

# Współzależności biomechaniczno-radiologiczne w przypadku resorpcji okołowszczepowej tkanki kostnej

## Badanie porównawcze 47 przypadków klinicznych

Paolo Diotallevi<sup>1</sup>, Enrico Moglioni<sup>2</sup>, Eugenio Pezzuti<sup>3</sup>, Antonio Pierazzini (†), Marco Pasqualini<sup>2</sup>, Pierluigi Floris<sup>2</sup>: *Correlazioni biomeccanico-radiologiche nel riassorbimento osseo perimplantare. Studio comparativo su 47 soggetti*

<sup>1</sup>Scuola Medica Ospedaliera, Roma

<sup>2</sup>AISS Accademia Italiana di Stomatologia Implantoprotesica

<sup>3</sup>Università di Tor Vergata, Roma, Facoltà di Ingegneria

© Copyright by Ariesdue srl, Italy

© Copyright for the Polish edition by „Magazyn Stomatologiczny”

Wszystkie prawa zastrzeżone

### Podziękowania

Autorzy dziękują Pani Silvii Terzi, profesorowi nauk statystycznych w Terza Università di Roma, za pomoc w analizie statystycznej wyników badania.

Adres autora:

Dott. Paolo Diotallevi  
Via Ernesto Basile 16  
00128 Roma, Italia  
tel./faks: 06-299391  
e-mail: direzione@eosmed.it

### Streszczenie

**Wstęp.** Badanie przeprowadzone po upływie 2 lat od zabiegu implantacji miało na celu porównanie zdjęć radiologicznych wszczepów dwufazowych oraz wszczepów jednofazowych obciążonych natychmiastowo, ze zwróceniem szczególnej uwagi na zjawisko resorpcji stożkowej części przyszyjkowej wyrostka zębodołowego.

**Materiały i metody.** W badaniu wzięło udział 47 pacjentów, których gęstość kości wynosiła D2-D3. W pierwszej grupie znalazło się 21 osób użytkujących łącznie 61 wszczepów dwufazowych, obciążonych w trybie odroczonego. Druga grupa liczyła 26 osób, użytkowników 218 jednofazowych wszczepów obciążonych natychmiastowo.

**Wyniki.** Po upływie 18-24 miesięcy resorpcja stożkowa kości dotyczyła 16 przypadków z grupy pierwszej (76%) oraz 6 przypadków z grupy drugiej (23%).

**Dyskusja.** Znaczną różnicę w wynikach między grupami można wyjaśnić odmiennym rozkładem naprężeń, natychmiastowym obciążeniem i lepszą stabilizacją pierwotną. Zjawiska te występują w przypadku stosowania wszczepów samogwintujących, obciążanych natychmiastowo oraz wszczepów typu igła zgrzanych z belką tytanową. Dlatego też w badaniach kontrolnych wykonanych po upływie 2 lat stan tkanek okołowszczepowych był lepszy w przypadku implantów obciążonych natychmiastowo.

### WPROWADZENIE

W roku 1977 Szwed *Brånemark* zdefiniował zjawisko osteointegracji jako bezpośredni kontakt powierzchni wszczepu z żywą tkanką kostną, bez obecności tkanki łącznej (1). Połączenie to, według autora, można uzyskać tylko i wyłącznie pod warunkiem, że wszczep nie zostanie obciążony natychmiastowo. Z tego powodu tradycyjne wszczepy składają się z dwóch części: a) trzonu, stanowiącego część środkową implantu wszczepianego podczas pierwszego zabiegu chirurgicznego i obciążanego po upływie 4-6 miesięcy; b) filaru nadkostnego, przykręcanego do trzonu, stanowiącego podparcie protezy po zakończonym procesie wgajania. Ostatnim etapem leczenia jest obciążenie wszczepu za pomocą uzupełnienia protetycznego (ryc. 1A). Na takich zasadach opiera się metoda dwufazowa, czyli metoda obciążenia odroczonego, w której konieczna jest długa przerwa między implantacją w łożu kostnym a obciążeniem wszczepu, wynosząca około 4-6 miesięcy.

Najkorzystniejszym rozwiązaniem alternatywnym jest metoda opierająca się na natychmiastowym obciążeniu, stosowana już prawie od stu lat, której popularność obecnie gwałtownie rośnie (1). Technika ta polega na wszczepieniu implantów jednoczęściowych, stanowiących natychmiastowe podparcie dla uzupełnienia protetycznego, bezpośrednio po pierwszym i jedynym zabiegu chirurgicznym. Przy natychmiastowym obciążeniu wszczepów stabilizacja wtórna staje się jednym zjawiskiem ze stabilizacją pierwotną i rozpoczyna się jeszcze tego samego dnia. Integracja wszczepu obciążonego natychmiastowo jest możliwa dzięki aktywnemu uczestniczeniu w akcie żucia, podczas którego dochodzi do wspólnego działania mięśni żwaczy, mięśni policzkowych, mięśni okrężnego ust, mięśni dna jamy ustnej, mięśni nadgnykowych oraz mięśni języka (2, 3,

4). Przede wszystkim ta ostatnia grupa mięśni bezpośrednio po implantacji naciska część nadkostną wszczepów jednofazowych, prowadząc do powstania mikroruchów, mogących utrudnić ich prawidłowe wgrzanie. Z tego powodu wszczepy jednofazowe mogą być zgrzewane z poprzeczną belką tytanową. Ochrona ta, poza redukcją mikroruchów, przeciwdziała odkręcaniu się wszczepów, stabilizuje je i tworzy jedną całość, będącą w stanie się oprzeć obciążeniu funkcjonalnemu (ryc. 1B). Zwiększenie stabilności uzyskuje się dzięki zjawisku bikortykalizacji, polegającemu na zakotwiczeniu wierzchołka wszczepu w przeciwległej warstwie korowej kości.

Wszczepy obciążane natychmiastowo mają odmienną strukturę niż implanty dwufazowe, dzięki czemu umożliwiają wykorzystanie w pełni obszarów kostnych pomijanych w tradycyjnej implantologii. Należą do nich okolica dołu nadkłykowego, guza szczęki oraz wyrostka skrzydłowego (5).

Niedawno kilku autorów przedstawiło metodę rehabilitacji układu stomatognatycznego, opierającą się na wykorzystaniu wszczepów dwuczęściowych, niemających zwoju samogwintującego, stabilizowanych przez belkę tytanową i obciążanych w niedługim czasie po implantacji (6). Stosowanie na szeroką skalę opisanego protokołu chirurgicznego, któremu błędnie nadano nazwę „implantacja z obciążeniem natychmiastowym”, opierając się na aktualnym stanie wiedzy, jest niezgodne z zasadami sztuki lekarskiej. Wskazania do zastosowania tej procedury ograniczają się tylko do niewielkiej liczby przypadków klinicznych (okolica bródkowa).

Na kontrolnych zdjęciach radiologicznych wykonanych po wszczepieniu implantów zaobserwowano resorpcję okołowszczepową tkanki kostnej, która roz-

poczyna się od brzegu wyrostka zębodołowego i bardzo często przybiera formę stożka. Zjawisko to można uznać za „fizjologiczne” wówczas, gdy nie przekracza 2 mm w pierwszym roku po zabiegu, a następnie 0,2 mm w każdym kolejnym roku. Nadmierna resorpcja może doprowadzić do utraty albo do złamania wszczepu, z powodu zwiększonego ramienia dźwigni. Główną przyczyną resorpcji kości, pomijając klasyczne teorie opierające się na infekcji bakteryjnej, jest czynnik biomechaniczny. Zgodnie z tą hipotezą biomechanikę uważa się za główny czynnik powodujący zanik tkanki kostnej.

Aktualne badania różnych autorów, prowadzone na modelach szczęki i żuchwy, potwierdziły, że w odróżnieniu od implantacji dwufazowej, okołowszczepowej stożkowy zanik kości w metodach wykorzystujących obciążenie natychmiastowe jest ograniczony lub nieobecny. Powodem tego jest korzystniejszy rozkład naprężeń w okolicy wszczepu, a w szczególności mniejsze obciążenie w obszarze przyszyjkowym, w miejscu połączenia kości ze wszczepem (1, 7).

Celem niniejszej pracy jest dokonanie po raz pierwszy porównania obrazów radiologicznych dwóch technik implantologicznych podczas badań kontrolnych, przeprowadzonych 2 lata po zabiegu, z wykorzystaniem analizy biomechanicznej, ze szczególnym zwróceniem uwagi na zjawisko stożkowej resorpcji kości.

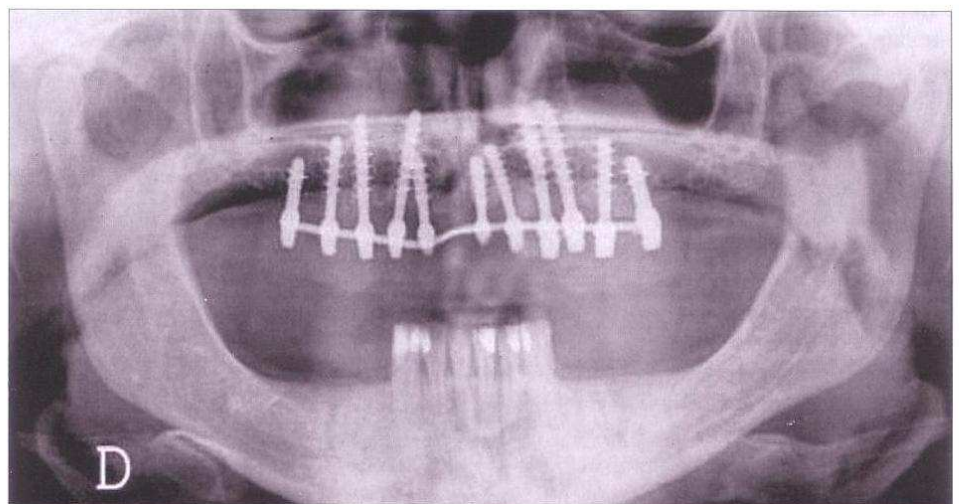
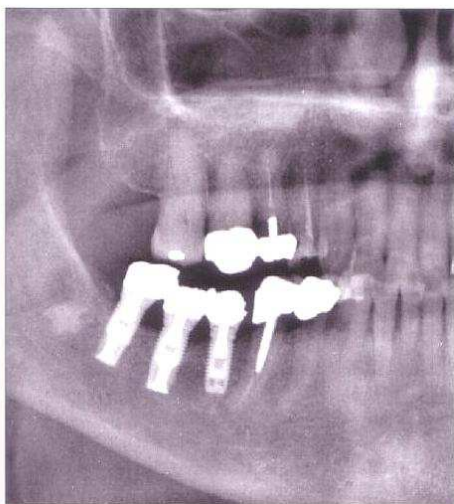
### Materiały i metody

W badaniu poddano analizie przypadki pacjentów z ubytkami częściowymi lub z bezzębiem, u których w rehabilitacji układu stomatognatycznego można było wykorzystać dwie różne techniki implantologiczne. Obserwacje prowadzono od września 2003 do marca 2004 roku.

Po uprzednim wyrażeniu zgody przez pacjentów oraz lekarzy na przeprowadzenie badań, wybrano osoby mające tkankę kostną dobrej lub dość dobrej jakości, odpowiadającej gęstości kości gąbczastej szczęki mieszczącej się między 600 a 1000 jednostek Hounsfielda (klasa D2-D3).

W badaniu uczestniczyło łącznie 47 osób, 30 mężczyzn i 17 kobiet, których średnia wieku wynosiła 52 lata. Uczestników podzielono na dwie grupy: 1) grupa pierwsza liczyła 21 osób (14 mężczyzn i 7 kobiet, średnia wieku 54 lata) użytkujących łącznie 61 wszczepów dwufazowych obciążonych w trybie odroczonego; 2) grupa druga składała się z 26 pacjentów (16 mężczyzn i 10 kobiet, średnia wieku 51 lat), użytkujących wszczepy samogwintujące lub igłowe o średnicy trzonu wynoszącej 3 mm, obciążone natychmiastowo i ustabilizowane przez zgrzanie z belką tytanową. W sumie wykorzystano 218 wszczepów jednofazowych, które zastępowały dwa zęby naturalne lub większą liczbę zębów naturalnych.

Każdemu pacjentowi wykonywano kontrolne cyfrowe badania radiologiczne w akredytowanych publicznych ośrodkach zdrowia. Badanie polegało na wykonaniu cyfrowego zdjęcia pantomograficznego bezpośrednio po zabiegu oraz po upływie 18-24 miesięcy od implantacji. Podczas drugiej kontroli koncentrowano się na resorpcji okołowszczepowej tkanki kostnej (uwzględniano zniekształcenia występujące w obrazie pantomograficznym, np. powiększenie obrazu w stosunku do obiektu) oraz określano jej strukturę. Maksymalna akceptowalna wartość resorpcji, biorąc pod uwagę czas, który upłynął od zabiegu, wynosiła 2,2 mm. W 12 przypadkach anatomia resorpcji stożkowej była trudna do oceny. Z tego powodu zdecydowano się na badanie dodatkowe w postaci badań spiralnej tomografii



Ryc. 1A. Obraz radiologiczny wszczepów dwufazowych. B. Obciążenie natychmiastowe: belkę zgrzewa się z implantami w celu ich unieruchomienia bezpośrednio po wszczepieniu i stabilizacji całej struktury.

# Nowoczesne techniki odtwórcze

komputerowej luków zębowych wraz z przekrojami panoramicznymi i strzałkowymi, zgodnie z wcześniej ustalonym protokołem (8).

Wszystkie badania radiologiczne zostały opisane przez dwóch różnych radiologów specjalizujących się w diagnostyce stomatologicznej. Zwracali oni przede wszystkim uwagę na morfologię okołowszczepowej tkanki kostnej.

W celu oceny wszczepów pod kątem różnych warunków obciążenia wykonano modele odzwierciedlające przypadki kliniczne, będące obiektem badań opisanych w niniejszej pracy. W przygotowanych modelach przywiązywano największą wagę do budowy i lokalizacji wszczepów. Umieszczenie implantów było odzwierciedleniem sytuacji klinicznej, zobrazowanej w badaniach diagnostycznych. Szczególną uwagę zwrócono na ocenę wszczepów pojedynczych oraz implantów połączonych ze sobą za pomocą belki tytanowej. Poza symulacją obciążeń powstałych podczas żucia, zbadano odpowiedź wszczepów na zmianę temperatur. Ostatnim etapem była symulacja wyżej wymienionych czynników na różnych poziomach osteointegracji.

## Wyniki

W grupie pierwszej stożki resorpcji kostnej dotyczyły 16 przypadków, łącznie 41 wszczepów (76% badanych, 68% wszczepionych implantów) (ryc. 2). Stopień resorpcji kości przekroczył akceptowalne wartości w 7 przypadkach, a dotyczył łącznie 12 implantów (ryc. 3A, 3B). W grupie drugiej resorpcję odnotowano w 6 przypadkach, łącznie w obrębie 31 wszczepów (23% badanych, 17% wszczepionych implantów). W jednym przypadku stopień resorpcji kości przekroczył akceptowalne wartości i dotyczył 13 wszczepów (ryc. 4).

Warto zwrócić uwagę na wyniki statystyczne badań. Częstość występowania stożków resorpcji w grupie 1 i 2 znacznie się różni po porównaniu zarówno liczby badanych osób, jak i liczby wszczepionych implantów. Wyniki testu statystycznego wynoszą w pierwszym przypadku 3,628 ( $p < 0,0001$ ), a w drugim 7,729 ( $p < 0,00001$ ). Przeprowadzony test opiera się na standaryzacji różnic częstości resorpcji w dwóch grupach. Test statystyczny ma rozkład asymptotyczny normalny standardowy. Ogólnie przyjmuje się, że różnice w proporcji w dwóch grupach są znaczące wówczas, gdy wartość  $p$  jest niższa niż 0,05.

Wyniki analizy biomechanicznej wykazały w każdym przypadku występowanie największych naprężeń w okolicy szyjki wszczepu (ryc. 5A, czarna strzał-

ka). W porównaniu z wszzczepami dwufazowymi, w implantach jednofazowych obciążanych natychmiastowo część naprężeń przenosi się za pośrednictwem belki tytanowej na sąsiednie wszzczepy (ryc. 5B). Również w przypadku pojedynczego wszczepu bikortykalnego obciążonego natychmiastowo część naprężeń przejmuje warstwa korowa wewnętrzna (ryc. 6A, 6B).

Należy wspomnieć także, że poza już opisanymi naprężeniami okolicy szyjki wszczepu, w obrębie jego wierzchołka występuje obszar naprężeń (ryc. 5A, biała strzałka) zwany „drugorzędowym”, ponieważ jego wartości są raczej niskie (0,3-1 MPa).

## Dyskusja i podsumowanie

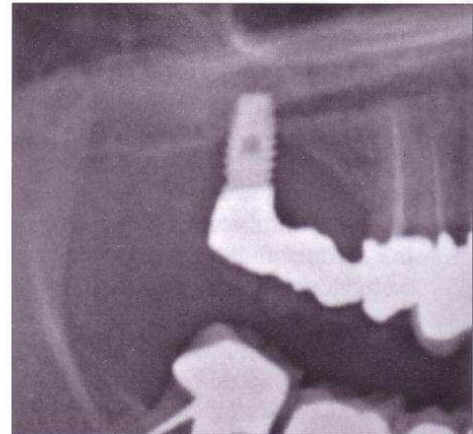
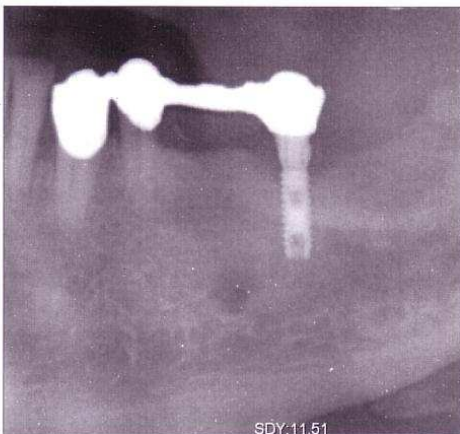
Prawidłowo wykonane cyfrowe zdjęcie pantomograficzne okazało się idealną metodą badania, ujawniającą nawet niewielkie zmiany w obrębie okołowszczepowej tkanki kostnej. Tomografia kom-

puterowa ma natomiast kluczowe znaczenie w fazie planowania poszczególnych etapów chirurgicznych (8, 9).

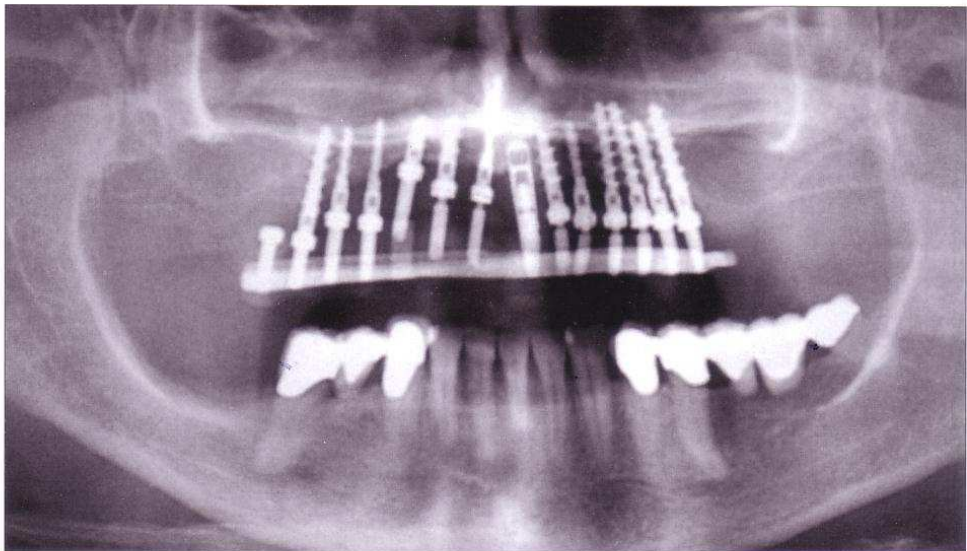
Niniejsze badanie nie ujawniło żadnych danych sprzecznych z informacjami znajdującymi się w przytoczonym



Ryc. 2. Metoda dwufazowa, badanie kontrolne po 2 latach od zabiegu: „fizjologiczny” stożek resorpcji (biała strzałka).



Ryc. 3 A, B. Metoda dwufazowa, badanie kontrolne po 2 latach od zabiegu: stożek resorpcji przekracza granicę fizjologiczną. Jest to wynikiem niekorzystnego, z punktu widzenia mechaniki, połączenia wszczepu z zębem.



Ryc. 4. Rehabilitacja z obciążeniem natychmiastowym: obecność zaawansowanej i rozległej resorpcji wyrostka zębodołowego, obejmującej wszystkie wszczepione implanty. Jest to wynikiem niekorzystnego, z punktu widzenia mechaniki, połączenia wszczepu z zębem.

przez nas piśmiennictwie (1, 5, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16). W wyniku naszych badań stwierdzono, że w odległych badaniach kontrolnych stożkowy zanik tkanki kostnej występuje zaledwie u 1/4 pacjentów użytkujących wszczepy obciążone natychmiastowo i aż u 3/4 pacjentów z wszzczepami obciążonymi w sposób odroczone. Różnica ta jest spowodowana przede wszystkim rozłożeniem naprężeń na powierzchni kontaktu kość-wszczep. Przeprowadzone badania udowadniają, że obszar ten jest miejscem krytycznym, gdyż powstałe wokół niego naprężenia mają maksymalne wartości. Zjawisko resorpcji najbardziej przypomina kształtem stożek i pojawia się po pewnym czasie w okolicy połączenia wszczepu z kością (ryc. 5 A, ciemna strzałka).

Badania przeprowadzone na wszzczepach jednofazowych obciążonych natychmiastowo udokumentowały fakt, że część naprężeń zostaje przeniesiona przez belkę tytanową na sąsiednie im-

planty (ryc. 5 B). Bezpośrednią konsekwencją takiego rozłożenia obciążenia jest zmniejszenie maksymalnych wartości naprężeń powstających wokół szyjki implantu i w obrębie kości otaczającej wszczep.

Również belka zapobiega mikroruchom powstającym pomiędzy wszzczepem a kością i przeciwdziała wykręcaniu się implantu. Ponadto w przypadku wszzczepów bikortykalnych sytuacja jest jeszcze korzystniejsza, ponieważ obciążenie rozkłada się na przeciwległą warstwę koronową, zmniejszając w konsekwencji wartości maksymalnych naprężeń powstających w „krytycznej” okolicy ich szyjki (ryc. 6A i 6B). Ma to duży wpływ na brak stożków resorpcji w okolicy wszzczepów bikortykalnych, unieruchomionych natychmiastowo.

Rehabilitacja implantoprotetyczna wszystkich pacjentów należących do grupy drugiej opierała się na obciążeniu natychmiastowym wszzczepów jednofa-

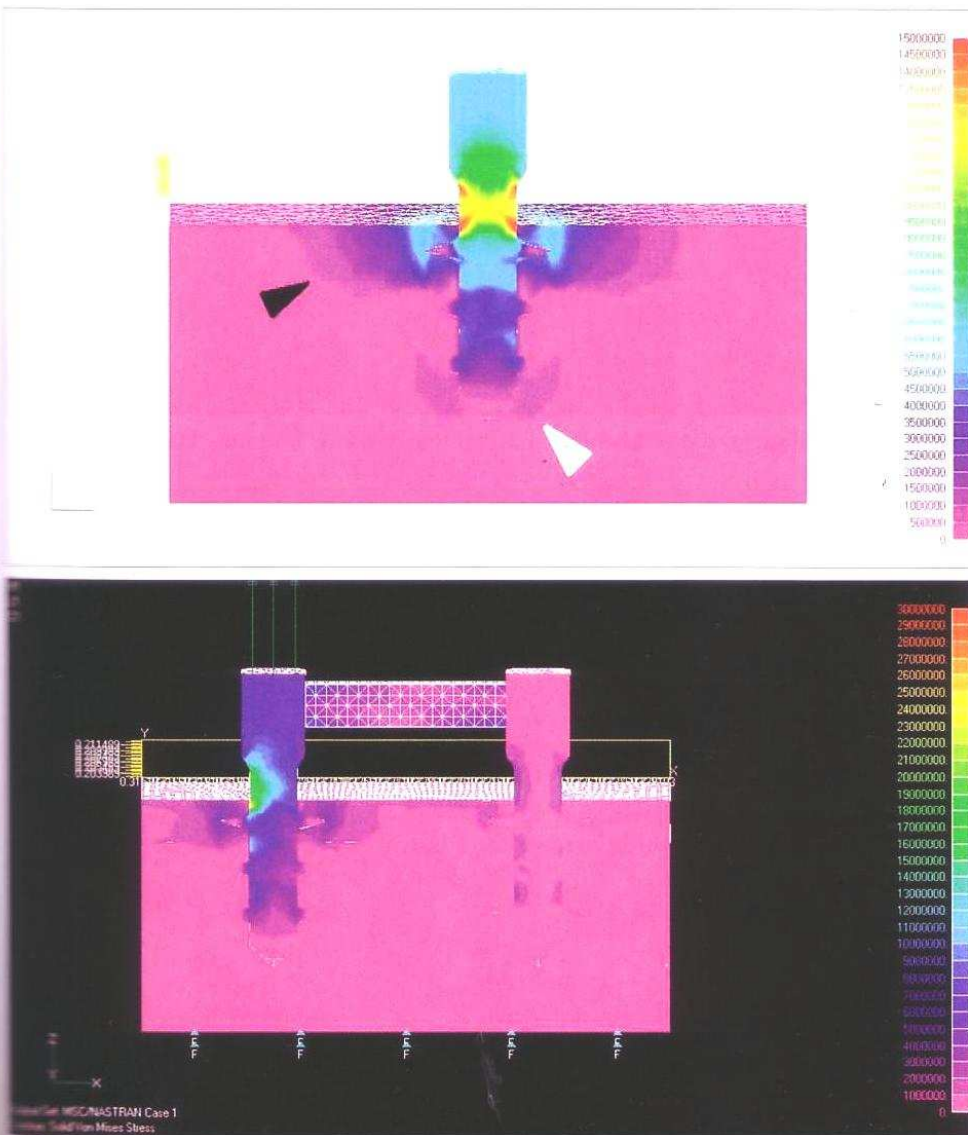
zowych, o średnicy trzonu mniejszej od średnicy implantów standardowych, lecz mających szerszy gwint, gwarantujących lepszą stabilizację pierwotną, warunkującą natychmiastowe obciążenie i w konsekwencji szybkie rozpoczęcie procesów osteoregeneracyjnych (ryc. 7). W przypadku pozbawionych gwintu wszzczepów igłowych kluczową rolę w stabilizacji odgrywa zjawisko bikortykalizmu.

Opierając się na zbadanych zjawiskach biomechanicznych, uważamy za słuszne stwierdzenie, że wymienione zalety zostają utracone wówczas, gdy bezpośrednio po implantacji obciąża się wszczepy inne niż jednofazowe, np. dwufazowe, zgodnie z metodą aktualnie proponowaną przez niektórych autorów (6). Wszczepy te mają węższy gwint, a ich kształt nie opiera się na koncepcji bikortykalizmu. Z tego powodu, oczekując na jej przyjęcie przez klinicystów, metody tej nie uwzględniono w niniejszej pracy.

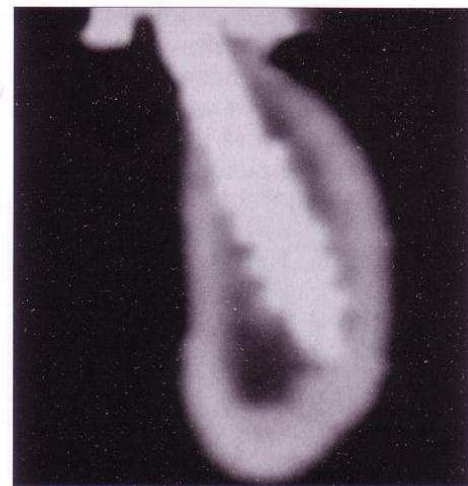
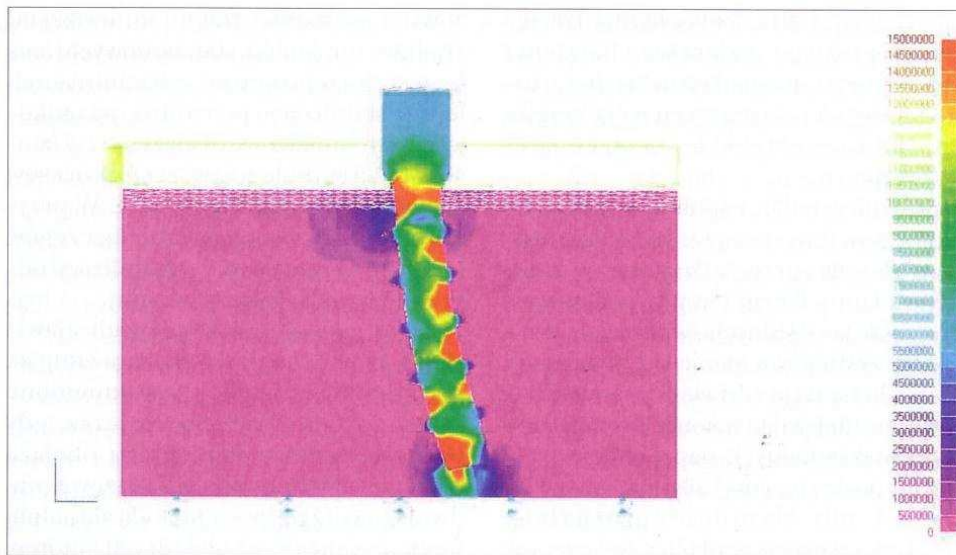
Zgodnie z przedstawionymi już wcześniej wnioskami można stwierdzić, że tkanki twarde, otaczające implanty wszzczepiane zgodnie z zasadami sztuki, po unieruchomieniu i natychmiastowemu obciążeniu nie będą wykazywały cech resorpcji stożkowej. W drugiej badanej grupie objawy radiologiczne zaniku tkanki kostnej zaobserwowano w niewielu przypadkach, lecz widoczna była tendencja do wzrostu liczby objętych resorpcją wszzczepów u tych samych pacjentów. Zjawisko to nie jest prawdopodobnie związane ze strukturą wszzczepów jednofazowych, a powodem jego wystąpienia jest błąd popełniony na jednym z etapów leczenia. Błąd mógł dotyczyć zarówno etapu chirurgicznego, jak i etapu planowania oraz osadzania uzupełnienia protetycznego. Należy również zwrócić uwagę na doświadczenie chirurga wszzczepiającego implanty jednofazowe, obciążane natychmiastowo, ponieważ jest to metoda leczenia, która wymaga dużej wprawy operatora (ryc. 8).

Wspomnijmy na koniec o drugorzędowej strefie naprężeń, którą zlokalizowaliśmy w obrębie wierzchołka wszczepu. Chcielibyśmy przytoczyć najnowsze badania, na podstawie których stwierdzono, wykorzystując modele do badań biomechanicznych, mające wszczepy zębowe, że zakres tej strefy rośnie proporcjonalnie do głębokości stożka resorpcji. Hipotetyczną konsekwencją po upływie pewnego czasu mogłoby być stopniowe objęcie struktur anatomicznych niekontaktujących się z operowaną okolicą, np. nerwu zębodołowego dolnego (17).

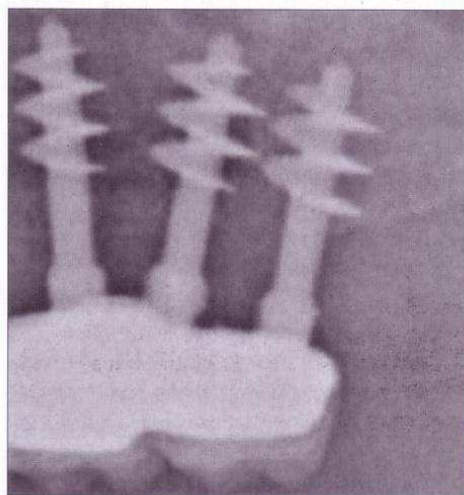
Podsumowaniem może być stwierdzenie, że opisane procesy biomecha-



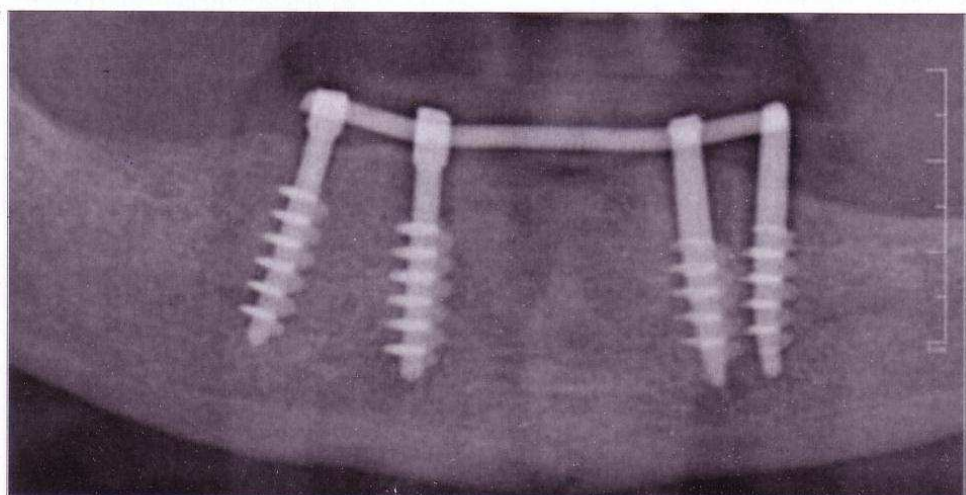
Ryc. 5A. Modele wykorzystane do badań: okolicy szyjkowej oraz okolicy wierzchołkowej transwersyjnego naprężeń (obszar krytyczny oraz obszar drugorzędowy). B. Obszary te są mniej rozciągnięte w przypadku obciążenia natychmiastowego, ponieważ naprężenia częściowo zostają przeniesione za pomocą belki tytanowej.



Ryc. 6 A. W przypadku zakotwiczenia bikortykalnego przeciwną warstwa korowa wewnętrzna pochłania część naprężeń. B. W przypadku implantów prawidłowo wszczepionych oraz unieruchomionych zgodnie z opisaną metodą, nie odnotowano zjawiska resorpcji kości: kontrolne badanie tomograficzne po 20 miesiącach; rekonstrukcja przekroju trzonu żuchwy w kierunku przedśionkowo-językowym.



Ryc. 7. W rehabilitacji z obciążeniem natychmiastowym stabilizację pierwotną uzyskuje się również przez wykorzystanie wszczepów śrubowych o szerokim gwinciu i wąskim trzonie.



Ryc. 8. Rehabilitacja z obciążeniem natychmiastowym, badanie kontrolne po 18 miesiącach.

niczne, dotyczące wszczepu oraz jego nadbudowy protetycznej, można zaliczyć do głównych czynników patogenezы resorpcji stożkowej, widocznej na zdjęciach radiologicznych. Nie można jednak pominąć konkluzji, że na powstanie resorpcji mogą mieć również wpływ czynniki drugorzędne, do których na-

leżą doświadczenie operatora, średnica wszczepów, współczynnik gęstości kości, ewentualne zachodzenie wszczepów na siebie.

Statystycznie zanik okołowszczepowej tkanki kostnej rzadziej występuje w przypadku obciążenia natychmiastowego wszczepów.

**Tłumaczenie lek. stom.  
Joanna Wichrowska-Gil**

**Konsultacja merytoryczna  
dr hab. n. med. Marcin Kozakiewicz**

**Piśmiennictwo** – 17 pozycji – w redakcji.

**II Konferencja „Magazynu Stomatologicznego”  
5-6 grudnia 2008**