

## STRESZCZENIE

Recesje są dowierzchołkowym przemieszczeniem brzegu dziąsłowego względem granicy szklwno-cementowej. Dotyczą one dziąsła, więzadeł ozębnej, cementu korzeniowego oraz kości. Stanowią problem nie tylko estetyczny, ale także budzą obawę przed utratą zębów, dyskomfort, nadwrażliwość zębiny, próchnicę korzenia oraz mogą prowadzić do powstawania ubytków przyszyjkowych o niepróchnicowym pochodzeniu.

Etiologia recesji jest wieloczynnikowa. Można wyróżnić dwie główne grupy czynników: predysponujące oraz wywołujące. Czynniki predysponujące to rozwojowe zmiany morfologiczne, takie jak dehiscencje kostne, nieprawidłowa pozycja zęba, cienki biotyp dziąsła z niewystarczającą ilością dziąsła związanego oraz pull syndrome. Te zmiany mogą zwiększać ryzyko wystąpienia recesji. Z kolei czynniki wywołujące obejmują nawyki i stany, które przyczyniają się do powstawania recesji. Należą do nich m.in. czynniki traumatyzujące, takie jak nieprawidłowa technika szczotkowania, nawyki i parafunkcje, stan zapalny związany z akumulacją płytki nazębnej oraz różnego rodzaju interwencje stomatologiczne, w tym ortodontyczne ruchy zębów.

Problemem klinicznym jest współistnienie czynników predysponujących i wywołujących: przede wszystkim potrzeba leczenia ortodontycznego, co wymaga niewątpliwie opracowania algorytmów postępowania w takich przypadkach.

Wykazano, że indukowany ruch ortodontyczny zęba w kierunku obszaru bardzo cienkiej kości może powodować powstanie dehiscencji i w konsekwencji recesji. Idealnie zatem byłoby, gdyby korzeń pokryty był kością na wszystkich powierzchniach. Skłania to do poszukiwania rozwiązania dotyczących przywrócenia odpowiedniej ilości i morfologii kości, szczególnie przed planowanym leczeniem ortodontycznym.

Chirurgia regeneracyjna wyrostka zębodołowego obejmuje szereg technik zabiegowych z wykorzystaniem biomateriałów o różnych właściwościach. Szczególne wyzwanie stale stanowi rekonstrukcja kości w wymiarze pionowym. Dostępne doniesienia na temat znakomych efektów rozległych rekonstrukcji obejmują głównie opisy przypadków regeneracji w odcinkach bezzębnych z wykorzystaniem bloków kostnych, gdzie ich dokładne dopasowanie i właściwa stabilizacja zapewniają uzyskanie pożądanego efektu. Blume i wsp. podkreślają zalety indywidualizowanych, allogennych bloków kostnych. Pozwala to na uniknięcie generowania kolejnego pola zabiegowego i związanego z nim potencjalnych komplikacji, a także umożliwia dokładne dopasowanie graftu do geometrii ubytku. W dostępnym piśmiennictwie brakuje jednak wystandaryzowanej i potwierdzonej metody

wielowymiarowej rekonstrukcji tkanki kostnej w odcinkach uzębionych, która przyniosłaby zadowalające efekty.

Niniejszą rozprawę doktorską stanowi cykl czterech publikacji. Sumaryczny IF= 10,614, sumaryczna liczba punktów= 340.

W pierwszej publikacji wykonano analizę problematyki występowania ubytków kostnych uzębionego przedniego odcinka części zębodołowej żuchwy. Badanie było oparte na radiologicznej ocenie w oparciu o skany tomografii stożkowej w grupie 100 losowo wybranych pacjentów. Mierzono szerokości kości w wybranych punktach referencyjnych w aspekcie zęba 31. Określono częstość występowania poszczególnych rodzajów ubytków kostnych oraz ich zaawansowanie. Na podstawie zgromadzonych danych stworzono własną graficzną modyfikację klasyfikacji ubytków kostnych Yang i wsp.

W drugiej publikacji dokonano przeglądu systematycznego piśmiennictwa, który miał na celu analizę charakterystyki, wad oraz zalet bloków kostnych wykorzystywanych w chirurgii regeneracyjnej wyrostka zębodołowego, wykonanych z różnych materiałów (autogennych, allogennych, ksenogennych). Scharakteryzowano również możliwości wykorzystania różnych metod ukierunkowanych na zwiększenie efektywności stopnia rekonstrukcji kości i usprawnienia zabiegu ze szczególnym opisem zalet indywidualizowania bloków allogennych.

Trzecia publikacja jest opisem przypadku, który przedstawia analizowaną metodę rekonstrukcji. Publikacja objaśnia etapy zabiegu oraz wykazuje jego efektywność w oparciu o porównawcze obrazy radiologiczne i kliniczne uzyskane przed zabiegiem oraz po upływie dwóch lat.

Zasadniczy projekt miał na celu ocenę radiologiczną efektywności analizowanej metody w grupie 32 pacjentów. W wystandardyzowany sposób dokonywano pomiarów w oparciu o badanie CBCT wykonane przed zabiegiem oraz po upływie pół roku. Mierzono szerokość kości w uprzednio określonych punktach referencyjnych względem dolnych zębów siecznych i kłów. Odnotowywano także ewentualną obecność dehiscencji i/lub fenestracji, zarówno po stronie przedsionkowej jak i językowej, oraz oceniano wówczas ich wymiar. Rodzaj i zaawansowanie ubytków kostnych klasyfikowano według dwóch przyjętych klasyfikacji.

W pierwszej publikacji dowiedziono, że problem występowania ubytków kostnych w zakresie przedniego odcinka uzębionej żuchwy jest bardzo częsty. W niniejszym badaniu wyniósł aż 91%, przy czym w 43% stwierdzono obecność jedynie bardzo cienkiej blaszki przedsionkowej, predysponującej do szybkiej resorpcji w obecności niekorzystnych

czynników. Wykazano, że u znacznej części społeczeństwa najistotniejszym problemem są dehiscencje wargowe.

Przegląd systematyczny piśmiennictwa dotyczący charakterystyki bloków kostnych z różnych biomateriałów ukazał, że stale kość własna stanowi “złoty standard” w chirurgii regeneracyjnej wyrostka zębodołowego. Niemniej jednak, pod względem skuteczności, allogenne bloki kostne wykazują porównywalną skuteczność do bloków autogennych, charakteryzując się ponadto niskim współczynnikiem resorpcji. Co ważne, stwierdzono, że względy bezpieczeństwa faworyzują alloprzeszczepy, ponieważ ich zastosowanie eliminuje niekiedy stosunkowo wysokie ryzyko powikłań w miejscu dawczym. Opisując nowoczesne metody zwiększające efektywność zabiegów rekonstrukcyjnych z wykorzystaniem bloków kostnych, zwrócono uwagę na możliwość indywidualizowania bloków allogennych, która ma szczególne znaczenie, zapewniając idealne położenie i wymiary bloku. Procedura chirurgiczna z indywidualizowanymi blokami allogennymi jest znacznie prostsza i szybsza, gdyż nie wymaga modelowania i dopasowywania graftu.

Publikacja oparta na opisie przypadku analizowanej metody rekonstrukcji kości wykazała istotną przydatność CBCT w aspekcie projektowania wspomaganego komputerowo i następczego wytwarzania projektu. Technologia ta umożliwia uzyskanie indywidualizowanego, idealnie dopasowanego do miejsca biorczego bloku kostnego. Odnotowano zadowalający efekt zabiegu, ponieważ w kontrolnym badaniu radiologicznym po 2 latach zauważono znaczny poziom odbudowy kości, wynoszący aż 6,5 mm w wymiarze pionowym. Ponadto stwierdzono obecność nowo wytworzonej warstwy kości zbitej. Tym samym wstępnie dowiedziono skuteczności tej nowatorskiej metody.

Podstawowa analiza skuteczności rekonstrukcji wykazała istotne statystycznie różnice w wymiarach kości w większości przypadków, porównując obrazy radiologiczne przed zabiegiem i po 6 miesiącach. Uśrednione wartości średnich dla każdego zęba analizowanego na określonych wysokościach referencyjnych wynosiły: CEJ-2: 2,9 mm,  $\frac{1}{2}$  CEJ-2: 2,7 mm,  $\frac{1}{4}$  CEJ-2: 1,9 mm, API: 1,4 mm. Maksymalny pionowy wzrost kości zaobserwowano przy zębie 43 (9,9 mm), następnie 32 (9,8 mm), 33 (8,5 mm), 31 (8,4 mm), 42 (8 mm), 41 (7 mm). Nie stwierdzono istotnego wpływu wieku i płci na końcowy efekt zabiegu. U znacznego odsetka pacjentów początkowo występowały niekorzystne czynniki, które mogą negatywnie wpływać na skuteczność odbudowy kości – cienki biotyp dziąsła i recesje, nadmierna aktywność mięśnia bródkowego. Nie było jednak istotnej statystycznie różnicy pomiędzy tymi pacjentami a pacjentami bez powyższych czynników. Wynik ten wskazuje na konieczność

odpowiedniego przygotowania pacjenta zgodnie z zastosowanym algorytmem. Idealny efekt terapeutyczny uzyskano u 24 (75%) pacjentów, a u pozostałych efekt był zadowalający.

Na podstawie tych badań wyciągnięto następujące główne wnioski:

- 1) Problem częstości występowania ubytków kostnych w przednim odcinku uzębionej żuchwy, występujący u znacznej części społeczeństwa, wymaga opracowania określonych algorytmów diagnostycznych i terapeutycznych, szczególnie u pacjentów przed i w trakcie leczenia ortodontycznego,
- 2) Rekonstrukcja kości z użyciem allogennego, indywidualizowanego bloku kości gąbczastej w technologii 3D optymalizuje zabieg pod kątem technicznym oraz pozwala na osiągnięcie zadowalającego efektu, w tym wytworzenie nowej warstwy kości zbitej, co świadczy o znakomitej adaptacji funkcjonalnej przeszczepu,
- 3) Opisana i analizowana metoda jest jedyną przewidywalną i skuteczną w aspekcie trójwymiarowej- w tym wertykalnej regeneracji kości w odcinkach z obecnym uzębieniem.

## **ABSTRACT**

Recessions are characterized by the apical displacement of the gingival margin in relation to the cemento-enamel junction. They affect the gingiva, periodontal ligaments, root cementum, and bone. This condition is not solely an aesthetic issue; it also raises concerns about tooth loss, discomfort, dentin hypersensitivity, root caries, and may cause the formation of cervical lesions of non-carious origin.

The etiology of recessions is multifactorial. It involves both predisposing and causative factors. Predisposing factors include developmental morphological changes such as bone dehiscence, incorrect tooth position, thin biotype with insufficient attached gingiva, or pull syndrome, all of which may increase the risk of recession. Causative factors, in turn, include habits and conditions that contribute to the development of recessions. These include traumatic factors such as improper tooth brushing techniques, habits and parafunctions, inflammation associated with plaque accumulation, and various dental interventions, including orthodontic tooth movements.

The clinical problem involves the coexistence of predisposing and causative factors, particularly the need for orthodontic treatment, which necessitates the development of specific management algorithms. It has been shown that induced orthodontic tooth movement towards an area of very thin bone can cause dehiscence and, consequently, recession. Ideally, the root should be covered with bone on all surfaces. This leads us to seek solutions to restore the appropriate amount and morphology of bone, especially before planned orthodontic treatments.

Regenerative alveolar surgery encompasses a range of surgical techniques utilizing biomaterials with various properties. Vertical bone reconstruction remains a particular challenge. The available reports on the excellent results of extensive reconstructions primarily consist of case descriptions involving regeneration in edentulous areas, often presented in scenarios where bone blocks are used. The precise adaptation and adequate stabilization of these bone blocks ensure the desired outcomes. Blume et al. emphasize the advantages of individualized, allogeneic bone blocks, which allow for the avoidance of creating an additional surgical site and the associated potential complications, as well as the precise adaptation of the graft to the defect's geometry. However, the current literature lacks a standardized and validated method for the multidimensional reconstruction of bone in areas with preserved dentition that would consistently provide satisfactory results.

The dissertation consists of a series of four publications with a total Impact Factor (IF) of 10,614 and total points amounting to 340.

The first publication analyzed the prevalence of bone defects in the anterior area of the mandible with preserved dentition. This study was based on a radiological assessment using cone beam computed tomography (CBCT) scans in a group of 100 randomly selected patients. Bone widths were measured at selected reference points in relation to tooth 31. The frequency and advancement of various types of bone defects were determined. Based on the collected data, a graphical modification of Yang et al.'s classification of bone defects was created.

The second publication includes a systematic review of the literature aimed at analyzing the properties, disadvantages, and advantages of bone blocks used in regenerative alveolar surgery, which are made from various materials (autogenous, allogeneic, xenogeneic). The review also characterizes various methods aimed at increasing the effectiveness of bone reconstruction and improving procedural outcomes, with particular emphasis on the advantages of individualizing allogeneic blocks.

The third publication is a case report that presents the analyzed reconstruction method. This publication explains the stages of the procedure and demonstrates its effectiveness based on comparative radiological and clinical images obtained before the procedure and two years after.

The main project aimed at the radiological evaluation of the effectiveness of the analyzed method in a group of 32 patients. The measurements were standardized using CBCT examinations performed before the procedure and six months afterwards. Bone width was measured at predetermined reference points relative to the lower incisors and canines. The possible presence of dehiscences and/or fenestrations, on both the vestibular and lingual sides, was also recorded and their sizes assessed. The type and advancement of the bone defects were classified according to two recognized classifications.

The first publication demonstrated that bone defects in the anterior part of the dentate mandible are very common. In this study, the prevalence was as high as 91%, with 43% having only a very thin vestibular plate, which predisposes to rapid resorption in the presence of unfavorable factors. It was found that the most significant problem in a substantial portion of the population is labial dehiscence.

A systematic review of the literature on the properties of bone blocks made from different biomaterials revealed that autogenous bone is the "gold standard" in regenerative surgery of the alveolar process. However, in terms of efficacy, allogeneic bone blocks are

comparable to autogenous blocks and also have a low resorption rate. It is important to note that safety considerations favor allogeneic bone blocks, as their use sometimes eliminates the very high risk of complications at the donor site. When describing modern methods that increase the effectiveness of reconstructive procedures using bone blocks, the possibility of individualizing allogeneic blocks was highlighted. This is of particular importance as it ensures the ideal position and size of the block. The surgical procedure with individualized allogeneic blocks is much easier and faster because it does not require the modeling and adjustment of the graft. The publication, based on a case report of the analyzed bone reconstruction method, demonstrated the significant benefits of CBCT in terms of computer-aided design and subsequent fabrication of the design. This technology makes it possible to obtain an individualized bone block that is perfectly matched to the recipient site. The outcome of the procedure was satisfactory, as a radiologic follow-up after 2 years showed a significant level of bone reconstruction, with vertical growth measuring up to 6.5 mm. The presence of a newly formed layer of cortical bone was also noted, which initially proved the effectiveness of this innovative method.

The basic analysis of the effectiveness of the reconstruction showed statistically significant differences in bone dimensions in most cases when comparing the radiologic images before the procedure and 6 months thereafter. The average mean values for each tooth analyzed at specific reference heights were: CEJ-2: 2.9 mm,  $\frac{1}{2}$  CEJ-2: 2.7 mm,  $\frac{1}{4}$  CEJ-2: 1.9 mm, API: 1.4 mm. The maximum vertical bone growth was observed at tooth 43 (9.9 mm), followed by 32 (9.8 mm), 33 (8.5 mm), 31 (8.4 mm), 42 (8 mm), and 41 (7 mm). There was no significant influence of age or gender on the final outcome of the procedure. A significant percentage of patients exhibited initial unfavorable factors that could negatively affect the efficacy of bone reconstruction, such as a thin gingival biotype and recession, as well as excessive activity of the mentalis muscle. However, no statistically significant difference was found between these patients and those without the aforementioned factors, indicating the need to properly prepare the patient according to the applied algorithm. An ideal therapeutic effect was achieved in 24 (75%) patients, while the effect was satisfactory in the remaining patients.

Based on this research, the following main conclusions were drawn:

- 1) The high frequency of bone defects in the anterior part of the mandible with preserved dentition, which affects a significant proportion of the population, necessitates the development of specific diagnostic and therapeutic algorithms, particularly for patients before and during orthodontic treatment,

- 2) Bone reconstruction using an allogenic individualized 3D cancellous bone block optimizes the procedure from a technical standpoint and allows for satisfactory outcomes. This includes the formation of a new layer of cortical bone, demonstrating the excellent functional adaptation of the graft,
- 3) The method described and analyzed is the only predictable and effective approach for three-dimensional—including vertical—bone regeneration in areas with existing teeth.