 6, 9, 12, 18 i 24 miesiące po obciążeniu (1037 zdjęć). Do wykonania zdjęć wykorzystano technikę kąta prostego, zastosowano standaryzację. Mimo standaryzacji mechanicznej, zdjęcia wymagały niewielkiej korekty zniekształceń geometrycznych. Wszystkie zdjęcia tego samego pacjenta były normalizowane do RTG bezpośrednio po wprowadzeniu wszczepu przy użyciu programu ToothVis v.1.6. Poprawność wyrównania geometrycznego zweryfikowano w programie DentalStudio v.2.0. Następnym etapem było oznaczenie dwóch obszarów

zainteresowania: ROI 1- kość przy szyjce wszczepu, ROI 2- kość w okolicy przywierzchołkowej (miejsce referencyjne) – program Mazda v.4.5. Wszystkie zdjęcia jednej osoby po procesie normalizacji uzyskiwały ROI 1 i ROI 2 w tych samych lokalizacjach na kolejnych zdjęciach kontrolnych. Obliczono moment inwersyjny drugiego rzędu podkreślający wpływ krótkich ciągów oraz entropię różnicową obrazu kości w ROI 1 i ROI 2. Następnie w programie Statgraphics Centurion XVI utworzono sztuczną sieć neuronową (SSN) jednowarstwową jednokierunkową. Zebrane wcześniej dane ilościowe macierzy długości serii – o krótkich łańcuchach oraz macierzy zdarzeń - entropii różnicowej stanowiły dane wejściowe dla sztucznej sieci neuronowej (SNN). Otrzymane dane poddano analizie statystycznej (znamienne różnice uznano dla  $p < 0,05$ ).

**Wyniki.** Zauważono powiązanie występowania obniżonych wartości gęstości mineralnej kości dla pierwszych czterech kręgów lędźwiowych z obniżeniem wartości momentu inwersyjnego drugiego rzędu podkreślającego wpływ krótkich łańcuchów w obrębie kości wokół szyjki wszczepu zębowego w okresach bezpośrednio po implantacji oraz 3, 18 i 24 miesiące po funkcjonalnym obciążeniu wszczepu. Natomiast w okresach bezpośrednio po obciążeniu funkcjonalnym oraz 6, 9, 12 miesiące po obciążeniu funkcjonalnym wszczepu nie odnotowano takiej zależności. Występowanie niższych poziomów gęstości mineralnej kości dla pierwszych czterech kręgów lędźwiowych wiąże się z obniżeniem wartości entropii różnicowej w obrębie kości wokół szyjki wszczepu zębowego w okresach bezpośrednio po implantacji oraz 24 miesiące po funkcjonalnym obciążeniu wszczepu. Wzrost wskaźnika masy ciała powiązany jest z wyższymi wartościami momentu inwersyjnego drugiego rzędu podkreślającego wpływ krótkich łańcuchów w obrębie kości wokół szyjki wszczepu zębowego w okresie 9 miesięcy od funkcjonalnego obciążenia wszczepu. Wraz ze wzrostem wskaźnika masy ciała odnotowano wyższe wartości momentu inwersyjnego drugiego rzędu podkreślającego wpływ krótkich łańcuchów w obrębie kości referencyjnej w okresie 9 miesięcy od funkcjonalnego obciążenia wszczepu. Zauważono statystycznie istotne powiązanie pomiędzy wskaźnikiem masy ciała a entropią różnicową w obrębie kości wokół szyjki wszczepu zębowego w okresie bezpośrednio po implantacji. Nie odnotowano istotnego związku pomiędzy

wskaźnikiem masy ciała a entropią różnicową w obrębie kości referencyjnej. W badanej grupie wraz ze wzrostem wieku zwiększały się wartości momentu inwersyjnego drugiego rzędu podkreślającego wpływ krótkich łańcuchów w obrębie kości wokół szyjki wszczepu zębowego w okresie 9 miesięcy od funkcjonalnego obciążenia wszczepu. Podobny związek odnotowano w przypadku entropii różnicowej - wraz ze wzrostem wieku zwiększały się wartości entropii różnicowej w obrębie kości wokół szyjki wszczepu zębowego w okresie 9 miesięcy od funkcjonalnego obciążenia wszczepu. Wykazano związek nikotynizmu z wartościami momentu inwersyjnego drugiego rzędu podkreślającego wpływ krótkich łańcuchów w obrębie kości wokół szyjki wszczepu zębowego w okresie 9 oraz 18 miesięcy od funkcjonalnego obciążenia wszczepu. Nikotynizm nie ma wpływu na moment inwersyjny drugiego rzędu podkreślający wpływ krótkich łańcuchów w obrębie kości referencyjnej w żadnym z badanych okresów. Nikotynizm nie wpływa na entropię różnicową w obrębie kości wokół szyjki wszczepu zębowego. Palenie papierosów nie wpływa również na entropię różnicową w obrębie kości referencyjnej. Większe wartości momentu inwersyjnego drugiego rzędu podkreślającego wpływ krótkich łańcuchów obliczonych dla kości przy szyjce odnotowano w szczęcie w okresie bezpośrednio po obciążeniu wszczepu. Odmienna sytuacja występuje w obrębie kości referencyjnej, gdzie wyższe wartości momentu inwersyjnego drugiego rzędu podkreślającego wpływ krótkich łańcuchów odnajdujemy w szczęcie w okresach bezpośrednio po implantacji, bezpośrednio po funkcjonalnym obciążeniu wszczepu oraz 6, 12 i 24 miesiące po funkcjonalnym obciążeniu wszczepu. Dystrybucja entropii różnicowej dla kości przy szyjce osiąga wyższe wartości w szczęcie dla okresu bezpośrednio oraz 18 miesięcy po funkcjonalnym obciążeniu wszczepu. W obrębie kości referencyjnej żuchwa wykazuje wyższe wartości entropii różnicowej bezpośrednio po implantacji oraz 3 i 12 miesięcy od funkcjonalnego obciążenia wszczepu. Większe wartości momentu inwersyjnego drugiego rzędu podkreślającego wpływ krótkich łańcuchów obliczonych dla kości przy szyjce odnotowano w obrębie odcinka bocznego w okresie bezpośrednio po implantacji oraz 9 miesięcy od funkcjonalnego obciążenia wszczepu. Dla kości referencyjnej również wyższe wartości momentu inwersyjnego drugiego rzędu podkreślającego wpływ krótkich łańcuchów występują w odcinku bocznym w okresach bezpośrednio po implantacji oraz 3,6,9 i 12 miesięcy po funkcjonalnym obciążeniu

wszczepu. Podobne wyniki uzyskano dla wartości entropii różnicowej w kości przy szyjce wszczepu – wyższe wartości odnotowano w odcinku bocznym bezpośrednio po implantacji oraz 24 miesiące po funkcjonalnym obciążeniu wszczepu. Odnotowano wyższe wartości entropii różnicowej w obrębie kości referencyjnej dla odcinka bocznego w okresie bezpośrednio po implantacji oraz 3, 6, 12, 24 miesięcy po funkcjonalnym obciążeniu wszczepu. Wraz ze zwiększeniem średnicy wszczepu zwiększa się moment inwersyjny drugiego rzędu podkreślający wpływ krótkich łańcuchów w obrębie kości przy szyjce w okresie 6 miesięcy od funkcjonalnego obciążenia wszczepu. Dla kości referencyjnej odnotowano zależność – większa średnica wszczepu jest powiązana z niższymi wartościami momentu inwersyjnego drugiego rzędu podkreślającego wpływ krótkich łańcuchów w okresie bezpośrednio po funkcjonalnym obciążeniu wszczepu. Wyższe wartości entropii różnicowej w obrębie kości przy szyjce są powiązane z większą średnicą wszczepu w okresach 3, 6, 12, 18 i 24 miesięcy po funkcjonalnym obciążeniu wszczepu. W przypadku kości referencyjnej większe średnice wszczepu powiązane są z mniejszymi wartościami entropii różnicowej w okresie 12 miesięcy po funkcjonalnym obciążeniu wszczepu. Większa długość wszczepu jest związana z większymi wartościami momentu inwersyjnego drugiego rzędu podkreślający wpływ krótkich łańcuchów w obrębie kości przy szyjce w okresie bezpośrednio po implantacji oraz bezpośrednio po funkcjonalnym obciążeniu wszczepu. Większa długość wszczepu wiąże się z niższymi wartościami momentu inwersyjnego drugiego rzędu podkreślający wpływ krótkich łańcuchów w obrębie kości referencyjnej w okresie 18 miesięcy po funkcjonalnym obciążeniu wszczepu. Większa długość wszczepu powiązana jest z wyższymi wartościami entropii różnicowej w obrębie kości przy szyjce w okresie bezpośrednio po implantacji oraz bezpośrednio po funkcjonalnym obciążeniu wszczepu, 6, 9, 12 miesięcy po funkcjonalnym obciążeniu wszczepu. Większa długość wszczepu powiązana jest z niższymi wartościami entropii różnicowej w obrębie kości referencyjnej w okresie 18 miesięcy po funkcjonalnym obciążeniu wszczepu.

**Wnioski.** 1. Tkanka kostna wokół wszczepów zębowych charakteryzująca się wartościami krótkich łańcuchów podobnych jasności pikseli w RTG w zakresie 0,82 - 0,86 i równocześnie wartościami entropii różnicowej w zakresie 0,74-0,87 powinna

sugerować skierowanie grupy pacjentów z ww. wartościami liczbowymi na badania diagnostyczne w zakresie oceny gęstości kości i potencjalnego występowania osteoporozy w tej grupie osób.

2. Wyższe prawdopodobieństwo występowania krótkich łańcuchów podobnych jasności pikseli w RTG bez względu na chaotyczność układu beleczek kostnych opisywanych przez entropię różnicową sugeruje odwapnienie szkieletu.
3. Nowoczesne wszczepy zębowe są właściwym rozwiązaniem terapeutycznym dla osób w starszym wieku.
4. W okresie aktywnego remodelingu kości, wyższe wartości wskaźnika masy ciała (BMI) wiążą się z gorszym rokowaniem prawidłowej przebudowy kostnej wokół szyjki wszczepów zębowych.
5. Nikotynizm wywiera negatywny wpływ na brzeg kości wyrostka zębodołowego po implantacji wszczepów zębowych w okresie remodelingu.
6. Analiza tekstur sugeruje, iż osiągnięcie długotrwałego sukcesu implantologicznego wszczepów wprowadzonych w szczękę [oraz w odcinek boczny kości szczęk] jest gorsze w porównaniu z żuchwą [oraz odcinkami przednimi kości szczęk].
7. Entropia różnicowa jako parametr macierzy zdarzeń lepiej opisuje zmiany zachodzące w obrębie kości wokół szyjki wszczepu zarówno w stosunku do średnicy jak i długości implantu w porównaniu z wartością krótkich ciągów pikseli o podobnym poziomie jasności jako parametru macierzy długości serii.
8. Równomierny rozkład naprężeń zapewniony dzięki większym wymiarom wszczepów prowadzi do zmniejszenia ryzyka szybkich zaników kości wokół wszczepu.
9. Analiza tekstur obrazów RTG jest właściwym sposobem oceny procesu przebudowy kostnej po wprowadzeniu wszczepów zębowych.

10. Wprowadzenie automatycznych algorytmów na bazie analizy tekstur pozwoli klinicystom w sposób szybki i nieinwazyjny oraz bez generowania dodatkowych kosztów wyselekcjonować pacjentów grupy ryzyka odwapnień kośćca.



Piotr Hadrowicz, MD, DDS

Attempt to evaluate relation between results of textural image analysis in patients treated with dental implants based on short-run length matrix and co-occurrence matrix.

### Summary

Supervisor: prof. dr hab. n. med. Marcin Kozakiewicz,

Department of Oral and Maxillofacial Surgery, Medical University of Lodz, Poland

Co-supervisor: dr hab. n. med. prof. nadzw. Adam Gesing,

Department of Oncological Endocrinology, Medical University of Lodz, Poland

**Introduction.** Despite of huge development of dental implantology still there are no objective and easy-to-perform parameters that would lead to judge about dental implants success. Osteoporosis and metabolic bone diseases are common in the general population, usually they are asymptomatic until complications occur. This may lead to dental implants failure. Discovering the relation between parameters of lumbar spine DXA and values of short run emphasis inverse moments and textural difference entropy could lead to order this examinations before implantation to forecast long-term treatment success. Information collected from one intraoral X-ray would allow to select patients with high-risk probability of osteoporosis occurrence. Those patients could be referred to specialist physician. This examination could be treated then as long term forecasting factor for dental implant success.

**The aim of the research.** The aim of the study was to assess the changes of alveolar bone around dental implants and amount of bone trabeculae on X-ray pictures based on selected anatomical factors, surgical procedure and smoking addiction.

Material and methods. The prospective study included 127 patients, 74 women and 53 men. Inclusion criteria: patients without kidney's and parathyroid diseases, who were regularly present on control visits, transfer of all ordered examinations, visualization of the implant in full length on dental X-ray image. Exclusion criteria: no response to the follow-up examination, diagnose metabolic or bone disease during the investigation, drug affecting bone metabolism. Ethical board permission was reached RNN/27/12/KE. The impact of 282 dental implants on alveolar bone was analyzed. Prior the examination age, weight, height, nicotine addiction, dimensions and localization of dental implant were noted. Body mass index for all subjects was calculated. Patients were referred for Dual Energy X-ray Absorptiometry (DXA) of lumbar spine. The first four lumbar vertebrae (L1–L4) was the area of interest. T-Score, Z-Score and BMD was performed by DXA machine. Dental intraoral X-rays were performed directly after implantation, and control X-rays immediately after a functional loading in following months: 3, 6, 9, 12, 18 and 24 (1037 X-rays). Standardized, straight angle technique was applied. Despite the used method, images had slight geometrical distortions. In the next phase of examination they needed to be aligned. Each dental image for the same patient were aligned to direct implantation X-ray (ToothVis v.1.6 software). The accuracy of normalization was verified by DentalStudio v. 2.0. By counterbalancing the deformation markers around dental implants on the X-ray images of the same patient in following control visits were identical. The next step of examination two regions of interest were marked in bone image. ROI 1 – in implant neck region, ROI 2 – in periapical region (reference bone). Probabilistic neural network (PNN) with Statgraphics Centurion XVI software was created. Values of short run emphasis inverse moments and textural difference entropy was used as input values for PNN. Level of significance was set as  $p < 0.05$ .

**Results.** Lower values of L1-L4 BMD are related with decrease of short run emphasis inverse moments of marginal crestal bone immediately after implantation and after 3, 18 and 24 month of functional loading. However these kind of relation was not detected in the periods just after functional loading as well as after 6,9,12 months after functional loading. Decreased values of L1-L4 BMD are connected with reduce of textural difference entropy immediately after implantation and after 24 months of functional loading. Raised BMI is related with increase short run emphasis inverse moments of marginal crestal bone after 9

months of functional loading. Higher BMI is connected with increase of short run emphasis inverse moments of reference bone after 9 months after functional loading. Increased BMI is related with increase of textural difference entropy of marginal crestal bone after 9 months of functional loading. Higher BMI is connected with increase of textural difference entropy of reference bone after 9 months of functional loading. Smoking is related with increase of short run emphasis inverse moments of marginal crestal bone after 9 and 18 months of functional loading. However there is no relationship between smoking and short run emphasis inverse moments of marginal crestal bone as well as textural difference entropy of marginal crestal bone and reference bone. Implantation in maxilla is connected with higher values of short run emphasis inverse moments of marginal crestal bone immediately after implantation. Mandibular reference bone achieved higher values of short run emphasis inverse moments immediately after implantation, immediately after functional loading and 6, 12 and 24 months of functional loading than maxillary reference bone. Maxillary marginal crestal bone reached higher values of textural difference entropy immediately after functional loading and 18 months of functional loading than mandibular marginal crestal bone. Mandibular reference bone achieved higher values of textural difference entropy immediately after implantation, after 3 and 12 months of functional loading than maxillary reference bone. Marginal crestal bone in posterior region of jaws reached higher values of short run emphasis inverse moments immediately after implantation and after 9 months of functional loading than anterior region. Reference bone in posterior region of jaws achieved higher values of short run emphasis inverse moments immediately after implantation, after 3, 6, 9 and 12 months of functional loading than anterior region. Marginal crestal bone in posterior region of jaws reached higher values of textural difference entropy immediately after implantation and 24 months of functional loading than anterior region. Reference bone in posterior region of jaws achieved higher values of textural difference entropy immediately after implantation and 3, 6, 12, 24 months of functional loading than anterior region. Increasing the diameter of implant is related with increase values of short run emphasis inverse moments of marginal crestal bone after 6 months of functional loading. Larger diameter of implant is connected with decrease of short run emphasis inverse moments of reference bone immediately after functional loading. Larger diameter of implant is related with textural difference entropy of marginal crestal bone after 3, 6, 12, 18 and 24 months of functional loading. Larger diameter of implant is connected with textural difference entropy

of reference bone after 12 months of functional loading. Higher length of implant is related with increase values of short run emphasis inverse moments of marginal crestal bone immediately after implantation and immediately after functional loading. Higher length of implant is related with increase values of short run emphasis inverse moments of reference bone after 18 months of functional loading. Higher length of implant is related with increase values of textural difference entropy of marginal crestal bone immediately after implantation, immediately after functional loading and 6, 9, 12 months of functional loading. Higher length of implant is connected with increase of textural entropy of reference bone after 18 months of functional loading.

- Conclusions.**
1. Patients with values 0,82 - 0,86 of short run emphasis inverse moments and 0,74 – 0,87 of textural difference entropy of marginal crestal bone calculated on intraoral X-ray should be referred for DXA and other tests for osteoporosis.
  2. High values of short run emphasis inverse moments, regardless values of textural difference entropy, suggest general bone decalcification.
  3. Modern dental implants are proper therapeutic solution for elderly patients.
  4. Higher values of BMI are related with worse bone remodeling of marginal crestal bone in the active phase.
  5. In phase of bone remodeling smoking is connected with negative impact on marginal crestal bone.
  6. Based on textural analysis higher rates of dental implant failure may occur in maxilla and in the posterior region of jaws.
  7. Textural difference entropy (co-occurrence matrix) is better parameter for describing diameter/length implant dependent changes of marginal crestal bone than short run emphasis inverse moments (short run length matrix).
  8. Higher dimensions of implants, because of even stresses distribution, decrease risk of rapid marginal bone loss.
  9. Textural analysis of X-ray pictures is proper method for bone remodeling assessment after dental implantation.

10. Introduction the automatic textural analysis algorithms allow the clinicians to rapid, non-invasive, costless select a high-risk group of subjects of osteoporosis and other metabolic bone diseases.