

Wpływ komponentów implantoprotetycznych na kształtowanie szerokości biologicznej i jej znaczenie dla długoterminowej stabilności tkanek – przegląd piśmiennictwa

The influence of implant-prosthetic components on the formation of biological width and its significance for the long-term stability of peri-Implant tissues: a literature review

Małgorzata Węgrzyn-Kapisz, Anna Kochanek-Leśniewska, Elżbieta Mierzwińska-Nastalska

Katedra i Zakład Protetyki Stomatologicznej, Warszawski Uniwersytet Medyczny
Department of Prosthetic Dentistry, Medical University of Warsaw
Kierownik: prof. dr hab. n. med. Jolanta Kostrzeva-Janicka

HASŁA INDEKSOWE:

szerokość biologiczna, implanty stomatologiczne, tkanki miękkie wokół implantów, śruby gojące, komponenty poddziałłowe

KEY WORDS:

biologic width, dental implants, peri-implant soft tissues, implant-prosthetic treatment, healing abutments, transmucosal components

Streszczenie

Szerokość biologiczna jest określana jako łączny wierzchołkowo-koronowy wymiar przyczepu nabłonkowego oraz nadwyrostkowego przyczepu łącznotkankowego. Jest to pionowy wymiar tkanek miękkich przylegających do powierzchni zęba lub implantu, który tworzy fizjologiczną barierę ochronną przed wpływem środowiska jamy ustnej. Zachowanie właściwego wertykalnego, jak i horyzontalnego wymiaru tkanek miękkich odgrywa kluczową rolę w długoterminowej stabilności tkanek okołowszczepowych oraz w powodzeniu leczenia protetycznego opartego na implantach. Celem artykułu jest omówienie struktury i funkcji szerokości biologicznej wokół implantów z uwzględnieniem jej roli w ochronie brzegu kostnego, utrzymania integralności tkanek miękkich oraz przedstawienie czynników wpływających na jej powstanie i utrzymanie, takich jak głębokość osadzenia implantu, projektowanie uzupełnień protetycznych i morfologia tkanek miękkich.

Summary

Biological width refers to the combined apico-coronal dimension of the junctional epithelium and the supracrestal connective tissue attachment. It represents the vertical dimension of soft tissues adhering to the surface of a tooth or implant, forming a physiological protective barrier against the oral environment. The preservation of this structure plays a crucial role in the long-term stability of peri-implant tissues and the success of implant-supported prosthetic treatment. The aim of this article is to discuss the structure and function of biological width around dental implants, highlighting its role in protecting the crestal bone, maintaining soft tissue integrity, and presenting the factors that influence its formation and preservation, such as implant placement depth, prosthetic design, and soft tissue morphology.

This review is based on an analysis of articles retrieved from major biomedical databases (PubMed, Scopus, Medline, and Web of Science).

Przeprowadzono analizę artykułów wyszukiwanych w bazach medycznych (PubMed, Scopus, Medline, Scopus oraz Web of Science) według haseł: szerokość biologiczna, implanty stomatologiczne, tkanki miękkie wokół implantów, śruby gojące, komponenty poddźwiżkowe, polerowanie łączników, periimplantitis, projektowanie łączników protetycznych.

A total of 76 publications were identified using keywords such as biological width, dental implants, peri-implant soft tissues, healing abutments, submucosal components, abutment polishing, peri-implantitis, and abutment design. Of these, 40 articles were selected for in-depth qualitative evaluation.

Współczesna implantoprotetyka, jako interdyscyplinarna dziedzina łącząca chirurgię, periodontologię oraz protetykę stomatologiczną, stawia sobie za cel nie tylko uzyskanie stabilnej osteointegracji, lecz również długoterminowe utrzymanie integralności tkanek miękkich otaczających wszczep. Jednym z podstawowych elementów warunkujących powodzenie leczenia implantoprotetycznego w aspekcie biologicznym i estetycznym jest prawidłowo ukształtowana szerokość biologiczna.^{1,2} W przypadku implantów, mimo braku osłonek oraz zakotwiczonych włókien kolagenowych, obserwuje się formowanie analogicznej struktury biologicznej jak wokół zębów naturalnych, pełniącej porównywalną funkcję obronną i stabilizującą. Badania przeprowadzone na modelach zwierzęcych oraz preparatach ludzkich wskazują, iż błona śluzowa wokół implantów cechuje się odmienną architekturą histologiczną – włókna kolagenowe przebiegają równolegle lub ukośnie względem powierzchni wszczepu, a połączenie nabłonkowo-łącznotkankowe wykazuje zmienną wysokość, uzależnioną od typu implantu oraz jego pozycjonowania.^{3,4}

Zachowanie nienaruszonej szerokości biologicznej w rejonie okołowszczepowym warunkuje długoterminową stabilność tkanek, zapobiega recesji dziąseł oraz redukcji kości brzeżnej. Naruszenie tej przestrzeni, spowodowane nieprawidłowym planowaniem chirurgicznym lub niewłaściwie dobranymi komponentami protetycznymi, takimi jak zbyt niskie lub zbyt wysokie śruby gojące, nieodpowiednio umieszczone

platformy protetyczne, często wymieniane tymczasowe korony lub łączniki, czy też zbyt głębokie pozycjonowanie elementów retencyjnych – może prowadzić do wystąpienia niepożądanych reakcji zapalnych oraz progresywnej utraty tkanek. Stąd uwzględnienie zasad biologicznej integracji tkanek miękkich stanowi nieodzowny element postępowania implantoprotetycznego, szczególnie w strefie estetycznej.⁵

Celem niniejszej pracy jest przedstawienie aktualnego stanu wiedzy dotyczącej szerokości biologicznej wokół implantów stomatologicznych oraz jej znaczenia w kontekście długoterminowego utrzymania prawidłowego stanu tkanek okołowszczepowych. W artykule omówiono podstawowe aspekty anatomiczne i histologiczne tej struktury, zwracając uwagę na różnice między szerokością biologiczną wokół zębów naturalnych a formującą się wokół wszczepów śródkostnych.

Artykuł powstał na bazie analizy 40 artykułów dostępnych w bazach danych: PubMed, Scopus, Medline i Web of Science wyszukiwanych według haseł: szerokość biologiczna, implanty stomatologiczne, tkanki miękkie wokół implantów, śruby gojące, komponenty poddźwiżkowe, polerowanie łączników, periimplantitis, projektowanie łączników protetycznych.

Szerokość biologiczna jest zdefiniowana jako łączny wierzchołkowo-koronowy wymiar przyczepu nabłonkowego oraz nadwyrostkowego przyczepu łącznotkankowego. Jest to pionowy wymiar tkanek miękkich przylegających do powierzchni zęba lub implantu, który

tworzy fizjologiczną barierę ochronną przed wpływem środowiska jamy ustnej.^{1,6} W przypadku zębów naturalnych szerokość biologiczna ma średni wymiar około 2,04 mm i składa się z dwóch struktur: nabłonka łączącego o wysokości około 0,97 mm, który łączy się z cementem korzeniowym za pośrednictwem struktur adhezyjnych, takich jak hemidesmosomy i białka adhezyjne (np. laminina-332, integryny $\alpha 6 \beta 4$, kolagen typu XVII) oraz przyczepu łącznotkankowego o wysokości średnio 1,07 mm, utworzony przez włókna kolagenowe typu I i III, przebiegające prostopadle do powierzchni korzenia i zakotwiczone się w cementie oraz ozębnej.^{6,7} W przypadku implantów stomatologicznych, szerokość biologiczna jest większa i mniej przewidywalna – wynosi przeciętnie 3-4 mm.⁶⁻⁸ Średnia wysokość nabłonka dziąsłowego wynosi 1,5-2,3 mm. Jego koronową granicę określa powierzchnia błony śluzowej, natomiast apikalna część kończy się około 1-1,5 mm powyżej krawędzi wyrostka kostnego. To właśnie w tej najgłębszej strefie nabłonkowej możliwe jest powstanie struktur adhezyjnych – hemidesmosomów i błony podstawnej, które umożliwiają częściowe przyczepienie nabłonka do powierzchni implantu.^{9,10} Proces ten jest wspierany przez obecność białek adhezyjnych, takich jak laminina-332, integryny $\alpha 6 \beta 4$, BP180 oraz nidogen.^{8,10} Z kolei przyczep łącznotkankowy wokół implantów osiąga zwykle wysokość 1,3-1,7 mm i charakteryzuje się odmienną organizacją niż w zębach naturalnych – włókna kolagenowe przebiegają równolegle do osi długiej implantu i nie zakotwiczone się w jego powierzchni, co wpływa na mniejszą stabilność biologiczną tej strefy.^{8,11} Ponadto w strukturze tej brakuje włókien Sharpey'a oraz więzadeł ozębnej, co skutkuje odmienną biomechaniką przyczepu w porównaniu do przyzębia zębów naturalnych.

Klinicznie, zachowana szerokość biologiczna sprzyja utrzymaniu zdrowego marginesu dziąsłowego, ogranicza wnikanie bakterii

i wspiera gojenie tkanek. Jej zaburzenie może prowadzić do powstania przewlekłego stanu zapalnego i progresji resorpcji kości brzeżnej.¹² Stabilna szerokość biologiczna warunkuje przewidywalność efektów w strefie estetycznej. Ułatwia zachowanie naturalnej linii dziąsłowej, unikanie przebarwień oraz zapewnia harmonijny kontur tkanek miękkich.¹³ Długoterminowe obserwacje potwierdzają, że pacjenci z utrzymaną, niezakłóconą szerokością biologiczną wykazują mniejsze tempo utraty kości brzeżnej.^{14,15} Wiedza na temat budowy anatomicznej i histologicznej szerokości biologicznej wokół implantów jest kluczowa dla uzyskania długoterminowej stabilności tkanek miękkich, a co za tym idzie powodzenia leczenia implantoprotetycznego. Z tych względów, ochrona szerokości biologicznej powinna być traktowana jako jedno z podstawowych założeń w kompleksowym planowaniu leczenia. Optimalizacja warunków chirurgicznych i zastosowanie komponentów protetycznych wspierających integrację z tkankami miękkimi może znacząco ograniczyć ryzyko powikłań biologicznych oraz zwiększyć estetykę i trwałość końcowej rekonstrukcji.

Formowanie szerokości biologicznej wokół implantów śródkostnych uwarunkowane jest wieloma czynnikami o różnym charakterze: chirurgicznym, protetycznym, materiałowym oraz ogólnoustrojowym. Istotną rolę odgrywają parametry związane z techniką chirurgiczną, w tym głębokość osadzenia implantu względem grzbietu wyrostka zębodołowego oraz cech anatomicznych tkanek miękkich, czyli ich fenotypem. Wpływają one bezpośrednio na przestrzenny przebieg i jakość formującej się bariery biologicznej.¹⁶

Z innych czynników, które w znaczący sposób wpływają na odpowiedź tkanek okołowszczepowych, wymienia się rodzaj materiału, z których wykonane są komponenty protetyczne, zwłaszcza łączniki i śruby gojące, ich geometrię, liczbę podejmowanych

procedur klinicznych oraz zastosowaną koncepcję protetyczną. Równie ważna jest topografia powierzchni biomateriałów – chropowatość i porowatość, które warunkują jakość adhezji komórkowej i integracji z tkankami miękkimi.¹⁷ Dodatkowo, stan ogólny pacjenta, obecność chorób przewlekłych, palenie tytoniu oraz poziom higieny jamy ustnej mogą modyfikować procesy gojenia i stabilizacji tkanek.¹⁸ Uwzględnienie wszystkich wymienionych czynników jest kluczowe dla uzyskania stabilnej i przewidywalnej szerokości biologicznej, a co za tym idzie – długoterminowego sukcesu leczenia implantoprotetycznego.

Obserwacje kliniczne wykazały, że formująca się bariera biologiczna (kształtująca się szerokość biologiczna) lokalizuje się na powierzchni struktury przekraczającej błonę śluzową, mającą bezpośredni kontakt z otaczającymi tkankami miękkimi.^{17,18} W badaniach wykazano, że do wykształcenia stabilnego przyczepu nabłonkowego dochodzi w ciągu pierwszych tygodni po wprowadzeniu elementu transmukosalnego. Komórki nabłonka jamy ustnej migrują wzdłuż powierzchni biomateriału i tworzą nabłonek łączący o wysokości około 1,5-2,0 mm, który przytwierdza się do powierzchni łącznika za pomocą hemidesmosomów i białek macierzy zewnątrzkomórkowej, takich jak laminina-332.¹⁹ Pod nabłonkiem łączącym rozwija się przyczep łącznotkankowy, zbudowany z kolagenu typu I i III oraz fibroblastów. Włókna kolagenowe układają się równolegle do osi długiej łącznika, nie penetrując jego powierzchni, co odróżnia ten przyczep od przyzębia zębów naturalnych.^{19,20} Stabilizacja szerokości biologicznej następuje zazwyczaj w okresie 8 tygodni od momentu pierwszego, niezakłóconego montażu komponentu transmukosalnego. W przypadku zastosowania protokołu wielokrotnego odłączania i przyłączania łączników, obserwuje się powtarzającą destrukcję i regenerację tej strefy, co może prowadzić do jej niestabilności i stopniowego

pogłębiania ubytku tkanek miękkich oraz kości brzeżnej.^{16,21}

Szerokość biologiczna w przypadku wszczepów dwuczęściowych zaczyna kształtować się w momencie odsłonięcia implantu i założenia śruby gojącej bądź łącznika tymczasowego.²² W przypadku implantów jednofazowych, w których komponent transmukosalny stanowi integralną część całego implantu, formowanie szerokości biologicznej rozpoczyna się w zasadzie od razu po ich wprowadzeniu do kości. Stała obecność tego samego elementu, przez cały okres gojenia, eliminuje ryzyko powtarzających się przerwań ciągłości tkanek, które występują przy wielokrotnym odłączaniu i ponownym montażu łączników w implantach dwufazowych. Dzięki temu dochodzi do szybszej stabilizacji przyczepu nabłonkowego i łącznotkankowego oraz potencjalnie mniejszej utraty tkanek brzeżnych w dłuższym okresie obserwacji.^{20,21} W takich przypadkach, zarówno nabłonek łączący, jak i przyczep łącznotkankowy rozwijają się już na wczesnym etapie, a ich układ przestrzenny oraz przebieg włókien kolagenowych są porównywalne do tych obserwowanych wokół śrub gojących w systemach dwufazowych, o ile zachowana zostanie stabilność i brak ingerencji protetycznej.¹⁹

Lokalizacja szerokości biologicznej oraz jej przebieg przestrzenny mogą być modyfikowane przez grubość błony śluzowej. Stwierdzono, że tkanki miękkie o większej grubości sprzyjają bardziej koronowemu położeniu tej struktury i zmniejszonej resorpcji kości wyrostka.¹⁶ Jednocześnie właściwości topograficzne i chemiczne materiałów transmukosalnych mają wpływ na jakość przyczepu komórkowego. Powierzchnie o zwiększonej chropowatości przyspieszają adhezję fibroblastów i komórek nabłonkowych, co może korzystnie wpływać na stabilizację barier tkankowych.¹⁷

Szerokość biologiczna wyznacza ramy projektowe dla kształtu i pozycji komponentów odbudowy protetycznej. Odpowiednio dobrane

parametry łącznika – jego wysokość, geometria oraz materiał, z którego jest wykonany – mają bezpośredni wpływ na stabilność tkanek miękkich i ewentualne wystąpienie reakcji zapalnej. Zbyt niski łącznik lub nieprawidłowy profil wyłaniania może zaburzać strukturę biologiczną, co skutkuje recesją dziąsła i ekspozycją powierzchni implantu.²³ Minimalizacja ryzyka naruszenia szerokości biologicznej wokół implantów wymaga uwzględnienia szeregu czynników biologicznych, materiałowych i proceduralnych. Zarówno charakterystyka powierzchni implantu, jak i jego pozycjonowanie względem poziomu kości, parametry łącznika oraz komponentów protetycznych – mają istotny wpływ na sposób organizacji przyczepu nabłonkowego i struktury tkanki łącznej.

Śruby gojące odgrywają zasadniczą rolę w procesie tworzenia się szerokości biologicznej wokół implantów dwufazowych. Stanowią one pierwszy element protetyczny wprowadzany do środowiska jamy ustnej po zakończeniu osteointegracji i mają bezpośredni kontakt z tkankami miękkimi. Ich geometria, wysokość oraz materiał, z którego są wykonane, determinują warunki w jakich dochodzi do adaptacji nabłonka i tkanki łącznej, wpływając tym samym na stabilność przyczepu biologicznego i przewidywalność dalszych etapów leczenia protetycznego. Konstrukcje śrub gojących różnią się pod względem sposobu modelowania tkanek miękkich. Najczęściej stosowane są śruby cylindryczne (standardowe), o prostym, równoległościennym kształcie. Umożliwiają one uformowanie pionowego profilu dziąsła wokół implantu w odcinkach bocznych, gdzie nie ma tak wysokich wymagań estetycznych. Ze względu na swoją uniwersalność, prostotę użycia i szeroką dostępność, są one powszechnie stosowane w codziennej praktyce klinicznej. Należy jednak zaznaczyć, że ich ograniczona geometria może nie odzwierciedlać finalnego konturu wyłaniania planowanej korony protetycznej, co wymaga dodatkowego

formowania tkanek w późniejszych etapach.²⁴ W sytuacjach, w których istotne jest bardziej precyzyjne kształtowanie tkanek miękkich, stosuje się śruby anatomiczne, charakteryzujące się poszerzeniem w części przyszyjkowej i bardziej naturalnym konturem, odpowiadającym szyjce zęba. Tego typu konstrukcje umożliwiają uzyskanie bardziej fizjologicznego profilu wyłaniania, co może znacząco wpływać na estetykę i stabilność brzegu dziąsłowego, szczególnie w odcinku przednim szczęki. Anatomiczne śruby gojące pozwalają tkankom na wcześniejszą adaptację do kształtu planowanej nadbudowy protetycznej, co skraca czas leczenia i minimalizuje potrzebę korekt w fazie końcowej.¹³ Jeszcze większą precyzją odznaczają się śruby indywidualne, projektowane cyfrowo na podstawie skanu wewnątrzustnego lub modelu. Są one frezowane najczęściej z tytanu lub cyrkonu i dopasowane do unikalnej anatomii pacjenta oraz zaplanowanego konturu przyszłej korony. Ich zastosowanie pozwala nie tylko na uzyskanie estetycznego, harmonijnego profilu wyłaniania, ale także na jego stabilizację już od momentu odsłonięcia implantu. Dzięki temu możliwe jest zminimalizowanie liczby ingerencji w tkanki miękkie, co według badań może redukować ryzyko stanu zapalnego i utraty przyczepu.¹⁴ Warto zaznaczyć, że wybór między śrubą standardową a anatomiczną lub indywidualną nie powinien być przypadkowy, lecz powinien uwzględniać lokalizację implantu, grubość tkanek miękkich, pozycjonowanie implantu względem brzegu kostnego oraz planowany kształt odbudowy protetycznej. Niewłaściwy dobór typu śruby może prowadzić do przeciążenia tkanek i ich retrakcji. Wybór materiału śruby gojącej powinien być podejmowany indywidualnie, z uwzględnieniem grubości tkanek miękkich, lokalizacji implantu, wymagań estetycznych oraz stopnia ryzyka biologicznego. W warunkach klinicznych najczęściej wykorzystywanym materiałem pozostaje tytan, ze względu na jego wysoką biozgodność,

odporność mechaniczną oraz przewidywalne skutki zastosowania w środowisku jamy ustnej. Tytanowe śruby gojące, zwłaszcza z powierzchnią modyfikowaną (np. anodowane lub piaskowane), wspierają korzystną odpowiedź tkanek miękkich i zapewniają stabilny przyczep łącznotkankowy.²⁵ W przypadkach wymagających zwiększonej estetyki – szczególnie w odcinku przednim u pacjentów z cienkim biotypem – coraz częściej wykorzystywane są śruby wykonane z tlenku cyrkonu (ZrO_2). Materiał ten, oprócz wysokiej biokompatybilności, cechuje się niską przeziernością i barwą zbliżoną do naturalnych tkanek, co ogranicza ryzyko ich przebarwienia. Wyniki badań klinicznych i histologicznych wskazują, że cyrkon może sprzyjać korzystniejszej organizacji tkanek miękkich oraz charakteryzuje się mniejszym stopniem kolonizacji bakteryjnej w porównaniu do tytanu, co potencjalnie zmniejsza ryzyko rozwoju stanów zapalnych w obrębie tkanek okołowszczepowych.^{26,27} Równolegle do materiałów metalicznych i ceramicznych prowadzone są intensywne badania nad zastosowaniem nowoczesnych materiałów polimerowych, w tym polieteroeteroketonu (PEEK). PEEK jest termoplastycznym polimerem o wysokiej wytrzymałości mechanicznej i elastyczności, której wartość modułu sprężystości (ok. 3–4 GPa) jest zbliżona do ludzkiej tkanki kostnej, co pozwala na bardziej naturalny rozkład naprężeń w strukturach wspierających implanty. Ponad to wykazuje wysoką odporność chemiczną i termiczną, co czyni go materiałem stabilnym w środowisku jamy ustnej. Kluczowym atutem polieteroeteroketonu jest jego biogodność oraz brak potencjału jonowego, co zmniejsza ryzyko reakcji elektrogalwanicznych i alergii, obserwowanych przy zastosowaniu metali. Materiał ten można precyzyjnie obrabiać w technologii CAD/CAM, a jego barwa – naturalnie zbliżona do koloru zębów – stanowi dodatkowy walor estetyczny, szczególnie istotny w protetyce implantologicznej. Ze względu na

wymienione właściwości, PEEK znajduje zastosowanie zarówno w konstrukcji łączników protetycznych, jak i elementów odbudów tymczasowych oraz długoczasowych w leczeniu implantoprotetycznym, oferując korzystne połączenie biomechaniki, estetyki i bezpieczeństwa biologicznego.²⁸

Istotnym etapem formowania i stabilizacji szerokości biologicznej jest świadome kształtowanie profilu wyłaniania poprzez zastosowanie odpowiednio zaprojektowanych koron tymczasowych. Elementy te, będące częścią fazy protetycznej leczenia implantologicznego, odgrywają kluczową rolę w kontroli przestrzennej organizacji tkanek miękkich oraz ich integracji z powierzchnią odbudowy.^{29,30} Korona tymczasowa, zastosowana po zakończeniu etapu gojenia lub bezpośrednio po odsłonięciu implantu, może pełnić funkcję terapeutyczną, modelując tkanki miękkie w sposób kontrolowany i przewidywalny. Kontur korony, zwłaszcza w strefie przyszyjkowej, pozwala na stopniowe formowanie pożądanego profilu dziąsła, co stanowi istotne przygotowanie biologiczne i estetyczne przed długoczasową odbudową.³¹ Zastosowanie odpowiednio zaprojektowanej korony tymczasowej może również ograniczyć potrzebę chirurgicznej korekty tkanek miękkich przed etapem końcowym.³² W tym kontekście szczególnego znaczenia nabiera właściwy profil wyłaniania, definiowany jako trójwymiarowy kształt powierzchni protetycznej przechodzącej przez błonę śluzową. Profil ten powinien być dostosowany do indywidualnej morfologii dziąsła i planowanego efektu estetycznego. Zbyt wypukły lub gwałtownie zmieniający się kontur może prowadzić do przeciążenia tkanek miękkich, ich retrakcji, a nawet uszkodzenia przyczepu nabłonkowego i tkanki łącznej.^{16,29} Z kolei zbyt wąski profil wyłaniania może skutkować niewystarczającym wsparciem dla dziąsła, jego zapadnięciem się i zaburzeniem równowagi biologicznej wokół implantu.³¹ Współczesne podejście protetyczne

opiera się na zasadzie etapowego kształtowania profilu wyłaniania, rozpoczynając od fazy tymczasowej i przechodząc do długoczasowej nadbudowy protetycznej, której kontur powinien odtwarzać formę uzyskaną wcześniej.^{30,32} Utrzymanie ciągłości tego profilu pozwala na zachowanie stabilności tkanek i redukuje ryzyko ich przemieszczenia po zamianie komponentów. Utrzymanie stałego profilu wyłaniania, poprzez unikanie zmian komponentów protetycznych w trakcie leczenia, pozwala na ograniczenie mikrourazów tkanek miękkich i związanej z nimi odpowiedzi zapalnej, co może prowadzić do zmniejszenia utraty kości brzeżnej.¹⁶

Zachowanie długoterminowej stabilności tkanek miękkich wokół implantów wymaga nie tylko prawidłowego osadzenia implantu i precyzyjnej odbudowy protetycznej, ale również odpowiedniego zaprojektowania strefy przejściowej pomiędzy wszczepem a środowiskiem jamy ustnej. Kluczową rolę w tym kontekście odgrywa przezśluzówkowa część łącznika protetycznego – odcinek komponentu przebiegający od platformy implantu do poziomu błony śluzowej, będący w trwałym kontakcie z nabłonkiem przyczepionym oraz tkanką łączną.¹⁶ Projektowanie części przezśluzówkowej łącznika protetycznego wymaga uwzględnienia zarówno aspektów biologicznych, jak i materiałowych, ponieważ to właśnie w tej strefie dochodzi do bezpośredniej interakcji pomiędzy komponentem protetycznym a tkankami miękkimi. Właściwości morfologiczne, takie jak geometria boczna, kąt wyłaniania oraz jakość powierzchni, odgrywają kluczową rolę w modelowaniu odpowiedzi biologicznej. Zbyt wypukłe lub gwałtownie rozszerzające się kontury mogą prowadzić do nadmiernego napięcia tkanek, ich retrakcji oraz destrukcji przyczepu nabłonkowego i tkanki łącznej, co skutkuje nie tylko pogorszeniem estetyki, ale także zwiększonym ryzykiem wystąpienia stanów zapalnych i utraty integracji biologicznej.²⁰ Z drugiej strony, kontury zbyt wąskie lub niedostatecznie

podpierające nie zapewniają właściwego wsparcia dla śluzówki, co może prowadzić do jej zapadania się i niestabilności w dłuższej perspektywie klinicznej.³³ W tym kontekście kluczowym elementem konstrukcyjnym staje się geometria części przezśluzówkowej, która warunkuje sposób adaptacji tkanek i ich długoterminową stabilność. Geometria cylindryczna, charakteryzuje się równoległymi ścianami bocznymi, prostą konstrukcją i łatwością utrzymania higieny. Jednak jej ograniczona zdolność do modelowania tkanek miękkich oraz potencjalnie większy kąt wyłaniania mogą sprzyjać występowaniu periimplantitis, szczególnie gdy wartość kąta przekracza 30 stopni.^{34,35} Geometria stożkowa, dzięki zbieżnym ścianom i zwiększonej powierzchni przylegania, umożliwia lepszą stabilizację biologiczną oraz sprzyja bardziej harmonijnemu przejściu pomiędzy implantem a nadbudową protetyczną.³⁶ Kąt zbieżności, czyli nachylenie ścian w stosunku do osi pionowej implantu, jest kluczowym parametrem wpływającym na biologiczne i mechaniczne właściwości tej strefy. W piśmiennictwie najczęściej opisywane są kąty nachylenia w zakresie od 10° do 25°, przy czym wartości zbliżone do 20° są uznawane za optymalne w kontekście adaptacji tkanek miękkich oraz zachowania szerokości biologicznej.^{34,36} Geometria hybrydowa, często przyjmująca formę wklęsłego profilu wyłaniania, łączy zalety obu powyższych typów – zapewniając optymalne wsparcie dla tkanek, zwiększoną przestrzeń dla proliferacji komórek oraz lepszą ochronę szerokości biologicznej. Badania wskazują, że taki profil nie tylko poprawia estetykę i objętość śluzówki, ale także ogranicza ryzyko stanu zapalnego i utraty tkanek.³⁷ Zastosowanie indywidualnie projektowanych łączników o wklęsłej geometrii już na etapie gojenia pozwala na uzyskanie bardziej przewidywalnych i trwałych efektów leczenia implantoprotetycznego. Dobór odpowiedniej geometrii przezśluzówkowej części łącznika powinien być oparty na kompleksowej ocenie warunków klinicznych, w

tym lokalizacji implantu, grubości tkanek miękkich, położenia względem kości oraz wymaganiach estetycznych. Świadome modelowanie tej strefy, zgodne z zasadami biologii i biomechaniki, stanowi istotny element strategii zapewniającej długoterminowy sukces leczenia implantoprotetycznego.

Poza właściwą geometrią, istotne znaczenie kliniczne przypisuje się również jakości wykończenia powierzchni przeszłuzówkowej części łącznika, w szczególności zagadnieniu zasadności jej polerowania. Strefa ta znajduje się w bezpośrednim kontakcie z tkankami, dlatego jej powierzchnia musi być jak najlepiej tolerowana biologicznie, a jednocześnie odporna na kolonizację bakteryjną.^{38,39} Dostępne badania i analizy kliniczne wskazują, że powierzchnie polerowane o chropowatości Ra poniżej 0,2 µm, stosowane w obrębie strefy transmukosalnej, a więc na elementach mających bezpośredni kontakt z tkankami miękkimi – takich jak łączniki protetyczne, śruby gojące oraz naddziąsłowa część implantów jednoczęściowych – sprzyjają formowaniu uporządkowanego i stabilnego przyczepu łącznotkankowego. Tego typu wykończenie zmniejsza retencję biofilmu, jednocześnie wspierając równoległe ułożenie włókien kolagenowych względem powierzchni łącznika, co przekłada się na większą mechaniczną stabilność strefy biologicznej i zmniejszoną odpowiedź zapalną tkanek miękkich.⁴⁰ Dodatkowo, lepsze przyleganie błony śluzowej oraz mniejsze ryzyko stanu zapalnego przekładają się na stabilniejszy kontur dziąsła i mniejsze ryzyko retrakcji.³⁸ Decyzja o polerowaniu nie powinna być przypadkowa, a podjęta świadomie po analizie konkretnego przypadku, ponieważ dobrze zaprojektowana strefa przeszłuzówkowa to ważny element całego planu leczenia.

Podsumowanie

Szerokość biologiczna wokół implantów stanowi fundamentalny element warunkujący

długoterminową stabilność i sukces leczenia implantoprotetycznego. Choć różni się anatomicznie i biologicznie od szerokości biologicznej wokół zębów naturalnych, jej rola ochronna i barierowa pozostaje niezmiennie istotna. Odpowiednie kształtowanie tej przestrzeni zależy od wielu czynników, w tym głębokości osadzenia implantu, rodzaju i materiału śruby gojącej, kształtu oraz właściwości powierzchni komponentów protetycznych, zwłaszcza w odcinku przeszłuzówkowym. Dostępne dane wskazują, że zarówno mikroarchitektura powierzchni, jak i decyzje dotyczące polerowania elementów poddziąsłowych mają bezpośredni wpływ na jakość przyczepu tkanek miękkich i utrzymanie ich stabilności. Właściwe projektowanie i dobór komponentów powinny być zatem integralną częścią planowania leczenia implantoprotetycznego, z uwzględnieniem indywidualnych cech pacjenta oraz wymogów biologicznych tkanek otaczających implant.

Świadomość znaczenia szerokości biologicznej oraz wdrożenie protokołów sprzyjających jej utrzymaniu może istotnie ograniczyć występowanie powikłań biologicznych, takich jak periimplantitis, a także poprawić wyniki funkcjonalne i estetyczne leczenia.

Piśmienictwo

1. Gargiulo AW, Wentz FM, Orban B: Dimensions and relations of the dentogingival junction in humans. *J Periodontol* 1961; 32(3): 261-267.
2. Vacek JS, Gher ME, Assad DA, et al: The dimensions of the human dentogingival junction. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1994; 14(2): 154-165.
3. Berglundh T, Lindhe J: Dimension of the periimplant mucosa. *J Clin Periodontol* 1996; 23(10): 971-973.
4. Hermann JS, Buser D, Schenk RK, et al: Biologic width around titanium implants. *Clin Oral Implants Res* 2000; 11(1): 1-11.
5. Buser D, Martin W, Belser UC: Optimizing

- esthetics for implant restorations in the anterior maxilla: anatomic and surgical considerations. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2004; 19(Suppl): 43-61.
6. Zheng Z, Chen Z, Zhang Y: The biological width around implant. *J Prosthodont Res* 2021; 65(1): 1-7.
 7. Dhir S: Significance and clinical relevance of biologic width to implant dentistry. *J Interdiscip Dent* 2012; 2(2): 84-91.
 8. Hu X, Xu Y, Wang J, Tang Z: Histological analysis of soft tissue integration around different implant abutment materials in dogs. *Clin Implant Dent Relat Res* 2021; 23(6): 895-902.
 9. Tomasi C, Tessarolo F, Caola I, et al.: Morphogenesis of peri-implant mucosa revisited: An experimental study in humans. *Clin Oral Implants Res* 2016; 27(5): 535-542.
 10. Abrahamsson I, Berglundh T, Lindhe J: The mucosal barrier following abutment dis/reconnection. An experimental study in dogs. *J Clin Periodontol* 1997; 24(8): 568-572.
 11. Alexander R, Liu X: Soft tissue integration around dental implants: A pressing priority. *Biomaterials*. Published online June 9, 2025.
 12. Cierech M, Sapielak K S, Wojtyńska E, et al.: Skojarzone leczenie periodontologiczno-protetyczne w przypadku jatrogennego naruszenia szerokości biologicznej – opis przypadku. *Protet Stomatol* 2018; 68(4): 385-393.
 13. Thoma DS, Mühlemann S, Jung RE: Critical soft-tissue dimensions with dental implants and treatment concepts. *Periodontology* 2020; 82(1), 106-118.
 14. Canullo L, Tallarico M, Radovanovic S, et al.: Soft tissue stability around customized abutments: A 1-year randomized controlled trial. *Clin Implant Dent Relat Res* 2018; 20(5): 693-702.
 15. Buser D, Janner SF, Wittneben JG, Brägger U, Ramseier CA, Salvi GE: 10-year survival and success rates of 511 titanium implants with a sandblasted and acid-etched surface: a retrospective study in 303 partially edentulous patients. *Clin Implant Dent Relat Res* 2012; 14(6): 839-851.
 16. Linkevicius T, Apse P: Influence of soft tissue thickness on crestal bone changes around implants: A systematic review. *Journal of Clinical Periodontology* 2015; 42(5): 509-517.
 17. Gould TR, Westbury L, Brunette DM: Cellular interactions with titanium surfaces: the roles of surface chemistry and topography in cell adhesion and morphology. *J Biomed Mater Res A* 2013; 101(4): 1021-1030.
 18. Schwarz F, Derks J, Monje A, Wang HL: Peri-implantitis. *J Clin Periodontol* 2018; 45(Suppl 20): 246-266.
 19. Tomasi C, Tessarolo F, Caola I, Wennström JL, Nollo G, Berglundh T: Morphogenesis of the peri-implant mucosa: an experimental study in humans. *Clin Oral Implants Res* 2013; 24(10): 1208-1213.
 20. Abrahamsson I, Berglundh T: Effects of different implant surfaces and designs on marginal bone-level alterations: a systematic review. *Clin Oral Implants Res* 2010; 21(Suppl 6): 172-184.
 21. Berglundh T, Lindhe J, Jonsson K, Ericsson I: The mucosal barrier following abutment dis/reconnection. An experimental study in dogs. *J Clin Periodontol* 2011; 38(7): 647-657.
 22. Kochanek-Leśniewska AB, Oksiński J: Zasady projektowania oraz metody wykonywania na bazie tytanowej indywidualnych koron cyrkonowych przykręcanych do implantów. *Protet Stomatol* 2022; 72(3): 241-249.
 23. Katafuchi M, Weinstein BF, Leroux BG, Chen YW, Daubert DM: Restoration contour is a risk indicator for peri-implantitis: A cross-sectional radiographic analysis. *J Clin Periodontol* 2018; 45(2): 225-232.
 24. Linkevicius T, Apse P: Influence of abutment

- height on crestal bone stability: a clinical study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2013; 28(3): 482-488.
25. *Welander M, Abrahamsson I, Berglundh T*: The mucosal barrier at implant abutments of different materials. *Clin Oral Implants Res* 2008; 19(7): 635-641.
26. *Bączkowski B, Ziębowicz A, Ziębowicz B, Wojtyńska E, Mierzwińska-Nastalska E*: Badania topografii powierzchni ceramiki cyrkonowej z zastosowaniem mikroskopu sił atomowych (Atomic Force Microscopy). *Protet Stomatol* 2020; 70(3): 265-273.
27. *Scarano A, Piattelli A, Caputi S, Favero GA, Piattelli M*: Bacterial adhesion on commercially pure titanium and zirconium oxide disks: an in vivo human study. *J Periodontol* 2004; 75(2): 292-296.
28. *Ahmad F, Nimonkar S, Belkhode V, Nimonkar P*: Role of Polyetheretherketone in Prosthodontics: A Literature Review. *Cureus* 2024; 18; 16(5): e60552.
29. *Izzetti R, Cinquini C, Nisi M, Covelli M, Alfonsi F, Barone A*: Influence of Prosthetic Emergence Profile on Peri-Implant Marginal Bone Stability: A Comprehensive Review *Medicina* 2025; 61(3): 517.
30. *Rachwalska A, Górecka M, Pihut M, Gala A*: Wybrane możliwości uzupełnienia braków zębowych w odcinku przednim z zastosowaniem implantoprotez – w oparciu o łączniki hybrydowe – opis przypadków. *Protet Stomatol* 2021; 71(2): 162-176.
31. *Saadoun AP, Le Gall MG*: Periodontal and prosthetic considerations for anterior single-tooth implant restorations. *Pract Proced Aesthet Dent* 2002; 14(2): 137-144.
32. *Wittneben JG, Buser D, Salvi GE, Bürgin W, Hicklin SP, Bragger U*: Soft tissue stability around implants with immediate and delayed temporization: a 5-year prospective study. *Clin Oral Implants Res* 2013; 24(5): 513-520.
33. *Canullo L, Peñarrocha D, Clementini M*: Influence of implant configuration on peri-implant soft tissue stability: A systematic review of the literature. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2014; 29.
34. *Sanz-Martín I, Suárez-López Del Amo F, Nart J*: The influence of implant position on soft tissue esthetics. *Clin Oral Implants Res* 2019; 30(2): 123-129.
35. *Soulami S, Slot DE, van der Weijden F*: Implant-abutment emergence angle and profile in relation to peri-implantitis: A systematic review. *Clin Exp Dent Res* 2022; 8(4): 795-806.
36. *El Nahass H, N Naiem S*: Analysis of the dimensions of the labial bone wall in the anterior maxilla: a cone-beam computed tomography study. *Clin Oral Implants Res* 2015; 26(4): 57-61.
37. *Souza AB, Alshihri AM, Kämmerer PW, et al.*: Histological and micro-CT analysis of peri-implant soft and hard tissue healing on implants and different healing abutments configurations. *Clin Oral Implants Res* 2018; 29(10): 1007-1015.
38. *Abrahamsson I, Berglundh T*: Effects of different abutment surfaces on soft tissue integration: a histologic study in dogs. *J Clin Periodontol* 2006; 33(8): 643-648.
39. *Linkevicius T, Vindasiute E, Puisys A, et al.*: The influence of abutment material on stability of peri-implant tissues: a systematic review. *J Oral Maxillofac Res* 2015; 6(1): 139-147.
40. *Pesce P, Del Fabbro M, Menini M, De Giovanni E, Annunziata M, Khijmatgar S, Canullo L*: Effects of abutment materials on peri-implant soft tissue health and stability: A network meta-analysis. *J Prosthodont Res* 2023; 13, 67(4): 506-517.

Zaakceptowano do druku: 9.09.2025 r.

Adres autorów: 02-097 Warszawa, ul. Binińskiego 6.

© Zarząd Główny PTS 2025.