Budowa anatomiczna i histologiczna zębów kawii domowej jako podstawa diagnostyki schorzeń stomatologicznych

JUSTYNA DZIECH, TOMASZ PIASECKI*

Ośrodek Diagnostyki i Leczenia Zwierząt Egzotycznych Przychodnia Weterynaryjna Zwierzyniec,
Bulwar Ikara 31B, 54-130 Wrocław

*Katedra Epizootologii z Kliniką Ptaków i Zwierząt Egzotycznych, Wydział Medycyny Weterynaryjnej,
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, pl. Grunwaldzki 45, 50-366 Wrocław

Otrzymano 11.08.2020

Zaakceptowano 22.10.2020

Dziech J., Piasecki T.

Anatomical and histological structure of the cavy's teeth as a basis for diagnosis of dental diseases

Summary

The cavy's dentition can be shortly described as diphyodont, heterodont, and hypselodont. Histologically, each tooth consists of enamel formed of 4 layers of cells, which together form an apical bud, dentin formed by odontoblasts, and dental cementum. The *facies lingualis* of incisors is covered with classical acellular cementum, whereas a few circular islands of cementum pearls occur on *facies labialis*. There are 3 types of cementum in cheek teeth: acellular cementum, cementum pearls, and cartilage-like cementum. Constant tooth growth is ensured by an open pulp cavity within the apex. Periodontal ligaments that are part of the desmodontium are responsible for anchoring teeth in the alveolus.

Keywords: rodents, *cavia porcellus*, hypselodont teeth, teeth histology, dentistry

W patologii zwierząt domowych, a zwłaszcza coraz bardziej popularnych w domowej hodowli gryzoni, choroby zębów stanowią bardzo ważny problem. Opis anatomicznej budowy zębów kawii domowej (*Cavia aperae* f. *porcellus*) w dostępnych podręcznikach do anatomii jest bardzo skąpy lub zupełnie pominięty, co znacznie utrudnia poznanie prawidłowej ich struktury, a w dalszej kolejności właściwe zrozumienie patologii zębów oraz procedur stosowanych przy ich diagnostyce i leczeniu.

Celem pracy było dokonanie przeglądu literatury i systematycznego opisu anatomicznego struktur zębów kawii domowej oraz wzbogacenie tego opisu w zdjęcia preparatów anatomicznych i histologicznych wykonanych we własnym zakresie przez autorów. Dokładna dokumentacja fotograficzna pomoże zapoznać się ze szczegółami budowy anatomicznej zębów. W artykule zostało zastosowane mianownictwo anatomiczne zgodne z „Nomina Anatomica Veterinaria”, „Nomina Histologica Veterinaria”, „Nomina Embriologica Veterinaria” oraz „Anatomiczne Mianownictwo Weterynaryjne” (8, 19, 26, 27). Mimo to, w kilku przypadkach wymienione wyżej mianownictwa nie uwzględniały niektórych pojęć i autorzy użyli nazw anglojęzycznych, zgodnie z literaturą źródłową wraz z polskim tłumaczeniem.

Rząd gryzoni (*Rodentia*) obejmuje ponad 2000 gatunków charakteryzujących się pojedynczą parą stale rosnących siekaczy szczęki i żuchwy (*simplici dentata*). Najczęściej spotykanymi gatunkami w hodowli domowej są: kawia domowa (*Cavia aperae* f. *porcellus*), szynszyla (*Chinchilla lanigera*) oraz koszatniczka (*Octodon degus*) zaliczane do podrzędu jeżozwierzowców (*hystricomorpha*). Ich charakterystyczną cechą są bezkorzeniowe, rosnące przez całe życie zęby, a każdy z gatunków posiada indywidualny układ pryzmatów szkliwa (*prisma enameli*). Kawiowate w naturze zamieszkują tereny Ameryki Południowej. Kawia domowa została udomowiona już w czasach prekolumbijskich, początkowo głównie w celach kulinarnych i rytualnych. Do Europy została przywieziona w XVI w., utrzymywana była w hodowli hobbystycznej, następnie jako zwierzę laboratoryjne, którym jest do dnia dzisiejszego. Aktualnie gatunek ten jest jednym z częściej utrzymywanych jako zwierzę towarzyszące i coraz częściej spotyka się ją jako pacjenta w praktyce weterynaryjnej.

Uzębienie gryzoni może być monofiodontyczne (zwierzęta posiadające jeden zestaw w pełni wykształconych zębów) lub difiodontyczne (uzębienie dwupokoleniowe).

Ryc. 1. Fotografia czaszki kawii domowej (*Cavia aerea* f. *porcellus*)

Objaśnienia: A – widok na powierzchnię okluzyjną arkad zębów szczęki oraz wyizolowane zęby lewej arkady szczęki. B – widok na powierzchnię okluzyjną arkad zębów żuchwy oraz wyizolowane zęby prawej arkady żuchwy. I1 – ząb sieczny, P4 – ząb przedtrzonowy, M1-3 – zęby trzonowe 1-3, 1 – przerwa bezzębna, 2 – powierzchnia językowa zębów policzkowych szczęki, 3 – powierzchnia policzkowa zębów policzkowych szczęki, 4 – powierzchnia mezialna, 5 – powierzchnia dystalna, 6 – powierzchnie międzyzębowe, 7 – powierzchnia wargowa siekacza szczęki, 8 – powierzchnia językowa siekacza szczęki, 9 – wyrostki zębodołowe. Należy zwrócić uwagę na zmniejszającą się w kierunku dystalnym krzywiznę zębów policzkowych szczęki i żuchwy. Krzywizna siekaczy żuchwy oraz zębów policzkowych żuchwy jest wyraźnie mniejsza w porównaniu z przeciwnymi zębami szczęki.

U kawii domowej występuje specyficzne zjawisko wewnątrzmacicznej wymiany zębów (intrauterine diphyodont) (1, 4, 22). W życiu płodowym tych zwierząt pojawiają się 4 zęby przedtrzonowe, odpowiednio, po jednym w każdej arkadzie, które są fundamentem dla rozwijających się zębów stałych (1, 23). Pierwsze pokolenie zębów wypada około 43.-48. dnia ciąży (4).

Ryc. 2. Fotografia czaszki kawii domowej (*Cavia aerea* f. *porcellus*), widok przednio-tylny oraz obraz TK czaszki kawii domowej w płaszczyźnie poprzecznej na poziomie P4

Objaśnienia: 1 – ząb przedtrzonowy szczęki, 2 – powierzchnia okluzyjna, 3 – ząb przedtrzonowy żuchwy, 4 – korona kliniczna, 5 – korona zębodołowa (rezerwowa)

Zasadnicze uzębienie składa się z 20 zębów ułożonych w 4 arkadach. W każdej z arkad występuje jeden siekacz (*dens incisivus*), brak jest kła (*dens caninus*), jeden przedtrzonowiec (*dens premolaris*), który filogenetycznie jest przedtrzonowcem czwartym oraz trzy zęby trzonowe (*dentes molares*). Schematycznie taki układ zębów zapisywany jest wzorem $I_1^1 C_0^0 P_1^1 M_3^3$ (ryc. 1A, B). Ze względu na niewielkie różnice w budowie zęby przedtrzonowe i trzonowe, często są wspólnie nazywane zębami policzkowymi. Siekacze różnią się od pozostałych zębów nie tylko kształtem, ale też funkcją, używane są do chwytania kęsów pokarmu oraz dzielenia ich na mniejsze fragmenty, natomiast zęby policzkowe są odpowiedzialne za rozcieranie pożywienia, stąd uzębienie tych zwierząt uznaje się za heterodontyczne. Wszystkie zęby są bezkorzeniowe – nie posiadają typowego korzenia i elodontyczne, w części wierzchołkowej jest otwarta jama miazgi z dużym skupiskiem komórek tkanki germinacyjnej odpowiedzialnej za produkcję tkanek zęba przez całe życie, w jamie ustnej wysuwająca się korona zęba ulega nieustannemu ścieraniu. Są to zęby hypselodontyczne, o długiej koronie, w obrębie której możemy wyróżnić koronę kliniczną (*corona clinica*) wystającą do jamy ustnej oraz koronę zębodołową (rezerwową) osadzoną w zębodole (ryc. 2). Pojęcie „zęby hypselodontyczne”, które najczęściej jest używane w przypadku opisywania zębów kawii domowej, wynika z połączenia dwóch wyżej wymienionych terminów (4, 5, 16). W obrębie korony anatomicznej możemy wyróżnić powierzchnię koronalną, zwróconą w kierunku powierzchni okluzyjnej (*facies occlusalis*) oraz wierzchołkową, skierowaną w kierunku podstawy zęba. Pomiędzy arkadami szczęki i żuchwy występuje okluzja centralna – zęby górne i dolne dokładnie stykają się ze sobą w położeniu spoczynkowym, lecz ze względu na widoczny anizognatyzm (*anisognatio*) (żuchwa jest krótsza i szersza od szczęki) płaszczyzna okluzji jest nachylona pod kątem 30-40°. Zęby szczęki są widocznie wykrzywione w kierunku przyśrodkowym, natomiast zęby żuchwy wykazują krzywiznę boczną

(ryc. 2) (4, 6, 16). Pomędzy poszczególnymi zębami policzkowymi wyróżniamy powierzchnie międzyzębowe (*facies contactus*). Powierzchnia mezialna (*facies mesialis*) zwrócona jest w kierunku przerwy bezzębnej (*diastema*) oddzielającej siekacze od zębów przedtrzonowych, natomiast powierzchnia dystalna (*facies distalis*) w kierunku doogonowym. Powierzchnia wargowa siekaczy (*facies labialis*) pokryta jest grubą warstwą szkliwa, natomiast na powierzchni językowej (*facies lingualis*) występuje jedynie cement pokrywający zębinę przez co powierzchnia okluzyjna, inaczej zwana sieczną (*margo incisalis*) ma kształt dłutowaty (ryc. 1A, B, 3B). Na powierzchni okluzyjnej (żuciowej) zębów policzkowych widoczne są dwa poprzeczne grzebienie szkliwa (*crista enameli*) ułożone w kształcie liter „VI” (*bilophelodont*), pomiędzy którymi znajdują się zębina oraz cement. Na powierzchni policzkowej zębów szczęki oraz powierzchni językowej zębów żuchwy dochodzi do zaniku grzebieni szkliwa (ryc. 3A) (4, 9, 20).

Szklivo (*enamelum*)

Szklivo jest najtwardszą tkanką organizmu, która nie posiada unaczynienia i unerwienia. W 96-99% składa się z materii nieorganicznej, pozostałą część stanowią woda oraz składniki organiczne. Główną składową dojrzałego szkliwa jest fosforan wapnia, który tworzy kryształy hydroksyapatytu (*crystallum hydroxyapatitienameli*) (4). Cylindryczne pręciki szkliwa tworzą gęsty splot (21), pojedyncze pryzmaty mają ok. 3-4 μm średnicy i w przekroju podłużnym ułożone są warstwami, skośnie pod kątem 60° w kierunku zewnętrznym od połączenia szklivnozębinowego (*junctio dentinoenamelae*). W przekroju poprzecznym mają kształt romboidalny i ułożone są jeden obok drugiego (29). Poszczególne pryzmaty są połączone ze sobą apryzmatyczną substancją nieorganiczną (21, 29). Szklivo w okolicy wierzchołkowej składa się z czterech odrębnych warstw komórek: nabłonka wewnętrznego szkliwa (*epithelium enameleum internum*), warstwy pośredniej, nabłonka zewnętrznego szkliwa (*epithelium enameleum externum*) oraz retikulum gwiaździstego (*reticulum enameleum*) (9, 32). Organ szklivotwórczy (*organum enameleum*) odpowiada za produkcję tkanki przez całe życie, jest to miejsce, gdzie występują dojrzałe komórki macierzyste (24, 32). Komórki nabłonka wewnętrznego oraz warstwy pośredniej przemieszczają się w kierunku powierzchni okluzyjnej podczas wzrostu zęba, natomiast nabłonek zewnętrzny oraz retikulum gwiaździste pozostają w okolicy wierzchołka. Dla zębów elodontycznych został wprowadzony nowy termin określający strefę podziałów komórek macierzystych w okolicy wierzchołka na styku nabłonka wewnętrznego i zewnętrznego szkliwa – pęk wierzchołkowy (apical bud) w zamian za opisywaną dla zębów anelodontycznych pętlę szyjki (9, 24, 33). W okolicy wierzchołkowej siekacza widoczny jest pojedynczy narząd szklivo-

Ryc. 3. Mikroskopia fluorescencyjna

Objaśnienia: A – szlif poprzeczny zęba trzonowego lewej arkady żuchwy kawii domowej wykonany w okluzyjnej 1/3 długości zęba, B – szlif podłużny siekacza żuchwy lewej kawii domowej. 1 – szklivo, 2 – zębina, 3 – cement chrząstkowy, 4 – jamy miazgi, 5 – klasyczny cement bezkomórkowy pokrywający powierzchnię językową, 6 – ożębna, 7 – przestrzeń periodontologiczna, 8 – kość żuchwy

twórca na powierzchni wargowej, natomiast w obrębie wierzchołka zębów policzkowych widoczne są liczne obszary, w których powstaje szklivo. Proces tworzenia szkliwa jest dwustopniowy, najpierw produkowana jest macierz szkliwa, która następnie ulega zwapnieniu i krystalizacji, proces ten określany jest mianem dojrzewania szkliwa (4). Histologicznie na przekroju podłużnym zęba można wyróżnić 4 strefy produkcji szkliwa. W I strefie można wyróżnić zewnętrzny i wewnętrzny nabłonek szkliwa oraz komórki warstwy pośredniej, które prawdopodobnie są prekursorem dla retikulum gwiaździstego. W tej strefie dochodzi również do przekształcania komórek wewnętrznego nabłonka szkliwa do wrzecionowatych preameloblastów (ryc. 4). W II strefie zachodzi produkcja macierzy szkliwa. Stopniowo zanika retikulum gwiaździste, by ustąpić miejsca unaczynionej tkance łącznej, nabłonek zewnętrzny szkliwa ulega pofałdowaniu. Proces tworzenia szkliwa wiąże się ze zmianą polaryzacji ameloblastów (*ameloblastus*). Widoczne są cylindryczne komórki z jądrami rozmieszczonymi na różnych wysokościach oraz licznymi ziarnistościami w cytoplazmie, których zawartość zostaje uwolniona do przestrzeni pozakomórkowej, w kierunku

Ryc. 4. Wierzchołek zęba trzonowego kawii domowej (barwienie HE, pow. $\times 100$)

Objaśnienia: 1 – I strefa produkcji szkliwa, obejmująca komórki nabłonka zewnętrznego i wewnętrznego szkliwa, warstwę pośrednią, retikulum gwiaździste oraz preameloblasty, 2 – odontoblasty tworzące przezębinę, 3 – miazga zęba, 4 – naczynia krwionośne miazgi zęba

Ryc. 5. II strefa produkcji szkliwa (barwienie HE, pow. $\times 100$)

Objaśnienia: 1 – macierz szkliwa, 2 – ameloblasty, 3 – retikulum gwiaździste, 4 – zębina, 5 – odontoblasty, 6 – miazga zęba

powstającej równocześnie zębiny. Podejrzewa się, że w ziarnistościach znajdują się substancje wyprodukowane przez retikulum gwiaździste, które zostały zgromadzone przez ameloblasty i przekształcone w początkowej fazie produkcji macierzy (ryc. 5). W III strefie dochodzi do dojrzewania szkliwa. Proces ten składa się z dwóch etapów: 1 – kalcyfikacji – wprowadzenia składników mineralnych do macierzy oraz 2 – krystalizacji – odprowadzenia wody i składników organicznych. W ten sposób powstaje hydroksyapatyt stanowiący 96-98% szkliwa. W warstwie komórkowej wyróżnia się zredukowane z wysokości ameloblasty oraz pojedynczą warstwę komórek warstwy pośredniej, które razem tworzą oszklowie (*cuticula dentis*). W tej strefie widoczne są również skupiska cementu, który zostanie opisany w dalszej części artykułu. IV strefa

obejmuje całkowicie dojrzałe szkliwo, zredukowane ameloblasty zostają ściśnięte przez komórki warstwy pośredniej, które ponownie nabyły zdolności do podziałów i uczestniczą w produkcji komórek nabłonka wielowarstwowego płaskiego (*epithelium multistratificatum planum non cornescens*), podobnego do wyściełającego jamę ustną. Kiedy dochodzi do keratynizacji powstałego nabłonka, ameloblasty tracą łączność ze szkliwem (9-11, 32).

Zębina (*dentinum*)

Zębina w 70% zbudowana jest z materii nieorganicznej, 18% stanowią składniki organiczne (głównie kolagen), pozostałą część stanowi woda (4). Podobnie jak w szkliwie występuje tutaj hydroksyapatyt wapnia (*crystallum hydroxyapatiti dentini*), jednakże kryształki te są ciasniej upakowane. W siekaczach zębina wypełnia przestrzeń pomiędzy szkliwem na powierzchni wargowej i cementem na powierzchni językowej, otaczając jamę miazgi (ryc. 3B). W zębach policzkowych na powierzchni okluzyjnej zębina występuje pomiędzy grzebieniami szkliwa tworząc kształt litery „S”, na powierzchni policzkowej zębów szczęki i powierzchni językowej zębów żuchwy sąsiaduje z cementem bezkomórkowym (ryc. 3A) (17). Komórki tworzące zębina mają pochodzenie mezenchymalne (4, 9, 31). W okolicy wierzchołkowej siekaczy i zębów policzkowych zębina tworzona jest przez odontoblasty (*odontoblastus*) sąsiadujące z komórkami narządu szkliwotwórczego. Na powierzchni językowej siekaczy odontoblasty widoczne są również w sąsiedztwie komórek nabłonkowych będących odpowiednikiem zawiązka korzenia zębów anelodontycznych (13). Podobnie jak u innych gatunków, odontoblasty są komórkami cylindrycznymi posiadającymi cytoplazmatyczną wypustkę (*processus odontoblasti*), która penetruje kanał zębiniowy (*canaliculus dentini*). Średnica kanalików zębiny u kawii domowej wynosi ok. 0,5 μm (21), rozmieszczone są one promieniście (4). Zewnętrznie od włókna Tomesa w pierwszym etapie powstaje przezębina zawierająca głównie kolagen, glikoproteiny oraz glikozaminoglikany (ryc. 6A) (4, 31). W II fazie dochodzi do mineralizacji przezębiny (*predentinum*), wskutek gromadzenia się zmineralizowanej materii i wydłużania wypustki cytoplazmatycznej odontoblasty są przesuwane w kierunku jamy miazgi (*cavum pulpae*). W połowie długości zęba dochodzi do całkowitego zamknięcia jamy miazgi i od tego miejsca zdegenerowane komórki osadzają się w środkowej części zębiny (ryc. 6B) (3). Proces tworzenia zębiny i szkliwa jest ściśle skorelowany ze względu na oddziaływania międzykomórkowe ameloblastów i odontoblastów (31).

Cement (*cementum*)

Rozpatrując budowę uzębienia brachyodontycznego, wyróżnia się cement komórkowy i bezkomórkowy (*cementum cellulare et acellulare*) pokrywający jedynie korzeń zęba (*radix dentis*), sąsiadujący bezpośrednio

Ryc. 6. Przekrój podłużny zęba policzkowego kawii domowej
Objaśnienia: A – wierzchołkowa 1/3 długości zęba (barwienie van Giesona, pow. $\times 100$). Jama miazgi stopniowo ulega zwężeniu w kierunku powierzchni okluzyjnej. B – okluzyjna 1/3 długości zęba (barwienie van Giesona, pow. $\times 40$). W okluzyjnej 1/3 jama miazgi zawiera jedynie zdegenerowane komórki w środkowej części zębiny. 1 – dojrzała zębina, 2 – przębina, 3 – jama miazgi, 4 – cement chrząstkowy, 5 – pozostałości naczyń krwionośnych

z zębina. W przypadku zębów hypselodontycznych cement pokrywa zarówno zębina, jak i szkliwo korony anatomicznej. Cement jest najsłabiej zmineralizowaną tkanką zęba. Substancje mineralne stanowią jedynie 61-70%, kolagen 21-27%, pozostałą część stanowi woda (4, 17). Podobnie jak wyżej opisane tkanki, zbudowany jest z hydroksyapatytu wapnia (*crystallum hydroxyapatiti cementi*), który otoczony jest siecią włókien kolagenowych, morfologicznie zbliżony do tkanki kostnej. U kawii domowej wyróżniamy 3 rodzaje cementu: klasyczny bezkomórkowy, cement perlisy oraz cement chrząstkowy. Klasyczny cement bezkomórkowy (acellular cementum, AC) występujący w zębach anelodontycznych, tutaj pokrywa językową powierzchnię siekaczy (ryc. 3B) (13, 28) oraz policzkową powierzchnię zębów szczęki i językową powierzchnię zębów żuchwy, przylega on bezpośrednio do zębiny i uczestniczy w stabilizacji zęba w zębodole (ryc. 3A). Cement perlisy (cementum pearls, CP's),

Ryc. 7. Przekrój podłużny wierzchołka zęba policzkowego kawii domowej (barwienie van Giesona, pow. $\times 40$)
Objaśnienia: 1 – jama miazgi, 2 – kość wyrostka zębodołowego, 3 – zębina, 4 – retikulum gwiaździste

bezkomórkowy, widoczny w postaci owalnych dysków o średnicy ok. 85 μm wtłoczonych w powierzchnię szkliwa (12, 17), odgrywa główną rolę w stabilizacji zębów w zębodole. Pojedyncze wysepki cementu otoczone są komórkami zredukowanego nabłonka narządu szkliwotwórczego (ryc. 8). Cement chrząstkowy (cartilage-like cementum, CC) – jego obecność wykazano jedynie w zębach policzkowych kawii domowej, wypełnia on przestrzeń pomiędzy grzebieniami szkliwa, swoją strukturą przypomina chrząstkę, lecz w jamkach cementu nie stwierdza się komórek zdolnych do podziałów, cementocyty (*cementocytus*) ulegają rozpadowi (ryc. 3A, 6B) (17, 20).

Komórkami odpowiedzialnymi za tworzenie tkanki są cementoblasty (*cementoblastus*) pochodzenia mezenchymalnego (13). Dokładny mechanizm różnicowania się cementoblastów nie został poznany (31). Cement bezkomórkowy prawdopodobnie

Ryc. 8. Projekcja trójwymiarowa uzyskana z obrazu mikroTK prawej arkady żuchwy kawii domowej (Tomograf Nikon Metrology XTH 225 ST – Smart Solutions, Warszawa)
Objaśnienia: 1 – wysepki cementu perlisy na powierzchni szkliwa korony klinicznej, 2 – korona kliniczna zęba policzkowego, 3 – kość żuchwy

powstaje analogicznie jak w zębach anelodontycznych, a w procesie tworzenia biorą udział HERS (Hertwigepithelialrootsheath) pochodzące z nabłonkowego zawiązka korzenia. W przypadku dwóch pozostałych rodzajów cementu, komórki pojawiają się w przestrzeni periodontologicznej, w miejscu, gdzie zachodzi proces dojrzewania szkliwa, następnie wędrują wraz z włóknami kolagenowymi i fibroblastami w kierunku zredukowanego nabłonka szkliwa (11, 12, 30). Pomiędzy grzebieniami szkliwa zębów policzkowych dochodzi do dezintegracji komórek nabłonka szkliwotwórczego na rozległych obszarach, przez co całą przestrzeń wypełniana jest cementem. Początkowo powstają niewielkie wysepki cementu poprzerplątane siecią włókien kolagenowych, cementocyty rozpoczynają produkcję macierzy, która ulega mineralizacji. Dojrzały cement przypomina swoją strukturą gąbkę z uwięzionymi w jamkach komórkami. W odwapnionych preparatach histologicznych można również znaleźć pozostałości naczyń krwionośnych, a struktura cementu będzie widocznie granularna (ryc. 6B) (17, 20). Na zewnętrznej powierzchni szkliwa dezintegracja nabłonka szkliwotwórczego jest punktowa, co prowadzi do powstawania dyskoidalnych wysepek cementu perlстого otoczonego kutikulą szkliwa (13, 17, 20). W okolicy wierzchołkowej obserwuje się nieliczne wysepki cementu perlстого, których liczba stopniowo wzrasta w kierunku okluzyjnym, z największym zagęszczeniem w środkowej $\frac{1}{3}$ korony anatomicznej (ryc. 8) (11). W sąsiedztwie cementu bezkomórkowego i w obrębie korony klinicznej wysepki cementu stają się coraz większe i ulegają scaleniu tworząc nierówną powierzchnię (ryc. 3A).

Ozębna (*periodontium*)

Ozębna wypełniająca przestrzeń periodontologiczną ma pochodzenie mezenchymalne. Jest to unaczyniona i unerwiona tkanka miękka zawierająca cementoblasty, osteoblasty, komórki krwi i liczne włókna kolagenowe tworzące więzadła periodontologiczne, wzdłuż których ułożone są fibroblasty (3, 14, 18, 30, 31). W przestrzeni periodontologicznej można wyróżnić 3 strefy: unaczynioną, zawierającą wyspecjalizowane zakończenia nerwowe (zakończenia Ruffiniego), związaną z kością zębodołu, splot pośredni będący siecią gęsto utkanymi włóknami przebiegających w różnych kierunkach oraz pęczki włókien połączonych z cementem, w tej części wykazano również obecność niewyspecjalizowanych zakończeń nerwowych w miejscach, gdzie występują zredukowane ameloblasty (2, 11, 14, 15).

Zasadniczą stabilizację siekaczy zapewniają więzadła zębodołowe (*ligamentum periodontale*) przyłączone do cementu bezkomórkowego na powierzchni językowej. Na powierzchni wargowej pokrytej szkliwem przyłączone są jedynie luźno utkane włókna kolagenowe (ryc. 3B) (11, 14, 25). Największe zagęszczenie więzadeł w zębach policzkowych koreluje z zagęszczeniami cementu perlстого na powierzchni

szkliwa. W części zębodołowej włókna przebiegają skośnie, powyżej przegrody zębodołowej ich przebieg jest horyzontalny i łączą bezpośrednio wysepki cementu perlстого sąsiednich zębów (14, 15, 17, 30). W części będącej analogiem korzenia zębów policzkowych więzadła periodontologiczne widoczne są już w okolicy wierzchołkowej, utkanie splotów pośrednich jest luźniejsze, natomiast w obszarze wypełnionym przez cement chrząstkowy zagęszczenie pęczków kolagenowych jest najmniejsze, występują tutaj liczne naczynia krwionośne (3, 11, 14, 17, 30).

Miazga zęba (*pulpa dentis*)

Jama miazgi jest to przestrzeń zawierająca luźno utkaną tkankę łączną, naczynia krwionośne i limfatyczne, nerwy oraz niezróżnicowane komórki tkanki mezenchymalnej zdolne do podziałów (ryc. 4) (3, 4, 7). Wykazano, że komórki nabłonka wewnętrznego i komórki warstwy pośredniej narządu szkliwotwórczego oraz odontoblasty mają zdolność do podziałów, ale tylko do momentu tworzenia macierzy szkliwa i zębiny (7, 10, 13). Stały wzrost zębów hypselodontycznych wynika z zewnętrznego wywinięcia nabłonków w pęczku wierzchołkowym narządu szkliwotwórczego, przez co nigdy nie dojdzie do zamknięcia jamy miazgi i zatrzymania wzrostu zęba, jak w przypadku zębów anelodontycznych (ryc. 4). Na przekroju poprzecznym siekaczy kawii domowej widoczna jest pojedyncza, stożkowa jama miazgi (ryc. 3B), natomiast w obrębie zębów policzkowych wyróżnia się 2 jamy miazgi, które łączą się w obrębie wierzchołka (ryc. 7). W kierunku powierzchni okluzyjnej, mniej więcej w połowie długości korony anatomicznej jamy miazgi ulegają niemalże całkowitemu zamknięciu, ograniczone przez odontoblasty i rozwijającą się przębinę (ryc. 6B).

Piśmiennictwo

1. Berkovitz B. K.: Ontogeny of tooth replacement in the guinea pig (*Cavia coby*). Arch. Oral Biol. 1972, 17, 711-718.
2. Berkovitz B. K., Shore R. C., Sloan P.: Histology of the periodontal ligament of rat mandibular incisor following root resection, with special reference to the zone of shear. Arch. Oral Biol. 1980, 25, 235-244.
3. Bernick S.: Vascular and nerve supply to the molar teeth of guinea pigs. J. Dent. Res. 1966, 45, 249-260.
4. Bohmer E.: Dentistry in Rabbits and Rodents. John Wiley and Sons Inc., New York, United States 2015, 5-34.
5. Capello V., Gracis M.: Rabbit and rodent dentistry handbook. Zoological Education Network, Canada 2005, 18-27.
6. Capello V., Lennox A., Ghisleni G.: Elodontoma in two guinea pigs. J. Vet. Dent. 2015, 32, 111-119.
7. Chiba M.: Cellular proliferation in the tooth germ of the rat incisor. Arch. Oral Biol. 1965, 10, 707-718.
8. Gosse H.: Nomina anatomica veterinaria. World Association of Veterinary Anatomists 2017.
9. Hunt A. M.: A description of the molar teeth and investing tissues of normal guinea pig. J. Dent. Res. 1959, 38, 216-231.
10. Hunt A. M., Paynter K. J.: The role of the cells of the stratum intermedium in the development of the guinea pig molar. A study of cell differentiation and migration using tritiated thymidine. Arch. Oral Biol. 1963, 8, 65-78.
11. Jayawardena C. K., Takahashi N., Takano Y.: A unique localization of mechanoreceptors in the periodontal tissue of guinea pig teeth. Arch. Histol. Cytol. 2002, 65, 233-244.
12. Jayawardena C. K., Takahashi N., Watanabe E., Takano Y.: On the origin of intrinsic matrix of acellular extrinsic fiber cementum: studies on growing

- cementum pearls of normal and bisphosphonate – affected guinea pig molars. Eur. J. Oral. Sci. 2002, 110, 261-269.
13. Jayawardena C. K., Takano Y.: Histochemical localization of cholinesterase activity in the dental epithelium of guinea pig teeth. Anat. Embryol. (Berl) 2004, 208, 281-207.
 14. Jayawardena C. K., Takano Y.: Nerve epithelium association in the periodontal ligament of guinea pig teeth. Arch. Oral Biol. 2006, 51, 587-595.
 15. Johansen J. R.: Response of the intermediate plexus of the guinea pig molar to experimental trauma. Acta Odontol. Scand. 1970, 28, 471-484.
 16. Legendre L.: Anatomy and disorders of the oral cavity of guinea pig. Vet. Clin. North Am. Exot. Anim. Pract. 2016, 19, 825-842.
 17. Listgarten M. A., Shapiro I. M.: Fine structure and composition of coronal cementum in guinea pig molars. Arch. Oral Biol. 1974, 19, 679-696.
 18. Minarikova A., Fictum P., Zikmund T., Jekl V.: Dental disease and periodontitis in a guinea pig (*cavia porcellus*). Journal of Exotic Pet Medicine 2016, 25, 150-156.
 19. Milart Z. (red.): Anatomiczne Mianownictwo Weterynaryjne. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa 2002.
 20. Moriyama K., Sahara N., Kageyama T., Misawa Y., Hosoya A., Ozawa H.: Scanning electron microscopy of the three different types of cementum in the molar teeth of the guinea pig. Arch. Oral Biol. 2006, 51, 439-448.
 21. Nazhvani A., Dehghani, Frashah H., Dehghanpour, Haddadi P., Nazhvani F. Dehghani: Ultrastructural and chemical composition of dentin and enamel in lab animals. J. Dent. (Shiraz) 2019, 20, 178-183.
 22. Niemiec A., Gawor J., Jekl V.: Practical Dental Radiography. Taylor and Francis Group, Canada 2018, 315-322.
 23. Nievelt A. F. H van, Smith K. K.: To replace or not to replace: the significance of reduced functional tooth replacement in marsupial and placental mammals. Paleobiology 2005, 31, 324-346.
 24. Ohshima H., Nakasone N., Hashimoto E., Sakai H., Nakakura-Ohshima K., Harada H.: The eternal tooth germ is formed at the apical end of continuously growing teeth. Arch. Oral Biol. 2005, 50, 153-157.
 25. Sato O., Maeda T., Iwanaga T., Kobayashi S.: Innervation of the incisors and periodontal ligament in several rodents an immunohistochemical study of neurofilament protein and glia – specific S-100 protein. Acta. Anat. (Baseal) 1989, 134, 94-99.
 26. Pereira-Sampaio M.: Nomina histologica veterinaria. World Association of Veterinary Anatomists, USA 2017.
 27. Pereira-Sampaio M.: Nomina embriologia veterinaria. World Association of Veterinary Anatomists, USA 2003.
 28. Takano Y., Sakai H., Watanabe E., Ideguchi-Ohma N., Jayawardena C. K., Arai K., Asawa Y., Nakano Y., Shuda Y., Sakamoto Y., Terashima T.: Possible role of dentin matrix in region – specific deposition of cellular and acellular extrinsic fibre cementum. Journal of Electron Microsc. 2003, 52, 573-580.
 29. Taketoshi M.: On the transversal section of enamel rod in rodentia. Okajimas Folia Anat. Jpn. 1954, 26, 263-270.
 30. Trapani A. P.: A Morphologic Comparison of the Periodontal Ligament of Normal Versus Accelerated Erupting Teeth in Rats and Guinea Pigs. Master's Theses. 1971, 2531.
 31. Vishwakarma A., Sharpe P., Shi S., Ramalingama M. (red.): Stem cell biology and tissue engineering in dental sciences. Elsevier 2015, s. 335-346.
 32. Wassermann F.: Analysis of the enamel formation in the continuously growing teeth of normal and vitamin C deficient guinea pigs. Journal of Dental Research 1944, 23, 463-509.
 33. Zabel M. (red.): Histologia. Podręcznik dla studentów medycyny i stomatologii. Elsevier, Wrocław 2013, s. 236-256.

Adres autora: lek. wet. Justyna Dziech, ul. Szklarska 28/16, 54-138 Wrocław;
e-mail: justyna.dziech@gmail.com