

Anatomia i fizjologia przyzębia

Anatomy and physiology of the periodontium

Agnieszka Drożdżik

Graficzne opracowanie rycin: Agnieszka Drożdżik

Poprawne i skuteczne przeprowadzanie procedur periodontologicznych nie jest możliwe bez znajomości anatomii przyzębia, pierwszy rozdział poświęcony jest więc temu zagadnieniu.

Termin „przyzębie” (z greckiego *peri* – wokół, *odontos* – ząb) opisuje tkanki miękkie i zmineralizowane, które otaczają ząb. Tkanki przyzębia utrzymują integralność powierzchni jamy ustnej, umocowują zęby w zębodołach, uczestniczą także w procesach naprawczych i regeneracyjnych. Zdrowe przyzębie stanowi funkcjonalną barierę ochraniającą przed czynnikami mikrobiologicznymi i fizycznymi, jest ponadto bardzo ważnym elementem estetyki twarzy.

Przyzębie składa się z:

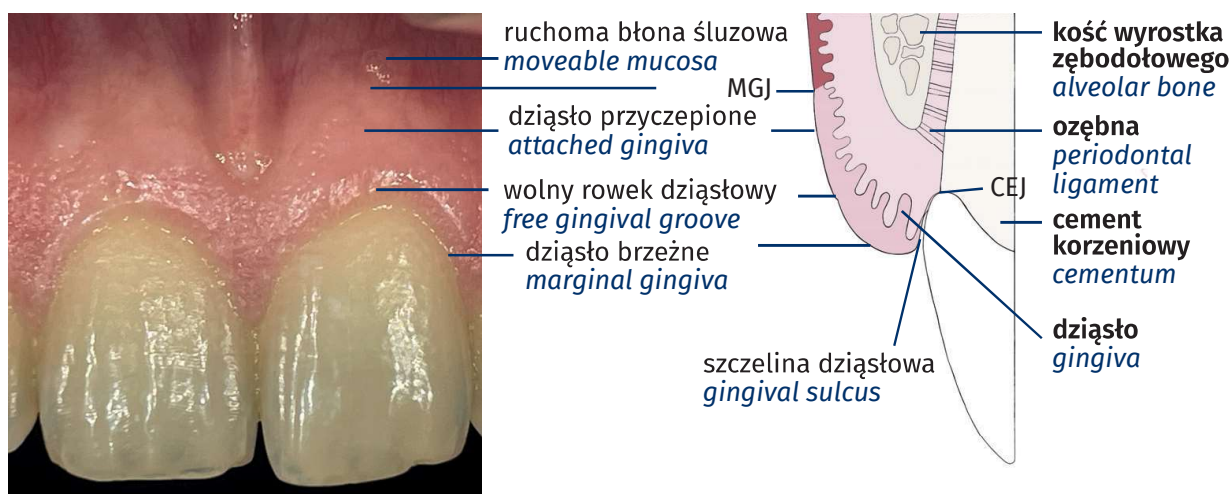
1. dziąsła,
2. ozębnej,
3. cementu korzeniowego,
4. kości wyrostka zębodołowego (ryc. 1.1).

Since excellent and effective periodontal instrumentation is impossible without considering the anatomy of the periodontium, the first chapter is dedicated to this topic.

The term periodontium (from Greek *peri* – around, *odontos* – tooth) refers to the soft and mineralized tissues surrounding the teeth. The primary functions of the periodontium are to maintain the surface integrity of the oral cavity, attach the teeth to the jawbone, and contribute to the repair, regeneration, and maintenance of each periodontal tissue throughout life. A healthy periodontium is crucial for maintaining a functional barrier against microbial and physical factors and is an essential component of facial aesthetics.

The periodontium is composed of:

1. gingiva (gum),
2. periodontal ligament,
3. root cementum, and
4. alveolar bone (Fig. 1.1).



Rycina 1.1. Anatomia przyzębia. CEJ (cementoenamel junction) – połączenie szkliwno-cementowe; MGJ (mucogingival junction) – granica śluzówkowo-dziąsłowa.

Figure 1.1 Anatomy of the periodontium; CEJ – cementoenamel junction, MGJ – mucogingival junction.

Każda z tkanek przyzębia odgrywa istotną rolę w funkcjonowaniu i utrzymaniu zębów.

1.1. Dziaśło

Dziaśło jest tkanką miękką, która otacza zęby, pokrywając kość wyrostka zębodołowego szczęki i część zębodołową żuchwy. Granica śluzówkowo-dziąsłowa, która ma przebieg girlandy, oddziela dziąsło od czerwonej, elastycznej i ruchomej błony śluzowej. W łuku górnym, po stronie podniebiennej dziąsło tworzy niewielkie pasmo, które przechodzi płynnie w błonę śluzową podniebienia twardego. Klinicznie zdrowe dziąsło ma blad różowy kolor. W populacjach śródziemnomorskiej, afrykańskiej i azjatyckiej melanocyty mogą powodować ciemne zabarwienie dziąseł. Prawidłowe, zdrowe dziąsło ma przebieg girlandy, jego konsystencja jest spójna, a powierzchnia matowa. Podczas delikatnego zgłębnikowania nie wykazuje tendencji do krwawienia.

1.1.1. Makroskopowa anatomia dziąsła

Makroskopowo można wyróżnić dziąsło wolne, na które składa się dziąsło brzeżne i brodawka międzyzębowa, oraz dziąsło przyczepione, zwane również dziąsłem zębodołowym.

Dziaśło brzeżne

Dziaśło brzeżne, inaczej brzeg dziąsłowy, ma ostry kształt i otacza szyjkę zęba w formie kołnierza. Pokrywa powierzchnię szkliwa na wysokość 1-2 mm, tworząc w ten sposób miękkie, zewnętrzne ograniczenie rowka dziąsłowego. Dziaśło brzeżne rozciąga się od brzegu dziąsłowego do wolnego rowka dziąsłowego, który jest położony na poziomie odpowiadającym połączeniu szkliwno-cementowemu. Wolny rowek dziąsłowy nie jest cechą stałą, występuje u około 50% dorosłych osób.

Each tissue of the periodontium plays a vital role in the functioning and retention of the teeth.

1.1. Gingiva

The gingiva surrounds the teeth and alveolar bone, extending to the mucogingival junction. A scalloped line separates it from the flexible, movable, and redder alveolar mucosa. On the palate, it consists of a small rim that merges into the mucosa of the hard palate. Clinically healthy gums are pale pink. In Mediterranean, African, and Asian populations, melanocytes may contribute to the dark color of gingiva. Normal gingiva has a scalloped outline, a firm consistency, a dull surface, and does not bleed when a periodontal probe is gently inserted into the sulcus.

1.1.1 Macroscopic anatomy of gingiva

Free gingiva, which includes the marginal gingiva and interdental papilla, and attached gingiva can be distinguished macroscopically.

Marginal gingiva

The marginal gingiva surrounds the neck of the tooth like a collar and forms the soft tissue walls of the gingival sulcus. Free gingiva extends from the gingival margin to the free gingival groove, positioned at a level corresponding to the cementoenamel junction. The free gingival groove is present in only 50% of adults. Free gingiva extends 1-2 mm onto the enamel surface, ending with a sharp edge.

Dziąsło przyczepione

Dziąsło przyczepione rozciąga się między dziąsłem brzeżnym a ruchomą błoną śluzową. W kierunku wierzchołkowym ograniczeniem dziąsła przyczepionego jest granica śluzówkowo-dziąsłowa (zwana również linią lub połączeniem śluzówkowo-dziąsłowym), w kierunku koronowym zaś wolny rowek dziąsłowy. Dziąsło przyczepione jest nieruchome, co jest wynikiem mocnego przytwierdzenia do cementu korzeniowego i do kości wyrostka zębodołowego, za pośrednictwem włókien tkanki łącznej. Ten segment dziąsła często ma drobne zagłębienia, tzw. groszkowanie powierzchni, co nadaje mu wygląd skórki pomarańczy. Jest to cecha zdrowego dziąsła, a utrata groszkowania jest oznaką występowania stanu zapalnego. Spoiste dziąsło przyczepione jest wytrzymałe na siły wyzwalane podczas żucia, szczotkowanie zębów oraz inne obciążenia funkcjonalne. Nawet przy minimalnej szerokości (< 1 mm) dziąsła przyczepionego możliwe jest utrzymanie zdrowego przyzębia. Dziąsło brzeżne i przyczepione wspólnie tworzą dziąsło zrogowaciałe.

Dziąsło zrogowaciałe (skeratynizowane)

Dziąsło zrogowaciałe rozciąga się od brzegu dziąsła do granicy śluzówkowo-dziąsłowej, obejmuje więc dziąsło brzeżne i dziąsło przyczepione. Wymiar dziąsła zrogowaciałego w kierunku wierzchołkowo-koronowym waha się od mniej niż 1 mm do 9 mm, z reguły jest największy w przednim odcinku szczęki i tylnym językowym obszarze żuchwy. Niektóre zęby, w tym kły i zęby przedtrzonowe dolne, zęby wyrzynające się poza wyrostkiem zębodołowym oraz zęby w sąsiedztwie nieprawidłowych wędzidełek i przyczepów mięśniowych, mają wąską strefę dziąsła zrogowaciałego.

Brodawka międzyczębowa

Brodawka międzyczębowa wypełnia przestrzeń między sąsiadującymi zębami. Ma kształt piramidy, która podstawą zwrócona jest w stronę przegrody międzyczębowej, szczytem zaś w kierunku punktu styczności. Na szczycie brodawki między-

Attached gingiva

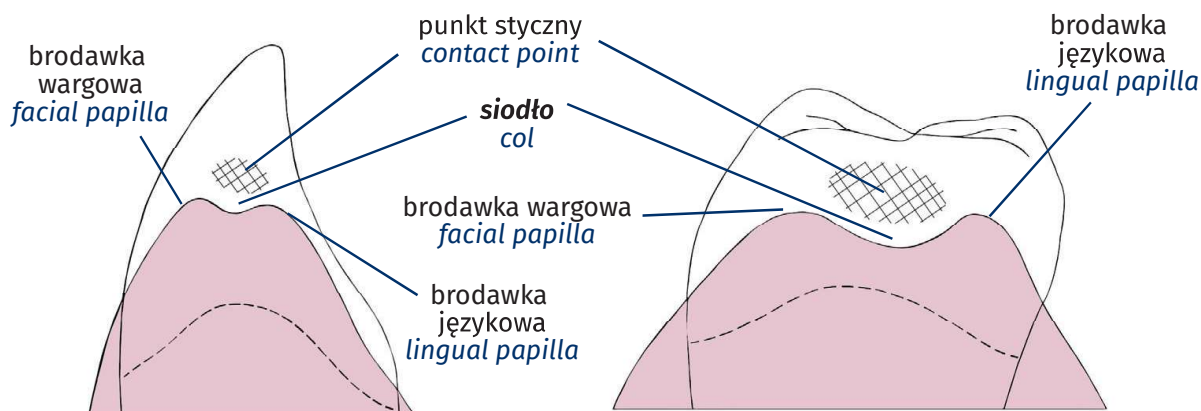
The attached gingiva extends apically from the free gingival groove to the mucogingival junction. This portion of the gingiva is immobile due to its firm attachment to the underlying root cementum and the alveolar bone via connective tissue fibers. The attached gingiva often exhibits small depressions (stippling), giving it an orange peel appearance – a feature of healthy gingiva. The loss of stippling is a common sign of gingival inflammation. The attached gingiva can withstand mastication, tooth brushing, and other functional stresses. Even teeth with less than 1 mm of attached gingiva can remain healthy. The marginal and attached gingiva together form the keratinized gingiva.

Keratinized gingiva

The band of keratinized gingiva extends from the gingival margin to the mucogingival junction. The apicocoronal width of the keratinized gingiva ranges from less than 1 to 9 mm and is generally the greatest in the anterior maxilla and the posterior lingual mandible. Certain teeth, including mandibular canines and premolars, prominent teeth, and those with abnormal frenum and muscle attachment, often have a narrow zone of keratinized gingiva.

Interdental papilla

The interdental papilla fills the interproximal space between adjacent teeth. The papilla is pyramidal, with its base facing the interdental bone septum. The vestibular and oral parts of the papilla are connected by a saddle-like depression known as the interdental col (Fig. 1.2). The epithelial lining of this concavity is formed by the non-keratinized junctional epithelium of the neighboring teeth.



Rycina 1.2. Brodawka międzyzębowa.
Figure 1.2 Interdental papilla.

zębowej znajduje się niewielkie zagłębienie, zwane siodłem lub przełęczą (ryc. 1.2), które łączy przedsionkową i językową część brodawki międzyzębowej. Siodło wyściela nabłonek nierogowaciejący, stanowiący kontynuację nabłonka łączącego sąsiadujących zębów.

Szczelina dziąsłowa (rowek dziąsłowy)

Szczelina dziąsłowa to płytką przestrzeń ograniczona z jednej strony szkliwem zęba, z drugiej zaś brzegiem dziąsła. Jej dno tworzy nabłonek łączący przyczepiony na wysokości połączenia szkliwno-cementowego (ryc. 1.3). W zdrowym przyzębiu głębokość szczeliny dziąsłowej waha się od 0,5 mm do 1,5 mm, w okolicy zębów bocznych może osiągać do 2 mm. W stanach zapalnych przebiegających z destrukcją tkanek przyzębia szczelina pogłębia się i przekształca w patologiczną kieszonkę przyzębną.

Płyn dziąsłowy

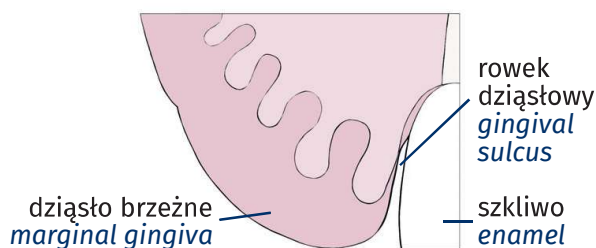
Płyn dziąsłowy przesącza się do szczeliny dziąsłowej z leżącej poniżej tkanki łącznej. W zdrowym dziąśle ilość płynu jest niewielka, natomiast w obecności biofilmu i stanu zapalnego, ale także w odpowiedzi na szczotkowanie zębów i żucie, jego przepływ się zwiększa.

Gingival sulcus (crevice)

The gingival sulcus is a shallow space bounded by the enamel of the tooth on one side and the free gingival margin on the other. The base of the sulcus is formed by the junctional epithelium (Fig. 1.3). In a healthy periodontium, the gingival sulcus has a depth of 0.5 to 1.5 mm. In the area of the lateral teeth, it can reach up to 2 mm. When affected by periodontal disease, the sulcus deepens and is referred to as a "pocket."

Gingival crevicular fluid

The fluid that seeps from the underlying connective tissue into the gingival sulcus is minimal in healthy gingiva. Its flow increases in the presence of biofilm and inflammation, as well as in response to toothbrushing, mastication, and other stimulation of the gingiva.



Rycina 1.3. Rowek dziąsłowy.
Figure 1.3 Gingival sulcus.

1.1.2. Mikroskopowa struktura dziąsła

Dziąsło zbudowane jest z nabłonka i zbitej tkanki łącznej włóknistej, zwanej blaszką właściwą (*lamina propria*). W obrębie dziąsła nie występuje błona podśluzowa. Zarówno nabłonek, jak i tkanka łączna zapewniają ochronę przed inwazją mikroorganizmów pozostałym tkankom przyzębia.

Nabłonek dziąsłowy

Nabłonek dziąsłowy w zależności od lokalizacji ma odmienną strukturę.

Wyróżnia się:

- nabłonek zewnętrzny, który pokrywa dziąsło wolne i przyczepione,
- nabłonek rowkowy (wewnętrzny), który wyściela szczelinę dziąsłową,
- nabłonek łączący, który przyczepia się w okolicy połączenia szkliwo-cementowego, stanowiąc dno szczeliny dziąsłowej (ryc. 1.4 A).

Nabłonek zewnętrzny jest nabłonkiem wielowarstwowym płaskim rogowaciejącym. Zbudowany jest z czterech warstw: warstwy podstawnej, warstwy kolczystej, warstwy ziarnistej i warstwy rogowej. Tylko w 20-30% nabłonek ten wykazuje pełne rogowacenie (*ortokeratosis*), pozostałe

1.1.2 Microscopic anatomy of the gingiva

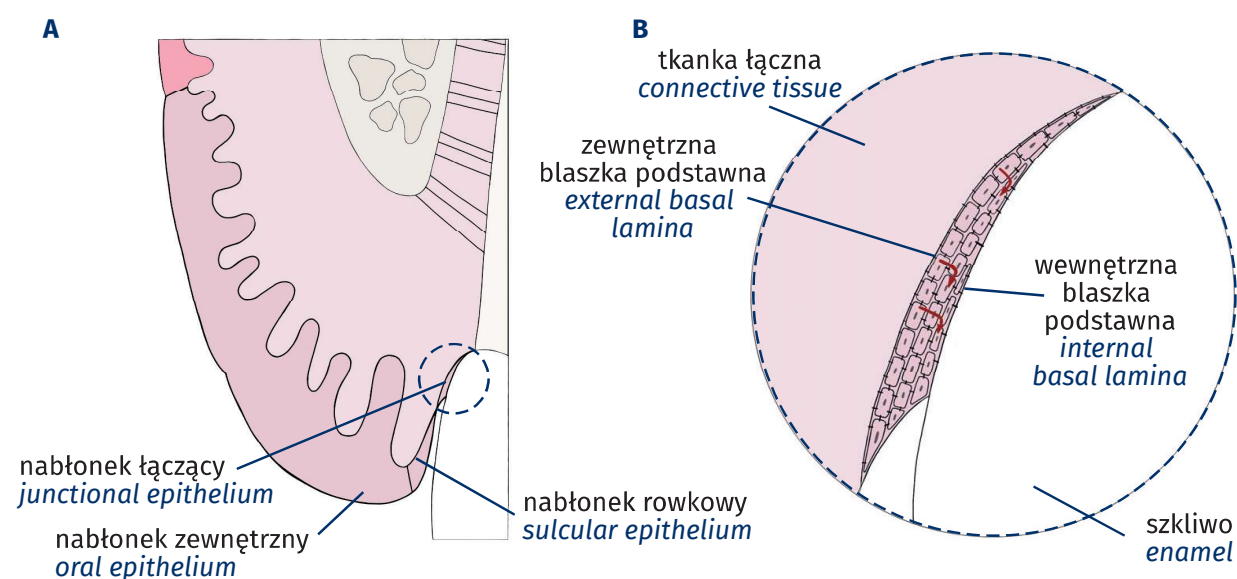
The gingiva consists of epithelium and firm fibrous connective tissue, known as the lamina propria. There is no submucosa. Both the epithelial and connective tissue components protect against bacterial infection.

Gingival epithelium

Histologically, there are three different gingival epithelia (Fig. 1.4 A):

- oral (external) epithelium – located on the outer surface of the free and attached gingiva,
- sulcular epithelium – lines the gingival sulcus,
- junctional epithelium – attached at the cemento-enamel junction, apically to the base of the gingival sulcus.

The oral epithelium is a keratinized, stratified squamous epithelium consisting of four layers: stratum basale, stratum spinosum, stratum granulosum, and stratum corneum. Approximately 70-80% of the oral epithelium is parakeratinized, with pyknotic cell nuclei still present in the stratum corneum, while the remaining 20-30% is orthokeratinized. Keratinization is considered a protective adaptation to function.



Rycina 1.4. A) Typy nabłonka dziąsłowego, B) budowa nabłonka łączącego.
Figure 1.4 A) Gingival epithelia, B) Junctional epithelium.

70-80% podlega niepełnemu rogowaceniu (*parakeratosis*), z zachowaniem w warstwie rogowej pyknotycznych jąder komórkowych. Rogowacenie jest wynikiem ochronnej adaptacji do funkcji.

Nabłonek rowkowy jest ciekim, wielowarstwowym nabłonkiem nierogowaciejącym, z charakterystycznym brakiem soplí nabłonkowych. W pewnych okolicznościach nabłonek rowkowy może jednak podlegać rogowaceniu. Zarówno nabłonek zewnętrzny, jak i nabłonek rowkowy pełnią funkcję ochronną.

Nabłonek łączący

Nabłonek łączący odgrywa kluczową rolę w utrzymaniu zdrowego przyzębia. Jest on przytwierdzony do powierzchni zęba, tworząc barierę nabłonkową dla mikroorganizmów. Nabłonek łączący ma zaledwie 1-2 mm wysokości. Kształt klina sprawia, że w sąsiedztwie szczeliny dziąsłowej nabłonek łączący składa się z 15-20 warstw komórek, natomiast w części wierzchołkowej z zaledwie 3-4. Nabłonek łączący jest nabłonkiem warstwowym płaskim nierogowaciejącym, zbudowanym z dwóch warstw – warstwy podstawnej i warstwy nadpodstawnej. Warstwa podstawna, która jest aktywna mitotycznie, przylega do tkanki łącznej, natomiast warstwa nadpodstawna sąsiaduje z powierzchnią szkliwa. Warstwa nadpodstawna zawiera komórki potomne, które migrują w kierunku dna szczeliny dziąsłowej, skąd są następnie usuwane (ryc. 1.4 B). Komórki warstwy podstawnej pozostają połączone z tkanką łączną za pośrednictwem zewnętrznej blaszki podstawnej i hemidesmosomów. Wewnętrzna blaszka podstawna, zbudowana z glikoprotein i kolagenu, wraz z hemidesmosomami umożliwia przyczepienie się nabłonka łączącego do powierzchni zęba – tworzy się unikalny przyczep nabłonkowy. Nabłonek łączący ma relatywnie duże komórki, szerokie przestrzenie międzykomórkowe i zmniejszoną liczbę desmosomów, co umożliwia dwukierunkową dyfuzję – z jednej strony produktów metabolicznych biofilmu: toksyn, czynników chemoaktywnych, antygenów, z drugiej strony

The sulcular epithelium is a thin, non-keratinized stratified squamous epithelium without rete pegs, but it has the potential to keratinize under certain conditions. Both the oral and sulcular epithelia serve protective functions.

Junctional epithelium

The junctional epithelium plays a crucial role in maintaining periodontal tissue health. It is firmly attached to the tooth surface, forming an epithelial barrier against microorganisms. The coronal-apical dimension of junctional epithelium is 1 to 2 mm. Near the gingival sulcus it consists of 15-20 cell layers, while in apical part, it consists of only 3-4 cells. The junctional epithelium is a stratified, non-keratinizing squamous epithelium with two layers. The mitotically active, basal layer adjoins the connective tissue, while the suprabasal layer extends to the tooth surface. The suprabasal layer contains daughter cells that migrate to the base of the gingival sulcus, where they are eventually shed (Fig. 1.4 B). Cells in the basal layer remain connected to the connective tissue via the external basal lamina and hemidesmosomes. The internal basal lamina, composed of glycoproteins and collagen, attaches the epithelium to the tooth surface through hemidesmosomes – this is known as epithelial attachment. The junctional epithelium contains relatively larger cells, wider intercellular space, and fewer desmosomes, forming a two-way diffusion pathway for metabolic products of biofilm (toxins, chemotactic agents, antigens), as well as host defense substances (serum exudate, polymorphonuclear leukocytes, antibodies). Although the junctional epithelium does not keratinize, its high turnover rate (4-6 days) and the presence of resident leukocytes make it relatively resistant to bacterial invasion.

elementów obrony gospodarza, t.j. wysięk surowiczy, leukocyty wielojądrzaste, przeciwciała. Chociaż nabłonek łączący nie rogowacieje, jego niezwykle szybkie tempo wymiany (*turnover*), wynoszące zaledwie 4-6 dni, oraz obecność rezydujących leukocytów sprawiają, że jest on względnie odporny na inwazję mikroorganizmów.

Tkanka łączna dziąsła (blaszka właściwa, *lamina propria*)

Blaszka właściwa jest głównym elementem dziąsła. Podobnie jak inne tkanki łączne *lamina propria* składa się z:

- włókien, głównie są to włókna kolagenowe,
- komórek: fibroblastów, komórek mezenchymalnych, komórek tucznych i makrofagów,
- macierzy zbudowanej z proteoglikanów i glikoprotein,
- sieci naczyniowo-nerwowej.

Ponadto w blaszce właściwej są obecne komórkowe i humoralne elementy układu odpornościowego.

Włókna kolagenowe są głównym składnikiem tkanki łącznej. Stanowią około 60% jej objętości i zapewniają wytrzymałość na rozciąganie. Są one pogrupowane zgodnie z lokalizacją i kierunkiem przebiegu włókien, wspólnie tworzą włóknisty aparat nadwyrostkowy (ryc. 1.5).

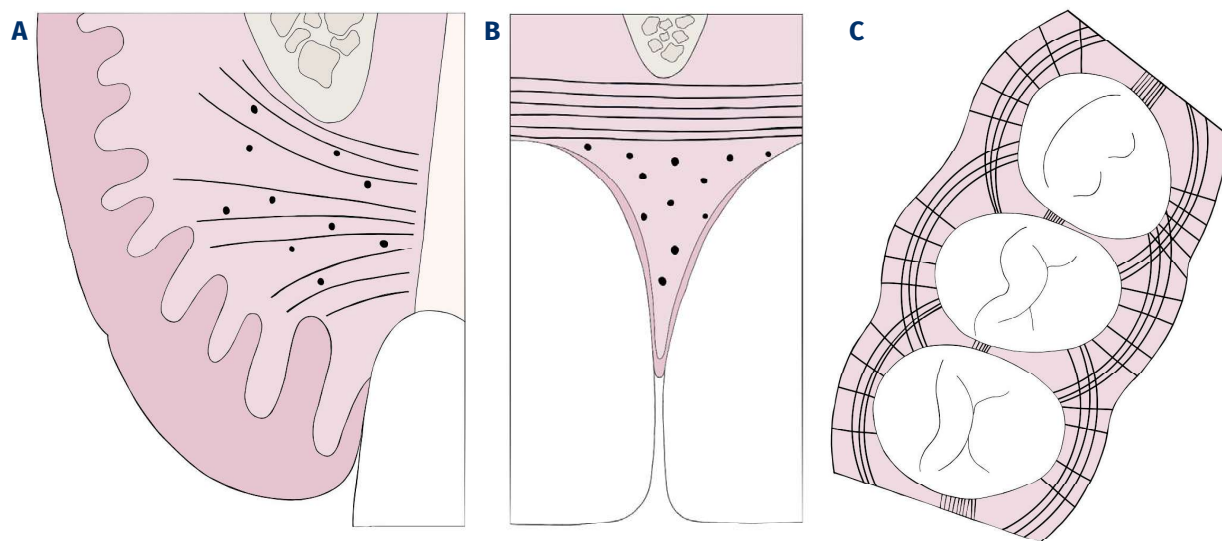
Lamina propria

The lamina propria is a predominant component of the gingiva. Like other connective tissues, the lamina propria consists of:

- fibers (mainly collagenous),
- cells (fibroblast, mesenchymal cells, mast cells, and macrophages),
- a matrix (composed of proteoglycans and glycoproteins), and
- a neurovascular network.

Additionally, the lamina propria provides cellular and humoral components of the immune system.

Gingival collagenous fibers, which make up about 60% of the connective tissue volume, constitute a major component and provide tensile strength. These fibers are grouped according to their location and direction, collectively forming the supraalveolar fiber apparatus (Fig. 1.5).



Rycina 1.5. Włóknisty aparat nadwyrostkowy: A) przekrój strzałkowy, B) przekrój czołowy, C) przekrój poprzeczny.
Figure 1.5 Supraalveolar fiber apparatus: A) sagittal section, B) frontal section, C) transverse section.

Włóknisty aparat nadwyrastkowy nadaje tkance dziąsłowej spoistość, dzięki czemu utrzymuje brzeg dziąsła w kontakcie z zębem i chroni dziąsło podczas aktu żucia. Budują go:

- włókna pierwotne: zębowo-dziąsłowe, zębowo-okostnowe, zębodołowo-dziąsłowe, okrężne i przezprzegrodowe,
- włókna wtórne: przeddziąsłowe, międzydziąsłowe, międzybrodawkowe, okostnowo-dziąsłowe, międzyokrężne i półkoliste.

Na wysokości połączenia szkliwno-cementowego włókna nadwyrastkowe tworzą gęsto upakowane pasmo tkanki łącznej o rozpiętości około 1 mm, jest to przyczep łącznotkankowy.

1.1.3. Funkcja dziąsła

Dziąsło tworzy uszczelnienie tkankowe wokół szyjki zęba, chroni leżące poniżej struktury przyzębia przed środowiskiem jamy ustnej, w tym przed szerokim zakresem temperatur, przed siłami mechanicznymi oraz przed mikroorganizmami jamy ustnej.

1.2. Ozębna / więzadło ozębnej / więzadło przyzębia

Ozębna jest bogatą w komórki i włókna, miękką tkanką łączną, która pokrywa korzeń zęba i łączy cement korzeniowy ze ścianą zębodołu. Szpara, którą wypełnia ozębna, ma kształt klepsydry, a jej najwęższa, środkowa część ma od 0,12 mm do 0,17 mm. Nadmierne obciążenia zgryzowe mogą spowodować poszerzenie szpary ozębnej, natomiast brak funkcji jej zwężenie. Wiązki kolagenowych włókien ozębnej grupują się, tworząc uwarunkowane kierunkiem przebiegu włókna: brzeżne, poziome, skośne, międzykorzeniowe i wierzchołkowe (ryc. 1.6).

The supraalveolar fiber apparatus maintains the gingival margin close to the tooth surface and protects it during mastication. It is composed of:

- primary fibers: dentogingival, dentoperiosteal, alveologingival, circular and transeptal,
- secondary fibers: transgingival, intergingival, interpapillary, perios-teogingival, intercircular, and semicircular.

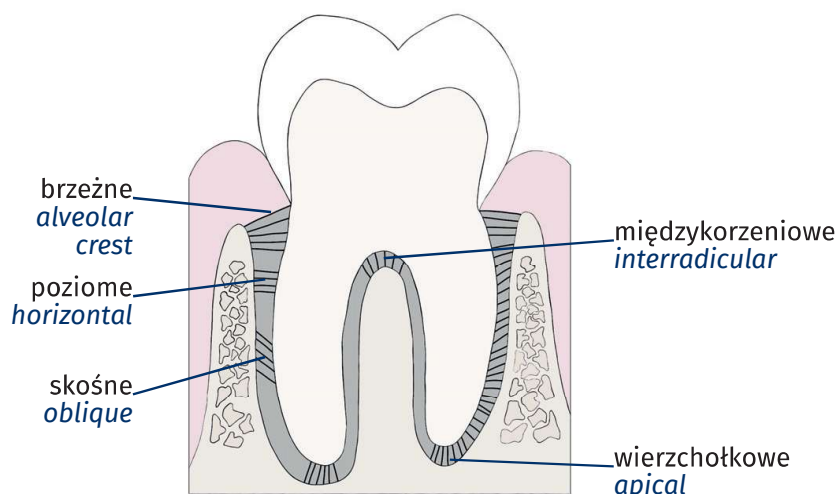
At the level of the cemento-enamel junction, the supraalveolar fibers form a densely packed approximately 1 mm wide band of connective tissue, known as the connective tissue attachment.

1.1.3 Function of the gingiva

The gingiva forms a tissue seal around the cervical part of the tooth, protecting the underlying tooth-supporting structures of the periodontium from the oral environment, including varying temperatures, mechanical forces, and oral microorganisms.

1.2. Periodontal ligament

The periodontal ligament is a cell- and fiber-rich soft connective tissue that coats the root of the tooth and connects the root cementum to the socket wall. The periodontal ligament space has an hourglass shape, being narrowest at the mid-root point (0.12 to 0.17 mm). Functional load can lead to the widening of the periodontal space, while a lack of function may cause it to narrow. Periodontal ligament fiber bundles are named based on their location and direction of attachment: alveolar crest, horizontal, oblique, interradicular, and apical (Fig. 1.6).



Rycina 1.6. Włókna ozębnej.
Figure 1.6 Periodontal ligament fibers.

Włókna brzeżne odpowiadają za odizolowanie tkanek głębiej położonych od środowiska jamy ustnej, ponadto stabilizują ząb w płaszczyźnie poziomej. Włókna skośne i wierzchołkowe przeciwdziałają siłom wtłaczającym ząb w głąb zębodołu i siłom działającym w kierunku poziomym i skośnym.

Głównym, niezwykle istotnym elementem więzadła ozębnej są włókna Sharpeya, które zakotwiczą się w cemencie korzeniowym i kości wyrostka zębodołowego, mocując ząb w zębodole.

W ozębnej występują także rozmaite komórki, wśród nich dominują fibroblasty produkujące kolagen, ponadto osteoblasty, osteoklasty, cementoblasty, komórki nabłonkowe (komórki Malasseza), komórki układu immunologicznego oraz komórki progenitorowe.

1.2.1. Funkcja ozębnej

Ozębna wraz z cementem korzeniowym oraz kością właściwą wyrostka zębodołowego tworzy aparat mocujący ząb w zębodole. Główną funkcją ozębnej jest więc umocowanie zęba w zębodole za pośrednictwem włókien Sharpeya. Ponadto ozębna:

- warunkuje fizjologiczną ruchomość zęba,

The alveolar crest fibers are responsible for the isolation of the deeper tissues from the oral environment, as well as the stabilization of the tooth in the horizontal plane. The apical and oblique fibers counteract the forces pushing the tooth deeper into the alveolus and those acting in horizontal and oblique directions.

The main components of the periodontal ligament are Sharpey's fibers (principal fibers), which anchor the ligament to the cementum and alveolar bone.

The dominant cellular elements in the periodontal ligament are fibroblasts, along with osteoblasts, osteoclasts, cementoblasts, epithelial cells (rests of Malassez), progenitor cells, and immune defense cells.

1.2.1 Function of the periodontal ligament

The primary function of the periodontal ligament is to anchor the tooth in its socket through Sharpey's fibers which insert into the root cementum and alveolar bone properly. Additionally, the periodontal ligament:

- regulates physiological tooth mobility,
- safely transmits normal occlusal forces from the tooth to the bone by converting vertical pressures into

- bezpiecznie przenosi fizjologiczne siły wyzwalane podczas żucia z zęba na kość wyrostka zębodołowego, przekształcając nacisk pionowy na napięcie włókien ozębnej,
- chroni ząb i kość wyrostka przed nadmiernymi siłami zgryzowymi, wykorzystując mechanizm płynu tkankowego i wytrzymałość włókien kolagenowych,
- tworzy, przebudowuje i regeneruje kość wyrostka zębodołowego i cement korzeniowy, wykorzystując komórki multipotencjalne,
- dostarcza składniki odżywcze i usuwa produkty przemiany materii przez naczynia krwionośne i limfatyczne,
- wykrywa i przekazuje bodźce dotykowe i bólowe (wolne zakończenia nerwowe – percepcja bólu, zakończenia Ruffiniego i mechanoreceptory – bodźce proprioceptywne).

1.3. Cement korzeniowy

Cement korzeniowy jest zmineralizowaną tkanką pokrywającą powierzchnię korzenia. Cement korzeniowy od tkanki kostnej odróżnia brak naczyń krwionośnych, naczyń limfatycznych i unerwienia. Cement nie podlega także fizjologicznej resorpcji ani przebudowie, a jedynie ciągłemu nawarstwianiu. Tkanka ta jest przepuszczalna i podatna na działanie toksyn i bakterii. W strukturze cementu korzeniowego istotnym elementem są włókna kolagenowe, które są zatopione w macierzy organicznej. Ze względu na obecność lub brak komórek w macierzy oraz pochodzenie włókien kolagenowych można wyróżnić kilka rodzajów cementu korzeniowego (tab. 1.1).

1.3.1. Funkcja cementu

Cement korzeniowy pośredniczy w utrzymaniu zęba w zębodole, stanowiąc zako-

tension within periodontal ligament fibers,

- protects the tooth and bone from excessive occlusal forces through the tissue fluid mechanism and the toughness of collagen fibers,
- creates, remodels, and regenerates alveolar bone and cementum through pluripotent cells,
- supplies nutrients and removes waste products via blood and lymph vessels,
- detects and transmits tactile pressure and pain sensation through free nerve endings (for pain perception), Ruffini-like endings, and mechanoreceptors (for proprioceptive stimuli).

1.3. Root cementum

The root cementum is a mineralized tissue covering the root surface of a tooth. While it shares many characteristics with bone tissue, root cementum differs in that it lacks blood or lymph vessels, is not innervated, and does not undergo physiological resorption or remodeling. Instead, it continues to be deposited throughout life. Root cementum is permeable and, if exposed, is susceptible to toxins and bacteria. It contains collagen fibers embedded in an organic matrix. Various forms of root cementum are classified based on the presence or absence of cells within its matrix and the origin of its collagen fibers (Tab. 1.1).

1.3.1 Function of cementum

The primary function of cementum is to anchor the periodontal ligament, including Sharpey's fibers, to the tooth. Additionally, the formation of cementum compensates for tooth wear caused by occlusal or incisal surface attrition.

Tabela 1.1. Rodzaje cementu korzeniowego i ich funkcja

Rodzaj cementu korzeniowego	Skrót	Źródło pochodzenia	Główne składniki	Lokalizacja	Funkcja
Bezkomórkowy cement obcowlókniasty	AEFC <i>acellular extrinsic fiber cementum</i>	fibroblasty ozębnej i cementoblasty	gęsto upakowane (30 000 w mm ²), prostopadle zorientowane włókna Sharpeya	okolica przyszyjkowa zęba, do środkowej trzeciej części korzenia	umocowanie zęba w zębodole
Komórkowy cement własowlókniasty	CIFC <i>cellular intrinsic fiber cementum</i>	cementoblasty	cementocyty, wewnętrzne włókna kolagenowe	wierzchołkowa trzecia część korzenia, obszar furkacji, lakuny resorpcyjne, linie pęknięć	adaptacja funkcjonalna i naprawa
Komórkowy cement warstwowy mieszany	CMSC (AEFC+CI-FC) <i>cellular mixed stratified cementum</i>	cementoblasty, fibroblasty	cementocyty, wewnętrzne i zewnętrzne włókna kolagenowe	wierzchołkowa trzecia część korzenia, obszar furkacji	adaptacja funkcjonalna i umocowanie zęba
Bezkomórkowy cement bezwłókniasty	AAC <i>acellular afibrillar cementum</i>	cementoblasty	jednorodna macierz, brak komórek, brak włókien	przyszyjkowy obszar szkliwa w postaci języków lub wysepek	nieznana

Table 1.1 Types of cementum and their function

Type of cementum	Abbreviation	Source of production	Main components	Location	Function
Acellular extrinsic fiber cementum	AEFC	fibroblast of periodontal ligament and cementoblasts	densely packed (30 000 mm ²) perpendicularly oriented Sharpey's fibers	cervical, up to the middle third of the root	tooth anchoring in its socket
Cellular intrinsic fiber cementum	CIFC	cementoblasts	cementocytes intrinsic collagen fibers	apical third of the root, furcation area, resorption lacunae, fracture lines	functional adaptation and repair
Cellular mixed stratified cementum	CMSC (AEFC+CIFC)	cementoblasts and fibroblasts	cementocytes, intrinsic and extrinsic collagen fibers	apical third of the root, furcation area	functional adaptation and tooth anchoring
Acellular, afibrillar cementum	AAC	cementoblasts	homogenous matrix, no cells, no fibers	cervical portion of enamel as tongues or islands	unknown

twiczenie włókien ozębnej, w tym włókien Sharpeya. Dodatkowo cement stale produkowany kompensuje zużycie zęba spowodowane starciem powierzchni okluzyjnej lub brzegu siecznego.

1.4. Kość wyrostka zębodołowego

Kość wyrostka zębodołowego tworzy zębodoły, stanowi strukturę podporową dla zębów i dla wszystkich tkanek przyzębia. Jest tkanką podlegającą stałej odnowie w odpowiedzi na potrzeby funkcjonalne. Po utracie zębów kość wyrostka zębodołowego ulega resorpcji. Ze względu na funkcję można wyróżnić kość wyrostka zębodołowego właściwą i podporową (ryc. 1.7).

Właściwa kość wyrostka zębodołowego (*lamina dura*, *lamina cribrosa*)

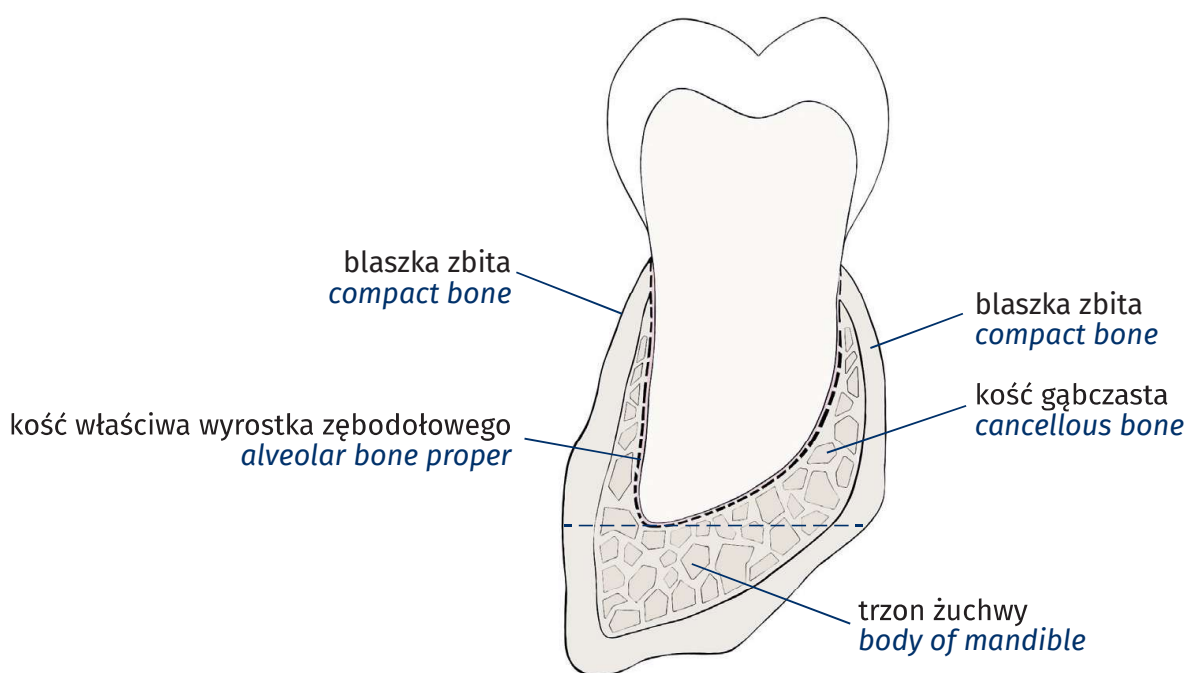
Właściwa kość wyrostka zębodołowego jest cienką warstwą kości zbitiej, która wyścieła zębodoły i zapewnia przyczep włóknom

1.4. Alveolar bone

The alveolar bone forms sockets for the teeth, providing structural support for the teeth and all periodontal tissues. It is constantly renewed to functional demands. When teeth are lost, the alveolar bone undergoes resorption. Based on its function and adaptation, the alveolar bone can be divided into two parts alveolar bone proper and supporting alveolar bone (Fig. 1.7).

Alveolar bone proper (cribriform plate)

The alveolar bone proper is a thin layer of compact bone that lines the tooth sockets, providing attachment for the Sharpey's fibers. It contains numerous perforations (Volkmann's canals) through which blood vessels and nerves pass. On radiographs, alveolar bone proper appears as *lamina dura*, and assessing its integrity is important for diagnosing pathological lesions. The alveolar crest is the most cervical edge of the alveolar bone proper. In healthy conditions, the alveolar crest is typically located



Rycina 1.7. Kość wyrostka zębodołowego.
Figure 1.7 Alveolar process.

Sharpeya. Ma liczne perforacje (kanały Volkmana), przez które przebiegają naczynia krwionośne i nerwy. Na zdjęciach radiologicznych właściwa kość wyrostka zębodołowego jest widoczna jako *lamina dura*, a ocena jej integralności jest istotnym elementem diagnostyki stanów patologicznych. Najbardziej dokoronowa część właściwej kości wyrostka zębodołowego łączy się z blaszką zbitą i tworzy brzeg wyrostka zębodołowego. W zdrowym przyzębiu brzeg wyrostka zębodołowego znajduje się około 1,5-2 mm od połączenia szklino-cementowego.

Kość podporowa wyrostka zębodołowego

Kość podporowa wyrostka zębodołowego otacza właściwą kość wyrostka zębodołowego i zapewnia podporę dla zębodołów. Składa się z:

- kości zbitej, zwanej również kością korową,
- kości gąbczastej, inaczej beleczkowej.

Kość korową tworzą dwie blaszki zbite ograniczające wyrostek zębodołowy wargowo/policzkowo i językowo. Blaszka zbita w segmentach bocznych łuków zębowych ma zwykle grubość 1,5-3 mm, natomiast w okolicy zębów przednich grubość blaszki wargowej może wynosić zaledwie 0,5 mm lub mniej. Dodatkowo mogą w tej blaszce wystąpić ubytki przypominające szczelinę, zwane dehiscencjami, lub okienko, tzw. fenestracje.

Kość gąbczasta zajmuje obszar między właściwą kością wyrostka zębodołowego a blaszkami zbitymi kości korowej (ryc. 1.7). Zawiera ona beleczki kostne i szpik kostny.

Kość wyrostka zębodołowego znajdująca się między dwoma sąsiadującymi zębami tworzy przegrodę międzyzębową. Zewnętrzna powierzchnia kości korowej pokryta jest warstwą tkanki łącznej – okostną.

Kość wyrostka zębodołowego składa się w dwóch trzecich z substancji nieorganicznych, głównie jest to węglan i fosforan wapnia, oraz w jednej trzeciej z substancji organicznych, głównie kolagenu typu 1.

ed about 1.5-2 mm apical to the cemento-enamel junction.

The alveolar bone proper, along with the periodontal ligament and acellular extrinsic fiber cementum, constitutes the true tissues of the tooth-supporting apparatus.

Supporting alveolar bone

The supporting alveolar bone surrounds the alveolar bone proper and provides additional support to the tooth socket. It consists of two components:

- Cortical (compact) bone,
- Cancellous (spongy) bone.

The cortical bone contains plates of compact bone located on the facial and lingual surfaces of the alveolar bone. These cortical plates are typically 1.5-3 mm thick over the posterior teeth. In contrast, the thickness of the labial plate over the anterior teeth may be 0.5 mm or less, where defects such as cleft-like (dehiscence) and window-like (fenestration) may occur. The bone margin is often thinned to a knife edge.

Cancellous bone occupies the area between the alveolar bone proper and the cortical bone plates (Fig. 1.7). It contains bone trabeculae and bone marrow.

The alveolar bone located between the two neighboring teeth is known as the interdental septum or interdental bone. The outer surface of the bone is covered by a layer of connective tissue called the *periosteum*.

The alveolar bone is composed of two-thirds inorganic matter (mainly calcium and phosphate) and one-third organic matter (mainly type I collagen).

1.4.1. Funkcja kości wyrostka zębodołowego

Kość wyrostka zębodołowego tworzy zębodoły, które zapewniają wsparcie i ochronę korzeniom zębów.

1.5. Unaczynienie przyzębia

Ukrwienie przyzębia zapewniają tętnice zębodołowe górne, które zaopatrują przyzębie w szczęcie, oraz tętnice zębodołowe dolne, które zaopatrują przyzębie w żuchwie. Źródłem bogatego unaczynienia zdrowego przyzębia, które zapewnia prawidłowe odżywienie i funkcjonowanie wszystkich jego tkanek, są:

- naczynia krwionośne ozębnej,
- naczynia krwionośne kości wyrostka zębodołowego,
- naczynia krwionośne nadokostnowe (ryc. 1.8).

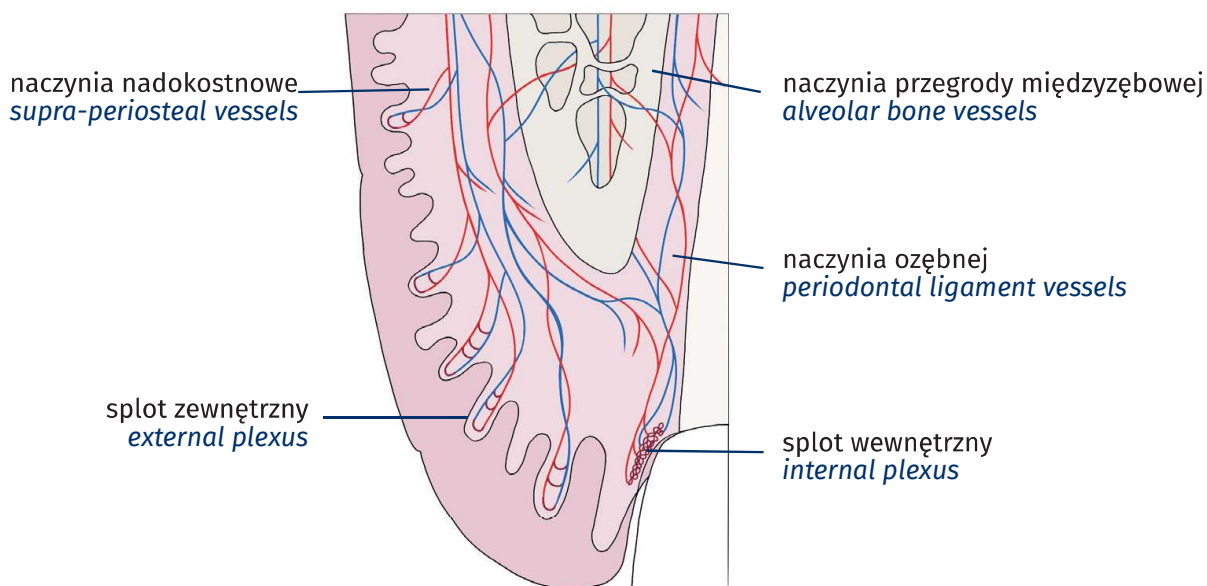
1.4.1 Function of alveolar bone

The alveolar bone forms the bony sockets that provide support and protection for the roots of the teeth.

1.5. Blood supply of the periodontium

A healthy periodontium receives its vascular supply from the superior alveolar arteries, which supply the periodontium of the maxilla, and the inferior alveolar arteries, which supply the periodontium of the mandible. This rich vascular supply, ensuring proper tissue nourishment and function, is derived from three main sources:

- blood vessels of the periodontal ligament,
- alveolar blood vessels,
- suprapariosteal blood vessels (Fig. 1.8).



Rycina 1.8. Ukrwienie przyzębia.

Figure 1.8 Blood supply of the periodontium.

W tkance łącznej dziąsła naczynia włosowate tworzą dwa końcowe spłoty:

- zewnętrzną sieć podnabłonkowych pętli naczyń włosowatych znajdującą się poniżej nabłonka zewnętrznego pokrywającego dziąsło oraz
- wewnętrzną sieć postkapilarnych żyłek zlokalizowaną poniżej nabłonka łączącego.

Splot wewnętrzny odgrywa szczególną rolę w obronie przed infekcją głębiej położonych tkanek przyzębia. Wyjątkowa gęstość sieci naczyniowej ozębnej pełni natomiast kluczową rolę w amortyzacji sił wywołanych podczas żucia. Bogatemu zapotrzeniu tętniczemu towarzyszy drenaż żylny i limfatyczny.

In the gingival connective tissue, capillaries form two terminal plexuses:

- external network: subepithelial capillaries that loop below the oral epithelium,
- internal network: postcapillary venules located beneath the junctional epithelium.

The latter network is crucial for the host's defense against infection. A very dense vascular network is incorporated into the periodontal ligament, playing a key role in the absorption and distribution of occlusal forces. Venous drainage of the periodontium, complemented by lymphatic vessels, accompanies the arterial supply.

Piśmiennictwo/References

1. Cho M.I., Garant P.R.: Development and general structure of the periodontium. *Periodontol* 2000 2000; 24: 9-27.
2. Egelberg J.: The blood vessels of the dento-gingival junction. *J Periodontal Res* 1966; 1: 163-179.
3. Lindhe J., Lang N.P.: Clinical periodontology and implant dentistry. 6th edition. Wiley-Blackwell, Chichester 2015.
4. Mueller H.P.: Periodontology: The essentials. Georg Thieme Verlag, Stuttgart 2005.
5. Newman N.G., Takei H.H., Klokkevold P.P., Carranza F.A.: Carranzas's clinical periodontology. 12th edition. Elsevier, St. Louis 2015.
6. Schroeder H.E.: Human cellular mixed stratified cementum: a tissue with alternating layers of acellular extrinsic- and cellular intrinsic fiber cementum. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 1993; 103: 550-560.
7. Schroeder H.E.: The periodontium. Springer, Berlin 1986.

