

¹ prof. Itzhak Binderman



² dr Lari Sapoznikov

Nowatorska metoda przetwarzania usuniętych zębów własnych pacjenta w celu uzyskania zębiny do natychmiastowych przeszczepów autogennych

A Novel Procedure to Process Extracted Teeth for Immediate Grafting of Autogenous Dentin

Słowa kluczowe:

młynek kostny „Smart Dentin Grinder”, system sortowania, przeszczep autogeny zębiny drobnocząsteczkowej, zachowanie zębodołu.

Key words:

młynek kostny „Smart Dentin Grinder”, system sortowania, przeszczep autogeny zębiny drobnocząsteczkowej, zachowanie zębodołu.

Itzhak Binderman^{1*}, Gideon Halle², Casap Nardy³, Avinoam Yaffe⁴, and Lari Sapoznikov²

¹ Oddział Biologii Jamy Ustnej, Szkoła Medycyny Stomatologicznej, Instytut Bioinżynierii, Wydział Inżynierii, Uniwersytet w Tel-Awiv, Tel-Awiv, Izrael

² Prywatna praktyka lekarska, Tel-Awiv, Izrael

³ Instytut Chirurgii Szczękowo-Twarzowej i Uniwersytet Hebrajski, Jerozolima, Izrael

⁴ Wydział Stomatologii Hadassah, Uniwersytet Hebrajski, Jerozolima, Izrael

*Autor korespondencyjny: Itzhak Binderman, Oddział Biologii Jamy Ustnej, Szkoła Medycyny Stomatologicznej, Uniwersytet Tel-Awiv, Ramat Awiv 69978, Tel-Aviv, Izrael, E-mail: Binderman.itzhak@gmail.com

Wstęp

Ekstrakcje zębów należą do najczęściej wykonywanych procedur stomatologicznych, a następujący w ich wyniku lokalny zanik kości jest historycznie dobrze udokumentowanym faktem [1]. W poniższym artykule Horowitz i wsp. [1], porównując stopień resorpcji wyrostka wokół zębodołów wypełnionych materiałem kościozastępczym i tych niepoddanych procedurom ochronnym, stwierdzają, że poekstrakcyjna augmentacja kości sprzyja zachowaniu jej wymiarów. Nieprawidłowe przeprowadzenie procedur profilaktycznych może jednak skutkować znacznym pogorszeniem fonetyki pacjenta, estetyki i funkcjonalności przyszłej odbudowy

Streszczenie

Wstęp: Usunięte zęby traktowane są powszechnie jako odpad medyczny i utylizowane wraz z innymi materiałami odpadowymi. Nie ulega jednak wątpliwości fakt, że pod względem składu chemicznego zębina przypomina kość. Jednym z dowodów na podobieństwo obu tkanek jest proces jakim ulegają zęby poddane replantacji - korzeń takiego zęba podlega resorpcji, a następnie, wskutek ankylozy, stapia się on z otaczającą go kością wyrostka zębodołowego.

Założenia: Artykuł opisuje innowacyjną metodę przetwarzania usuniętych zębów w drobnocząsteczkową, wolną od bakterii zębinę, która może zostać wykorzystana do natychmiastowej odbudowy poekstrakcyjnych ubytków kostnych.

Metoda: Usunięty ząb zostaje oczyszczony z płytki nazębnej, próchnicy i wypełnień. Po oczyszczeniu i osuszeniu ząb (składający się głównie z zębiny) zostaje rozdrobniony przy użyciu specjalnego młynka „Smart Dentin Grinder”. Powstały w ten sposób pył składający się z cząstek o średnicy 300-1200 µm przesiewany jest przez zintegrowany z młynkiem system sortowania, a następnie przenoszony do sterylnej naczynia z roztworem alkoholu w celu wyeliminowania bakterii i resztek organicznych. Po przemyciu roztworem soli fizjologicznej pył zębinowy gotowy jest do wprowadzenia do zębodołu poekstrakcyjnego lub w miejsce defektu kostnego.

Wyniki: W ciągu 2 lat badań klinicznych nad metodą przeprowadzono ponad 100 zabiegów, w większości z których przetworzona własna zębina posłużyła do wypełnienia zębodołów poekstrakcyjnych. Już 2-3 miesiące po zabiegu jakość podłoża kostnego w danym miejscu była wystarczająco dobra, aby można było wprowadzić w nie implant. Zarówno zdjęcia rentgenowskie, jak i analiza materiału pobranego metodą biopsji z obszaru poddanego augmentacji potwierdziły obecność w badanym miejscu dobrze zintegrowanej, gęstej tkanki kostno-zębinowej. Nie zaobserwowano powikłań gojenia się ran.

Wnioski: Przeszczep autogeny przetworzonej zębiny ma szansę stać się nowym złotym standardem w chirurgii stomatologicznej w zakresie zachowania zębodołów poekstrakcyjnych oraz uzupełniania ubytków kostnych.

Abstract

Background: Extracted teeth are still considered a clinical waste and therefore being discarded. It is evident that chemical composition of dentin is similar to bone. Following tooth replantation the tooth is replaced by bone then followed by root resorption and ankyloses and finally integrated into the surrounding alveolar bone.

Aims: Here we present a novel procedure in a clinical setting that employs freshly extracted teeth that are processed into a bacteria-free particulate dentin, and then grafted immediately into extraction sites or bone deficiencies.

Methods: The procedure consists of reducing any restorations, caries or debris. The clean and dry tooth, mostly dentin, is immediately grinded using a specially designed 'Smart Dentin Grinder'. The dentin particulate of 300-1200 µm is sieved through a special sorting system. The sorted particulate dentin is immersed in basic alcohol cleanser in a sterile container to dissolve all organic debris and bacteria. Then, the particulate is washed by sterile saline. The bacteria-free particulate dentin is ready for immediate grafting into extraction sites or into bone defect sites.

Results: During the period of two years, more than 100 procedures were performed, most of which for the purpose of preservation of alveolar bone. In those patients, implant insertion was possible as soon as 2-3 month after grafting of autogenous dentin. On x-rays and biopsy of grafting sites a dense dentin-bone composite was found. No wound healing complications were observed.

Conclusion: Autogenous mineralized dentin particulate grafted immediately after extractions should be considered as the gold standard for socket preservation, bone augmentation in sinuses and bone defects.



Ryc. 1 Od ekstrakcji do materiału przeszczepowego: (a) ząb bezpośrednio po ekstrakcji, pokryty resztkami organicznymi i osadem; (b) ten sam ząb po oczyszczeniu go przy pomocy wiertła z węglików spiekanych; (c) gotowy materiał przeszczepowy składający się z cząsteczek o średnicy 300-1200µm.

protetycznej. Najczęściej stosowanymi w stomatologii materiałami do odbudowy ubytków kostnych są kość allogeniczna oraz syntetyczne materiały mineralne, niemniej jednak złotym standardem postępowania pozostaje nadal przeszczep autogeny. Kość własna pacjenta dostarcza w miejsce ubytku proteiny, które wpływają na migrację, organizację i różnicowanie się komórek kostnych, poza tym ogromną zaletą tej metody jest biokompatybilność materiału, co eliminuje ryzyko nieprzyswojenia go przez organizm lub wystąpienia reakcji uczuleniowej.

Powszechnie wiadomo, że zarówno szczęka, żuchwa, kość wyrostka zębodołowego jak i zęby pochodzą z komórek grzebienia nerwowego. Znany fakt jest również istnienie wielu białek wspólnych dla kości, zębiny i cementu korzeniowego [2,3,4]. Nie dziwi więc, że zębina (która stanowi 85% objętości zęba) wydaje się być idealnym materiałem do uzupełniania braków kostnych na drodze przeszczepu autogenego. Co ciekawe, badania Schultza oraz zespołu Schmidt-Schultz wykazały obecność nienaruszonych czynników wzrostu w macierzy pozakomórkowej kości i zębów szkieletów ludzi starożytnych. Opisano i przetestowano na zwierzętach także metodę przetwarzania zębiny bydłowej w sterylny granulaty, który posłużył do odbudowy defektów kostnych [5-7]. Nie ulega więc wątpliwości, że organizm, w sposób powolny i stopniowy, zastępuje przeszczepione tkanki zębowe strukturą kostną [8]. Jako że usunięte zęby uznawane są zwyczajowo za odpad medyczny, utylizowane są one wraz z innymi materiałami odpadowymi. Najnowsze badania naukowe dowodzą jednak, że zęby takie - po poddaniu ich procesom oczyszczania, mielenia, demineralizacji i sterylizacji - stanowią doskonały substytut kości, a więc mogą być z powodzeniem wykorzystane do przeszczepów autogenych oraz uzupełniania defektów kostnych [9-11]. Jedną z nielicznych wad opisanej procedury jest czasochłonność - granulaty gotowy jest do użycia dopiero wiele godzin lub nawet dni po ekstrakcji. W poniższym opracowaniu przedstawiamy zmodyfikowaną metodę postępowania z użyciem specjalnego młynka „Smart Dentin Grinder”™. Rozdrabnia i przesiewa on świeżo usunięte zęby wytwarzając drobnocząsteczkowy, wolny od bakterii pył zębinowy, który może zostać natychmiast zastosowany jako autogeny mineralny materiał kościozastępczy. Odkazanie tak przygotowanego pyłu przy pomocy chemicznego środka czyszczącego trwa nie dłużej niż 15-20 minut. Ta innowacyjna metoda postępowania polecana jest głównie w przypadku ekstrakcji z przyczyn periodontologicznych, a także konieczności usunięcia częściowo lub całkowicie zatrzymanych zębów. Zęby poddane uprzednio leczeniu kanałowemu, ze względu na obecność w nich materiału obcego (gutaperka, uszczelniacz, itp.), nie nadają się

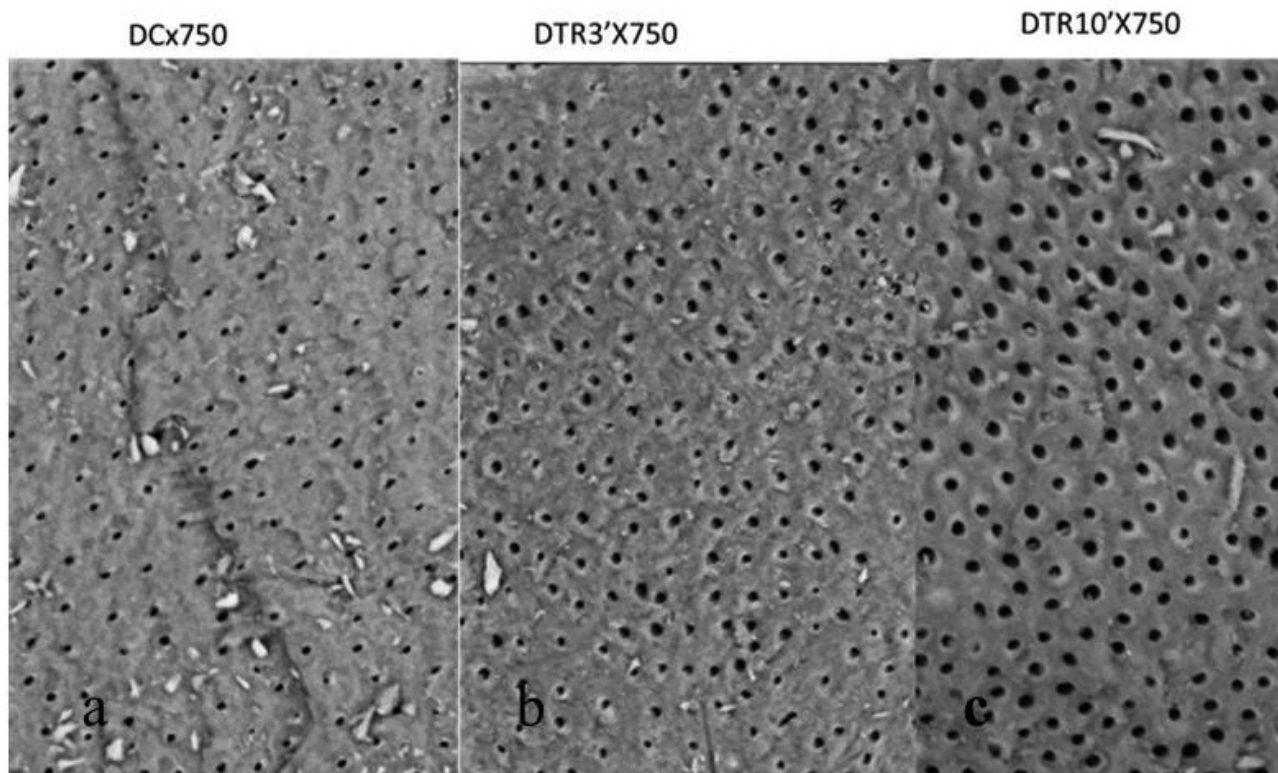
do przetworzenia. Zęby zaopatrzone w wypełnienia lub korony mogą zostać wykorzystane po starannym usunięciu wypełnień i resztek cementu.

Metoda

Od ekstrakcji zęba do przeszczepu zębiny drobnocząsteczkowej. Nielezione endodontycznie zęby zakwalifikowane do ekstrakcji z przyczyn periodontologicznych lub ortodontycznych, a także zęby mądrości, stanowią doskonały surowiec do wytwarzania granulatu zębinowego i mogą zostać poddane obróbce natychmiast po usunięciu. W ramach przygotowania do procesu przetwarzania należy usunąć lub odciąć obecne wypełnienia i korony protetyczne oraz oczyścić powierzchnię zęba z kamienia, osadu i resztek więzadła ożębnej. Także próchnicowa lub przebarwiona zębina powinna zostać usunięta przy użyciu wiertła z węglików spiekanych (ryc. 1a i 1b). Z doświadczenia autorów artykułu wynika, że wiertło takie jest najskuteczniejszym środkiem do wykonywania tego typu procedur. W przypadku zębów wielokorzeniowych wskazane jest rozdzielenie korzeni. Tak przygotowane fragmenty zębów należy wysuszyć sprężonym powietrzem z dmuchawki oraz umieścić w zbiorniku specjalnego młynka „Smart Dentin Grinder”™ (SDG) (ryc. 2a). To innowacyjne urządzenie w ciągu 3 sekund rozdrabnia zęby do proszku, który następnie, poprzez trwające około 20 sekund ruchy drgające komory mielącej, przesiewany jest przez wbudowane sito. Fragmenty o średnicy 1200 µm i większe pozostają na powierzchni sita, cząsteczki o wymiarach 300-1200 µm gromadzone są w dolnym zbiorniku młynka (ryc. 2b), a te drobniejsze niż 300 µm, które uznaje się za nieprzydatne jako materiał przeszczepowy, lądują w szufladzie na



Ryc. 2 Młynek „Smart Dentin Grinder” i jego zbiornik wypełniony gotowym do sterylizacji proszkiem zębinowym o średnicy cząsteczek 300-1200 µm. (a) Smart Dentin Grinder, (b) Szufladka młynka, w której gromadzone są fragmenty zębiny po zmieleniu i przesianiu przez zintegrowane z urządzeniem sito. Jedynie cząsteczki o średnicy 300-1200 µm lądują w zbiorniku.



Ryc. 3 Zdjęcia wykonane za pomocą skaningowego mikroskopu elektronowego (SEM) (750-krotne powiększenie): (a) granulaty zębinowy przed oczyszczeniem; po 3 minutach (b) oraz po 10 minutach (c) od zanurzenia go w zasadowym roztworze alkoholu. Ostatnie zdjęcie uwidacznia szerokie, czyste kanaliki zębinowe. Przeprowadzone 10 minut po zanurzeniu w roztworze alkoholu badanie bakteriologiczne granulatu również nie wykazało obecności drobnoustrojów.

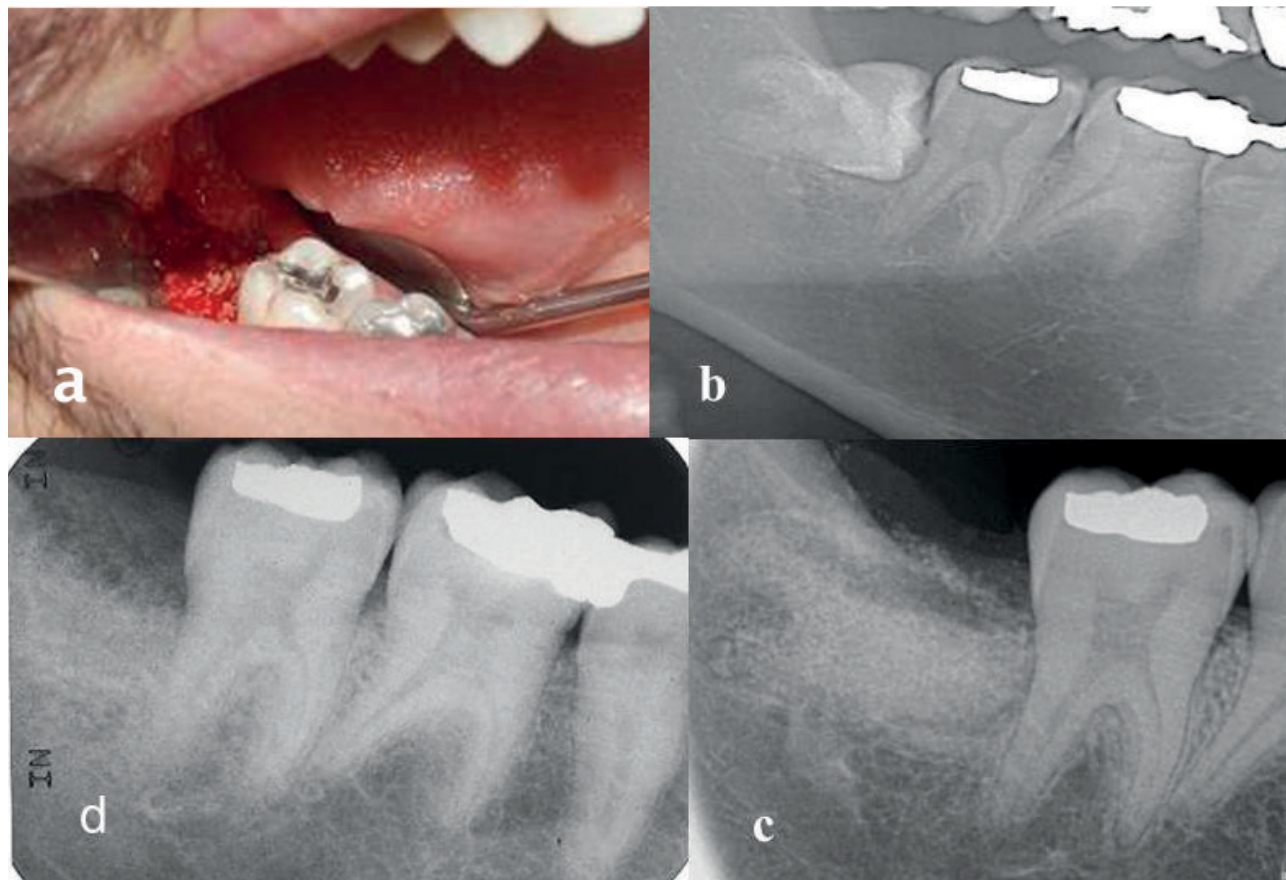
odpady. Proces mielenia i sortowania jest powtarzany kilkakrotnie, tak aby przetworzyć wszystkie pozostałe w zbiorniku fragmenty. Wyselekcjonowane w ten sposób cząsteczki o średnicy od 300 do 1200µm gromadzone są w środkowej szufladzie urządzenia SDG (ryc. 2b). Powstały w ten sposób granulaty zębinowy umieszcza się następnie na 10 minut w szklanym naczyniu wypełnionym 30-procentowym zasadowym roztworem alkoholu, zawierającym 0,5 mola wodorotlenku wapnia, w celu odtłuszczenia i oczyszczenia go z toksyn, bakterii i resztek organicznych. Ryc. 3 pokazuje efektywność roztworu w usuwaniu zanieczyszczeń organicznych - obrazy ze skaningowego mikroskopu elektronowego (SEM) ukazują otwarte, czyste kanaliki zębinowe już po 10 minutach od zanurzenia w nim zębiny. Potwierdza to skuteczność działania roztworu nie tylko do powierzchni drobinek, ale także w ich wnętrzu (ryc.3c). Po kilku minutach roztwór ulega dekantacji. Osad zgromadzony na dnie naczynia przemywa się dwukrotnie sterylnym zbuforowanym roztworem soli fizjologicznej (PBS). Po ponownym oddzieleniu cząstek stałych od płynu granulaty zębinowy gotowy jest do użycia jako materiał do odbudowy ubytków kostnych, zębodołów poekstrakcyjnych, a także do augmentacji dna zatoki szczękowej. Cała procedura - od ekstrakcji zęba do augmentacji kości - zajmuje nie więcej niż 15-20 minut. Kolejną jej zaletą, poza minimalnym nakładem czasu, jest wydajność - 95% powstałych w wyniku rozdrobnienia zębiny cząstek wykorzystywane jest ponownie jako materiał przeszczepowy. Jest oczywiste, że objętość powstałego granulatu przekracza ponad dwukrotnie objętość wprowadzonych do zbiornika młynka zębów. Wilgotny proszek można ewentualnie umieścić na 5 minut na rozgrzanej do temperatury 140°C elektrycznej płycie grzewczej. Powstały w ten sposób suchy, wolny od bakterii drobnocząsteczkowy granulaty zębinowy nadaje się doskonale do użytku w procedurach natychmiastowej lub odroczonej odbudowy kości.

Wyniki:

Ocena kliniczna

Podczas trwającego 2 lata okresu badań klinicznych ponad 100 lekarzy stomatologów przeprowadziło opisaną procedurę przetwarzania usuniętych zębów własnych pacjenta w granulaty zębinowy, który następnie posłużył jako materiał do natychmiastowej augmentacji kości. Do zabiegów zakwalifikowano jedynie zęby nieprzeleczone kanałowo, a te wolne od wypełnień i odbudów protetycznych wykorzystano w całości, włącznie ze szklivem i cementem korzeniowym. Poniżej przedstawiamy opisy przypadków, w których zęby własne pacjenta natychmiast po ekstrakcji przetworzone zostały w sterylny granulaty zębinowy, wykorzystany następnie jako autogenny materiał przeszczepowy u tego pacjenta.

Spośród zakwalifikowanych do badań przypadków, 16 dotyczyło zębów mądrości z różnymi wskazaniami do ekstrakcji - częściowo zatrzymanych, położonych poziomo lub dotkniętych próchnicą. Każdy z nich przetworzony został za pomocą urządzenia Smart Dentin Grinder w drobnocząsteczkowy granulaty zębinowy, który wprowadzono do zębodołu poekstrakcyjnego bezpośrednio po usunięciu zęba. Poniższy opis dotyczy zatrzymanego, ułożonego poziomo zęba 48. Jego niekorzystne położenie względem sąsiedniego trzonowca, spowodowało powstanie między nimi głębokiej kieszeni kostnej (ryc. 4b), która - co klinicznie uwidoczniło się po ekstrakcji zęba mądrości - doprowadziła do obnażenia dystalnej powierzchni korzenia dalszego zęba 47. Kieszeń ta została wypełniona sproszkowaną zębiną natychmiast po usunięciu zęba 48 (ryc. 4c). Zarówno sam zabieg jak i proces gojenia przebiegły bez komplikacji. Przeprowadzona po 4 miesiącach kontrola radiologiczna potwierdziła pomyślny przebieg integracji granulatu



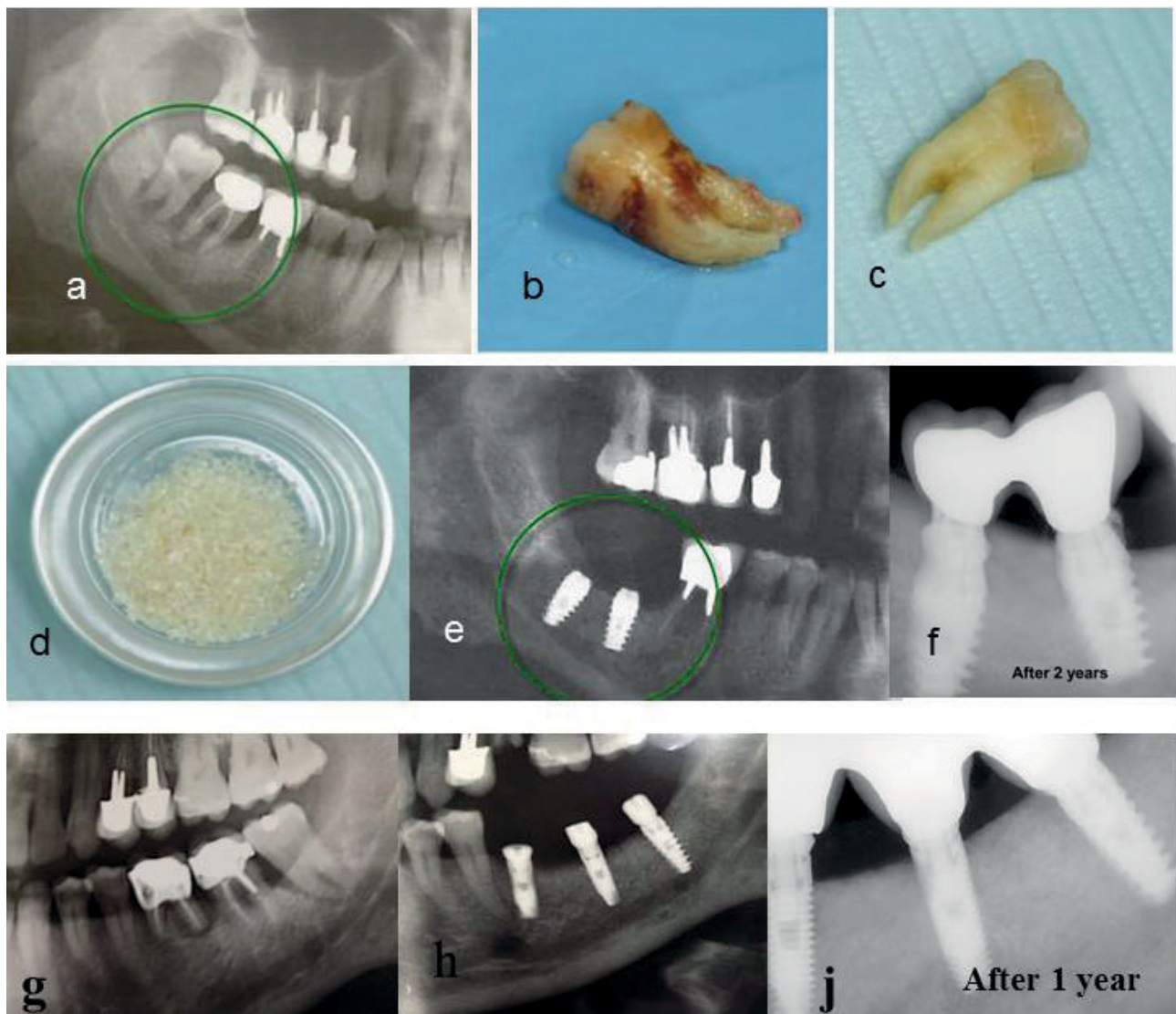
Ryc. 4 Po ekstrakcji zęba 48 zębodoł wypełniono drobnocząsteczkowym granulem zębinowym, powstałym przez zmielenie usuniętego trzonowca przy pomocy młynka „Smart Dentin Grinder”. (a): zębodoł po ekstrakcji, widok wewnątrzny; (b): zdjęcie rtg zatrzymanego zęba 48; (c): usunięty ząb przetworzono na drobnocząsteczkowy granulat, który następnie umieszczono w zębodole poekstrakcyjnym; (d) 4 miesiące po zabiegu: nowo powstała tkanka kostno-zębinowa całkowicie wypełniła ubytek wokół dystalnego korzenia zęba 47.

z łożem kostnym w okolicy usuniętego zęba mądrości jak i wokół dystalnego korzenia drugiego trzonowca. Także w badaniu klinicznym nie stwierdzono odstępstw od normy - ząb 47 otaczało dziąsło brzeżne o prawidłowej strukturze, a głębokość kieszonek dziąsłowej nie przekraczała 2 mm (ryc. 4d).

Kolejnych 37 przypadków dotyczyło pacjentów dotkniętych chorobą przyzębia, z zębami rozchwianymi, bez odpowiedniego podparcia kostnego. Jednym z nich był 56-letni mężczyzna cierpiący na zaawansowane zapalenie przyzębia brzeżnego zlokalizowane w dystalnych odcinkach żuchwy. Zęby 47 oraz 48 usunięto, a zębodoły poekstrakcyjne dokładnie oczyszczono z tkanki ziarninowej. Drugi trzonowiec - ze względu na wypełnione gutaperką kanały korzeniowe - został zdyskwalifikowany jako materiał przeszczepowy. Ząb mądrości natychmiast przetworzono przy pomocy urządzenia SDG i przygotowano do wprowadzenia do łoża kostnego. Powstała w wyniku jego zmielenia ilość proszku zębinowego okazała się wystarczająca do augmentacji obu zębodołów. Do pokrycia wprowadzonego do zębodołów przeszczepu wykorzystano błonę PRF. Ta stworzona przez dr. Choukrouna z Nicei metoda stymulacji wzrostu tkanek polega na wykorzystaniu uzyskanej z krwi pacjenta fibryny bogatopłytkowej (PRF - Platelet Rich Fibrine) jako autogennej membrany [12]. Całość pokryto płatem śluzówkowo-okostnowym oraz, unikając zbytnich napięć tkanek, zaopatrzone szwami. Zastosowanie PRF przyczyniło się do przyspieszonego gojenia, dzięki któremu już 2 miesiące po ekstrakcji zębów można było wprowadzić do łoża kostnego 2 implanty, na których osadzono następnie korony zblokowane. Radiologiczne badanie kontrolne przeprowadzone 2 lata po zabiegu wykazało obecność wokół implantów tkanki nieprzepuszczalnej dla pro-

mieni rentgenowskich, prawdopodobnie składającej się z konglomeratu kostno-zębinowego, stanowiącej niezwykle stabilne podparcie dla wszczepów (ryc. 5). Podobna procedura przeprowadzona została u tego samego pacjenta po przeciwnej stronie dolnego łuku zębowego. Fragment zdjęcia panoramicznego (ryc. 5g) obrazuje zanik kości w okolicy zębów 36, 37 i 38. Po okresie 2 miesięcy po ekstrakcji i augmentacji ubytków kostnych drobnocząsteczkową zębiną pozyskaną w wyniku przetworzenia tkanek zęba 38 w okolicy tej osadzono 3 wszczepy (ryc. 5h). Po 12 miesiącach od implantacji stwierdzono obecność kości o prawidłowej strukturze i brak resorpcji wyrostka zębodołowego w miejscu zabiegu (ryc. 5j).

Drobnocząsteczkowy granulat, jak pokazuje kolejny przypadek, może również z powodzeniem zostać zastosowany do augmentacji dna zatoki szczękowej. Ryc. 6 ukazuje ząb 26 dotknięty zaawansowanym zapaleniem przyzębia brzeżnego, które doprowadziło do powstania kieszeni kostnej sięgającej aż do pobliskiej zatoki szczękowej. Ząb usunięto, oczyszczono i przetworzono w wolny od bakterii zębinowy materiał przeszczepowy (ryc. 6d), który natychmiast po ekstrakcji wprowadzony został do ubytku kostnego. Zamknięte w ten sposób połączenie ustno-zatokowe pokryto następnie płatem śluzówkowo-okostnowym oraz zabezpieczono szwami. Gojenie przebiegło bez komplikacji, a po 3 miesiącach od zabiegu wysokość wyrostka wynosiła w najniższym miejscu 8,3 mm, co umożliwiło wprowadzenie 3 implantów. Należy zaznaczyć, że z tkanek twardych jednego tylko zęba uzyskano aż 2 cm³ autogennej materiału kośćozastępczego, co pozwoliło na odbudowę kości nie tylko zębodołu, ale także dna zatoki szczękowej. Co więcej, badania naszego zespołu wykaza-



Ryc. 5 Zęby 47, 48, 36, 37 i 38 dotknięte zaawansowanym zapaleniem przyzębia brzeźnego. Zęby te usunięto, a oba trzecie trzonowce, jako jedyne zakwalifikowane do przetworzenia, natychmiast po ekstrakcji wykorzystano jako autogeny materiał przeszczepowy. (a): Zdjęcie rtg zębów 47 i 48; ząb 48 przed (b) i po oczyszczeniu (c) go z osadów i resztek organicznych za pomocą wiertła z węglików spiekanych; (d): gotowy do użycia materiał przeszczepowy; (e): 2 miesiące po zabiegu. W okolicy 47-48 wszczepiono 2 implanty; (f): kontrola po 2 latach. Widoczna gęsta struktura tkanki kostno-zębinowej, brak resorpcji kości wokół wszczepów; (g): Zdjęcie rtg obrazujące pionowy i poziomy zanik kości w okolicy zębów 36,37 i 38; (h): 2 miesiące po augmentacji materiałem przeszczepowym pozyskanym z zęba 38 osadzono w kości 3 implanty; (i): kontrola radiologiczna 12 miesięcy po zabiegu. Zbita struktura kości, brak oznak resorpcji wokół implantów.

ły tak dobrą integrację przeszczepu zębiny z tkanką kostną w szczęce, że implantacja w danym obszarze stała się możliwa już po 3 miesiącach od augmentacji. Nie było również przeciwwskazań do natychmiastowego obciążenia wszczepów. Badanie histologiczne kości pobranej podczas preparacji łoża pod implanty, ukazało obraz nowo powstałej macierzy kostnej otaczającej ściśle fragmenty zębiny z jej kanalikami (ryc. 7).

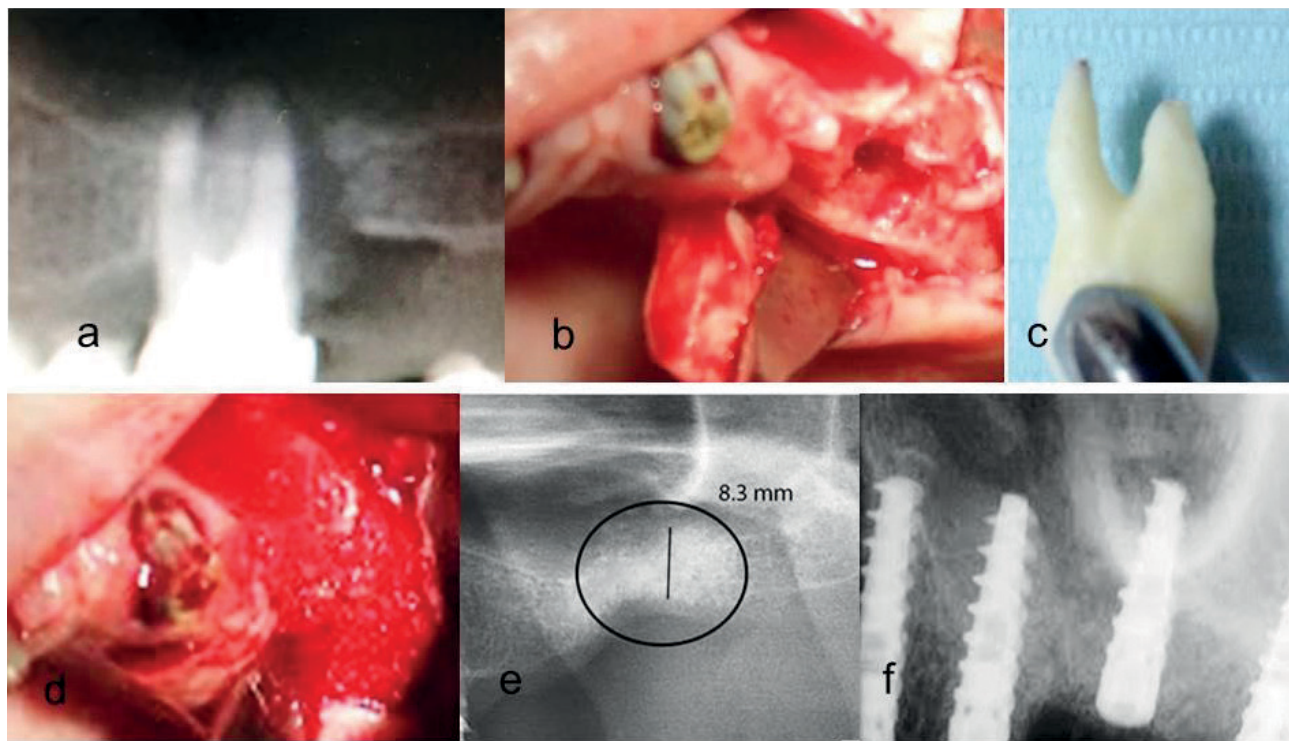
Ryc. 4: Po ekstrakcji zęba 48 zębodoł wypełniono drobnocząsteczkowym granulem zębinowym, powstałym przez zmielenie usuniętego trzonowca przy pomocy młynka „Smart Dentin Grinder”. (a): zębodoł po ekstrakcji, widok wewnętrzny; (b): zdjęcie rtg zatrzymanego zęba 48; (c): usunięty ząb przetworzono na drobnocząsteczkowy granulat, który następnie umieszczono w zębodole poekstrakcyjnym; (d) 4 miesiące po zabiegu: nowo powstała tkanka kostno-zębinowa całkowicie wypełniła ubytek wokół dystalnego korzenia zęba 47.

Dyskusja

Zabiegi transplantacji zębów własnych pacjenta wykonywano

rutynowo już ponad 40 lat temu. Dziś wiadomo, że przeszczepione zęby w ciągu 5-8 lat od zabiegu zlewają się z kością na skutek procesu ankylozy [13]. Także całkowicie zwichnięte zęby poddane replantacji, na skutek powolnej integracji zębiny i cementu korzeniowego z kością, ulegają z upływem czasu ankylozie [14]. Korzenie takich zębów zostają stopniowo zastąpione tkanką kostną. W końcowym etapie skutkuje to całkowitą ich resorpcją, a jako że odbywa się ona na rzecz kości, wysokość wyrostka zębodołowego nie ulega zmianie. Najnowsza publikacja Malmgrena [15] opisuje metodę ochrony wyrostka zębodołowego, polegającą na koronektomii zębów ankylotycznych. W ten sposób szerokość policzkowo-językowa wyrostka w tej okolicy nie ulega zmianie, a jego wysokość może nawet zostać zwiększona [16]. Badania przeprowadzone przez nasz zespół doprowadziły do podobnych wniosków - wprowadzone do poekstrakcyjnego zębodołu cząsteczki zębiny własnej pacjenta zostają otoczone macierzą kostną i ulegają swoistej ankylozie, co pozytywnie wpływa na zachowanie wymiarów wyrostka zębodołowego w tym miejscu.

Koreański Bank Zębów oferuje usługę przetwarzania usuniętych zębów w autogeny materiał przeszczepowy w postaci granulatu



Ryc. 6 Ząb 26 z głęboką kieszenią patologiczną (a) został usunięty i oczyszczony z resztek organicznych (d). (b): zębodoł po ekstrakcji, stwierdzono obecność połączenia ustno-zatokowego; (c): usunięty ząb przetworzono w drobnocząsteczkowy granulat zębinowy, który następnie wykorzystano do augmentacji zębodołu i zamknięcia połączenia ustno-zatokowego; (e): po 2 miesiącach od zabiegu wysokość wyrostka wynosiła w najniższym miejscu 8,3mm. 3 miesiące po augmentacji wprowadzono 3 implanty uzyskując ich dobrą stabilizację pierwotną.

lub bloku zębinowego [10, 11, 17]. Postępowanie przedłuża jednak okres oczekiwania pacjenta na transplantację od kilku godzin do kilku dni i co za tym idzie wymaga przeprowadzenia kolejnego zabiegu chirurgicznego. Mimo że tak przygotowana zębina dysponuje czynnikami wzrostu i różnicowania komórek kostnych, jakość powstałego konglomeratu kostno-zębinowego nie zezwala na wprowadzenie w niego implantów. Prezentowana przez nas metoda przetwarzania usuniętych zębów za pomocą urządzenia SDG umożliwia augmentację zębodołu wolnym od drobnoustrojów materiałem autogennym natychmiast po ekstrakcji. Przygotowane w ten sposób cząsteczki zębiny zachowują swoją stabilność mechaniczną, co umożliwia natychmiastowe obciążenie obszaru zabiegowego, a powstała z połączenia kości i materiału przeszczepowego tkanka stanowi doskonałe łóżko pod implanty, mimo że aktywacja obecnych w zmielonej zębinie czynników wzrostowych następuje z opóźnieniem [18, 19]. Nasze badania wykazały, że jakość tkanki zezwala na implantację i obciążenie wszczepów już 2 do 3 miesięcy po przeprowadzeniu zabiegu, zarówno w żuchwie jak i szczęce. Remodeling tkanki zębinowo-kostnej przebiega znacznie wolniej niż przebudowa kości zbitej czy dostępnych na rynku materiałów kościozastępczych, w związku z czym architektura i struktura odbudowanego tą metodą wyrostka zębodołowego przez lata pozostaje niezmienną.

Zęby i kości szczęk wykazują bardzo wysoki stopień podobieństwa pod względem struktury i składu chemicznego. Zarówno członkowie naszego zespołu, jak i inni badacze [10, 11, 17] proponują rezygnację z utylizacji usuniętych zębów na rzecz ponownego ich wykorzystania w formie autogennego materiału przeszczepowego, gotowego do użycia 15 minut po ekstrakcji. Uznajemy opisaną metodę za nowy złoty standard w odbudowie ubytków kostnych, ochronie zębodołów i augmentacji dna zatoki szczękowej.

Kluczowe wnioski

Natychmiastowe przeszczepianie autogennej zębiny drobnocząsteczkowej należy uznać za nowy złoty standard w chirurgii stomatologicznej w zakresie ochrony zębodołów poekstrakcyjnych oraz augmentacji dna zatoki szczękowej i defektów kostnych.

Przypisy

Dystrybucja urządzenia „Smart Dentin Grinder™” - Kometa Bio Ltd, Holon, Izrael.

Podziękowanie

Pragniemy wyrazić naszą wdzięczność lekarzom przeprowadzającym zabiegi transplantacji zębiny przetworzonej za pomocą opisaną metody za dostarczenie nam niezwykle interesujących opisów przypadków.

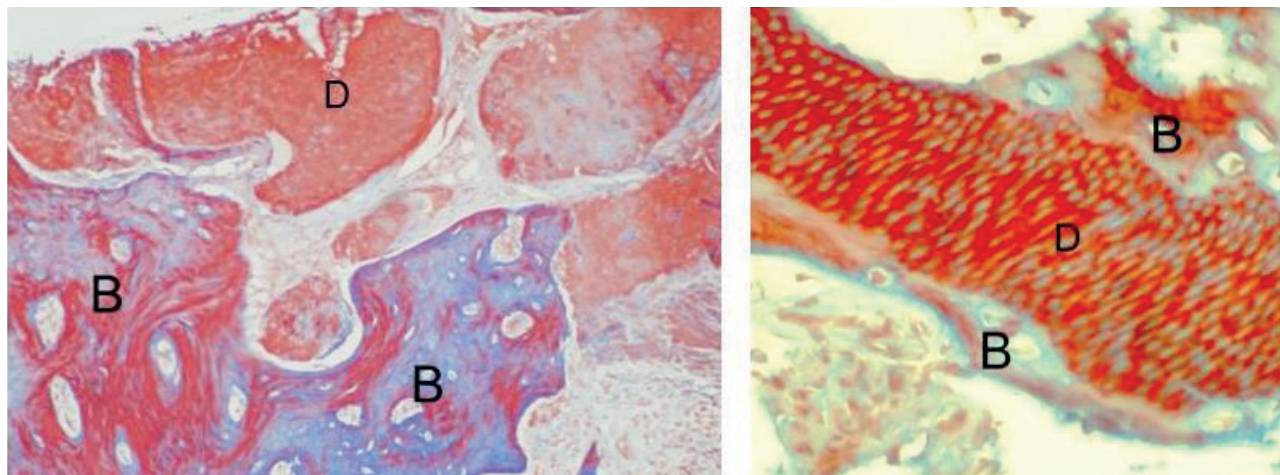
Konflikt interesów

Oświadczamy, że IB oraz LR posiadają udziały w firmie Kometa Bio Company oraz uczestniczyli w pracach nad urządzeniem „Smart Dentin Grinder™”. W przypadku GH, CN oraz AY nie występuje konflikt interesów. GH, CN i AY dostarczyli opisy przypadków i przebiegu badań kontrolnych.

Introduction

Tooth extraction is one of the most widely performed procedures in dentistry and it has been historically well documented that this may induce significant dimensional changes of the alveolar ridge [1]. In this review, Horowitz et al. [1] stated that less ridge resorption is occurring when alveolar ridge preservation procedures were used versus the placement of no graft material in fresh alveolar sockets. If performed inadequately, the resulting deformity can be a considerable obstacle to the esthetic, phonetic, and functional results. In dentistry allogeneic bone and synthetic mineral materials are the main source for grafting in bone. However, fresh autogenous bone graft is still considered gold standard since it exhibits bioactive cell instructive matrix properties and is non-immunogenic and non-pathogenic in spite of the need for harvesting bone and possible morbidity resulting from it.

It is well known that jaw bones, alveolar bone and teeth develop from cells of the neural



Ryc. 7: Badanie histologiczne kości pobranej z miejsca augmentacji podczas preparacji łoża pod implanty 3 miesiące po zabiegu (preparat barwiony metodą trichrom) (a); preparat w powiększeniu (b); zębina wraz z jej kanalikami (D) otoczona jest nowo powstałą macierzą kostną (B).

crest and that many proteins are common to bone, dentin, and cementum [2,3]. It is therefore not surprising that dentin that comprise of more than 85% of tooth structure can serve as native bone grafting material. Interestingly, Schmidt-Schultz and Schultz [4] found that intact growth factors are conserved even in the collagenous extracellular matrix of ancient human bone and teeth. In previous reports, a method for processing bovine dentin into particulate and sterile grafting material for preservation of alveolar bone was described and used in animal studies [5-7]. It is therefore evident that teeth become grafts that are slowly and gradually replaced by bone [8]. Currently, all extracted teeth are considered a clinical waste and therefore are simply discarded. Recently, several studies reported that extracted teeth from patients that undergo a process of cleaning, grinding, demineralization and sterilization is a very effective graft to fill alveolar bone defects of same patient [9-11]. However, this procedure is much time consuming since the graft is ready many hours and days after extraction. We present here a modified procedure, in a clinical setting that employs freshly extracted teeth, by recycling them into a bacteria-free particulate autogenous mineralized dentin for immediate grafting. A 'Smart Dentin Grinder™' was devised to grind and sort extracted teeth into a specific size dentin particulate. A chemical cleanser is applied to process the dentin particulate into a bacteria free graft during 15-20 minutes. This novel procedure is indicated mainly in cases when teeth are extracted because of periodontal reasons and partially or totally impacted teeth. Teeth that underwent root canal fillings should not be employed in this procedure because of foreign materials contamination. On the other hand, crowns and fillings can be reduced and clean dentin of tooth crown can be processed for immediate grafting.

Methods

Procedure from tooth extraction to grafting of particulate dentin

Teeth without root canal fillings that are extracted due to advanced periodontal bone loss or other indications like wisdom teeth or orthodontics indications, are prepared for immediate grafting. Immediately after extraction, restorations like crowns and fillings should be cut off or removed. Also carious lesions and discolored dentin or remnants of Periodontal ligament (PDL) and calculus should be reduced by tungsten bur (Figure 1a and 1b). We find that high speed tungsten carbide burs are most efficient for this process. The roots could be split in case of multi-rooted teeth. Clean teeth including crown and root dentin are dried by air syringe, put into a grinding sterile chamber of a newly designed 'Smart Dentin Grinder™' (Figure 2a). The 'Smart Dentin Grinder™' (SDG) is capable in 3 seconds to grind the roots and then by vibrating movement of the grinding chamber for 20 seconds the particles of less than 1200 μm fall through a sieve to a lower chamber that keeps particles between 300-1200 μm (Figure 2b). The particles less than 300 μm fall into a waist drawer. This fine particulate (less than 300 μm) is considered as a non-efficient particulate size for bone grafting. This grinding and sorting protocol is repeated to grind the remaining teeth particles left in grinding chamber. In the collecting drawer chamber dentin particles between 300-1200 μm are collected (Figure 2b). The particulate dentin from the drawer is immersed in basic alcohol for 10 minutes, in a small sterile glass container. The basic alcohol cleanser consists of 0.5M of NaOH and 30% alcohol (v/v), for defatting, dissolving all organic debris, bacteria and toxins of the dentin particulate. The efficiency of the cleanser to dissolve all the organic debris from dentin particulate including dentin tubules is demonstrated in Figure 3. The SEM picture shows wide open and clean tubules after 10 minutes of cleanser treatment (Figure 3c). After decanting the basic alcohol cleanser, the particulate is washed twice, in sterile phosphate buffered saline (PBS). The PBS is decanted leaving wet particulate dentin ready to graft into freshly extracted sockets or into alveolar bone defects or in procedures of augmenting maxillary sinus. The process from tooth extraction until grafting takes approximately 15-20 minutes. It should be noted, that the efficiency of selecting the dentin particulate of specific size for grafting is more than 95%. It is obvious that the volume of the particulate dentin is more than twice of the original root volume. Alternatively, the wet particulate can be put on a hot plate (140 °C) for 5 minutes and the dry bacteria-free particulate autologous dentin that can serve for immediate or future grafting procedures.

Results

Clinical evaluation

During the period of 2 years, more than 100 dentists are employing the present procedure for preparing autogenous dentin particulate from extracted teeth for immediate grafting in same patient. It should be noted that teeth that underwent root canal treatment were discarded. When intact teeth were processed the enamel and cementum were included. Here, we present typical case presentations where teeth were extracted and processed into bacteria-free particulate autogenous tooth dentin for immediate grafting in same patient. From a series of 16 wisdom teeth that included partially impacted, horizontally impact-

ed and others that their crown was destroyed by caries were processed by SDG procedure and immediately grafted in the extraction sockets. We present here a horizontal impacted tooth 48 that was in close proximity to distal root surface of 47 (Figure 4b), creating a deep void. The surgically extracted tooth 48, exposed the distal root surface of 47 almost denuded from bone tissue. Here, we processed immediately the tooth 48 into particulate graft which filled totally the extraction site (Figure 4c). The healing and recovery after surgical procedure and grafting was without complications. A follow up after 4 month revealed a normal pattern of marginal gingiva around the tooth 47. Probing was normal 1-2mm in depth. On x-ray distal to tooth 47, new bone and particulate dentin was integrated into bone restoring completely the site of extraction and a distal bone support of tooth 47 (Figure 4d).

Another series of 37 extracted teeth because of poor periodontal attachment, bone loss and mobility is presented here by a patient, 56 years old male with localized advanced periodontal condition in posterior parts of mandible. Teeth 47 and 48 were extracted and the granulation tissue was removed exposing bone tissue walls. Tooth 47 had a root canal filling and therefore was discarded. Tooth 48 processed into particulate dentin by the SDG device and prepared for immediate grafting in the extraction sites. The grafting of one tooth produced volume of particulate dentin that was adequate to overfill the extraction site of sockets. A Choukrouns PRF membrane (platelet rich fibrin) was prepared from patient blood [12] to cover the graft. Mucoperiosteum was sutured to PRF, avoiding tension of tissues. An improved healing was achieved because of the PRF membrane. 2 month later two implants were placed, followed by a cemented bridge of 47-48 crowns. After two years, clinical and x-ray follow up revealed a very radiopaque bone integrated into implants, most possibly consisting of bone-dentin producing a very solid support for implants (Figure 5). A similar procedure was performed in same patients left side of lower jaw. X-ray showing bone loss around teeth 36, 37 and 38 (Figure 5g). Two months after grafting with particulate dentin of tooth 38 three implants were inserted (Figure 5h), and one year later observe the bone density and bone level with no signs of bone resorption at the crest after restoration (Figure 5j).

Autogenous dentin particulate can serve as superior grafting matrix for augmenting bone in maxillary sinuses, as is presented in the next case. Alveolar bone loss with infrabony pockets that extended into the maxillary sinus of tooth 26 (Figure 6). Tooth 26 was extracted, cleaned and processed into a bacteria free particulate dentin (Figure 6d). An immediate grafting of the extraction socket was performed and the tract into the sinus was occluded by the particulate dentin. Closure of the wound and sutures of mucoperiosteum flap was performed. Healing was normal and three month later an alveolar ridge of minimum 8.3 mm height was achieved, allowing insertion of 3 implants. It should be noted that one molar of tooth 26 produced at least 2cc of particulate dentin which allowed augmenting the extraction socket and part of sinus. Moreover, we found that autogenous dentin grafting enables to insert implants after 3 month in the upper jaw, because the new bone that was integrated with particulate dentin produced a solid support for implants. Loading of implants followed. During preparation of a slot for implant insertion, a core of bone was recovered from the grafted socket site. The histology revealed new bone integrated with grafted dentin-producing bone-dentin interface and connectivity (Figure 7).

Discussion

More than 40 years ago, autogenous teeth were routinely transplanted into extraction sockets when possible. It is evident that transplanted teeth that are ankylosed in jaw bone undergo replacement resorption by bone, during 5-8 years [13]. In addition, it is well documented that avulsed teeth that are implanted back into their sockets undergo firm reattachment by bone which is formed directly on root dentin or cementum, leading to ankylosis [14]. An ankylosed root is continuously resorbed and replaced by bone, eventually resorbing the entire root, while the alveolar process is preserved during this period and later. In a recent review, Malmgren [15] stressed that ankylosed teeth that are treated by decoronation, the alveolar ridge is maintained in the buccal/palatinal direction, while vertical height is even increased [16]. Our results reveal similar interaction between mineralized dentin and osteogenic cells that attach and produce mineralized bone matrix directly on the dentin graft.

A Tooth Bank in Korea provides service that prepares autogenic demineralized dentin matrix graft as block-type or granular-type [10,11,17], delaying the grafting procedure from several hours to several days and therefore needs an additional surgical session. Although demineralized dentin exposes matrix derived growth and differentiation factors for effective osteogenesis, the newly formed bone and residual demineralized dentin are weak to support implant anchorage. In contrast, our SDG procedure allows preparation of bacteria-free particulate dentin from freshly extracted autologous teeth, ready to be employed as autogenous graft immediately, in the same session. Mineralized dentin particles have the advantage to maintain its mechanical stability,

allowing early loading after grafting in fresh sockets and bone defects. Moreover, in spite of delayed inductive properties [18,19], the mineralized dentin is firmly integrated with newly formed bone, creating a solid site for anchorage of dental implants. In fact, our clinical data indicate that implant insertion and loading can be performed in lower and upper jaws 2-3 month after grafting of dentin. Since the mineralized dentin is very slowly remodeled [18,20,21] in comparison to cortical bone or most biomaterials the esthetic and structure pattern of the alveolar crest and mucoperiosteum is maintained for years. Teeth and jawbone have a high level of affinity, having similar chemical structure and composition. Therefore, we and others [10,11,17] propose that extracted non-functional teeth or periodontally involved teeth should not be discarded anymore. Extracted teeth can become an autogenous dentin ready to be grafted within 15 minutes after extraction. We consider autogenous dentin as the gold standard graft for socket preservation, bone augmentation in sinuses or filling bone defects.

Key Findings

Autogenous mineralized dentin particulate that is grafted immediately after extractions should be considered as the gold standard for socket preservation, bone augmentation in sinuses or filling bone defects.

Footnotes

'Smart Dentin Grinder™' is distributed by Kometa Bio Ltd., Holon, Israel.

Acknowledgment

We acknowledge the help of providing the authors with documented case reports where autogenous dentin graft was performed using the present procedure.

Conflict of Interest

We certify that IB and LR have shares in Kometa Bio Company and helped to develop the Smart Dentin Grinder™. GH, CN and AY have no conflict of interest. GH, CN and AY participated actively in providing clinical cases and their follow up.

Artykuł był wcześniej publikowany.

Binderman I, Hallel G, Nardy C, Yaffe A, Sapoznikov L (2014) A Novel Procedure to Process Extracted Teeth for Immediate Grafting of Autogenous Dentin. *J Interdiscipl Med Dent Sci* 2: 154. doi: 10.4172/jimds.1000154

Piśmiennictwo

- [1] HOROWITZ R, HOLTZCLAW D, ROSEN PS (2012) A review on alveolar ridge preservation following tooth extraction. *J Evid Based Dent Pract* 12: 149-160.
- [2] DONOVAN MG, DICKERSON NC, HELLSTEIN JW, HANSON LJ (1993) Autologous calvarial and iliac onlay bone grafts in miniature swine. *J Oral Maxillofac Surg* 51: 898-903.
- [3] QIN C, BRUNN JC, CADENA E, RIDALL A, TSUJIGIWA H, ET AL. (2002) The expression of dentin sialophosphoprotein gene in bone. *J Dent Res* 81: 392-394.
- [4] SCHMIDT-SCHULTZ TH, SCHULTZ M (2005) Intact growth factors are conserved in the extracellular matrix of ancient human bone and teeth: a storehouse for the study of human evolution in health and disease. *Biol Chem* 386: 767-776.
- [5] FUGAZZOTTO PA, DE PAOLI S, BENFENATI SP (1986) The use of allogenic freeze-dried dentin in the repair of periodontal osseous defects in humans. *Quintessence Int* 17: 461-477.
- [6] NAMPO T, WATAHIKI J, ENOMOTO A, TAGUCHI T, ONO M, ET AL. (2010) A new method for alveolar bone repair using extracted teeth for the graft material. *J Periodontol* 81: 1264-1272.
- [7] QIN X, RAJ RM, LIAO XF, SHI W, MA B, ET AL. (2014) Using rigidly fixed autogenous tooth graft to repair bone defect: an animal model. *Dent Traumatol* 30: 380-384.
- [8] HASEGAWA T, SUZUKI H, YOSHIE H, OHSHIMA H (2007) Influence of extended operation time and of occlusal force on determination of pulpal healing pattern in replanted mouse molars. *Cell Tissue Res* 329: 259-272.
- [9] KIM YK, KIM SG, BYEON JH, LEE HJ, UM IU, ET AL. (2010) Development of a novel bone grafting material using autogenous teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 109: 496-503.
- [10] KIM SG, KIM YK, LIM SC, KIM KW, UM IW (2011) Histomorphometric analysis of bone graft using autogenous tooth bone graft. *Implantology* 15: 134-141.
- [11] MURATA M, AKAZAWA T, MITSUGI M, UM, IW, KIM, KW & KIM, YK (2011) Human Dentin as Novel Biomaterial for Bone Regeneration, *Biomaterials - Physics and Chemistry*, Rosario Pignatello, ISBN: 978-953-307-418-4, INTECK Publisher, Croatia. p127-140.
- [12] CIESLIK-BIELECKA A, CHOUKROUN J, ODIN G, DOHAN EHRENFEST DM (2012) L-PRP/ L-PRF in esthetic plastic surgery, regenerative medicine of the skin and chronic wounds. *Curr Pharm Biotechnol* 13: 1266-1277.
- [13] SPERLING I, ITZKOWITZ D, KAUFMAN A, BINDERMAN I (1986) A new treatment of heterotransplanted teeth to prevent progression of root resorption. *Endod Dent Traumatol* 2: 117-120.
- [14] ANDERSSON L, BODIN I, SÖRENSEN S (1989) Progression of root resorption following replantation of human teeth after extended extraoral storage. *Endod Dent Traumatol* 5: 38-47.
- [15] MALMGREN B (2013) Ridge preservation/decoronation. *J Endod* 39: S67-72.
- [16] PARK CH1, ABRAMSON ZR, TABA M JR, JIN Q, CHANG J, ET AL. (2007) Three-dimensional micro-computed tomographic imaging of alveolar bone in experimental bone loss or repair. *J Periodontol* 78: 273-281.
- [17] KIM YK (2012) Bone graft material using teeth. *Journal of the Korean Association of Oral and Maxillofacial Surgeons*, 38: 134-138.
- [18] YEOMANS JD, URIST MR (1967) Bone induction by decalcified dentine implanted into oral, osseous and muscle tissues. *Arch Oral Biol* 12: 999-1008.
- [19] HUGGINS C, WISEMAN S, REDDI AH (1970) Transformation of fibroblasts by allogeneic and xenogeneic transplants of demineralized tooth and bone. *J Exp Med* 132: 1250-1258.
- [20] KIM YK, KIM SG2, YUN PY1, YEO IS3, JIN SC4, ET AL. (2014) Autogenous teeth used for bone grafting: a comparison with traditional grafting materials. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol* 117: e39-45.
- [21] ANDERSSON L (2010) Dentin xenografts to experimental bone defects in rabbit tibia are ankylosed and undergo osseous replacement. *Dent Traumatol* 26: 398-402.