



Itzhak Binderman



Mariusz Duda

Extracted teeth are not a biological waste anymore: they are processed and grafted back to preserve best the alveolar ridge.

Zachowanie wyrostka zębodołowego dzięki usuniętym zębom - przetworzonym i wszczepionym z powrotem pacjentowi

Słowa kluczowe:

ząb, biomateriał, przeszczep, regeneracja kości, biologia kości

Key words:

tooth, biomaterial, graft, bone regeneration, bone biology

Itzhak Binderman¹ Mariusz Duda²

¹Department of Oral Biology and Biomedical Engineering, Tel Aviv University, Israel.

e-mail: binderman.itzhak@gmail.com

²Mariusz Duda, Duda Clinic, Katowice, ul. Kołodzieja 8, Poland,

e-mail: mariusz@dudaclinic.com, tel. +48 507170080

Conflict of interest: IB is co-founder of KometaBio Inc. and developer of the SDG procedure.

Wstęp:

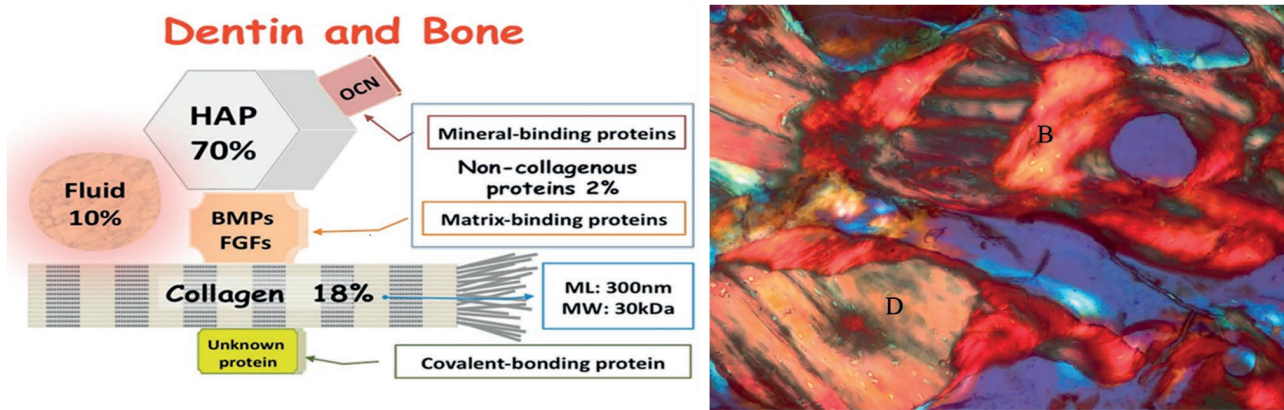
Ekstrakcja zęba, mimo iż wymaga podjęcia przez stomatologa trudnej decyzji, jest nadal procedurą urazową, a usunięty ząb jest traktowany jako odpad biologiczny. Utrata podparcia w przyzębiu, zatrzymane trzecie trzonowce, które uprzykrzają pacjentowi życie, oraz urazy zębów należą do głównych przyczyn ekstrakcji. Jednakże kiedy procedura ekstrakcji jest wykonywana nawet przy

Streszczenie

Ekstrakcja zęba jest procedurą chirurgiczną najczęściej przeprowadzaną w stomatologii. W samej Polsce, każdego roku usuwanych jest 4 miliony zębów, które są uznawane za odpady medyczne oraz utylizowane. Z drugiej strony każdego dentystę uczono, że wybity ząb stały można reimplantować do zębodołu. Ankyloza tych zębów potwierdza obecność licznej populacji komórek osteogennych, przyciąganych przez cement oraz zębinę, skutkującą przebudową kości do powierzchni korzenia. Ponadto zęby transplątowane u tego samego pacjenta oraz pozostawione korzenie, również skutkują ankylozą oraz zachowaniem kości wyrostka zębodołowego. Jest udowodnione, że ankyloza podlega powolnej przebudowie przez osteoklasty i jest stopniowo zastępowana przez blaszkę kostną, a zatem najlepiej utrzymują strukturę wyrostka zębodołowego. W oparciu o doświadczenia kliniczne z zębami podlegającymi ankylozie rozwinęliśmy procedurę nastawioną na kliniczne zastosowanie świeżo usuniętych zębów, jako rozdrobniony oraz pozbawiony bakterii materiał autogennej zmineralizowanej zębiny do natychmiastowej odbudowy. 'Smart Dentin Grinder' został opracowany do rozdrabniania usuniętych zębów oraz przetwarzania do zębiny o określonej ziarnistości. Ta nowoczesna procedura jest wskazana przy zatrzymanych zębach mądrości, bądź zębów z próchnicą zaklasyfikowanych do ekstrakcji. Świeżo usunięty ząb, który ma strukturę najbardziej przypominającą autologiczną kość korową, oferuje efektywny rodzaj przeszczepu stymulujący formowanie nowej kości w pierwszych etapach gojenia, jak również wspiera oraz utrzymuje strukturę kości. Usunięte zęby nie powinny nigdy więcej być traktowane jako odpady oraz marnowane. Tysiące przypadków zastosowania usuniętych zębów z SDG z szybko i prostą obsługą dowodzą najbardziej skutecznej metodzie regeneracji oraz zachowania estetyki oraz funkcji wyrostka zębodołowego na wiele lat. Ponadto wspomagany proces gojenia oraz właściwości indukcyjne zębiny są odpowiedzialne za rozwój twardej macierzy kościozębiny (ang. bone-dentin) umożliwiającą implantację wszczepu 2-3 miesiące po odbudowie

Abstract

Tooth extraction is one of the most widely performed procedures in dentistry, more than 4 million teeth are extracted each year in Poland alone, they are considered a clinical waste and therefore discarded. On the other hand, every dentist is educated to re-implant avulsed teeth into same extraction sockets. The resulting ankylosis of those teeth supports the notion that the fresh socket consists of a large population of osteogenic cells which are attracted by root cementum or dentin resulting in deposition of bone matrix directly on its root surface. Moreover, transplanted teeth in same patients and submerged roots are also undergoing ankyloses and preserve alveolar ridge. It is evident that ankylosed teeth undergo very slow remodeling by osteoclasts and in turn replaced by lamellar bone, thus best preserving the structure of the alveolar ridge. Based on these clinical experiences with ankylosed teeth we have developed a procedure geared for 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 extracted teeth and sort them into a specific size dentin particulate. This novel procedure is indicated in each case where teeth are naïve such as wisdom teeth or decayed and treated that are extracted. The freshly extracted tooth, which is most similar to the structure of autologous cortical bone, offers the type of graft that is very effective to instigate new bone formation in the first stages of the wound healing but also support and maintain the site with strong scaffold characteristics for the long haul. Overall, the extracted tooth should no longer be viewed as waste and should not be discarded. The experiences from thousands of cases that utilize extracted teeth by using the SDG procedure which are undergoing a simple and quick preparation protocol are most effective in regenerating and preserving the esthetic and function of the alveolar ridge for many years. Moreover, the enhanced healing process and the inductive properties of dentin are responsible for the development of bone-dentin solid matrix that allows placement of implants 2-3 months after grafting.



Rys. 1 Podobny skład macierzy kości i zębiny.

Rys. 2 Biopsja rdzeniowa przeszczepionej zębiny w miejscu ekstrakcji. Zębina jest żółto-brązowa i otoczona nowo uformowaną kością blaszkową (czerwono-fioletowa, B) przyrośniętą do zębiny (D).

minimalnym urazie, ostatecznie utrata blaszki zbitej wyrostka zębodołowego po stronie policzkowej oraz przebudowa wyrostka zębodołowego doprowadzą do pogorszenia estetyki i funkcji jamy ustnej.

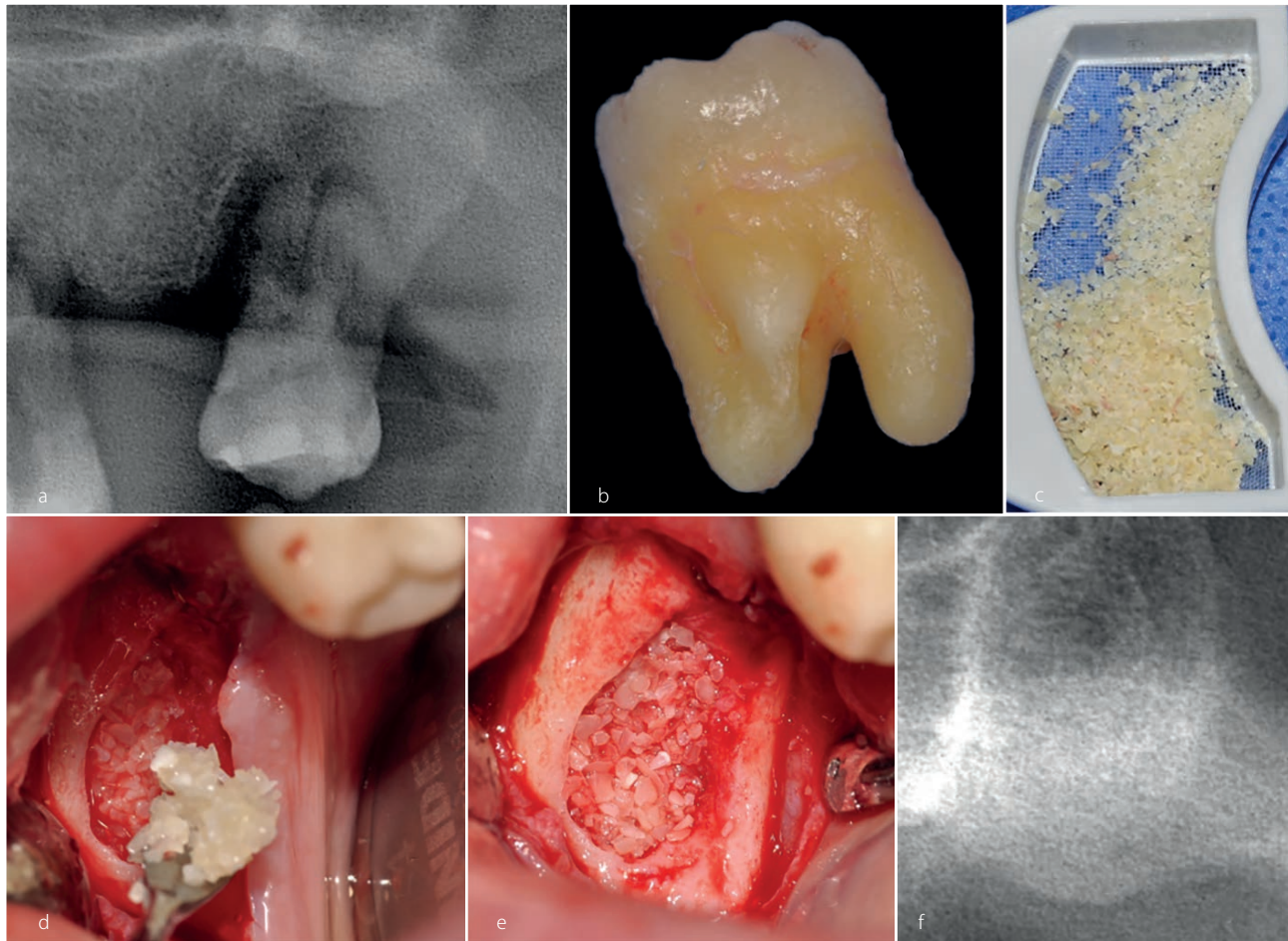
Po ekstrakcji zęba zachodzi przyspieszona utrata kości prowadząca do redukcji szerokości wyrostka zębodołowego o 50% w ciągu 12 miesięcy [1]. W obszarach zębów przednich i przedtrzonowych, gdzie blaszka policzkowa jest cienka, utrata kości doprowadzi do utraty kości policzkowej i defektu estetycznego [2]. Ponadto utrata tkanki miękkiej i kości w wyniku przebudowy trwa przez całe życie, chociaż proces ten zachodzi wolniej. Uzasadnione jest założenie, że nasilona resorpcja blaszek policzkowych po ekstrakcji zęba postępuje, ponieważ większość kości wyrostka zębodołowego jest formowana w fazie wyrzynania się zębów. Istotne zmiany konturu wyrostka, w tym miękkich tkanek błony śluzowej, stają się poważnym problemem przy próbie przywrócenia estetyki i funkcji. W rzeczywistości najważniejszym wstępnym warunkiem uzyskania estetycznego efektu uzupełnień protetycznych jest odpowiednia trójwymiarowa (3D) objętość kości wyrostka zębodołowego, w tym wystarczająca grubość i wysokość nie naruszonej ściany kości twarzy. Istnieją ważne dowody wskazujące, że natychmiastowy przeszczep w obrębie zębodołów poekstrakcyjnych z wykorzystaniem różnych technik zmierzających do zachowania wyrostka, w tym umieszczenie przeszczepionego materiału i/lub zastosowanie membran okluzyjnych, redukuje utratę kości wyrostka zębodołowego w fazie naprawy procesu gojenia rany [3–5]. Niemniej jednak postępowanie takie nie zapobiega stopniowej utracie kości w fazie przebudowy [6–7]. Większość badań wskazuje, że materiały biokompatybilne i osteokondukcyjne, a także przeszczepy dziąsłowe pozwalają zachować kość wyrostka zębodołowego w miejscu ekstrakcji w fazie naprawy procesu gojenia rany. Niemniej jednak nie można całkowicie wyeliminować problemu, ponieważ istnieje tendencja do resorpcji zanim dojdzie do przebudowy tkanki kostnej, co prowadzi do zmniejszenia ilości kości blaszkowatej, co ma z kolei negatywny wpływ na estetykę i jest krytycznym czynnikiem sprawczym powikłań i niepowodzeń związanych z implantami estetycznymi [8,6]. Przez wiele lat zatopione korzenie i zęby były opisywane jako kliniczny sposób zachowania konturu wyrostka zębodołowego. Mimo iż korzenie ulegały powolnej resorpcji, były natychmiast zastępowane kością blaszkową, co najlepiej zachowywało kontur wyrostka. Niedawno opracowaliśmy wyjątkową procedurę (procedura SDG), która pozwala w warunkach przyfotelowych przekształcić wyekstrahowany ząb (zęby) w ceną,

bioaktywną, cząsteczkową zębinię, która jest przeszczepiana bezpośrednio po ekstrakcji, co pozwala najlepiej zachować szerokość i wysokość wyrostka zębodołowego przez wiele lat [8–12].

A. Dlaczego usunięte zęby można wykorzystać jako przeszczep w miejscu ekstrakcji podczas tej samej sesji?

Każdy dentysta i student stomatologii wiedzą, że trzy zmineralizowane struktury tworzące ząb to dojrzałe szkliwo składające się wyłącznie z hydroksyapatytu (HA) bez macierzy organicznej, podczas gdy zębina i cement składają się z macierzy organicznej, głównie kolagenu typu 1 i pewnych najważniejszych białek niekolagenowych zatopionych w mineralach HA. W związku z obecnością tych zmineralizowanych tkanek objętość zębiny stanowi ponad 85% struktury zęba. Zarówno zębina, jak i cement charakteryzują się bardzo wysokim podobieństwem pod względem składników organicznych i mineralnych do błoniastej kości korowej, ponieważ pod względem rozwojowym pochodzą one z grzebienia nerwowego (Rys. 1). Tkanki miękkie składają się z komory miazgi i pozostałości więzadeł przyzębia (głównie włókien Sharpeya), które można łatwo usunąć z usuniętych zębów zarówno metodami mechanicznymi, jak i przez rozpuszczenie ich w trakcie przygotowania usuniętego zęba za pomocą łagodnego środka czyszczącego.

Co oczywiste, autogeniczna błoniasta kość korowa jest najlepszym wyborem w celu przeszczepu do miejsca ekstrakcji lub usunięcia ubytków kości w celu osiągnięcia jak najbardziej stabilnego wyrostka zębodołowego. Niemniej jednak pobranie takich cząstek kości korowej ze szczęk tego samego pacjenta lub ze sklepienia czaszki zwłok jest uznawane za agresywną procedurę chirurgiczną. Fakt, że zmineralizowana macierz zębiny usuniętego zęba jest taka sama jak autogeniczna kość korowa sprawia, że jest to przeszczep preferowany przez lekarzy. Po ekstrakcji zęba zębina jest dostępna, podczas gdy ze szczęki można pobrać jedynie niewielką ilość kości korowej, przy czym do jej pobrania konieczne jest wykonanie dodatkowego zabiegu chirurgicznego. W rzeczywistości jest oczywiste, że wybite zęby należy reimplantować ponieważ są one prawidłowo zrosnięte (biologicznie scementowane) z rezydualną kością wyrostka zębodołowego. Oznacza to, że reimplantowany korzeń przyciąga komórki osteogenne, które doprowadzą do bezpośredniego odłożenia kości na jego powierzchniach (Rys. 2). Mimo iż korzenie mogą ulegać powolnej resorpcji, są one zastępowane nową kością, co pozwala zachować ogólny anatomiczny kontur wyrostka zębodołowego [13–14]. Kilku klinicystów wykazało, że zrosnięte korzenie pozostawione w kości wyrostka zębodołowego pozwalają zach-



Rys. 3 Od usuniętego zęba do zachowanego wyrostka zębodołowego.

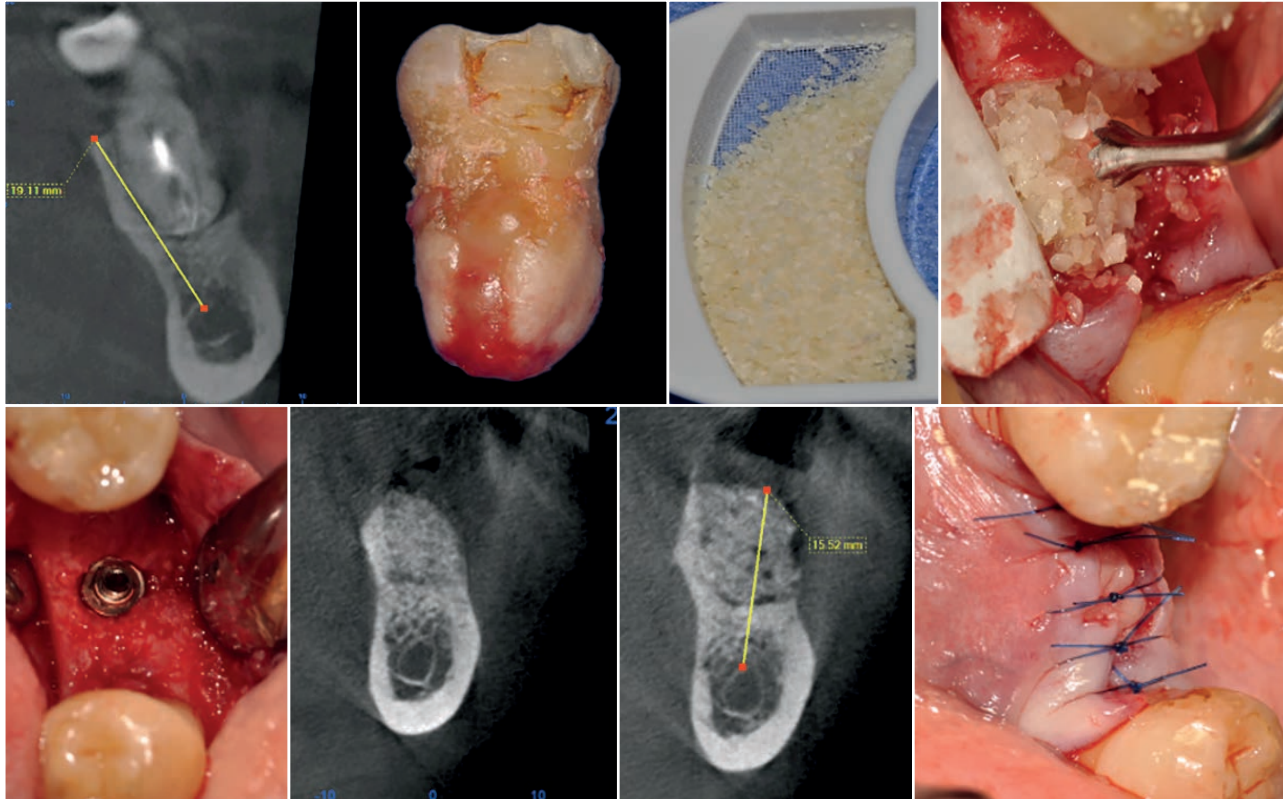
ować wyrostek zębodołowy na wiele lat [15–16]. Przez wiele lat w przeszłości zęby usunięte w jednym miejscu były wszczepiane w innym (autoprzeszczep). W takich przypadkach przeszczepy, które uległy zrośnięciu funkcjonowały podobnie do reimplantowanych zębów wybitych [17–18]. Co ciekawe, opisywano niewielki odsetek niepowodzeń w trakcie reimplantacji zębów, chociaż nie stosowano żadnych metod sterylizacji ani chemicznego przygotowania zęba.

B. Innowacyjna procedura przygotowania przeszczepu zębiny z usuniętych zębów (procedura SDG):

Obecnie tysiące usuniętych zębów jest czyszczonych, drobno mielonych oraz poddawanych łagodnej, ale skutecznej procedurze czyszczenia, która powoduje rozpuszczenie płytki, w której znajdują się wszystkie bakterie, toksyny i wirusy, oraz nadaje zębiny charakter cząsteczkowy, dzięki czemu jest ona gotowa do wszczepienia w miejscu ekstrakcji, ubytku kostnego lub



Rys. 4 Usunięte zęby z próchnicą i ubytkiem przyzębia poddane procedurze SDG z utworzeniem czystego i wolnego od bakterii przeszczepu



Rys. 5 Przypadek, w którym blaszkę policzkową powiększono za pomocą cząsteczkowej zębiny z usuniętego trzonowca i membrany PRF. 4 miesiące po przeszczepie i umieszczeniu implantu w litej kości-macierzy zębiny.

w przypadku konieczności podniesienia dna zatoki.

Procedura SDG nie trwa dłużej niż 15 minut i sprawia, że przeszczep jest tak samo skuteczny jak pobrana autogeniczna kość korowa. Obecnie większość usuniętych zębów jest skażona bakteryjnie z powodu ubytków przyzębia, skażenia miazgi lub zębiny oraz zębów leczonych za pomocą wypełnień i koron. Ponadto wiele usuniętych zębów to zęby leczone kanałowo. Każdy usunięty ząb, w przypadku którego istnieje sensowna rezydualna objętość struktury zębiny, która jest wolna od obcych materiałów, można wykorzystać do procedury SDG z utworzeniem najskuteczniejszego przeszczepu w miejscu ekstrakcji i innych lokalizacjach. Z kolei zatrzymane i niezatrzymane trzecie trzonowce to zęby dziewicze, które należy przetworzyć z wykorzystaniem procedury SDG i natychmiast wszczepić w miejscu zabiegu, w którym występuje zazwyczaj duży ubytek kostny wytworzony chirurgicznie. Ważnym kryterium jest pozostała ilość struktury zębiny umożliwiająca jej przeszczepienie. Ponadto po szczegółowych badaniach znacząco skróciliśmy ostatnio czas procesu czyszczenia dzięki użyciu mikroultradźwiękowego urządzenia czyszczącego. Należy zauważyć, że ponieważ cząsteczkowy przeszczep zębiny należy wszczepić u tego samego pacjenta (autogeniczny), nawet przeżycie niewielkiej ilości bakterii pochodzących od tego pacjenta sprawia, że nie są one patogeniczne. Niemniej jednak jama ustna pacjenta nigdy nie jest jałowa. Rozległe doświadczenie dotyczące przeszczepiania zębiny przygotowanej za pomocą protokołu procedury SDG potwierdza przyspieszone gojenie i brak powikłań w kontekście skażenia bakteriologicznego [8].

C. Przypadki przedstawiające wysoką jakość autogenicznej zębiny cząsteczkowej

Rys. 3a przedstawia przypadek, w którym konieczne było usunięcie trzonowca z powodu ubytków przyzębia. Ząb trzonowy został usunięty; nie był on poddawany żadnemu leczeniu i nie był zajęty próchnicą (Rys. 3b). Ząb trzonowy został oczyszczony, osuszony

i zmielony w młynku SDG. Uzyskano ponad 2 ml zębiny o wielkości cząstek 250–1200 μm , która zawierała szklisko (HA) (Rys. 3c). Po 10 minutach obróbki z wykorzystaniem środka czyszczącego i płukaniu solą fizjologiczną z buforem fosforanowym (RES) mokre cząsteczki umieszczono w miejscu ekstrakcji (Rys. 3d). Wcześniej w miejscu ekstrakcji przeprowadzono eradykację ziarninowej tkanki miękkiej w celu odsłonięcia kostnych ścian zębodołu. W tym przypadku tylko część substancji cząsteczkowej wykorzystano do przeszczepu w miejscu ekstrakcji, ponieważ objętość substancji cząsteczkowej jest 2–3 razy większa od objętości zęba. Resztę wykorzystano do przeszczepienia do krateru kostnego. Trzy miesiące później kość (Rys. 3e) i prześwietlenie (Rys. 3e) wykazały litą, zregenerowaną kość zrosniętą z cząsteczkami zębiny, która umożliwiała stabilne umieszczenie implantu w szczęce górnej.

Rys. 4 przedstawia przykład, gdzie dwa trzonowce z uszkodzonymi koronami i próchnicą (Rys. 4b) czyszczono przez 2–3 minuty, co pozwoliło uzyskać korzenie o naturalnym kolorze zębiny (Rys. 4c), które poddano przetworzeniu metodą SDG do pozbawionej bakterii cząsteczkowej zębiny do natychmiastowego przeszczepienia (Rys. 4d i e). Tkanka miękka została zszyta przy minimalnym napięciu (Rys. 4f). Z przyczyn estetycznych z wyprzedzeniem przygotowano tymczasowy most (Rys. 4g). Jest to przypadek przykładowy usuniętych zębów, które są zwykle natychmiast wyrzucane. To już przeszłość. Takie zęby po 15 minutach od usunięcia stają się najlepszym autogenicznym materiałem do przeszczepu, takim samym jak autogeniczna błoniasta kość korowa, który pozwala zachować estetykę i funkcję wyrostka zębodołowego przez wiele lat.

W kolejnym przypadku (Rys. 5) trzonowiec został usunięty w sytuacji braku blaszki policzkowej. Został przetworzony za pomocą procedury SDG, a substancja cząsteczkowa została przeszczepiona w celu osiągnięcia regeneracji blaszki policzkowej. Zastosowano tutaj membranę, aby ochronić strukturę i objętość

przeszczepionej substancji cząsteczkowej. W rzeczywistości po upływie 3 miesięcy w miejscu umieszczenia implantu uzyskano szeroki i lity wyrostek.

Wnioskując:

Biologiczne i kliniczne uzasadnienie dla zastosowania procedury, w której krótko po ekstrakcji nawet zainfekowane zęby stają się przeszczepem zębiny indukującym odkładanie się kości blaszkowatej bezpośrednio na przeszczepionych cząsteczkach zębiny, stanowi zapewnienie korzyści klinicznych dla pacjentów i stomatologa. Kość zrosnięta z cząsteczkami zębiny odtwarza lite, funkcjonalne połączenie z sąsiednimi strukturami i dlatego zachowuje

wyrostek zębodołowy (zarówno jego szerokość, jak i wysokość), umożliwiając najbardziej estetyczne i funkcjonalne uzupełnienia protetyczne. Na podstawie badań klinicznych i prowadzonych na zwierzętach oraz tysięcy przeprowadzonych przypadków klinicznych, w których zastosowano procedurę autogenicznego przeszczepu zęba (SDG), można wnioskować o bezpiecznym i przyspieszonym gojeniu ran, tworzeniu nowej kości zrosniętej z zębina, która umożliwia zastosowanie uzupełnienia na implancie po krótszym czasie od przeszczepu. Zalety dla pacjentów są niezrównane, ponieważ własna tkanka może najlepiej powiększyć i zachować wyrostek zębodołowy. Ta procedura jest bezpieczna i skuteczna i mieści się w ofercie zabiegów holistycznych.

References:

- [1] SCHROPP L, WENZEL A, KOSTOPOULOS L, KARRING T. Bone healing and soft tissue contour changes following single-tooth extraction: a clinical and radiographic 12-month prospective study. *Int J Periodontics Restorative Dent*. 2003; 23:313-23.
- [2] ARAÚJO MG, LINDHE J. Dimensional ridge alterations following tooth extraction. An experimental study in the dog. *J Clin Periodontol*. 2005 Feb;32(2):212-8.
- [3] HOROWITZ R, HOLTZCLAW D, ROSEN PS. A Review on Alveolar Ridge Preservation Following Tooth Extraction. *J Evid Base Dent Pract*. 2012; S1: 149-160.
- [4] NEVINS M, CAMELO M, DE PAOLI S, FRIEDLAND B, SCHENK R, PARMA-BENFENATI S, ET AL. A study of the fate of the buccal wall of extraction sockets of teeth with prominent roots. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2006; 26:19-29.
- [5] AVILA-ORTIZ G, ELANGOVA S, KRAMER KWO, BLANCHETTE D, AND DAWSON DV. Effect of Alveolar Ridge Preservation after Tooth Extraction: A Systematic Review and Meta-analysis. *J Dent Res* 2014;93(10):950-958.
- [6] CHEN ST, BUSER D. Esthetic outcomes following immediate and early implant placement in the anterior maxilla—a systematic review. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2014;29 Suppl:186-215. doi: 10.11607/jomi.2014suppl.g3.3. Review.
- [7] CHAPPUIS V, ARAÚJO MG, BUSER D. Clinical relevance of dimensional bone and soft tissue alterations post-extraction in esthetic sites. *Periodontol* 2000. 2017 ;73(1):73-83. doi: 10.1111/prd.12167.
- [8] BINDERMAN I, HALLEL G, NARDY C, YAFFE A, SAPOZNIKOV L. A Novel Procedure to Process Extracted Teeth for Immediate Grafting of Autogenous Dentin. *J Interdiscipl Med Dent Sci*. 2014; 2: 154. doi: 10.4172/jimds.1000154.
- [9] KOSINSKI T. Innovative Socket Grafting Techniques in Preparation for Dental Implants. TPD 2017.
- [10] GUIRADO JLC, CEGARRA DEL PINOC P, SAPOZNIKOV L, RUIZE RAD, DOMÍNGUEZ MF, SÉRGIO ALEXANDRE GEHRKE SA. A new procedure for processing extracted teeth for immediate grafting in post-extraction sockets. An experimental study in American Fox Hound dogs. *Annals of Anatomy*. 2018;217: 14–23
- [11] VALDEC S, PASIC P, SOLTERMANN A, THOMA D, STADLINGER B, AND RÜCKER M. Alveolar ridge preservation with autologous particulated dentin—a case series. *International Journal of Implant Dentistry*.2017; 3:12 DOI 10.1186/s40729-017-0071-9.
- [12] SCHWARZ F, GOLUBOVIC V, BECKER K, MIHATOVIC I. Extracted tooth roots used for lateral alveolar ridge augmentation: a proof-of-concept study. *J Clin Periodontol*.2016 ;43(4):345–53. doi:10.1111/jcpe.12481.
- [13] ANDREASEN JO, RAVN JJ. Epidemiology of traumatic dental injuries to primary and permanent teeth in a Danish population sample. *Int J Oral Surg*. 1972; 1:235–239.
- [14] ANDERSSON L, BLOMLOF L, LINDSKOG S, FEIGLIN B, HAMMARSTROM L. Tooth ankylosis. Clinical, radiographic and histological assessments. *Int J Oral Surg*. 1984;13(5):423–31.
- [15] FILIPPI A, POHL Y, VON ARX T. Decoronation of an ankylosed tooth for preservation of alveolar bone prior to implant placement. *Dent Traumatol*. 2001; 17:93–5. 1
- [16] MALMGREN B. Ridge Preservation/Decoronation. *Pediatric Dentistry Journal Endod* . 2013; 39:S67–S72).
- [17] MALMGREN B, CVEK M, LUNDBERG M, FRYKHOLM A. Surgical treatment of ankylosed and infrapositioned reimplanted incisors in adolescents. *Scand J Dent Res* 1984; 92:391–9;
- [18] SPERLING I, ITZKOWITZ D, KAUFMAN A, BINDERMAN I. A new treatment of heterotransplanted teeth to prevent progression of root resorption. *Endod Dent Traumatol*. 1986; 2: 117-120.