

**Mateusz Krajecki**

**Rozwój nerwu zębodołowego dolnego u zarodków  
ludzkich**

Rozprawa doktorska

Katedra i Zakład Anatomii Prawidłowej  
Uniwersytetu Medycznego  
Im. Karola Marcinkowskiego  
w Poznaniu  
Kierownik Katedry i Zakładu  
oraz promotor pracy: Prof. dr hab. Małgorzata Bruska

Poznań 2015

## Spis treści

I	Wstęp.....	3
II	Cel pracy.....	9
III	Materiał i metody.....	10
IV	Wyniki własne.....	15
V	Dyskusja.....	71
VI	Wnioski.....	77
VII	Spis piśmiennictwa.....	79
VIII	Streszczenie .....	89
IX	Summary.....	91
X	Spis tabel i rycin.....	93

## I Wstęp

Narząd żucia wchodzi w skład układu czaszkowo- twarzowego. Jego górna część mózgowa znajduje się w części nerwowej czaszki. Narządy zmysłów i otaczające je puszki kostne, wspólnie ze szczękami, kośćmi jarzmowymi, nosowymi i podniebiennymi tworzą część środkową twarzoczaszki. Żuchwa wraz z przyczepiającymi się do niej mięśniami i topograficznie związanym z nią nerwem trójdzielnym, stanowią część dolną twarzoczaszki (16, 25, 32, 33, 65).

Rozwój części twarzowej głowy można podzielić na trzy istotne stadia (33):

1. Stadium błoniaste, w którym tworzy się pierwotny szkielet nabłonkowo- mezenchymatyczny, stanowiący osłonę dla intensywnej proliferacji i migracji komórek.
2. Rozwój wyniosłości czołowo- nosowej i wyrostków łuków gardłowych różnicujących się w szkielet twarzy.
3. Różnicowanie narządów wchodzących w skład układów części twarzowej należących do części środkowej i dolnej twarzy, szczególnie rozwój narządu żucia (16, 25, 30, 32, 33).

Szkielet układu czaszkowo- twarzowego rozwija się z mezodermy przyosiowej i bocznej oraz grzebienia nerwowego. Mezenchyma pochodząca z grzebienia nerwowego tworzy większą część szkieletu twarzy (34, 41, 42, 54, 55, 71, 73, 75, 76, 77, 79, 81). Grzebień nerwowy stanowi pluripotencjalną populację komórek pochodzących z fałdów nerwowych. Jego komórki tworzące szkielet twarzy osiedlają się w łukach gardłowych (11, 12, 32, 54, 55). Z pierwszego łuku gardłowego rozwija się większa część narządu żucia ze szczęką i żuchwą, w których następuje rozwój zębów, a także mięśnie żucia. Wykazano, iż komórki grzebienia nerwowego odgrywają ważną rolę w rozwoju zębów (47).

W rozwoju narządu żucia ważną rolę odgrywa nerw trójdzielny, szczególnie nerw żuchwowy. Rozgałęzienia nerwu żuchwowego są topograficznie związane z żuchwą, która rozwija się na podłożu chrząstki żuchwowej (Meckela).

Nerwy trójdzielne stanowią piątą parę nerwów czaszkowych i wspólnie z nerwami twarzowymi, językowo- gardłowymi i błędnymi należą do grupy nerwów łuków gardłowych. Włókna czuciowe nerwu trójdzielnego rozpoczynają się w zwoju trójdzielnym. Ich dendryty zdążają na obwód tworząc trzy główne gałęzie, a aksony tworzące część większą dochodzą do trzech jąder czuciowych nerwu trójdzielnego zlokalizowanych w pniu mózgu, mianowicie:

1. Jądra pasma rdzeniowego, zlokalizowanego w rdzeniu przedłużonym, otrzymującego wrażenia czucia powierzchownego, bólu i temperatury, stanowiących układ przednio- boczny.
2. Jądra czuciowego głównego lub górnego, położonego w moście, odpowiedzialnego za czucie epikrytyczne (stereognozja, czucie dyskryminacyjne).
3. Jądra pasma śródmózgowiowego, położonego w śródmózgowiu, odpowiedzialnego za czucie proprioceptywne (z receptorów narządu ruchu).

Informacje dochodzące do jądra głównego i śródmózgowiowego stanowią układ grzbietowo- wstęgowy (6, 7).

Włókna odśrodkowe przebiegające w nerwie trójdzielnym mają swój początek w jądrze ruchowym nerwu trójdzielnego, położonym w części środkowej mostu (8). Włókna ruchowe wychodzące z tego jądra tworzą część mniejszą i wchodzi w skład nerwu żuchwowego. Zaopatrują one mięśnie działające na staw skroniowo- żuchwowy (mięśnie żucia oraz mięsień

żuchwowo- gnykowy i przedni brzusiec mięśnia dwubrzuścowego, a także mięsień napinający błonę bębenkową i napinający podniebienie miękkie).

Zakres unerwienia czuciowego nerwu trójdzielnego obejmuje skórę twarzy i błonę śluzową jamy ustnej, zęby oraz opony mózgowia. Obszar tego unerwienia odgraniczony jest linią szczytowo- uszno- bródkową od obszaru unerwionego przez nerwy rdzeniowe szyjne. Linia ta biegnie od wierzchołka głowy ku dołowi do otworu słuchowego zewnętrznego, następnie omijając kąt żuchwy, wzdłuż jej dolnego brzegu do wyniosłości bródkowej. Obszar unerwienia twarzy przez nerw trójdzielny jest obszarem autonomicznym. Oznacza to, że sąsiednie dermatomy nie zachodzą na siebie i podczas przerwania jednej z gałęzi nerwu w danym obszarze czucie zostaje całkowicie zniesione. Wyjątek stanowi małżowina uszna, która zaopatrywana jest również przez nerw błędny i gałęzie nerwów splotu szyjnego.

Nerw trójdzielny, dzieli się na trzy główne nerwy: oczny, szczękowy i żuchwowy. Opuszczają one jamę czaszki odpowiednio przez szczelinę oczodołową górną, otwór okrągły i otwór owalny, wchodząc do oczodołu, dołu skrzydłowo- podniebiennego i podskroniowego.

Nerw żuchwowy będący ostatnią, trzecią gałęzią nerwu trójdzielnego prowadzi zarówno włókna czuciowe zaopatrujące błonę śluzową dna jamy ustnej i skórę poniżej kąta ust, jak i włókna ruchowe unerwiające mięśnie żucia. Po opuszczeniu jamy czaszki przez otwór owalny nerw żuchwowy wchodzi do dołu podskroniowego, gdzie dzieli się na dwa pnie: przedni i tylny. Z pnia przedniego odchodzą nerwy do mięśni żucia: nerw żwaczowy, nerwy skroniowe głębokie, nerw skrzydłowy boczny i przyśrodkowy, a także nerw policzkowy. Nerw policzkowy jest nerwem czuciowym i zaopatruje błonę

śluzową policzka i dziąseł od strony przedsionka jamy ustnej. Z pnia tylnego odchodzą: nerw uszno- skroniowy, nerw językowy i nerw zębodołowy dolny.

Nerw zębodołowy dolny jest największą gałęzią pnia tylnego nerwu żuchwowego. Prowadzi on głównie włókna czuciowe, które zaopatrują zęby, dziąsła, skórę bródki oraz okolice podbródkowej i błonę śluzową wargi dolnej. Przebiega on w dole podskroniowym bocznie i ku tyłowi od nerwu językowego, pomiędzy mięśniami skrzydłowymi, a następnie między gałęzią żuchwy a więzadłem klinowo- żuchwowym i wchodzi przez otwór żuchwy do kanału żuchwy. Przed wejściem do kanału oddaje nerw żuchwowo- gnykowy, unerwiający jednoimienny mięsień i brzusiec przedni mięśnia dwubrzuścowego. Wraz z tętnicą i żyłą zębodołową dolną przebiega w kanale żuchwy, a następnie wychodzi z niego jako nerw bródkowy przez jednoimienny otwór na zewnętrznej powierzchni trzonu żuchwy (1, 2, 13).

Nerw zębodołowy dolny oddaje następujące gałęzie:

- N. żuchwowo- gnykowy - odchodzący od nerwu zębodołowego dolnego przed jego wejściem do kanału żuchwy. Prowadzi on włókna ruchowe zaopatrujące mięsień żuchwowo - gnykowy oraz brzusiec przedni mięśnia dwubrzuścowego.
- Gałęzie zębowe dolne i gałęzie dziąsłowe dolne - odchodzące od splotu zębowego dolnego znajdującego się w kanale żuchwy. Prowadzą one włókna czuciowe zaopatrując zęby i błonę śluzową dziąseł.
- N. bródkowy stanowiący przedłużenie nerwu zębodołowego dolnego. Opuszcza on kanał żuchwy przez otwór bródkowy. Zawiera włókna czuciowe dla skóry okolice bródkowej i błony śluzowej wargi dolnej.

W licznych badaniach opisano nerwy zębodołowe i ich rozgałęzienia dochodzące do zębów szczęki i żuchwy (10, 17, 20, 45, 51, 52, 83, 84, 85, 88), a także zakończenia nerwowe w obrębie zębów i ich charakterystykę czynnościową (14, 15, 86, 87).

W badaniach dotyczących unerwienia zębów w rozwoju wyniki są bardzo rozbieżne. Pearson (64) wykazał, że płyta zębowa pojawia się u zarodków w szóstym tygodniu i wtedy stwierdza się gałęzie nerwowe w pobliżu tej płyty. Fearnhead (22) wykazał gałęzie zębowe dopiero u zarodków z ósmego tygodnia.

Bruska i Woźniak (5) wykazali, iż zawiązki zębów pojawiają się w szczęce w piątym tygodniu, a nerwy zębodołowe górne widoczne są u zarodków w szóstym tygodniu.

W okresie całej ontogenezy prenatalnej i postnatalnej na wzrost i różnicowanie narządów wpływają czynniki nerwowe. Wpływ ten może być bezpośredni poprzez dochodzące do narządów nerwy, względnie pośredni poprzez czynność mięśni wywierających wpływ na modelowanie rozwijających się narządów (79). Ważną rolę w rozwoju spełnia układ autonomiczny poprzez peptydy, głównie CGRP i VIP. Szczególny wpływ układu nerwowego wywierany jest na rozwój części twarzowej głowy i narządu żucia (3, 38, 39).

Z badań nad rozwojem narządu żucia wynika, iż nerw trójdzielny, a szczególnie jego gałęzie unerwiające zęby, wywiera wpływ indukcyjny w morfogenezie zębów (9, 23, 24, 27, 35, 38, 48, 49, 53, 64). Również wykazano, iż sygnały indukcyjne z mezenchymy rozwijającej się w brodawkę zębową kontrolują i ukierunkowują nerwy zębowe. Szczególną rolę odgrywa w tym procesie nerw zębodołowy dolny, który spełnia rolę przewodnicy w rozwoju żuchwy. Wpływ indukcyjny pomiędzy rozwijającymi się zębami i dochodzącymi

do nich nerwami jest wzajemny. Sygnały z rozwijających się nerwów indukują i modelują rozwój zębów.

Nerw zębodołowy dolny opisano w licznych badaniach u dorosłych.

Badania te dotyczą:

- 1) odmian w odejściu tego nerwu od nerwu żuchwowego (1, 26, 40, 44, 52, 62, 63, 66, 74, 75),
- 2) jego przebiegu w kanale żuchwy (10, 56, 57, 61, 72, 80, 84, 90),
- 3) rodzaju włókien w nerwie (17, 20, 80, 91),
- 4) rozgałęzień nerwu i połączeń z gałęziami nerwu żuchwowego (21, 26, 29, 31, 36, 37, 66, 78, 82).

Brak jest w piśmiennictwie opisu dokładnej topografii i rozgałęzień nerwu zębodołowego dolnego we wczesnym okresie rozwoju w stosunku do chrząstki żuchwowej i żuchwy.

Biorąc pod uwagę brak dokładnego opisu rozwoju oraz rozbieżności w piśmiennictwie odnośnie okresu pojawiania się odgałęzień nerwu zębodołowego dolnego, a także dysponując seryjnie skrojonymi zarodkami z dokładnie określonym wiekiem według stadiów rozwojowych, postanowiono opracować powyższy temat.



## II Cel pracy

Celem pracy jest:

1. Prześledzenie wczesnego rozwoju nerwu trójdzielnego ze szczególnym uwzględnieniem nerwu żuchwowego.
2. Opis rozwoju gałęzi nerwu żuchwowego, głównie nerwu zębodołowego dolnego w stosunku do chrząstki Meckela i rozwijającej się żuchwy w okresie zarodkowym.
3. Prześledzenie gałęzi nerwu zębodołowego dolnego z uwzględnieniem ich topografii do struktur docelowych (mięśnie, zawiązki zębów).

### III Materiały i Metody

Badania przeprowadzono na 62 zarodkach ludzkich pochodzących z kolekcji Katedry i Zakładu Anatomii Prawidłowej Uniwersytetu Medycznego im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu.

Wiek zarodków określano na podstawie kryteriów Instytutu Embriologii Carnegie w Davis według międzynarodowych 23 stadiów rozwojowych i wyrażano go w dniach postowulacyjnych. Stadia rozwojowe określa się na podstawie:

- 1) długości zarodka,
- 2) wyglądu zewnętrznego (obecność somitów, zawiązków kończyn),
- 3) stanu zaawansowania rozwoju narządów (gałki ocznej, podniebienia, jamy nosowej, serca, itp).

Badane zarodki były w stadiach od 13 do 23, w wieku od 32 do 56 dnia.

Zarodki zostały utrwalone w 10% zubożonej formalinie i zatopione w parafinie lub parafinie, i krojone w trzech płaszczyznach: czołowej, strzałkowej i poziomej. Seryjne skrawki grubości 5 i 10 mikrometrów barwiono i impregnowano według następujących metod:

- 1) hematoksyliną i eozyną,
- 2) według metody Malloryego,
- 3) fioletem krezyłu lub błękitem toluidyny według Nissla,
- 4) azotanem srebra według Pearsona i O' Neilla.
- 5) azotanem srebra według Lootsa,
- 6) białczanem srebra według Bodiana,
- 7) azotanem srebra według Holmesa,
- 8) azotanem srebra z żelazocyjankiem potasu według Ogawy.

Z pojedynczych przekrojów seryjnych z poszczególnych stadiów rozwojowych wykonywano rekonstrukcje graficzne.

Zastosowane metody pozwoliły na dokładne prześledzenie badanych struktur. Dokumentację badań stanowią tabele, zdjęcia fotograficzne oraz schematy.

**Tabela I**

Długość siedzeniowo- ciemieniowa [Si], stadium rozwojowe oraz wiek badanych zarodków.

Numer katalogowy	Długość Si w mm	Stadium rozwojowe	Wiek w dniach	Płaszczyzna przekroju
B- 194	4,0	13	32	Pozioma
B- 202	4,0	13	32	Poprzeczna
B- 203	4,0	13	32	Strzałkowa
B- 218	4,0	13	32	Pozioma
B- 206	4,0	13	32	Czołowa
B- 193	6,0	13	32	Pozioma
B- 171	6,0	13	32	Poprzeczna
A-17	6,5	14	33	Strzałkowa
B- 195	5,0	14	33	Strzałkowa
B-201	5,0	14	33	Strzałkowa
B-207	5,0	14	33	Pozioma
A-11	6,0	14	33	Strzałkowa
A-19	7,0	14	33	Czołowa
A-16	8,0	15	36	Strzałkowa
B- 75	8,0	15	36	Poprzeczna
B-115	8,0	15	36	Pozioma
B- 69	9,0	15	36	Strzałkowa
PJK- 20	9,0	15	36	Poprzeczna
PJK- 21	8,5	15	36	Poprzeczna
PJK- 5	8,0	15	36	Strzałkowa
B- 175	9,0	15	36	Pozioma
PJK- 8	9,0	16	39	Czołowy
IV	10,0	16	39	Strzałkowa
B- 176	11,0	16	39	Poprzeczna
B- 181	10,0	16	39	Poprzeczna
B- 216	9,0	16	39	Pozioma

Numer katalogowy	Długość Si w mm	Stadium rozwojowe	Wiek w dniach	Płaszczyzna przekroju
B- 70	13,0	17	41	Czołowa
PJK- 2	13,0	17	41	Poprzeczna
PJK- 14	13,5	17	41	Strzałkowa
A-12	12,5	17	41	Poprzeczna
B- 129	13,0	17	41	Strzałkowa
B- 68	13,0	17	41	Pozioma
B- 122	15,0	18	44	Czołowa
B- 290	15,0	18	44	Strzałkowa
B-65	16,0	18	44	Pozioma
PJK- 26	15,0	18	44	Strzałkowa
A-6	15,5	18	44	Poprzeczna
B- 123	17,0	19	46	Pozioma
Z- 13	17,0	19	46	Czołowa
Z-7	17,5	19	46	Czołowa
A-1	17,0	19	46	Poprzeczna
Bł- 9	17,9	19	46	Poprzeczna
Bł- 3	22,0	20	49	Strzałkowa
A	21,0	20	49	Pozioma
B-124	21,0	20	49	Czołowa
B- 126	22,0	20	49	Poprzeczna
B-170	22,5	21	51	Czołowo
A-4[1]	23,5	21	51	Czołowa
B- 127	22,5	21	51	Strzałkowa

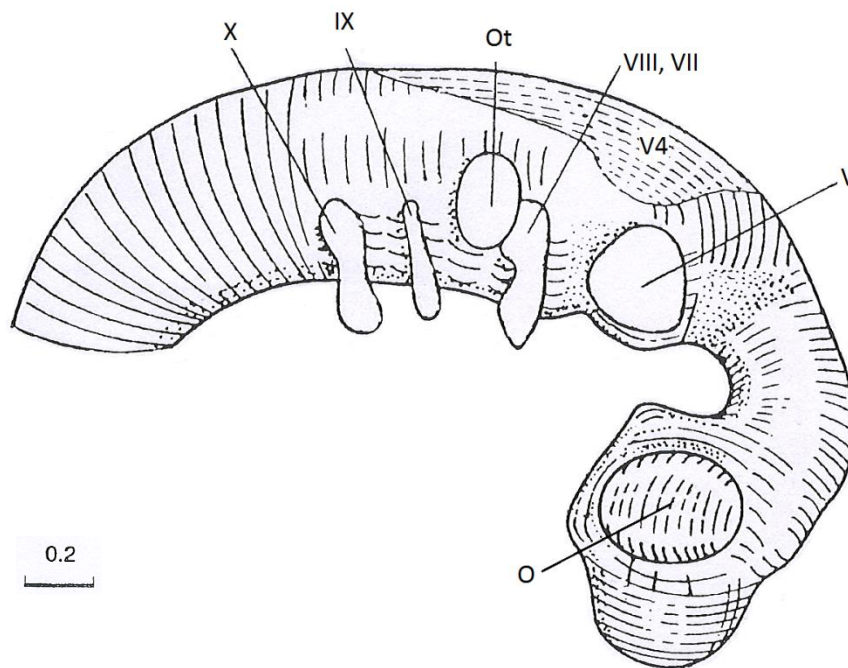
Numer katalogowy	Długość Si w mm	Stadium rozwojowe	Wiek w dniach	Płaszczyzna przekroju
Z- 15 [1]	26,0	22	53	Czołowa
B- 223	26,5	22	53	Strzałkowa
Bł- 7	26,5	22	53	Pozioma
PK- 61	25,5	22	53	Strzałkowa
B- 77	26,0	22	53	Czołowa
A-71	29,0	23	56	Pozioma
B- 177	28,5	23	56	Pozioma
Z- 9	29,0	23	56	Strzałkowa
AS- 3	28,5	23	56	Poprzeczna
B- 177	28,5	23	56	Czołowa
A-3	29,0	23	56	Poprzeczna
Z-15	28,5	23	56	Pozioma
A-5	28,5	23	56	Strzałkowa

## IV Wyniki własne

Rozwój szkieletu tworzącego część mózgową i twarzową czaszki oraz kształtowanie narządów w obrębie głowy, a także tworzenie rozgałęzień nerwów czaszkowych rozpoczyna się bardzo wcześnie w okresie zarodkowym. Począwszy od piątego tygodnia odbywa się rozwój jąder nerwów czaszkowych oraz dróg nerwowych kojarzeniowych, spoidłowych i rzutowych. Ze względu na szybko postępujące zmiany w rozwoju opis wyników przedstawiono w poszczególnych stadiach rozwoju zarodkowego, w których dokonują się istotne wydarzenia w trakcie organogenezy.

### Zarodki w stadium 13 (32 dni)

Część głowowa cewy nerwowej podzielona jest na pięć pęcherzyków stanowiących poszczególne części mózgowia. Obydwa otwory nerwowe są zamknięte. Kresomózgowie jest pojedynczym pęcherzykiem. We wszystkich częściach mózgowia można wyróżnić neuromery. W obrębie tyłomózgowia jest 7 neuromerów, które określane są rombomerami i oddzielone są od siebie wewnętrznymi bruzdami. Widoczne są zawiązki jąder ruchowych i czuciowych w pniu mózgowia. Jądra ruchowe rozwijają się w obrębie wspólnego słupa ruchowego. Dośrodkowe włókna ze zwojów tworzą wspólną drogę końcową powstałą z dośrodkowych włókien nerwu trójdzielnego, twarzowego, językowo- gardłowego i błędnego. Zwoje tych nerwów rozwijają się z grzebienia nerwowego oraz pogrubiałego nabłonka łuków gardłowych tworzących ektodermalne plakody. Zwoje te położone są na poziomie poszczególnych neuromerów (ryc. 1)



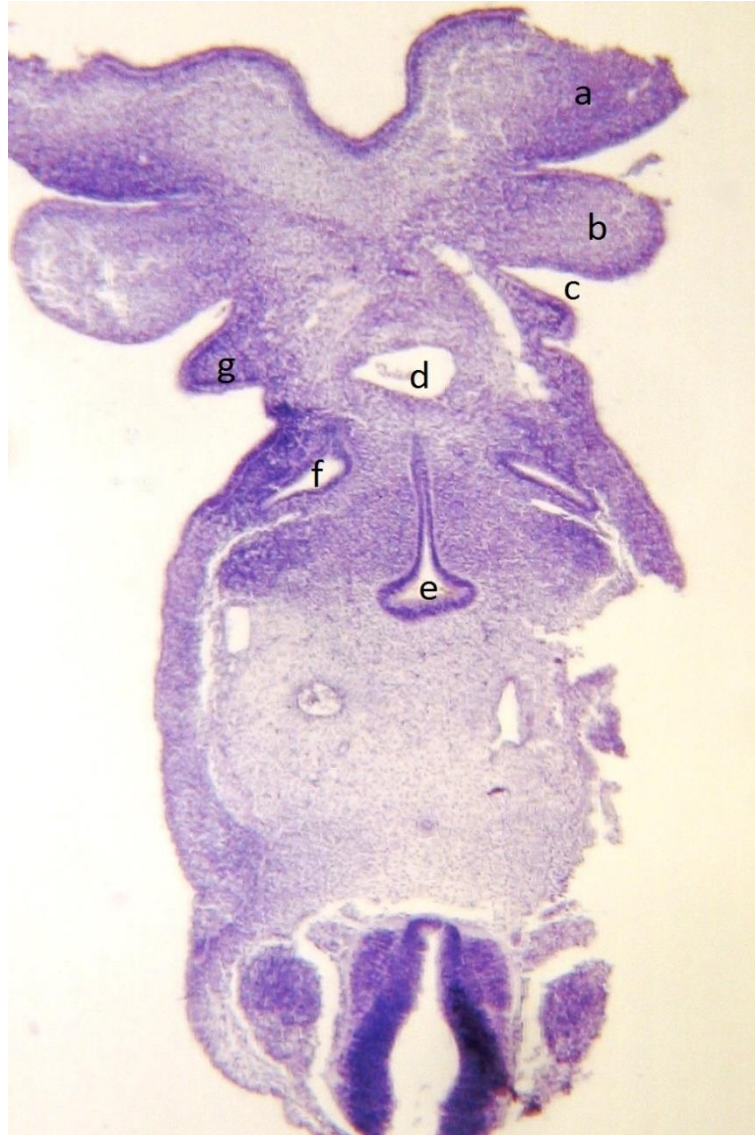
Ryc. 1

Rekonstrukcja graficzna z przekrojów strzałkowych zarodka w stadium 13 ilustrująca kształt i części mózgowia oraz położenia zwojów nerwów czaszkowych w odniesieniu do rombomerów.

O- pęcherzyk oczny, V4- komora IV, Ot- pęcherzyk uszny; V, VII, VIII, IX, X- zwoje nerwów czaszkowych.

W stadium 13 obecne są wszystkie łuki gardłowe. Są to mezenchymatyczne uwypuklenia, które od zewnątrz pokrywa ektoderma i przedzielają je bruzdy gardłowe, a od wewnątrz pokryte są endodermą i poprzedzielane kieszonkami gardłowymi (ryc. 2, 3).





Ryc. 2

Przekrój poziomy zarodka w stadium 13 (Si 4mm, wiek 32 dni), barwienie H+E, x100.  
 a- pierwszy łuk gardłowy, b- drugi łuk gardłowy, c- bruzda gardłowa, d- aorta,  
 e- pęczek płucny, f- kieszonka gardłowa, g- trzeci łuk gardłowy.

Do każdego łuku gardłowego wnikają odpowiednie nerwy czaszkowe:

- a) do 1. łuku gardłowego- n. trójdzielny,
- b) do 2. łuku gardłowego- n. twarzowy,
- c) do 3. łuku gardłowego- n. językowo- gardłowy,
- d) do 4.- 6. łuku gardłowego- n. błędny.



Ryc. 3  
Przekrój strzałkowy zarodka w stadium 13 (Si 4 mm, wiek 32 dni), barwienie H+E, x40.  
a-zwój trójdzielnny, b- pęcherzyk oczny, c- wyniosłość czołowo- nosowa, d- pierwotna jama ustna, e- pierwszy łuk gardłowy, f- drugi łuk gardłowy, g- trzeci łuk gardłowy, h- serce, i- płyta nosowa.

Pierwotna jama ustna (stomodeum) ograniczona jest od góry wyniosłością czołowo- nosową, bocznie wyrostkami szczękowymi i od dołu wyrostkami żuchwowymi. W wyniosłości tej widoczna jest gruba płyta nosowa (ryc. 3), z której rozwija się lemieszowo- krańcowy grzebień nerwowy.

Wyniosłości ograniczające pierwotną jamę ustną stanowią zawiązki kości twarzoczaszki, w tym przyszłej szczęki i żuchwy. W wyniosłościach żuchwowych dostrzec można koncentryczne zagęszczenie komórek stanowiące zawiązek chrząstki żuchwowej (Meckela) (ryc. 4).



Ryc. 4

Przekrój poziomy zarodka w stadium 13 ( Si 4mm, wiek 32 dni), impregnacja białczanem srebra według Bodiana, x100.

a- pęcherzyk uszny, b- wyniosłość szczękowa, c- zawiązek chrząstki Meckela w wyniosłości żuchwowej, d- pierwotna jama ustna.

Obydwa wyrostki żuchwowe łączą się w linii pośrodkowej. W miejscu połączenia obserwuje się pionowo ułożone pasma wrzecionowatych komórek (ryc. 5).



Ryc. 5

Przekrój czołowy zarodka w stadium 13 (Si 4mm, wiek 32 dni), barwienie H+E, x100.

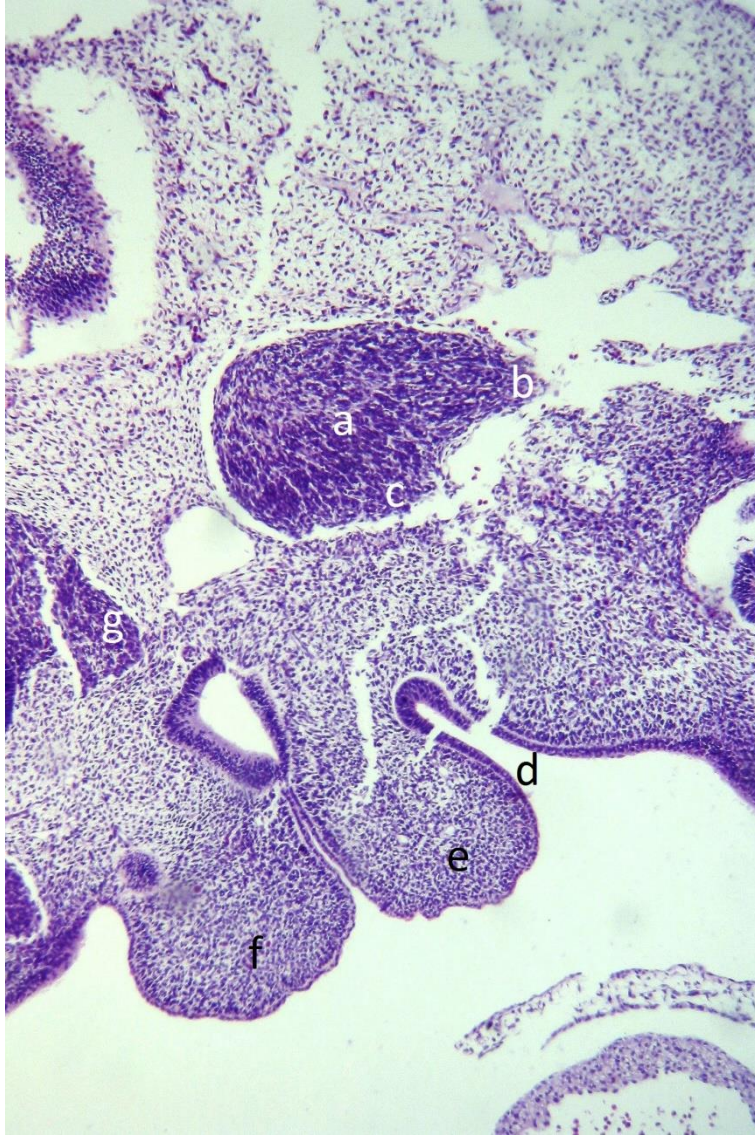
a-rdzeń przedłużony, b- wyrostek żuchwowy, c- wyniosłości językowe boczne, d- jama ustna.

Z przyśrodkowych powierzchni połączonych wyrostków żuchwowych, w dnie pierwotnej jamy ustnej, obserwuje się zgrubienia mezodermy pierwszego łuku gardłowego tworzące wyniosłości językowe boczne stanowiące zawiązek języka. Pomiędzy nimi znajduje się guzek nieparzysty w postaci zgrubienia pośrodkowego, a ku tyłowi od niego widoczny jest otwór ślepy. Trzy powyższe wzniesienia stanowią zawiązek części wolnej języka (ryc. 5, 6).



Ryc. 6  
Przekrój poziomy zarodka w stadium 13 (Si 4mm, wiek 32 dni), barwienie H+E, x100.  
a-rdzeń przedłużony, b- jama ustna, c- guzek nieparzysty.

Zwój trójdzielny w opisywanym stadium posiada kształt wrzecionowaty i utworzony jest przez gęsto ułożone, owalne i wrzecionowate komórki. W zwoju, znajdującym się na poziomie 2. rombomeru, można już wyróżnić część oczną, wrastającą do wyniosłości czołowo- nosowej i część szczękowo-żuchwową (ryc. 3, 7).



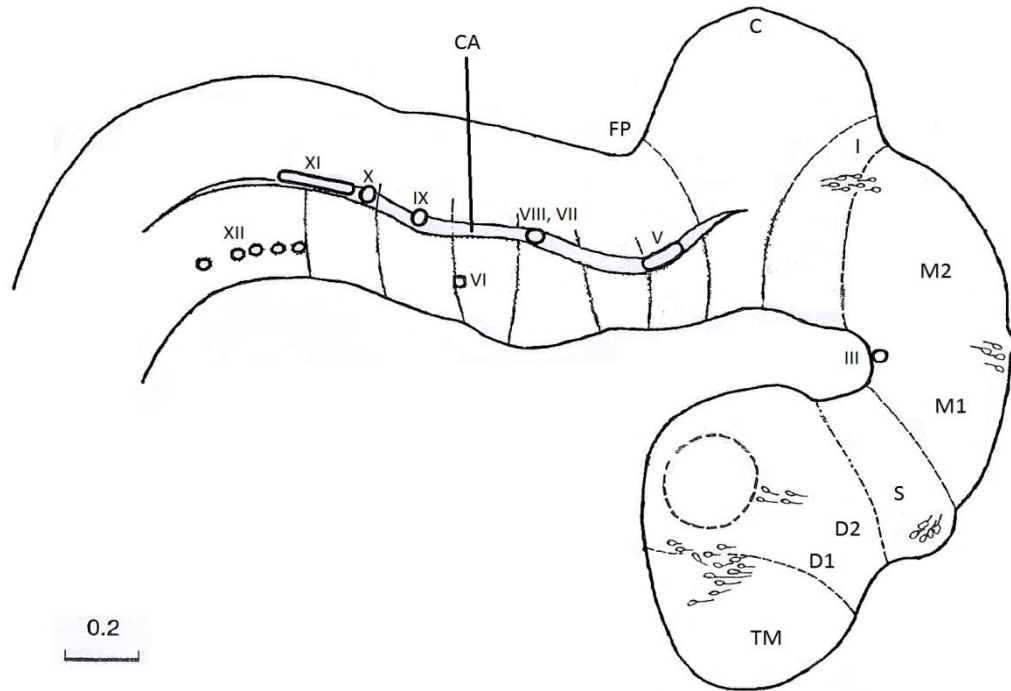
Ryc. 7

Przekrój strzałkowy zarodka w stadium 13 ( Si 4mm, wiek 32 dni), barwienie fioletem krezyłu według Nissla, x100.

a-zwój trójdzielny, b- część oczna zwoju trójdzielnego, c- część szczękowo- żuchwowa zwoju trójdzielnego, d- pierwotna jama ustna, e- pierwszy łuk gardłowy, f- drugi łuk gardłowy, g- zwój nerwu twarzonego.

## Zarodki w stadium 14 (33 dni)

Z stadium tym zewnętrzny kształt zarodka jest zdeterminowany głównie przez układ nerwowy. Zaznaczone jest zgięcie mostowe skierowane wypukłością w stronę brzuszną. Następuje rozwój kresomózgowia z zaznaczonymi półkulami mózgu. Ograniczone są one od kresomózgowia środkowego od powierzchni zewnętrznej przez bruzdę międzymózgowiowo - kresomózgowiową, a od powierzchni wewnętrznej przez wał półkul. Zmniejszone jest znacznie i pogłębione zgięcie śródmózgowiowe oraz mostowe. Jądra ruchowe nerwów czaszkowych tworzą dwa słupy komórkowe: przyśrodkowy i boczny. W słupie przyśrodkowym różnicują się jądra nerwów III, IV, VI i XII, natomiast w słupie bocznym tworzą się jądra nerwów V, VII, IX i X. We wspólnej drodze końcowej rozwijają się, wyraźnie widoczne, jądra czuciowe (ryc. 8).

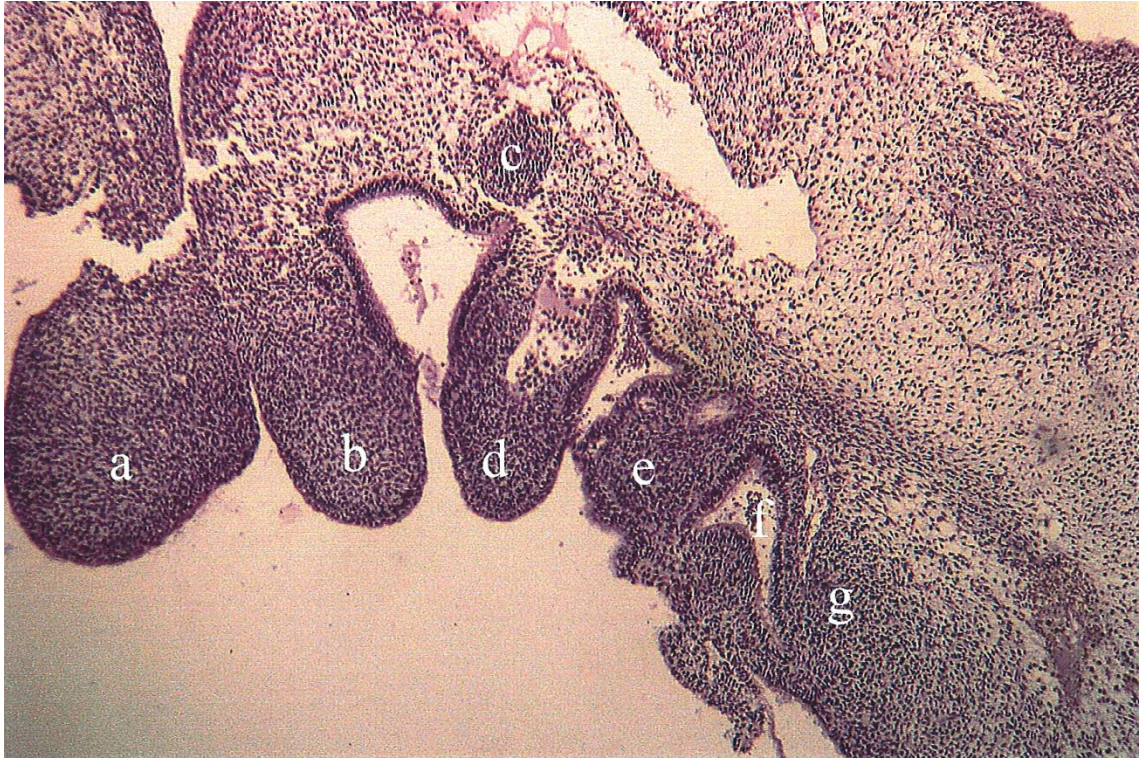


Ryc. 8

Schemat z rekonstrukcji graficznej przekroju strzałkowego mózgowia zarodka w stadium 14. TM- kresomózgowie nieparzyste, D1 i D2- neuromery międzymózgowia, S- neuromer pomiędzy międzymózgowiem i śródmózgowiem (synencephalon), M1 i M2- neuromery śródmózgowia, I- cieśń, C- zawiązek mózdzku, FP- zgięcie mostowe, CA- wspólna droga końcowa, Cyfry rzymskie w obrębie wspólnej drogi końcowej oznaczają jądra nerwów czaszkowych.

W stadium 14 nadal widoczne są łuki gardłowe wraz z wrastającymi do nich nerwami czaszkowymi (ryc. 9, 11). Pogłębieniu ulega bruzda pierwszego łuku gardłowego i tworzy się zawiązek przewodu słuchowego zewnętrznego. Rozrastający się drugi łuk gardłowy przykrywa bruzdy łuku trzeciego i czwartego, tworząc zatokę szyjną (ryc. 9). Pojawia się sznur podjęzykowy będący zawiązkiem mięśni języka. W wyrostku żuchwowym rozwija się pierwotna listewka zębowa (ryc. 10, 12).

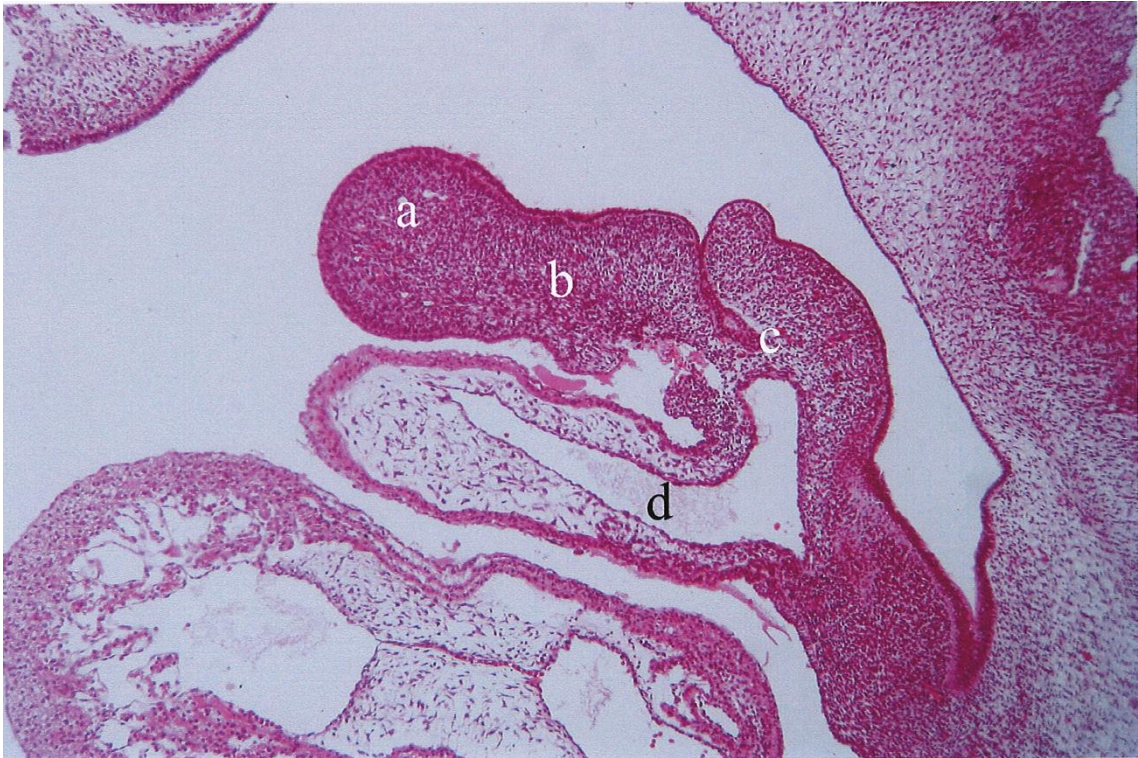




Ryc. 9

Przekrój strzałkowy zarodka w stadium 14 (Si 5 mm, wiek 33 dni), impregnacja białczanem srebra według Bodiana, x100.

a- wyniosłość czołowo- nosowa, b- wyrostek szczękowy, c- zwój trójdzielnny, d- wyrostek żuchwowy, e- drugi łuk gardłowy, f- zatoka szyjna, g- trzeci łuk gardłowy.



Ryc. 10

Przekrój strzałkowy zarodka w stadium 14 (Si 5 mm, wiek 33 dni), barwienie fioletem krezyłu według Nissla, x 100.

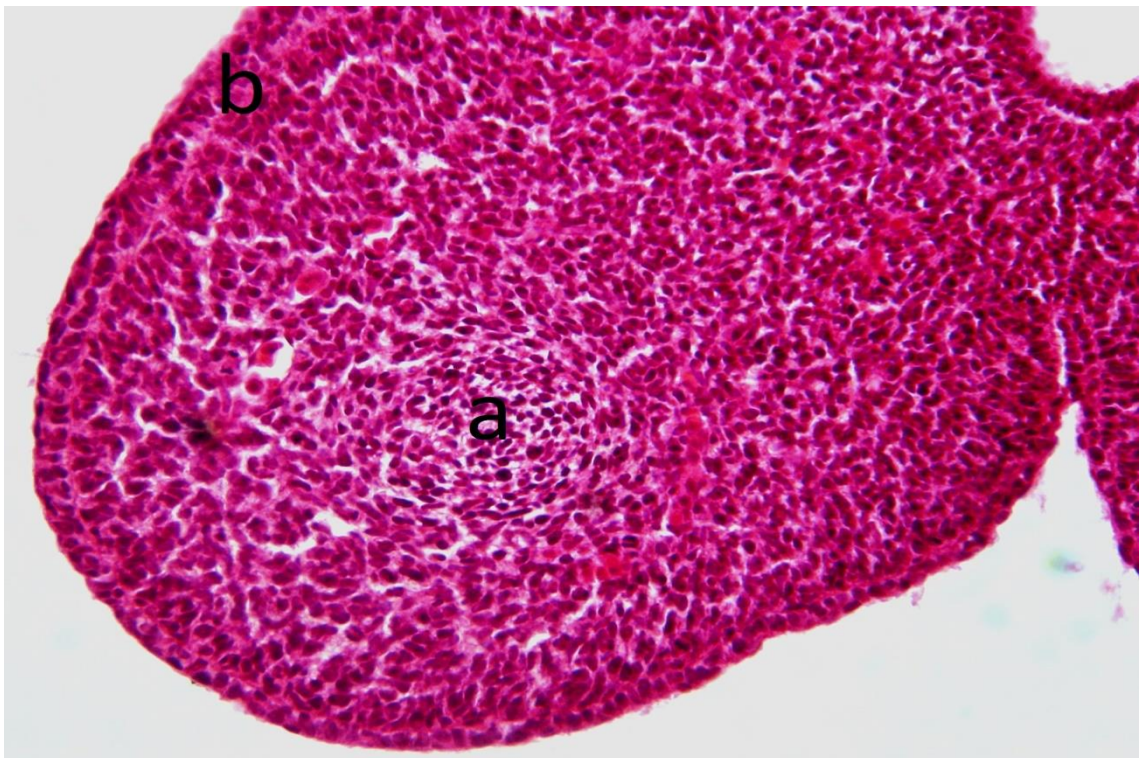
a-język, b- sznur podjęzykowy, c- zawiązek gruczołu tarczowego, d- tętnica pierwszego łuku gardłowego.



Ryc. 11

Przekrój strzałkowy zarodka w stadium 14 (Si 5 mm, wiek 33 dni), barwienie H+E, x50.

a-wyniosłość czołowo- nosowa, b- pierwszy łuk gardłowy, c- drugi łuk gardłowy, d- trzeci łuk gardłowy.

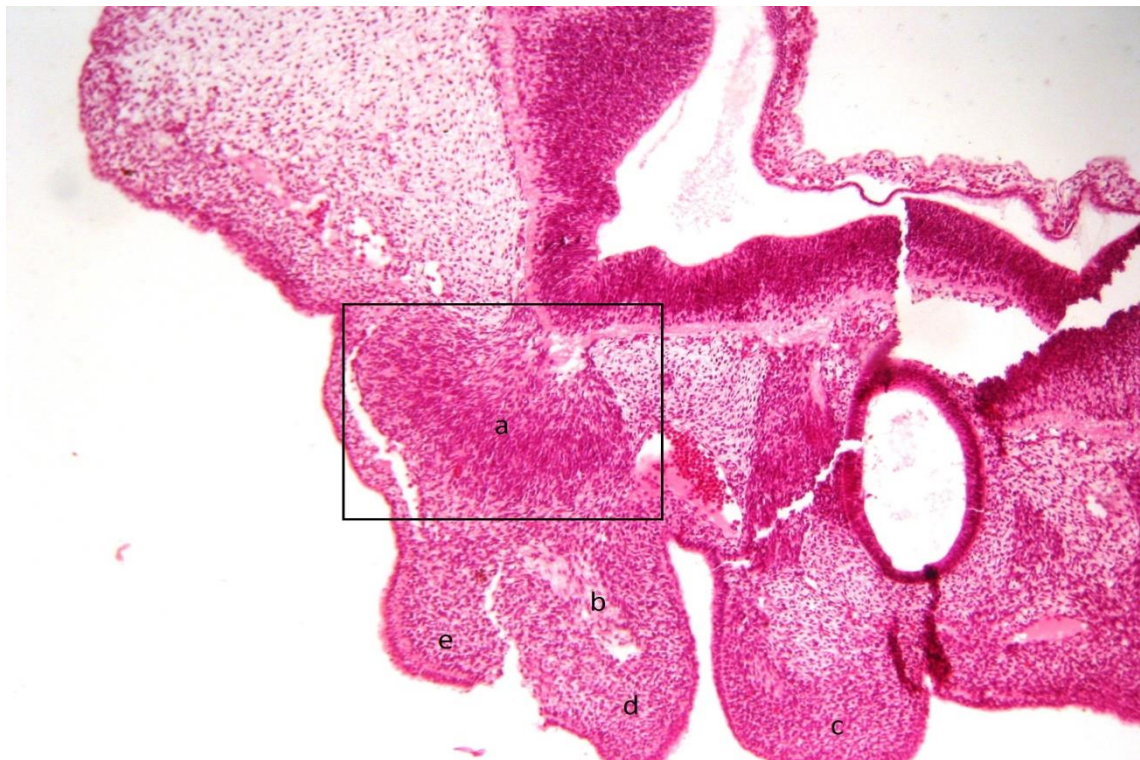


Ryc. 12

Przekrój strzałkowy zarodka w stadium 14 (Si 5 mm, wiek 33 dni), barwienie H+E, x400.

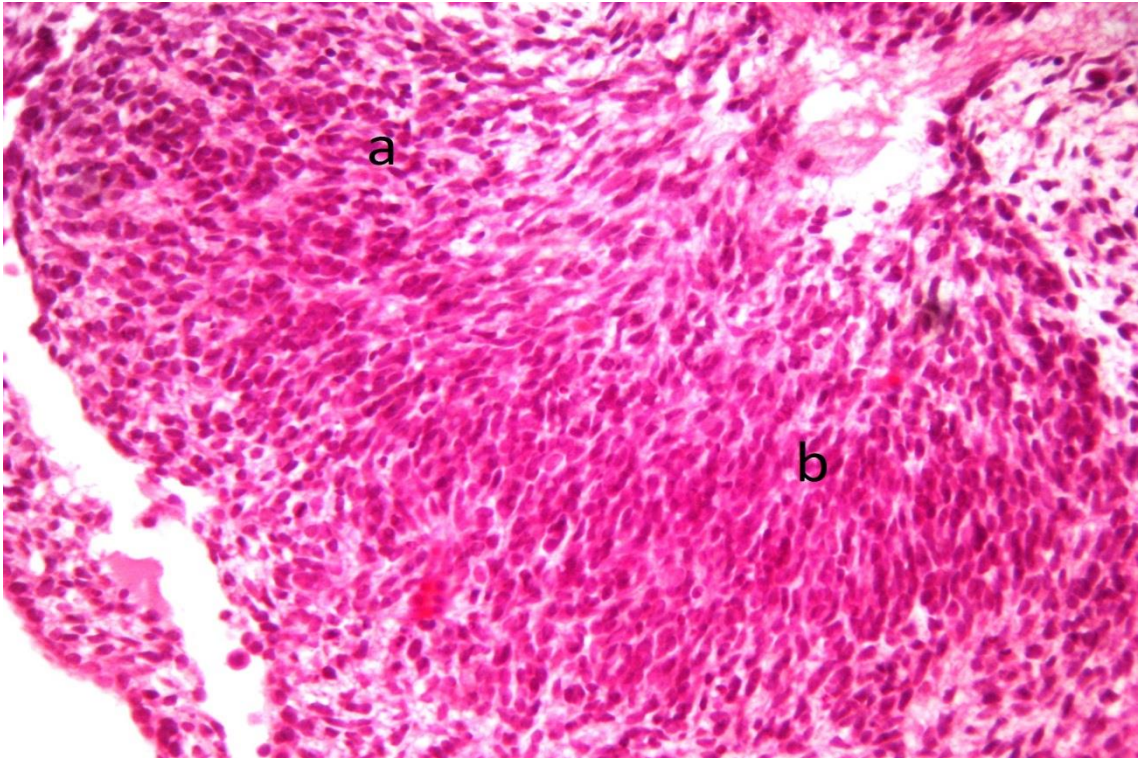
a-zawiązek chrząstki Meckela, b- pierwotna listewka zębowa.

Zwój trójdzielny w przekroju poprzecznym posiada kształt owalny, a w przekroju strzałkowym nieregularny. Z wyraźnie zaznaczonych części (ocznej i szczękowo-żuchwowej) zwoju trójdzielnego biorą początek jego główne gałęzie. Z mniejszej części ocznej wychodzi krótki pień nerwu ocznego, który wrasta w kierunku wyniosłości czołowo-nosowej i kielicha ocznego.



Ryc. 13

Przekrój strzałkowy zarodka w stadium 14 (Si 5 mm, wiek 33 dni), barwienie H+E, x100. a-zwój trójdzielny, b- nerw żuchwowy, c- drugi łuk gardłowy, d- wyrostek żuchwowy pierwszego łuku gardłowego, e- wyrostek szczękowy pierwszego łuku gardłowego.



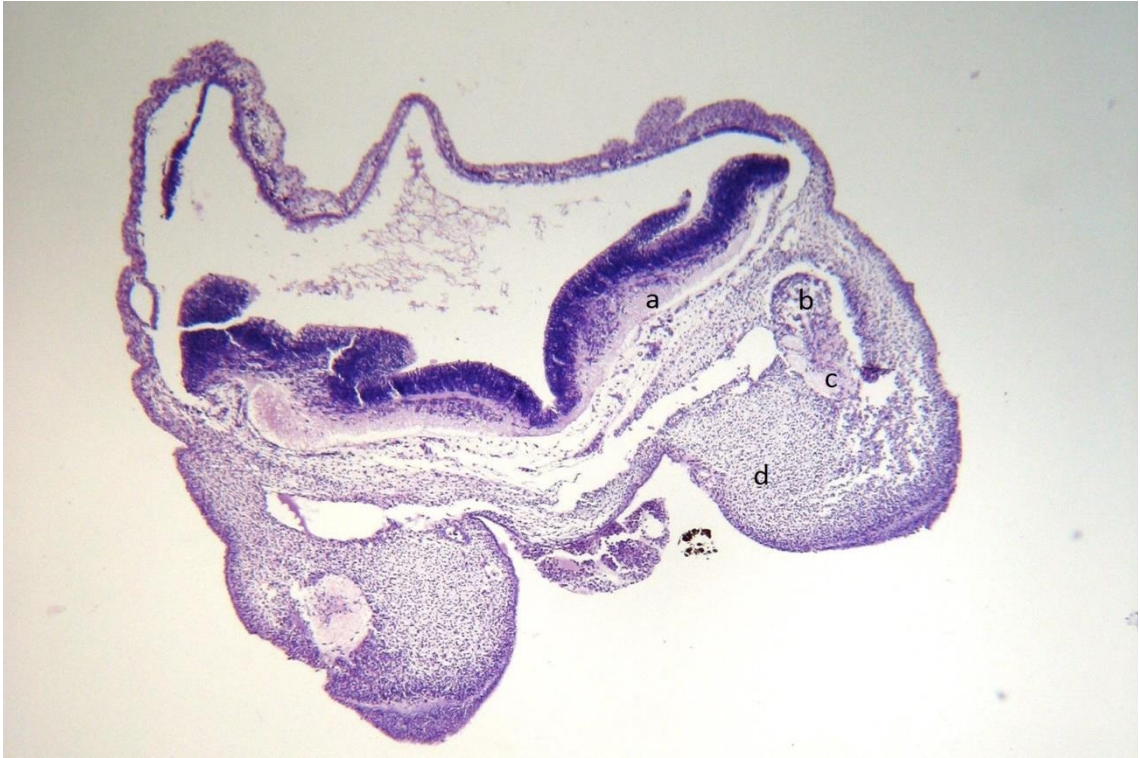
Ryc. 14

Przekrój strzałkowy zwoju trójdzielnego w stadium 14 (Si 5 mm, wiek 33 dni), barwienie H+E, x400.

a-część oczna zwoju trójdzielnego, b- część szczękowo- żuchwowa zwoju trójdzielnego.

Natomiast z większej części szczękowo- żuchwowej wychodzą nerwy szczękowy i żuchwowy, które wrastają odpowiednio do wyrostka żuchwowego i szczękowego pierwszego łuku gardłowego (ryc. 13, 14, 15). Są one bardzo krótkie i nie oddają gałęzi wtórnych. Grzbietowa powierzchnia zwoju połączona jest szerokim pasmem włókien nerwowych stanowiących część większą nerwu trójdzielnego.

Chrzątka Meckela przemieszcza się ku wewnętrznej powierzchni I łuku gardłowego.



Ryc. 15

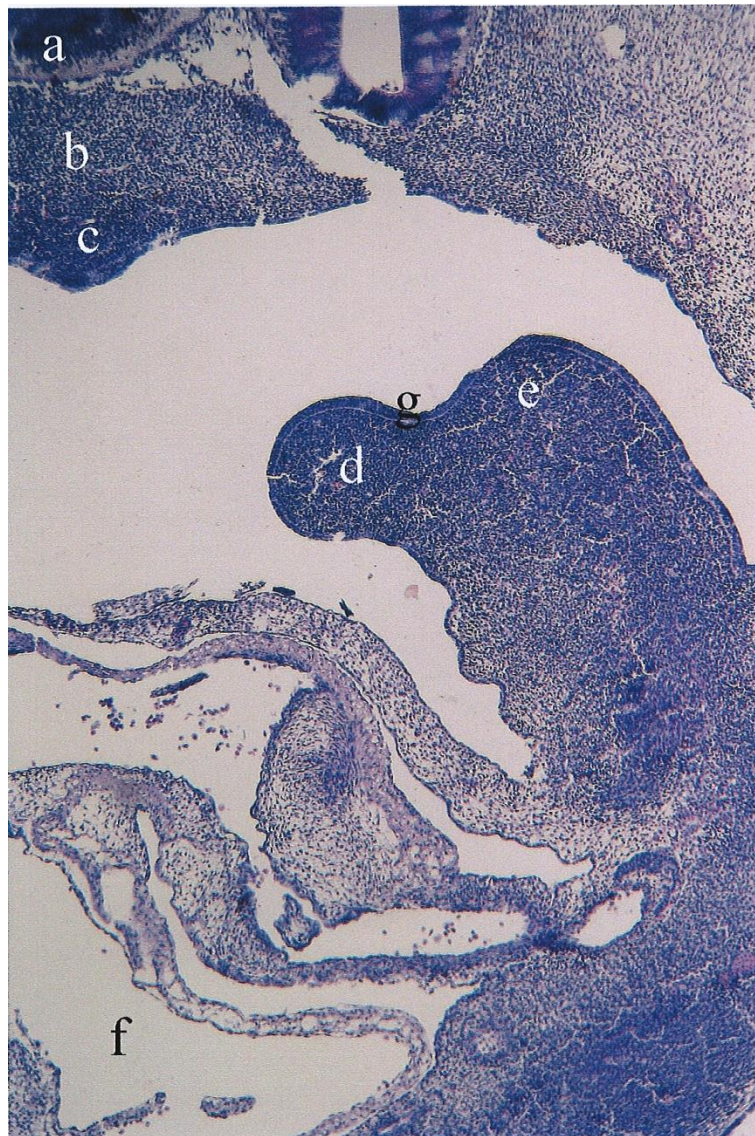
Przekrój poziomy zarodka w stadium 14 (Si 5, wiek 33 dni), barwienie H+E, x50.  
a-tyłomózgowie, b- zwój trójdzielny, c- nerw szczękowy, d- wyrostek szczękowy.

## Zarodki w stadium 15 (36 dni)

Zaznaczone są wyraźnie półkule mózgu oddzielone płytką szczeliną podłużną mózgu z widoczną w jej dnie blaszką krańcową. Powstaje bruzda podwzgórzowa i części podwzgórza.

W obrębie wspólnej drogi końcowej oddziela się pasmo śródmózgowiowe i rdzeniowe nerwu trójdzielnego.

Następują ważne zmiany w rozwoju twarzy. Wyrastki nosowe wydłużają się, a wyrastki nosowe przyśrodkowe, z których rozwija się rynienka wargi górnej obniżają się i zbliżają do siebie. Mezenchyma tych wyrastków wzrasta do sklepienia szerokiej jamy ustnej tworząc pole przedszczękowe. Następuje także połączenie wyrastka nosowego bocznego z wyrastkiem szczękowym oraz oddzielenie wargi dolnej od języka. Pierwotna listewka zębowa jest grubsza w porównaniu z poprzednim stadium (ryc. 16).

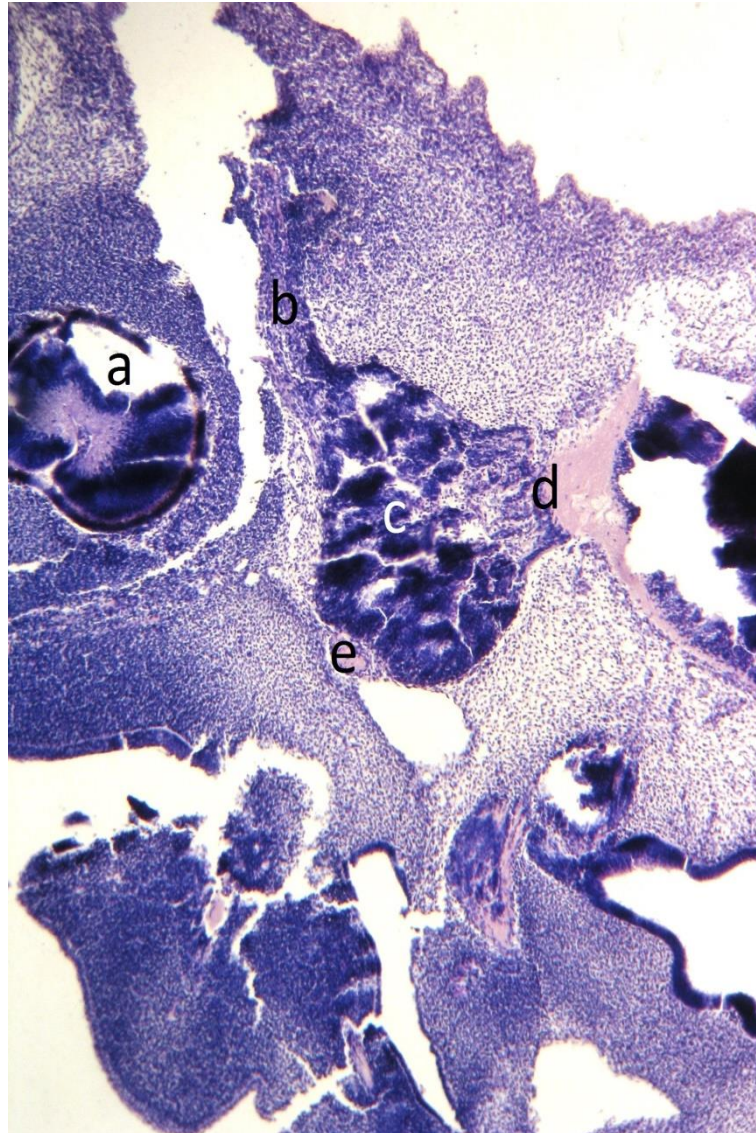


Ryc. 16

Przekrój strzałkowy zarodka w stadium 15 (Si 8mm, wiek 36 dni), barwienie H+E, x100. a-kresomózgowie, b- pasmo komórek wychodzących z grzebienia nerwowego, c- węchowy grzebień nerwowy, d- zawiązek wargi dolnej, e- język, f- serce, g- pierwotna listewka zębowa.

W stadium 15 zwój trójdzielny przylega do pnia mózgowia i na przekroju czołowym posiada kształt owalny. Wychodzące z poszczególnych części zwoju pierwszorzędowe gałęzie nerwu trójdzielnego wydłużają się (ryc. 17).





Ryc. 17

Przekrój strzałkowy zarodka w stadium 15 (Si 8mm, wiek 36 dni), barwienie H+E, x40.  
a-kielich oczny, b- nerw oczny, c- zwoj trójdzielny, d-nerw trójdzielny, e- nerw żuchwowy.

Aksony komórek pseudojednobiegunowych zwoju trójdzielnego tworzą krótką część większą nerwu trójdzielnego. W opisywanym stadium obserwuje się początek rozwoju gałęzi drugorzędowych nerwu trójdzielnego.

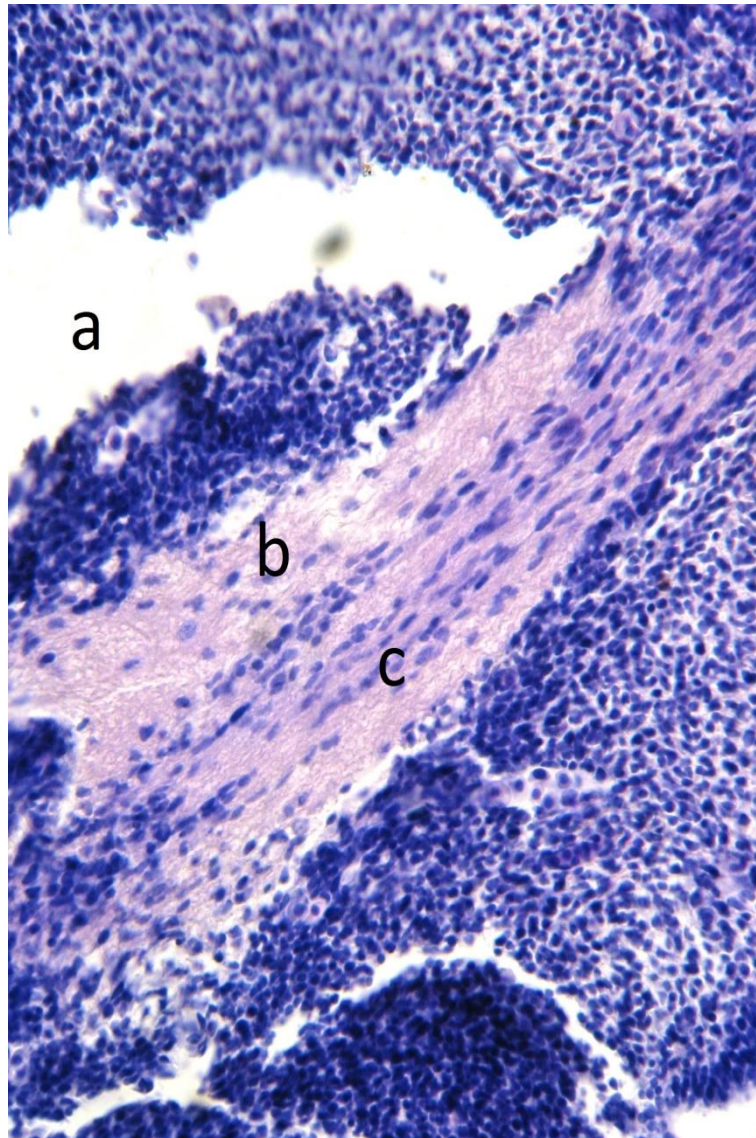
Nerw oczny wrasta w kierunku kielicha ocznego (ryc. 17), zaś nerw szczękowy i żuchwowy wydłużają się w obrębie wyrostków szczękowego i żuchwowego (ryc. 18, 19), które stanowią części pierwszego łuku gardłowego.

Chrzątka Meckela rozciąga się od spojenia bródkowego wzdłuż przyszłego trzonu żuchwy w kierunku przewodu słuchowego zewnętrznego.



Ryc. 18

Przekrój strzałkowy zarodka w stadium 15 (Si 8mm, wiek 36 dni), barwienie H+E, x40.  
a-nerw szczękowy, b- zwój trójdzielny, c- pęcherzyk uszny, d- nerw żuchwowy, e- wyrostek żuchwowy.



Ryc. 19

Przekrój strzałkowy zarodka w stadium 15 (Si 8 mm, wiek 36 dni), barwienie H+E, x100.  
a- jama ustna, b- pień przedni nerwu żuchwowego, c- pień tylny nerwu żuchwowego.

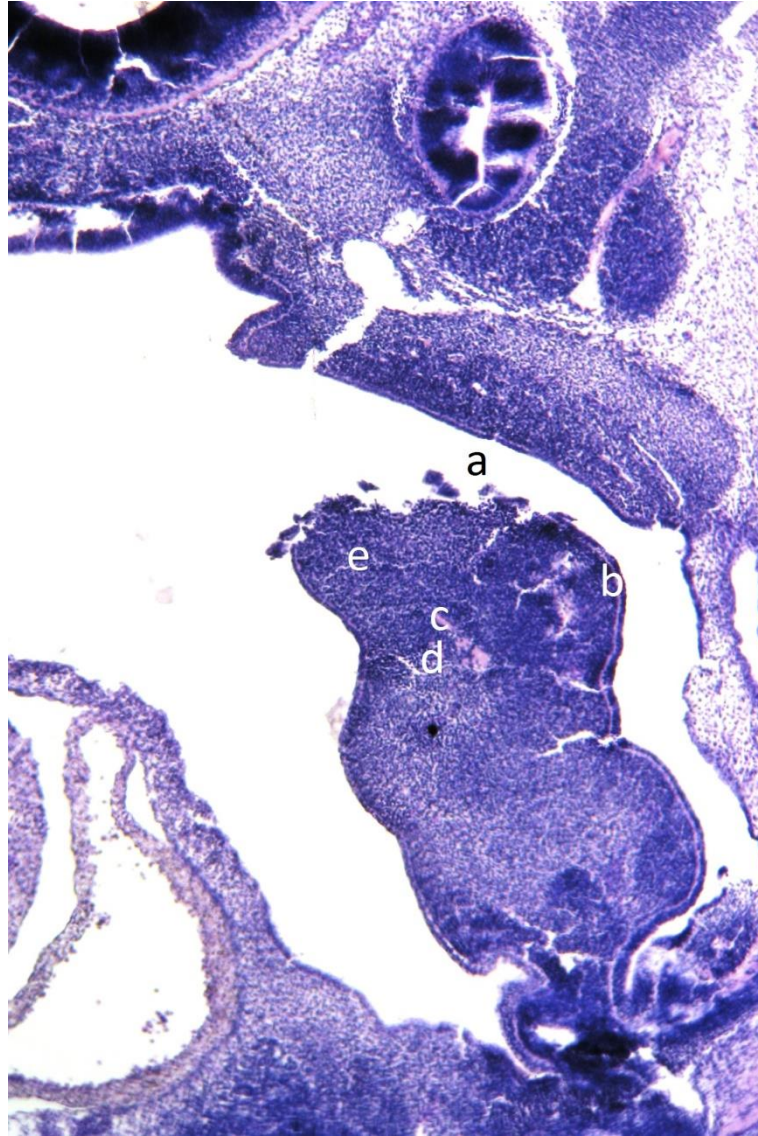
Nerw żuchwowy widoczny jest w postaci nieregularnej płyty, w której można wyróżnić dwa pnie: przedni i tylny (ryc. 18, 19). Z pnia przedniego wychodzą nerwy zaopatrujące mięśnie żucia (ryc. 20).



Ryc. 20

Przekrój strzałkowy zarodka w stadium 15 (Si 8mm, wiek 36 dni), barwienie H+E, x40.  
a-nerw szczękowy, b- zwój trójdzielny, c- gałęzie mięśniowe pnia przedniego nerwu  
żuchwowego.

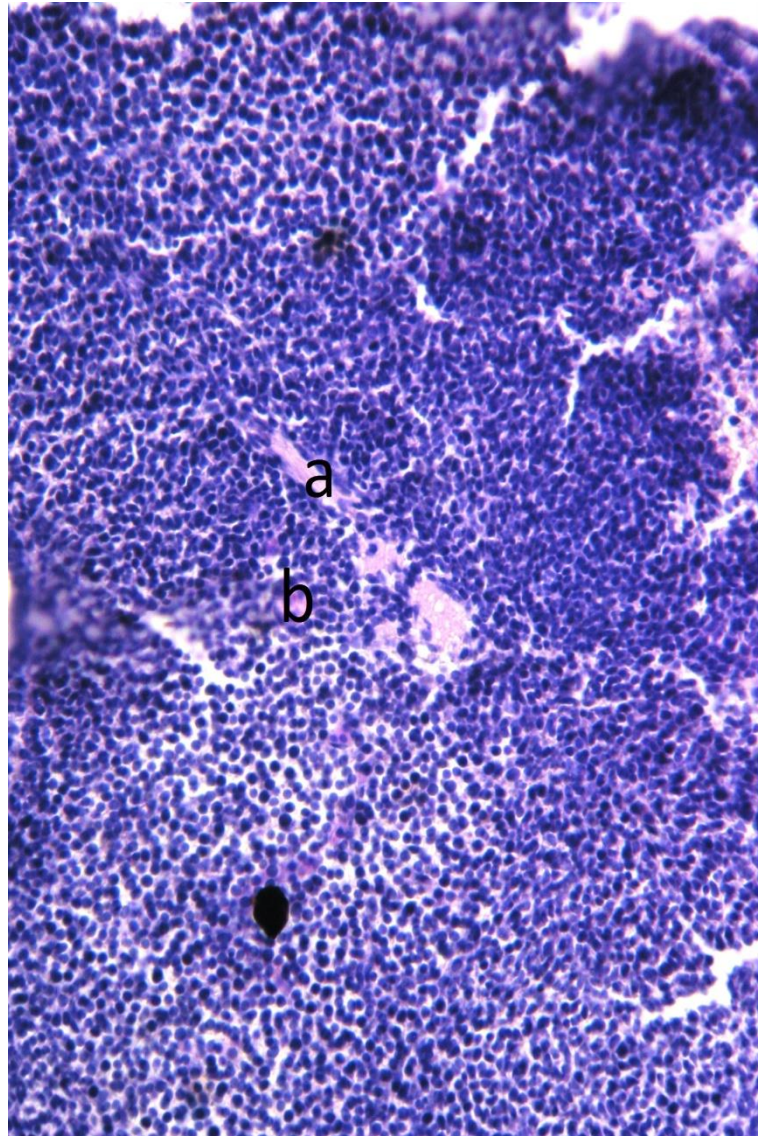
Z pnia tylnego można rozróżnić wychodzące nerwy: nerw językowy i nerw  
zębodołowy dolny (ryc. 21, 22).



Ryc. 21

Przekrój strzałkowy zarodka w stadium 15 (Si 8mm, wiek 36 dni), barwienie H+E, x40.

a-jama ustna, b-płyta zębowa, c- nerw językowy, d- nerw zębodołowy dolny, e- wyrostek żuchwowy.



Ryc. 22

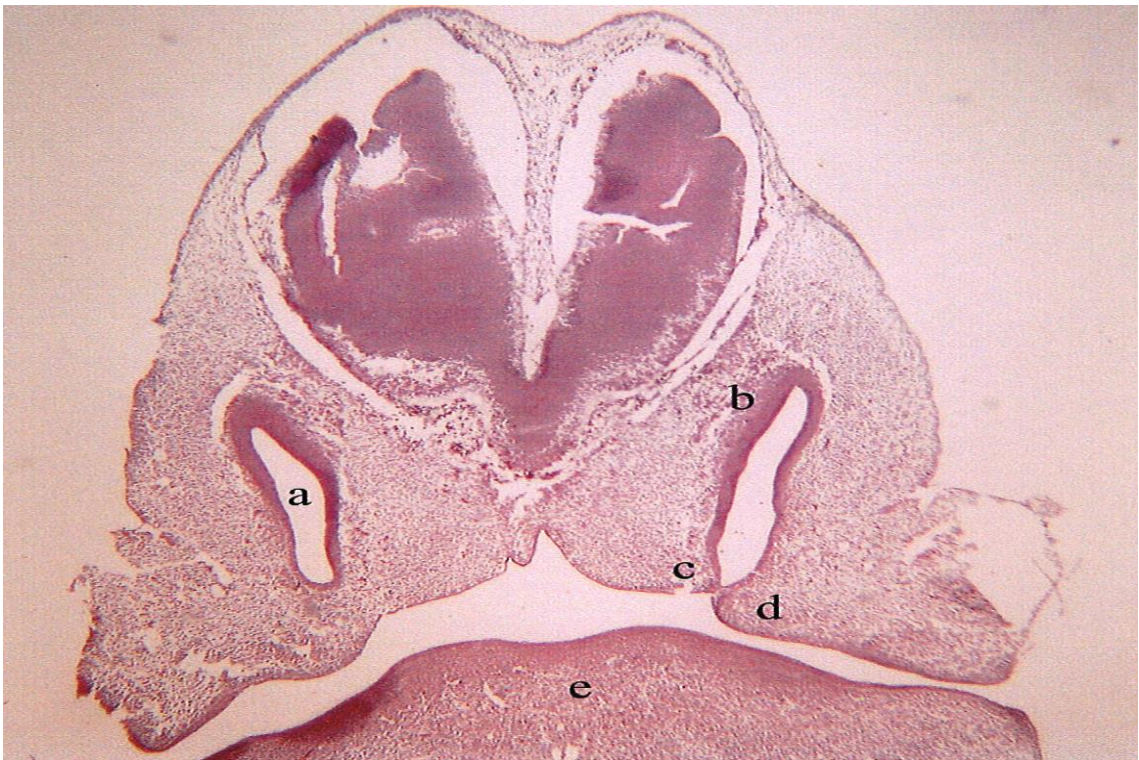
Przekrój strzałkowy zarodka w stadium 15 (Si 8mm, wiek 36 dni), barwienie H+E, x400.  
a-nerw zębodołowy dolny, b- nerw językowy.

## Zarodki w stadium 16 (39 dni)

W obrębie mózgowia następuje ostateczny rozwój jądra ruchowego nerwu trójdzielnego oraz jąder czuciowych tego nerwu.

W części twarzowej czaszki rozpoczyna się rozwój jamy nosowej, podniebienia pierwotnego oraz mięśni nadgnykowych.

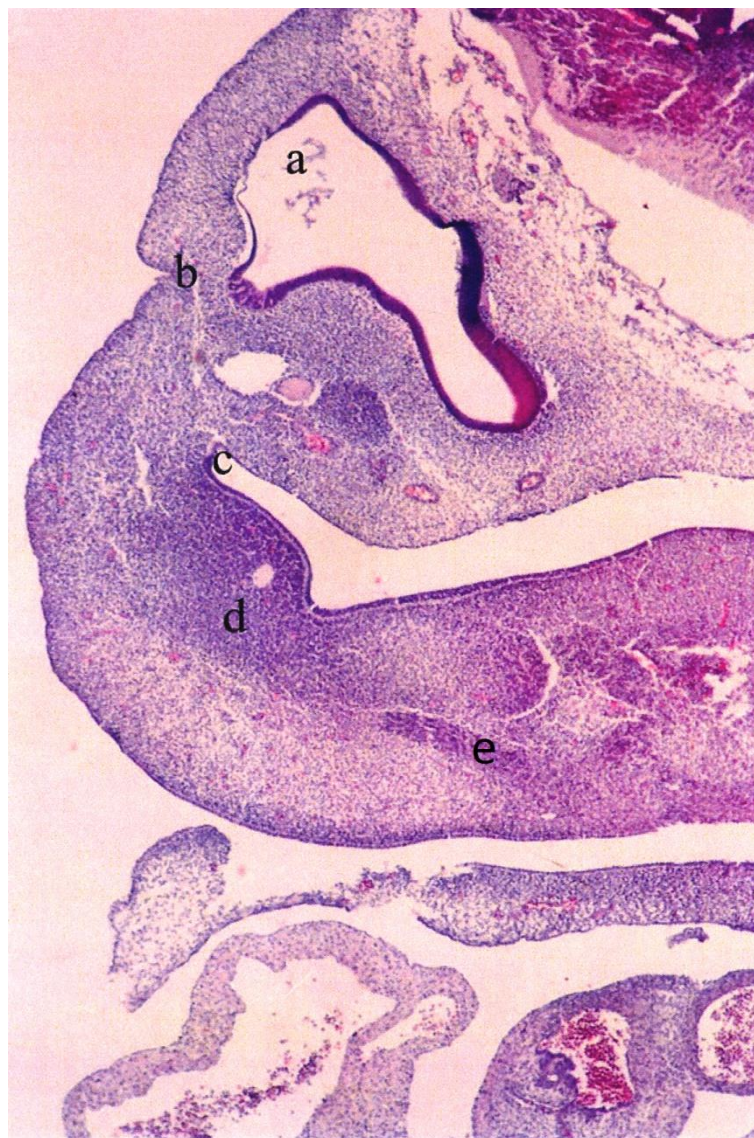
Wyrastki nosowe przyśrodkowe łączą się z wyrostkami nosowymi bocznymi (ryc. 23). Widoczne są zawiązki mięśni: rylcowo- językowego, rylcowo- gnykowego i żuchwowo- gnykowego (ryc. 24).



Ryc. 23

Przekrój czołowy zarodka w stadium 16 (Si 9mm, wiek 39 dni), impregnacja białczanem srebra według Bodiana, x40.

a-jama nosowa, b- pasma komórek nerwowych wędrujące z grzebienia węchowego do opuszki węchowej, c- wyrostek nosowy przyśrodkowy, d- wyrostek nosowy boczny, e- język.



Ryc. 24

Przekrój czołowy zarodka w stadium 16 (Si 9mm, wiek 39 dni), barwienie H+E, x40.

a- błędnik, b- przewód słuchowy zewnętrzny, c- zachyłek trąbkowo- gardłowy, d- chrząstka Meckela, e- mięsień żuchwowo- gnykowy.

Zaznaczone są zawiązki wyrostków podniebiennych, z których rozwija się podniebienie wtórne.



Gałęzie obydwu pni nerwu żuchwowego ulegają wydłużeniu. Wzdłuż bocznej powierzchni chrząstki Meckela przebiega nerw zębodołowy dolny. Nerw językowy połączony jest ze zwojem podżuchwowym (ryc. 25). Widoczne jest połączenie nerwu językowego ze struną bębenkową.



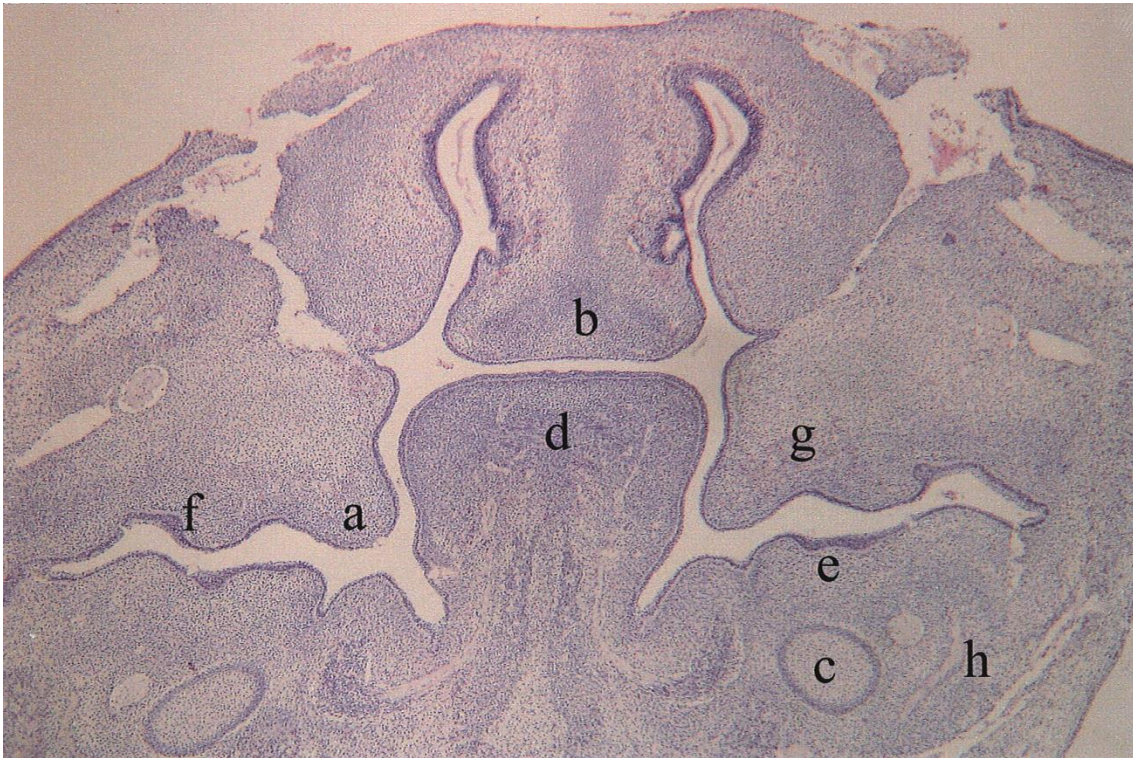
Ryc. 25

Przekrój poziomy zarodka w stadium 16 (Si 9mm, wiek 39 dni), barwienie H+E, x100.

a-jama ustna, b- zwój podżuchwowy, c- nerw językowy, d- wyrostek żuchwowy, e- wyrostek szczękowy.

## Zarodki w stadium 17 i 18 (41 i 44 dni)

W stadium 17 utworzone jest już podniebienie pierwotne i wydłużają się wyrostki szczękowe tworzące podniebienie wtórne (ryc. 26).

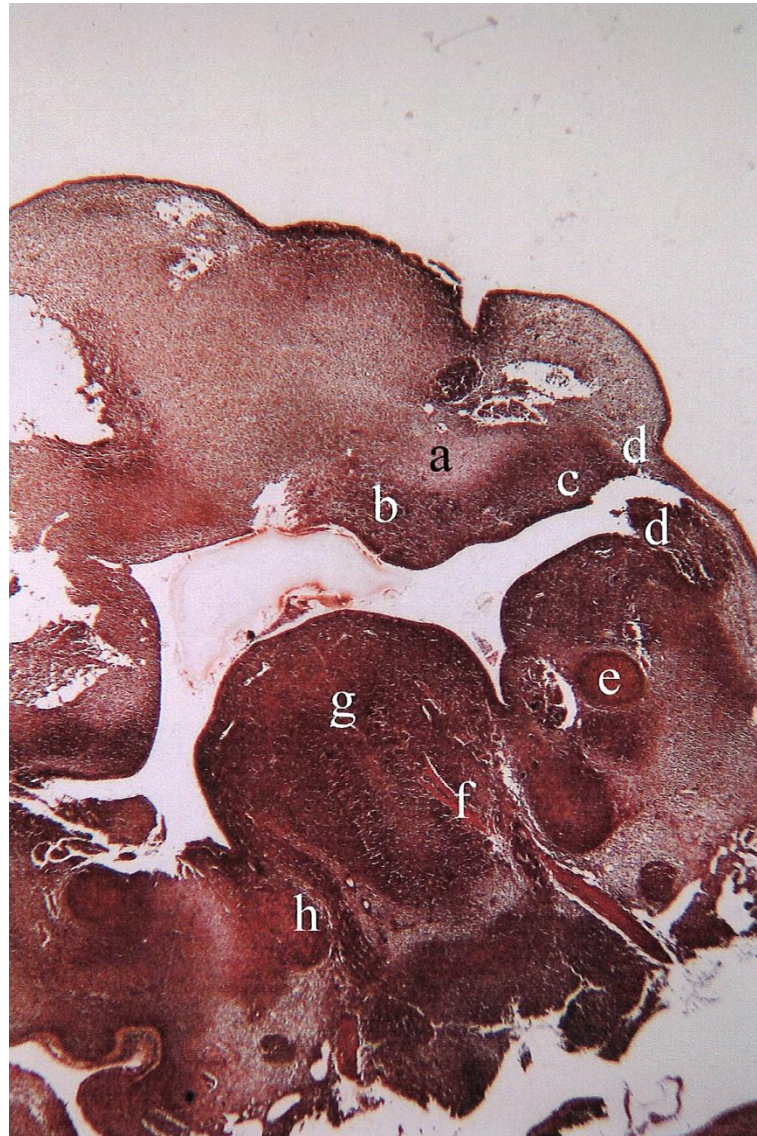


Ryc. 26

Przekrój czołowy tylnej części jamy nosowej i ustnej zarodka w stadium 18 (Si 15 mm, wiek 41 dni), barwienie H+E, x40.

a- wyrostek podniebienny szczęki, b- przegroda nosa, c- chrząstka Meckela, d- język, e- płytką zębowa żuchwy, f- pierwotna listewka zębowa szczęki, g- punkt kostnienia w trzonie szczęki, h- punkt kostnienia w trzonie żuchwy.

Rowek oddzielający język od żuchwy oddziela pierwotną listewkę zębową znajdującą się przyśrodkowo oraz leżącą bocznie listewkę przedsionkową (ryc. 27). W obrębie języka, który wypełnia prawie całą jamę ustną, widoczne są wszystkie mięśnie. Widoczne są także zawiązki młoteczka i kowadełka.



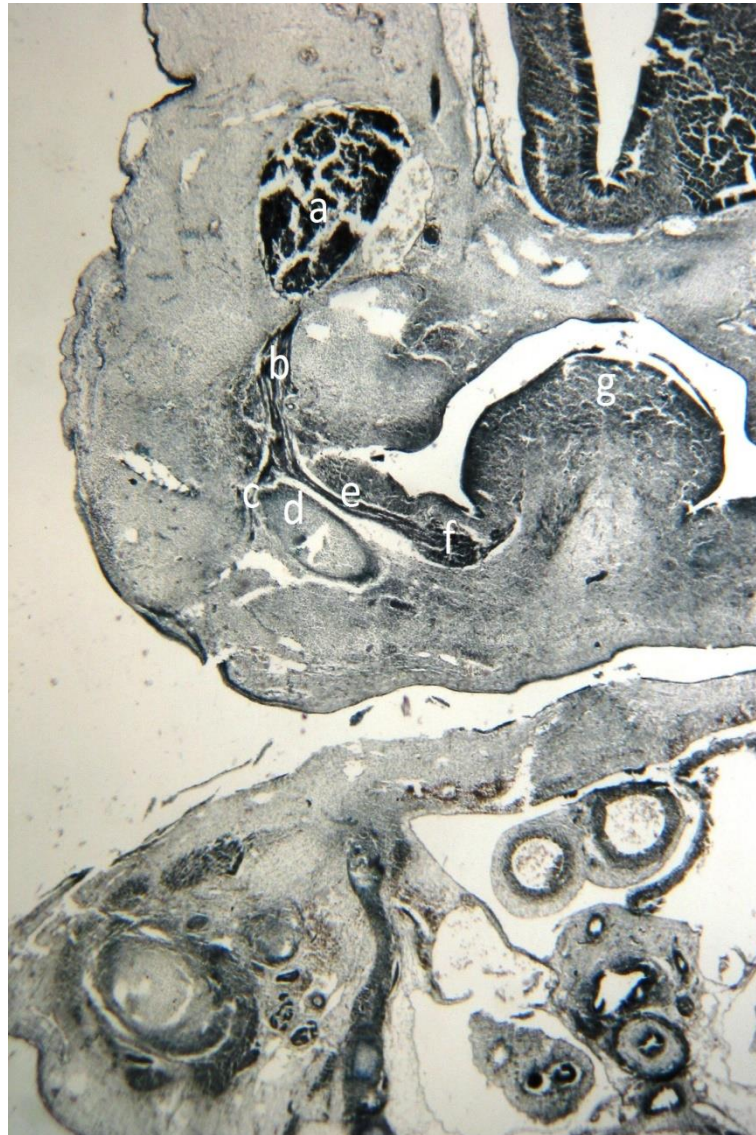
Ryc. 27

Przekrój poziomy zarodka w stadium 17 (Si 13 mm, wiek 41 dni), impregnacja azotanem srebra według Ogawy, x40.

a-związek szczęki, b- wyrostek podniebienny szczęki, c- pierwotna listewka zębowa, d- płytki przedsionkowe, e- chrząstka Meckela, f- nerw podjęzykowy, g- język, h- nerw językowy.

W stadium 17 chrząstka Meckela przyjmuje regularny, walcowaty kształt (ryc. 26, 28). W obrębie żuchwy rozwija się pierwotne ognisko kostnienia na wysokości pierwszego mlecznego trzonowca (ryc. 26). Stadium to określa się jako początek kostnienia żuchwy, które odbywa się na podłożu błoniastym. W stadium 18 chrząstka Meckela ulega zagięciu ku górze przybierając kształt

paraboliczny, a jej tylny koniec zagięty jest ku dołowi, natomiast przedni skierowany jest ku górze. Kostnieje część podstawna trzonu żuchwy.



Ryc. 28

Przekrój czołowy zarodka w stadium 18 (Si 15 mm, wiek 41 dni), impregnacja azotanem srebra według Ogawy, x40.

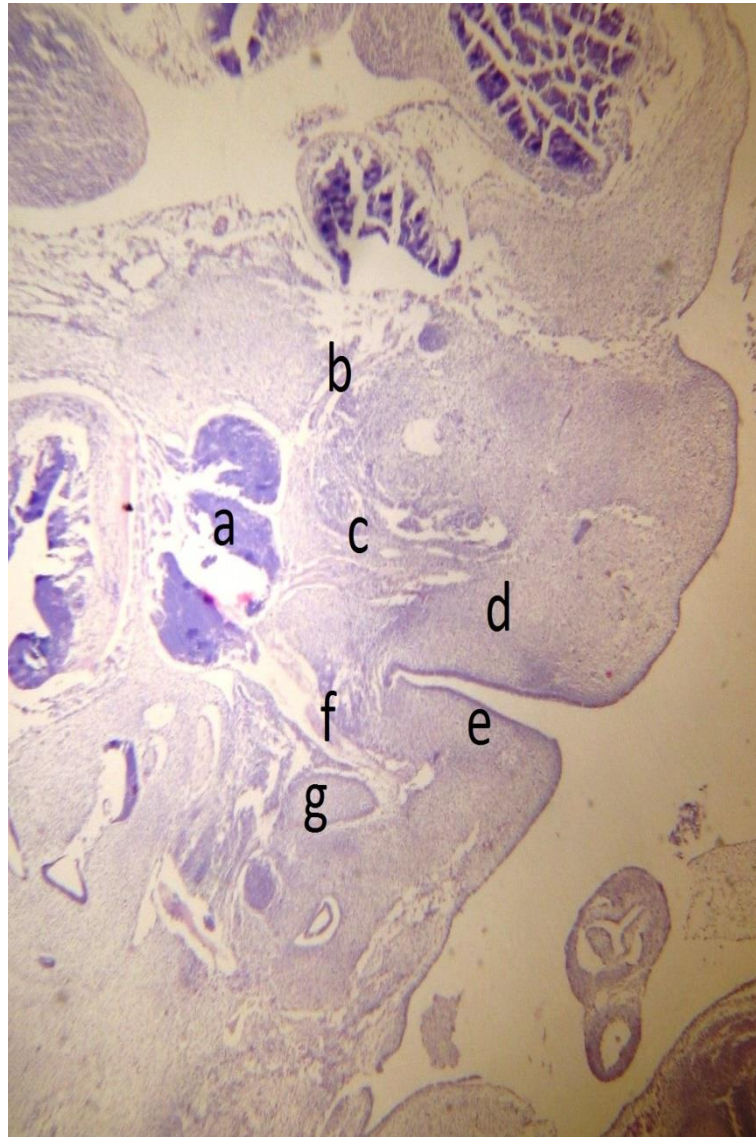
a-zwój trójdzielny, b- nerw żuchwowy, c- nerw zębodołowy dolny, d- chrząstka Meckela, e- nerw językowy, f- zwój podżuchwowy, g- język.

W opisywanych stadiach zwój trójdzielny jest największym zwojem spośród pozostałych zwojów nerwów czaszkowych. W zależności od przekroju posiada różny kształt. Na przekroju poprzecznym posiada kształt owalny, a na przekroju czołowym okrągły, natomiast na przekroju strzałkowym nieregularny, co spowodowane jest wyjściem głównych pni nerwu trójdzielnego (ryc. 29, 30).



Ryc. 29

Przekrój strzałkowy zarodka w stadium 17 (Si 13 mm, wiek 41 dni), barwienie H+E, x40. a-zwój trójdzielny, b- gałka oczna, c- nerw szczękowy, d- nerw żuchwowy, e- pień przedni nerwu żuchwowego, f- pień tylny nerwu żuchwowego, g- nerw twarzowy, h- nerw przedsionkowo- ślimakowy, i- błędnik.

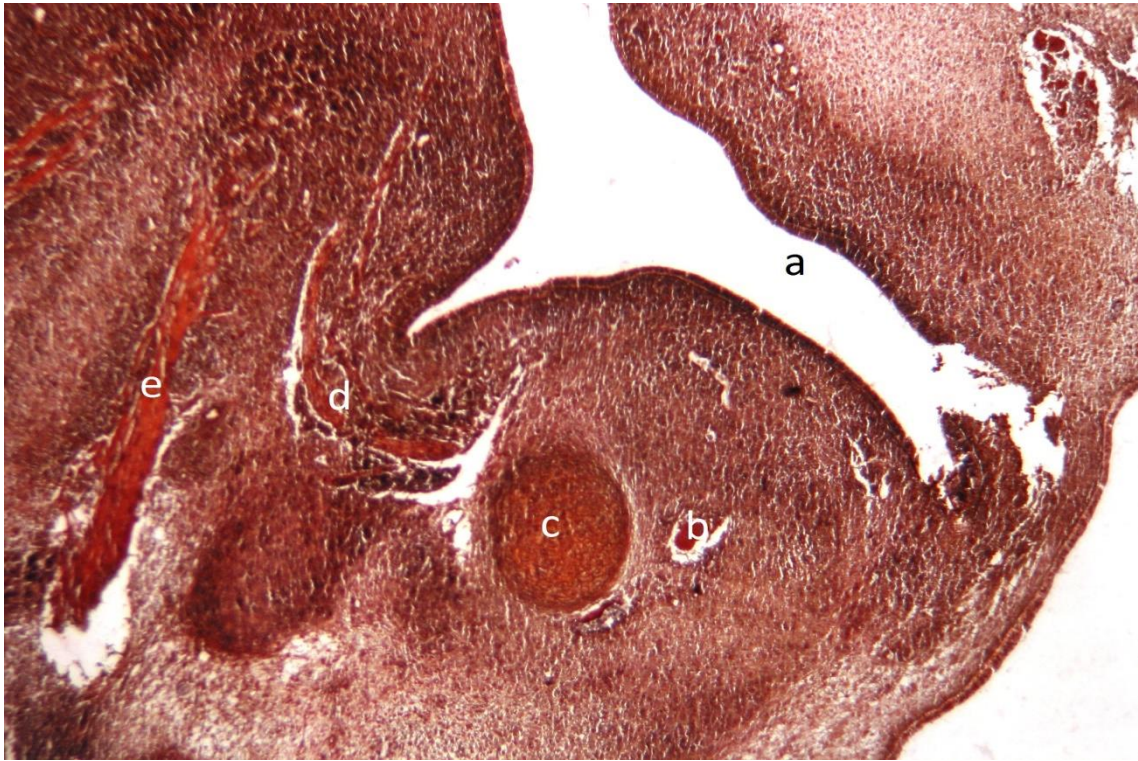


Ryc. 30

Przekrój strzałkowy zarodka w stadium 18 ( Si 15 mm, wiek 41 dni), barwienie H+E, x40.  
 a-zwój trójdzielny, b- nerw oczny, c- nerw szczękowy, d- szczęka, e- żuchwa,  
 f- nerw żuchwowy, g- chrząstka Meckela.

Wśród komórek tworzących zwój wyróżniamy duże o owalnym lub okrągłym kształcie, zawierające duże jądro oraz komórki mniejsze, rozrzucone między komórkami zwojowymi. W zwoju widoczne są również liczne naczynia krwionośne.

Nerw językowy zlokalizowany jest przyśrodkowo i nieco ku górze w stosunku do chrząstki Meckela. Nerw ten wydłuża się osiągając język bocznie w stosunku do nerwu podjęzykowego (ryc. 31).

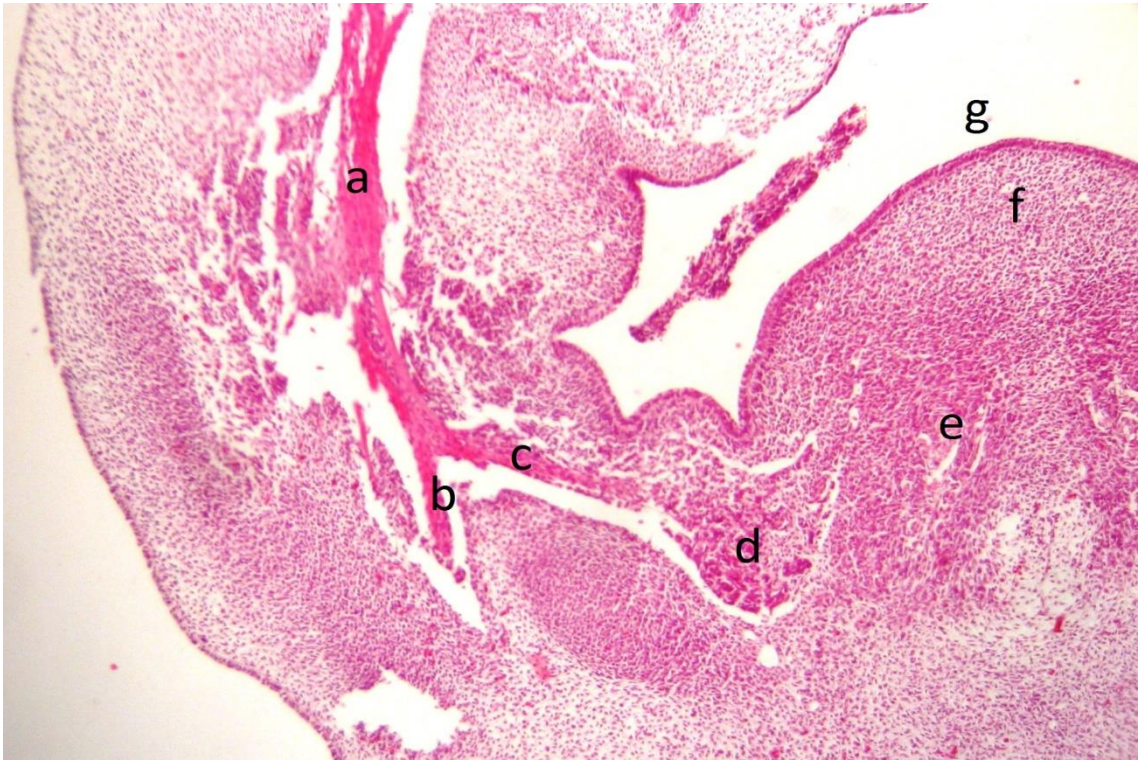


Ryc. 31

Przekrój czołowy zarodka w stadium 17 (Si 13 mm, wiek 41 dni), impregnacja azotanem srebra według Ogawy, x100.

a- jama ustna, b- nerw zębodołowy dolny, c- chrząstka Meckela, d- nerw językowy, e- nerw podjęzykowy.

Zwój podżuchwowy posiada wydłużony kształt z wyraźnie zaznaczonymi biegunami (ryc. 32). Znajduje się on na dolnym obwodzie nerwu językowego.



Ryc. 32

Przekrój czołowy zarodka w stadium 17 (Si 13 mm, wiek 41 dni), barwienie H+E, x100.

a-nerw żuchwowy, b- nerw zębodołowy dolny, c- nerw językowy, d- zwój podżuchwowy, e- nerw podjęzykowy, f- język, g- jama ustna.

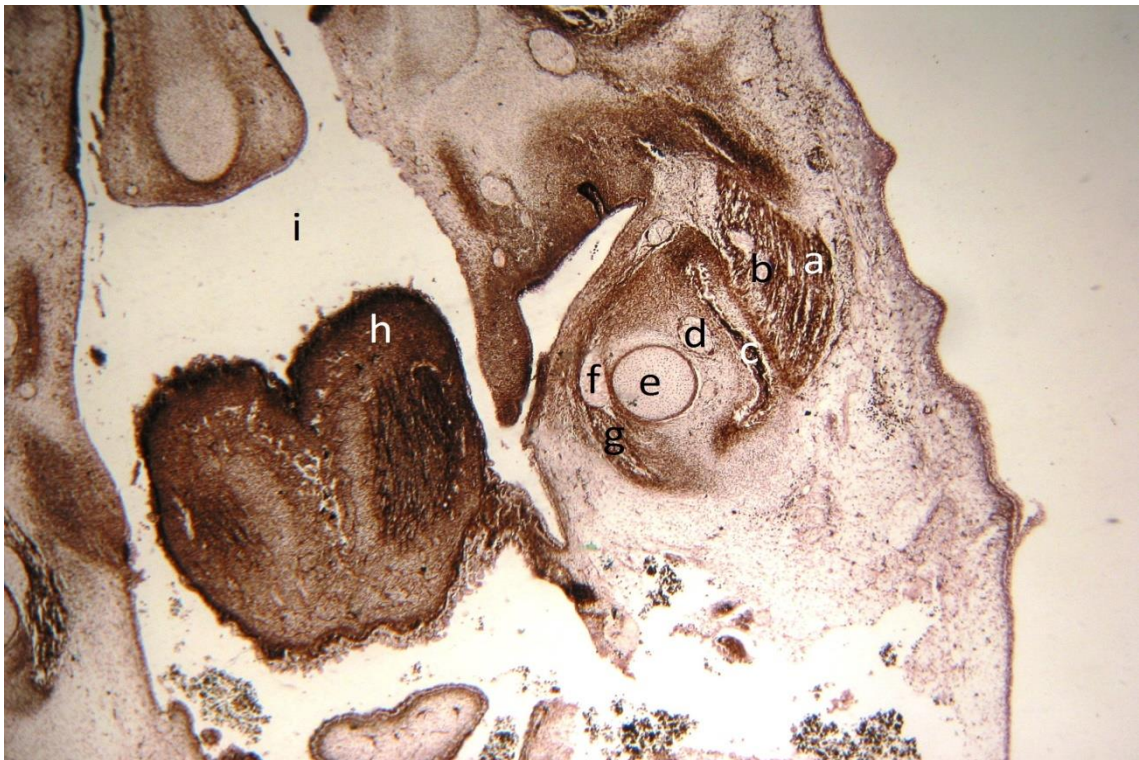
Nerw zębodołowy dolny znacznie się wydłuża i na przekroju czołowym widoczny jest boczenie, zaś na przekroju strzałkowym nieco ku dołowi w stosunku do chrząstki żuchwowej (ryc. 28, 31, 32).



## Stadium 19 i 20 (46 i 49 dni)

W stadium 19 i 20 kształt zwoju trójdzielnego przypomina kształt z poprzedniego stadium.

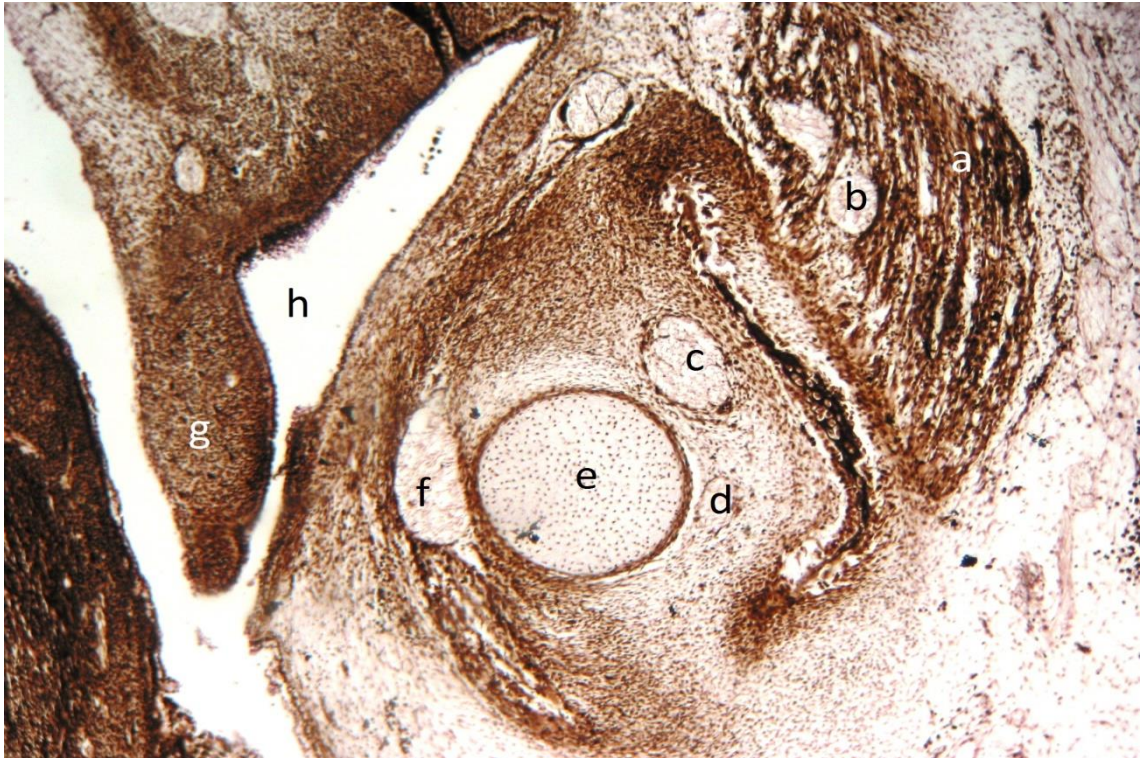
W tym stadium pojawia się związek wyrostka kłykciowego żuchwy, którego głowa będzie stanowiła główkę w stawie skroniowo-żuchwowym, a także związek chrząstki kąta żuchwy, do którego przyczepia się, na zewnętrznej powierzchni, mięsień żwacz, a na powierzchni wewnętrznej mięsień skrzydłowy przyśrodkowy (ryc. 33, 34, 35).



Ryc. 33

Przekrój poziomy zarodka w stadium 20 (Si 21mm, wiek 49 dni), impregnacja azotanem srebra według Lootsa, x40.

a-mięsień żwacz, b- nerw żwaczowy, c- ognisko kostnienia żuchwy, d-nerw zębodołowy dolny, e- chrząstka Meckela, f- nerw językowy, g- mięsień skrzydłowy przyśrodkowy, h- język, i- jama ustna.



Ryc. 34

Przekrój poziomy zarodka w stadium 20 ( Si 21mm, wiek 49 dni), impregnacja azotanem srebra według Lootsa, x100.

a-mięsień żwacz, b- nerw żwaczowy, c- zębodołowy dolny, d- nerw żuchwowo- gnykowy, e- chrząstka Meckela, f- nerw językowy, g- wyrostek podniebienny szczęki, h- jama ustna.



Ryc. 35

Przekrój czołowy zarodka w stadium 20 (Si 21 mm, wiek 49 dni), impregnacja azotanem srebra według Lootsa, x100.

a-jama ustna, b- mięsień skrzydłowy przyśrodkowy, c- nerw językowy, d- chrząstka Meckela, e- nerw zębodołowy dolny.

W obrębie wtórnej listewki zębowej w wyniku proliferacji komórek tworzą się guzkowate zgrubienia stanowiące zawiązki zębów mlecznych, określane pączkami zębowymi. Z pączków tych rozwijają się narządy szkliwotwórcze. Rozwój pączków zębowych można uważać za zawiązek części zębodołowej żuchwy (ryc. 36, 37, 38).



Ryc. 36

Przekrój czołowy zarodka w stadium 20 (Si 21 mm, wiek 49 dni), impregnacja azotanem srebra według Lootsa, x100.

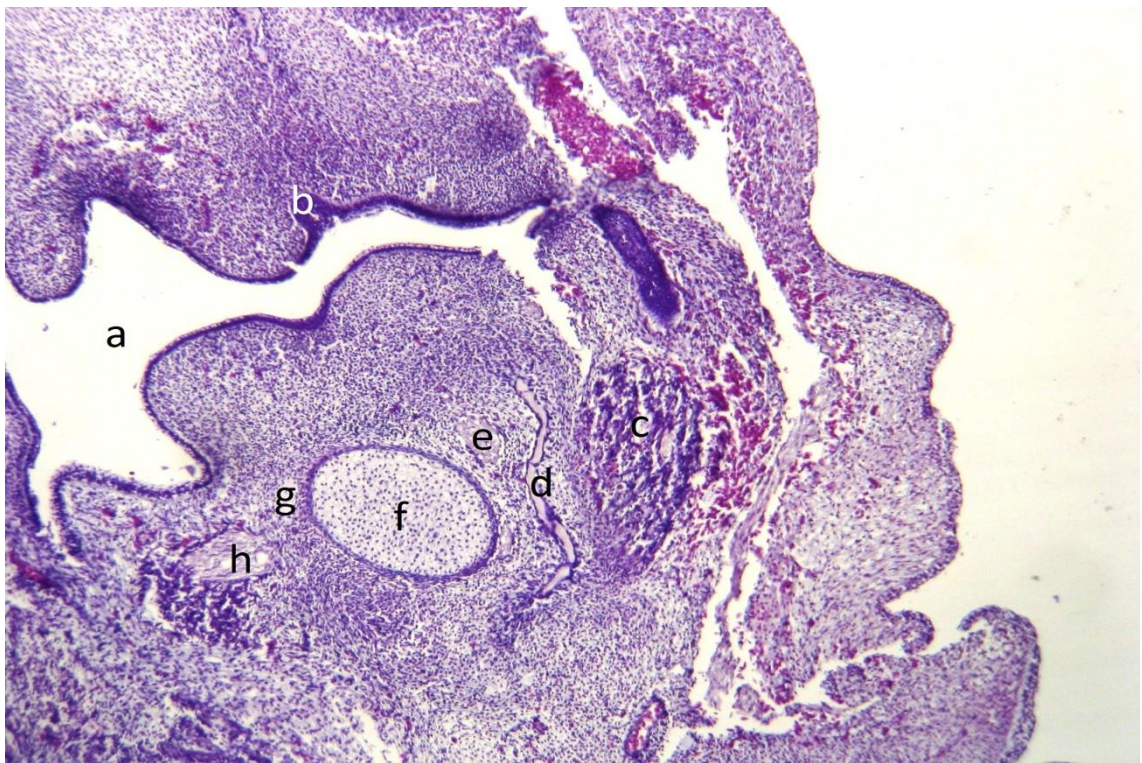
a-jama ustna, b- pączek zębowy, c- chrząstka Meckela, d- nerw zębodołowy dolny, e- gałąź zębowa dolna, f- ognisko kostnienia żuchwy.

Do mięśni żucia wnikają nerwy będące gałęziami pnia przedniego nerwu żuchwowego. Na przekroju czołowym widoczny jest mięsień żwacz, z nerwem żwaczowym (ryc. 33, 34, 37, 38). Przyśrodkowo w stosunku do niego obserwowano ognisko kostnienia żuchwy, a następnie jeszcze bardziej przyśrodkowo nerw zębodołowy dolny (ryc. 34, 37). Obserwowana w badanych stadiach chrząstka Meckela ma owalny kształt (ryc. 37, 38). Przyśrodkowo od niej przebiega nerw językowy, leżący bocznie od mięśnia skrzydłowego przyśrodkowego (ryc. 35).



Ryc. 37

Przekrój czołowy zarodka w stadium 19 (Si 17,5 mm, wiek 46 dni), barwienie H+E, x40. a-język, b- jama ustna, c- pączek zębowy, d- nerw zębodołowy dolny, e- mięsień żwacz, f- chrząstka Meckela, g- zwój podżuchwowy



Ryc. 38

Przekrój czołowy zarodka w stadium 19 (Si 17,5 mm, wiek 46 dni), barwienie H+E, x100. a-jama ustna, b- pączek zębowy, c- nerw żwaczowy, d- ognisko kostnienia żuchwy, e- nerw zębodołowy dolny, f- chrząstka Meckela, g- nerw językowy, h- zwój podżuchwowy.

Nerw zębodołowy dolny przebiega pomiędzy kostniejącym trzonem żuchwy a chrząstką Meckela. Nerw ten stanowiący przedłużenie nerwu żuchwowego, widoczny jest w wąskiej przestrzeni pomiędzy chrząstką Meckela i żuchwą. Od chrząstki oddziela go w górnym odcinku mezenchyma żuchwy. Powyższe stosunki topograficzne przemawiają za tworzącym się kanałem żuchwy (ryc. 39, 40).

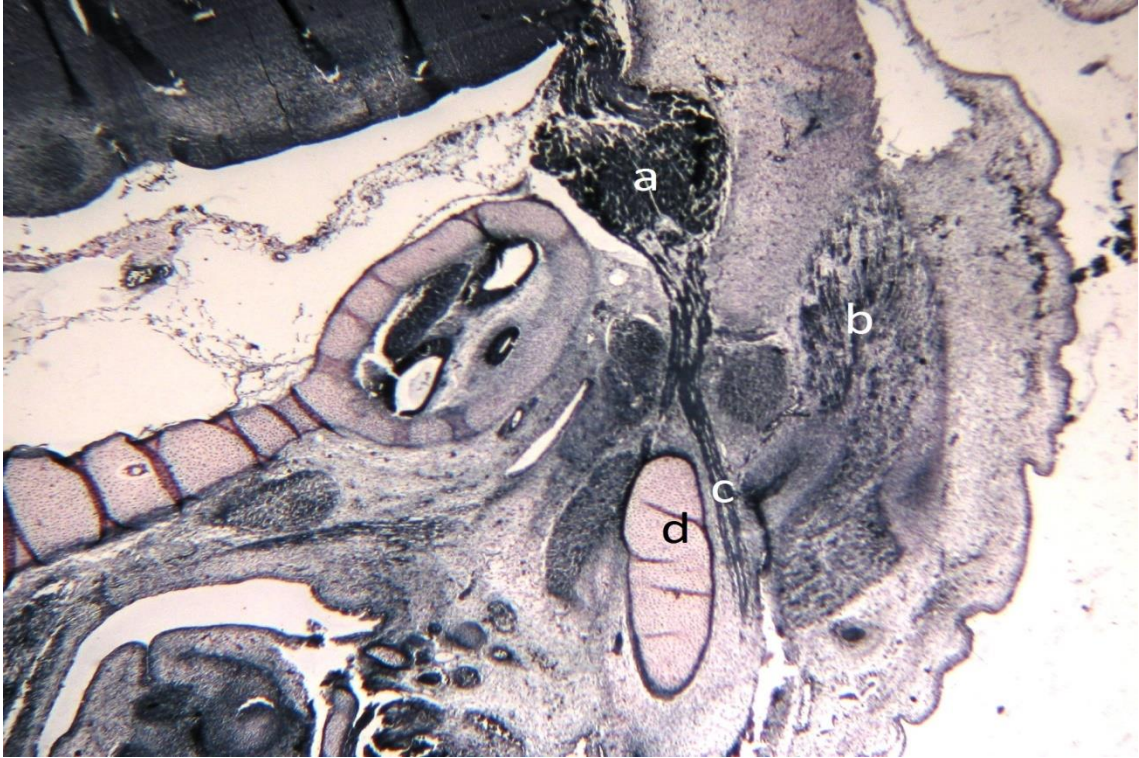
Należy podkreślić, że począwszy od 19 stadium obserwuje się rozwój gałęzi trzeciorzędowych nerwu trójdzielnego. Obserwowano nerw żuchwognykowy, oddzielający się od nerwu zębodołowego dolnego (ryc. 39).



Ryc. 39

Przekrój poziomy zarodka w stadium 19 ( Si 17mm, wiek 46 dni), barwienie fioletem krezyłu, x100.

a-nerw zuchwowy, b- nerw skrzydłowy przyśrodkowy, c- nerw językowy, d- chrząstka Meckela, e- nerw zębodołowy dolny, f- nerw zuchwowo- gnykowy.



Ryc. 40

Przekrój poziomy zarodka w stadium 19 ( Si 17,5mm, wiek 46 dni), impregnacja azotanem srebra według Lootsa, x40.

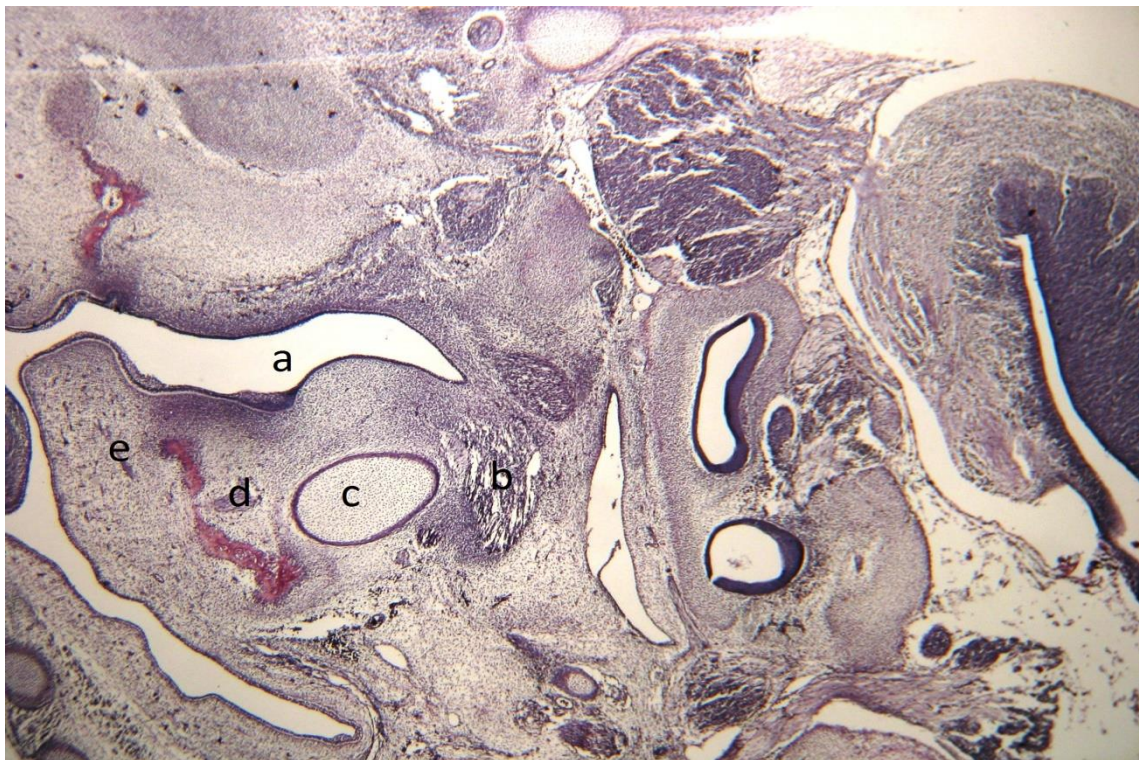
a-zwój trójdzielny, b- mięsień żwacz, c- nerw zębodołowy dolny, d- chrząstka Meckela.

Nerw żuchwowo- gnykowy zawiera włókna ruchowe do mięśnia żuchwowo- gnykowego, stanowiącego przeponę dna jamy ustnej razem z mięśniami: bródkowo- gnykowym i językowo- gnykowym.



### Stadium 21 (51 dni)

Obserwuje się rozwój wyrostka dziobiastego żuchwy stanowiącego miejsce przyczepu końcowego dla mięśnia skroniowego. W dalszym ciągu postępuje kostnienie trzonu i gałęzi żuchwy. Gałęzie drugorzędowe i trzeciorzędowe nerwu trójdzielnego ulegają wzrostowi na długość (ryc. 41, 42)

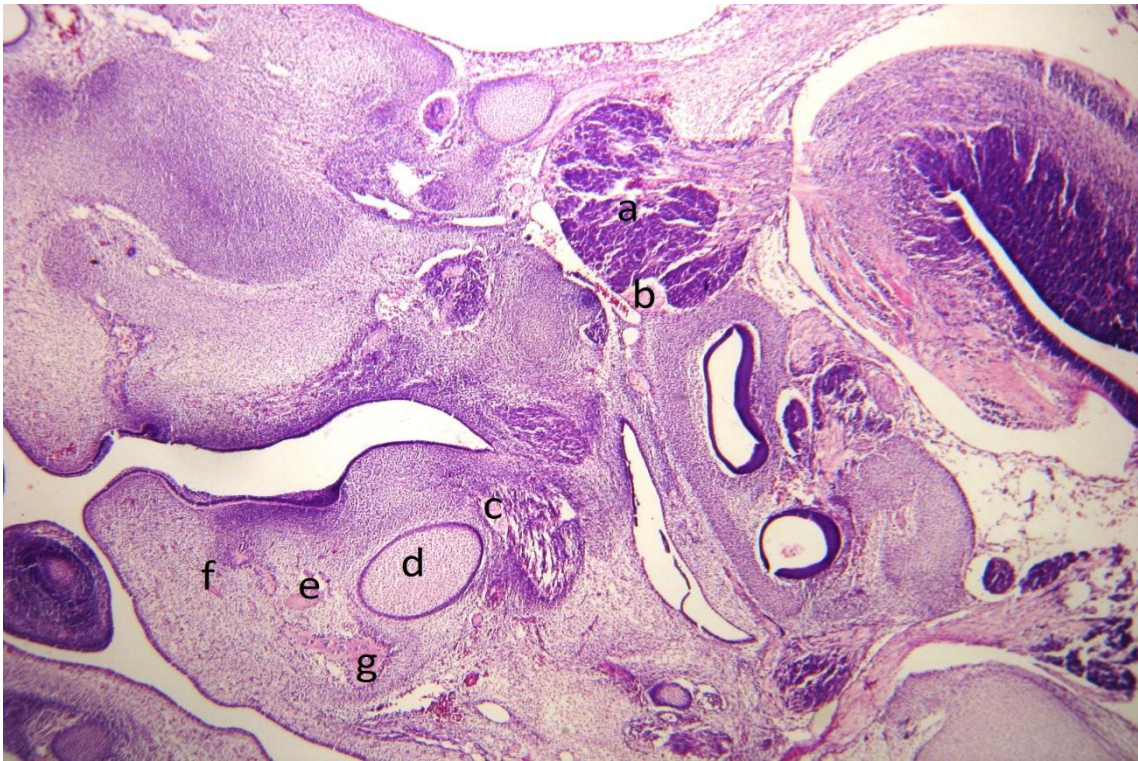


Ryc. 41

Przekrój strzałkowy zarodka w stadium 21 (Si 22,5 mm, wiek 51 dni), impregnacja azotanem srebra według Lootsa, x40.

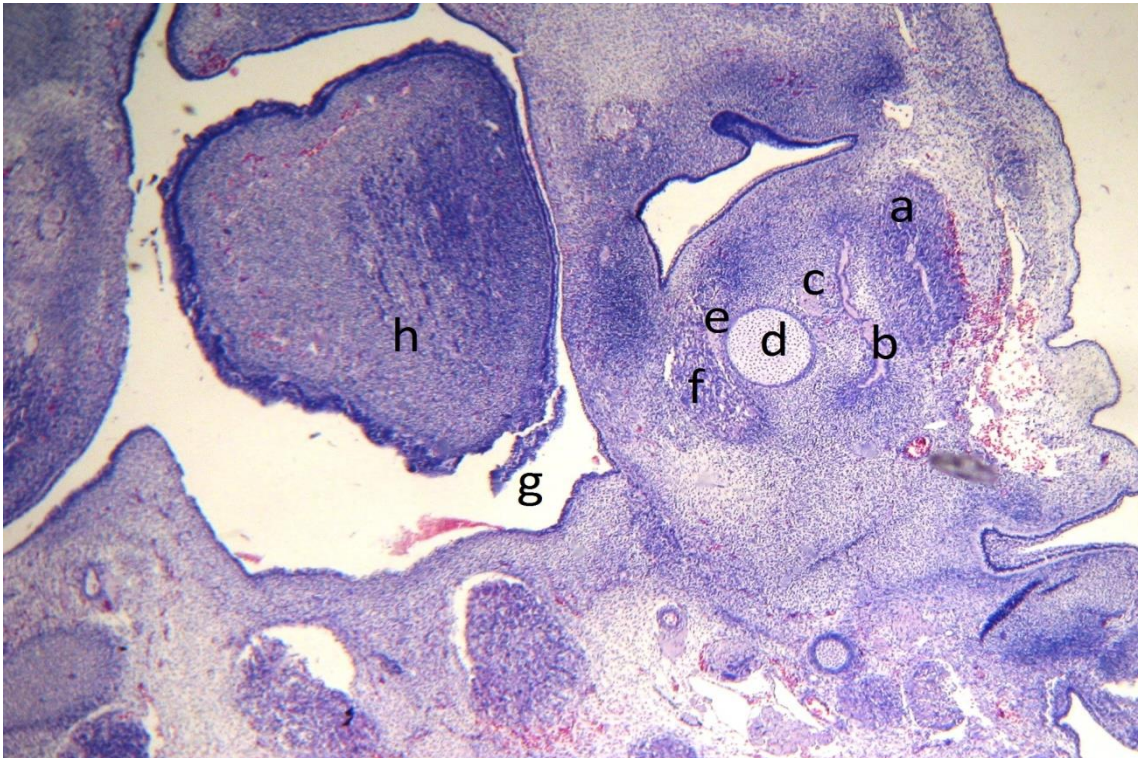
a-jama ustna, b- mięsień skrzydłowy przyśrodkowy, c- chrząstka Meckela, d- nerw zębodołowy dolny, e- nerw bródkowy.

Nerw zębodołowy dolny widoczny jest między chrząstką Meckela a żuchwą i zostaje włączony w strukturę żuchwy, co widoczne jest na przekroju czołowym zarodka. Ognisko kostnienia zlokalizowane jest bocznie w stosunku do chrząstki Meckela (ryc. 42, 43, 44).



Ryc. 42

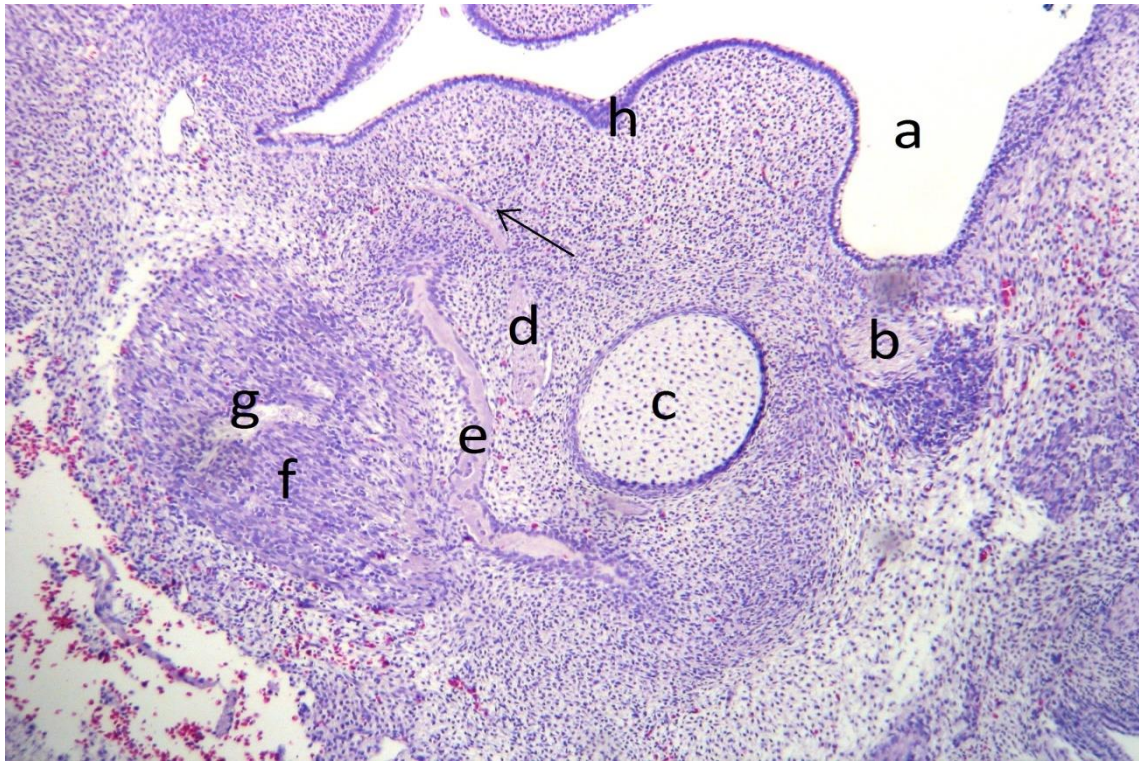
Przekrój strzałkowy zarodka w stadium 21 (Si 22,5mm, wiek 51 dni), barwienie H+E, x40. a-zwój trójdzielny, b- nerw żuchwowy, c- nerw językowy, d- chrząstka Meckela, e- nerw zębodołowy dolny, f- nerw bródkowy, g- ognisko kostnienia żuchwy.



Ryc. 43

Przekrój czołowy zarodka w stadium 21 (Si 22,5mm, wiek 51 dni), barwienie H+E, x40.  
 a-mięsień żwacz, b- ognisko kostnienia żuchwy, c- nerw zębodołowy dolny, d- chrząstka Meckela, e- nerw językowy, f- mięsień skrzydłowy boczny, g- jama ustna, h- język.

Końcową gałęzią nerwu zębodołowego dolnego jest nerw bródkowy. Nerw ten widoczny jest ku przodowi od ogniska kostnienia żuchwy (ryc. 41, 42). Bierze on udział w unerwieniu błony śluzowej przedsionka jamy ustnej.



Ryc. 44

Przekrój czołowy zarodka w stadium 21 (Si 22,5mm, wiek 51 dni), barwienie H+E, x100. a-jama ustna, b- nerw językowy, c- chrząstka Meckela, d- nerw zębodołowy dolny, e-ognisko kostnienia żuchwy, f- mięsień żwacz, g- nerw żwaczowy, h- pączek zębowy; strzałka wskazuje gałąź nerwu zębodołowego dolnego do pączka zębowego.

W opisywanym stadium obserwuje się gałązki odchodzące od nerwu zębodołowego dolnego i zdążające w kierunku pączków zębowych (ryc. 44).

## Stadium 22 i 23 (53 i 56 dni)

W ostatnich dwóch stadiach rozwoju zarodkowego w dalszym ciągu postępuje kostnienie żuchwy od trzonu, wzdłuż jej gałęzi aż do wyrostków. Następuje wzrost chrząstki Meckela na długość. Obydwie chrząstki w okolicy bródkowej są w bliskim kontakcie, lecz nie obserwuje się ich połączenia. W tej okolicy widoczne jest kostnienie okołochrząstne żuchwy (ryc. 45, 46).



Ryc. 45

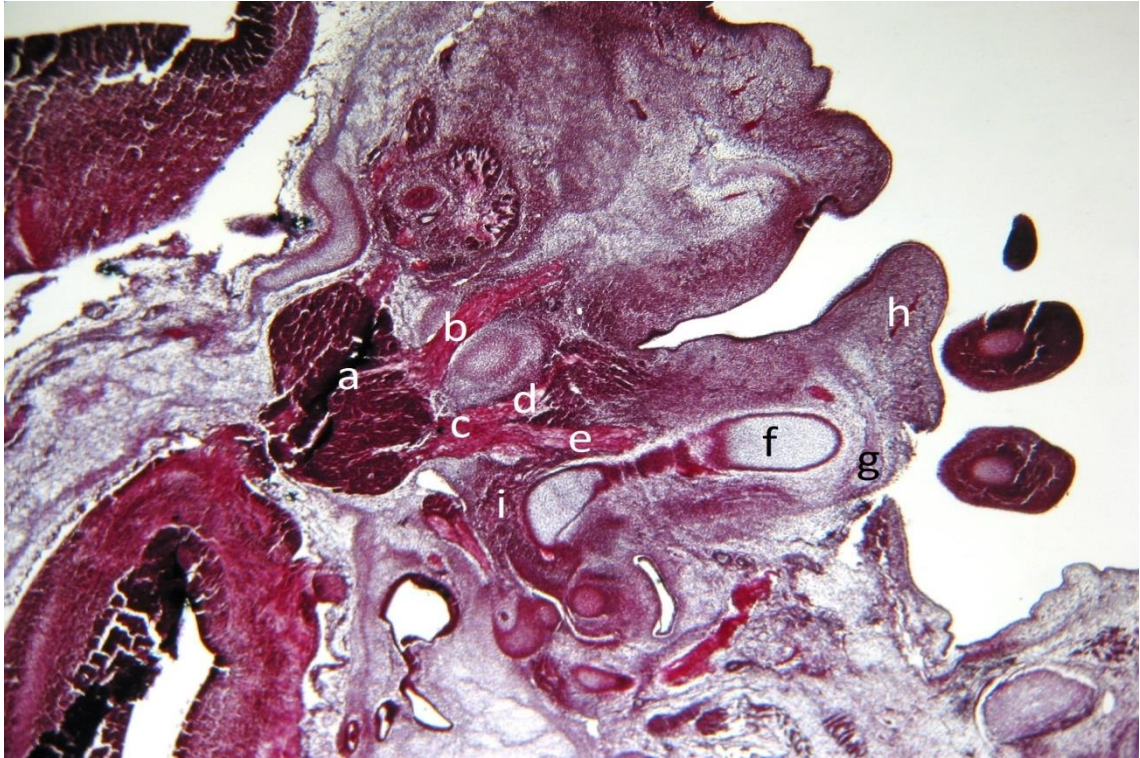
Przekrój poziomy zarodka w stadium 23 (Si 28,5 mm, wiek 56 dni), barwienie H+E, x100. a-chrząstka Meckela, b- ognisko kostnienia żuchwy.



Ryc. 46

Przekrój poprzeczny zarodka w stadium 23 (Si 28,5 mm, wiek 56 dni), impregnacja azotanem srebra według Holmesa, x40.

a-ognisko kostnienia żuchwy, b- nerw zębodołowy dolny, c- chrząstka Meckela.



Ryc. 47

Przekrój strzałkowy zarodka w stadium 22 (Si 26,5 mm, wiek 53 dni), impregnacja białczanem srebra według Bodiana, x40.

a-zwój trójdzielny, b- nerw szczękowy, c- nerw żuchwowy, d- pień przedni nerwu żuchwowego, e- pień tylny nerwu żuchwowego, f- chrząstka Meckela, g- ognisko kostnienia żuchwy, h- nerw bródkowy, i- zawiązek krążka stawowego.

Powyżej górnego końca chrząstki Meckela obserwuje się zawiązek krążka stawowego stawu skroniowo- żuchwowego (ryc. 47).



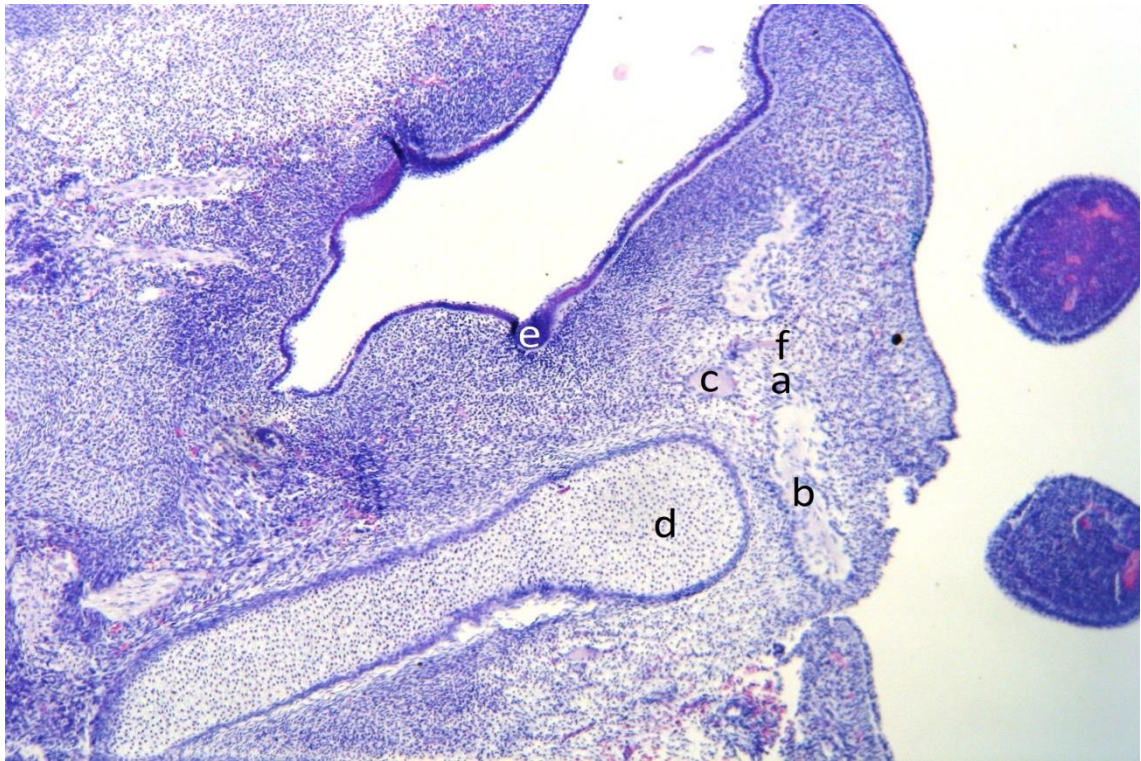
Ryc. 48

Przekrój strzałkowy zarodka w stadium 22 (Si 26,5 mm, wiek 53 dni), impregnacja białczanem srebra według Bodiana, x100.

a-nerw bródkowy, b- ognisko kostnienia żuchwy, c- nerw zębodołowy dolny, d- chrząstka Meckela.

Nerw zębodołowy dolny przebiega w kanale żuchwy. W kanale tym oddaje nerw bródkowy i przysieczny. Nerw bródkowy wychodzi przez otwór bródkowy, natomiast nerw przysieczny biegnie ku linii pośrodkowej do tworzących się pączków zębowych zębów mlecznych zarodka (ryc. 48, 49, 50).

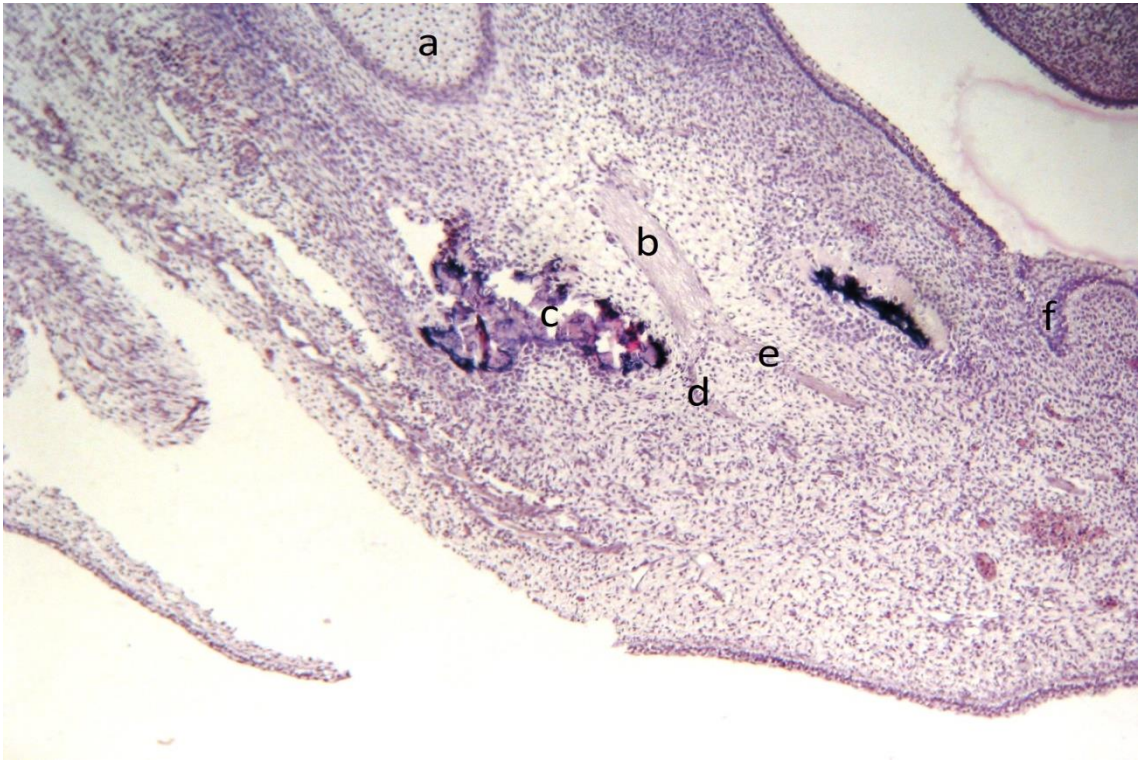




Ryc. 49

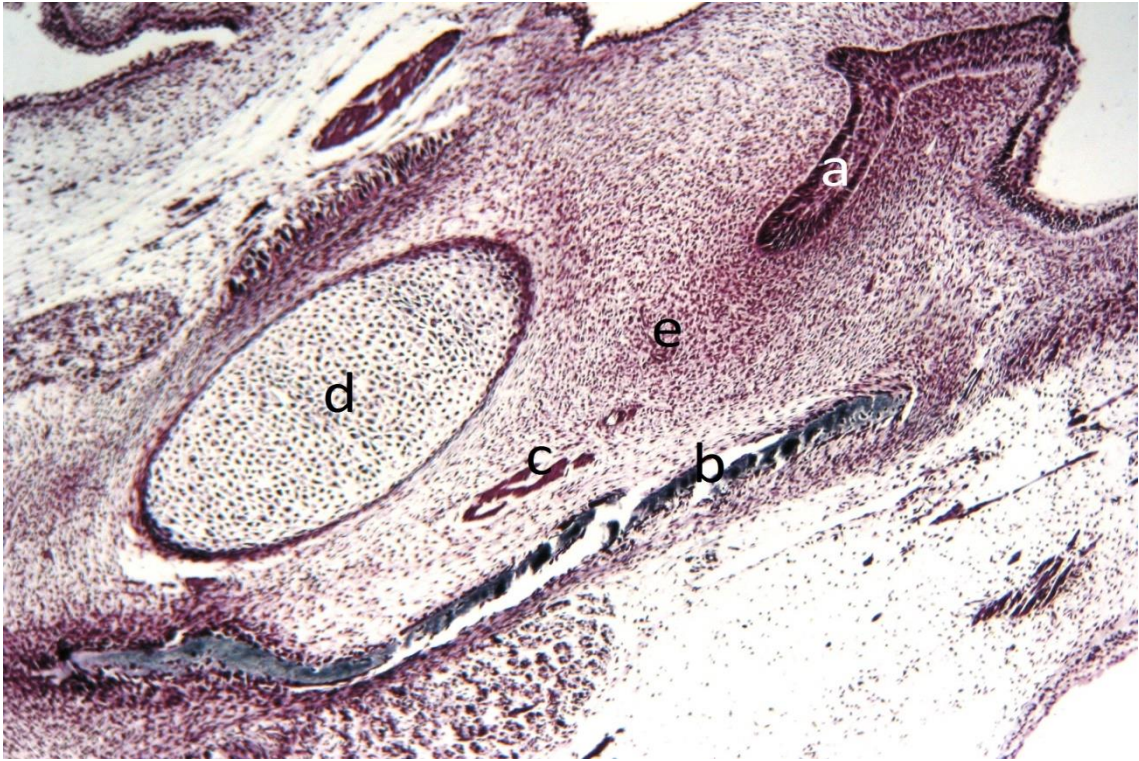
Przekrój strzałkowy zarodka w stadium 22 (Si 26,5 mm, wiek 53 dni), barwienie H+E, x40  
 a-otwór bródkowy, b- ognisko kostnienia żuchwy, c- nerw zębodołowy dolny, d- chrząstka Meckela, e- pączek zębowy, f- nerw bródkowy.

U dorosłych gałązki nerwu przysiecznego zespalają się z gałązkami nerwu strony przeciwnej, co dowodzi iż unerwienie siekaczy w żuchwie pochodzi z dwóch źródeł. W badanym stadium stwierdzono, że nerwy zębowe dolne wzrastają w kierunku zawiązków zębów i utworzą one w dalszym etapie splot zębony dolny. (ryc. 49, 50, 51, 52, 53).



Ryc. 50

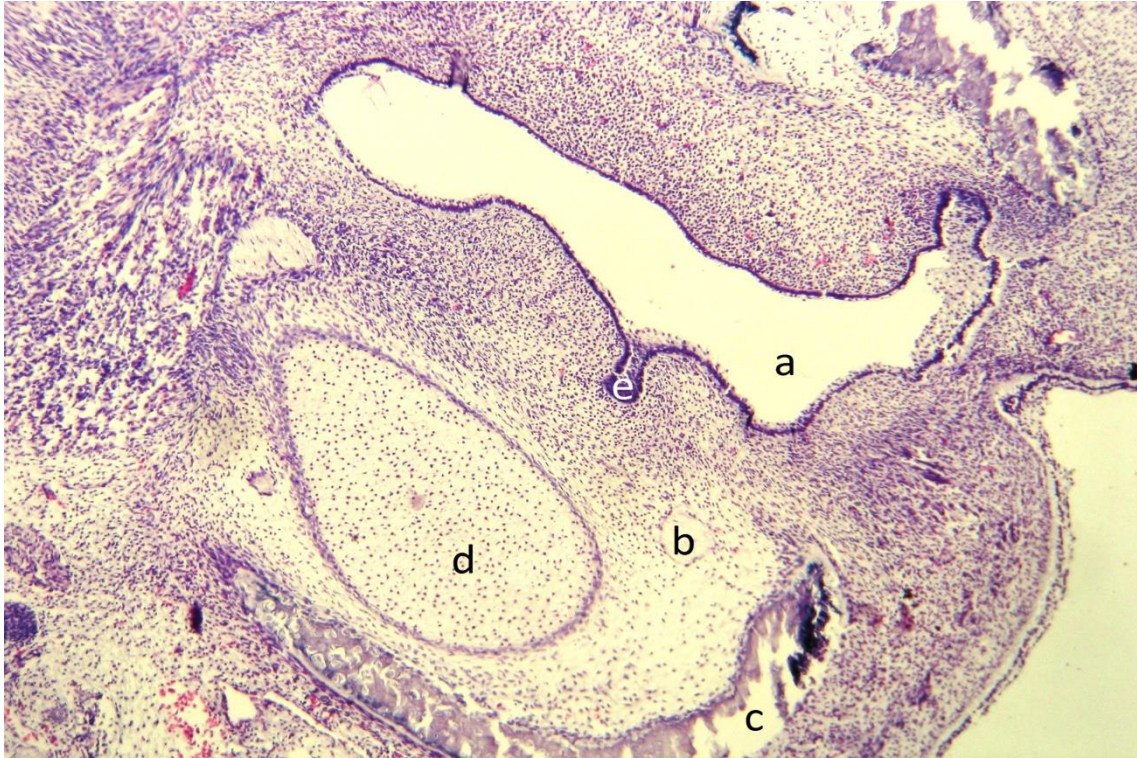
Przekrój poziomy zarodka w stadium 22 (Si 26,5 mm, wiek 53 dni), barwienie H+E, x100. a- chrząstka Meckela, b- nerw zębodołowy dolny, c- ognisko kostnienia żuchwy, d- nerw bródkowy, e- nerw przysieczny, f- pączek zębowy.



Ryc. 51

Przekrój czołowy zarodka w stadium 22 (Si 26 mm, wiek 53 dni), impregnacja azotanem srebra według Lootsa, x100.

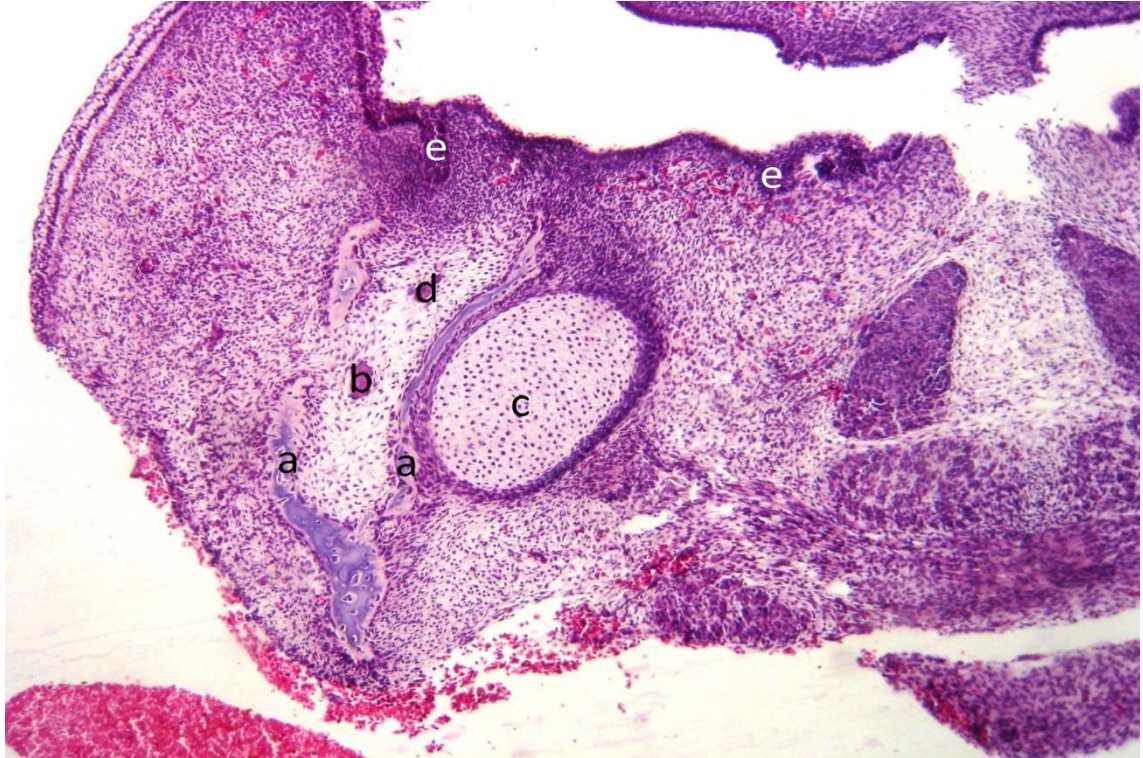
a-pączek zębowy, b- ognisko kostnienia żuchwy, c- nerw zębodołowy dolny, d- chrząstka Meckela, e- nerw zębowy dolny.



Ryc. 52

Przekrój strzałkowy zarodka w stadium 23 (Si 28,5 mm, wiek 56 dni), barwienie H+E, x100. a-jama ustna, b- nerw zębodołowy dolny, c- ognisko kostnienia żuchwy, d- chrząstka Meckela, e- pączek zębowy.

Nerw zębodołowy dolny w przekroju czołowym objęty jest z obu stron przez trzon kostniejącej żuchwy, która układa się w kształt litery V i której ramiona są rozwarte ku górze. Ramię przyśrodkowe znajduje się bocznie w stosunku do chrząstki Meckela, a od góry znajdują się pączki zębowe zębów mlecznych (ryc. 51, 52, 53, 54, 55).



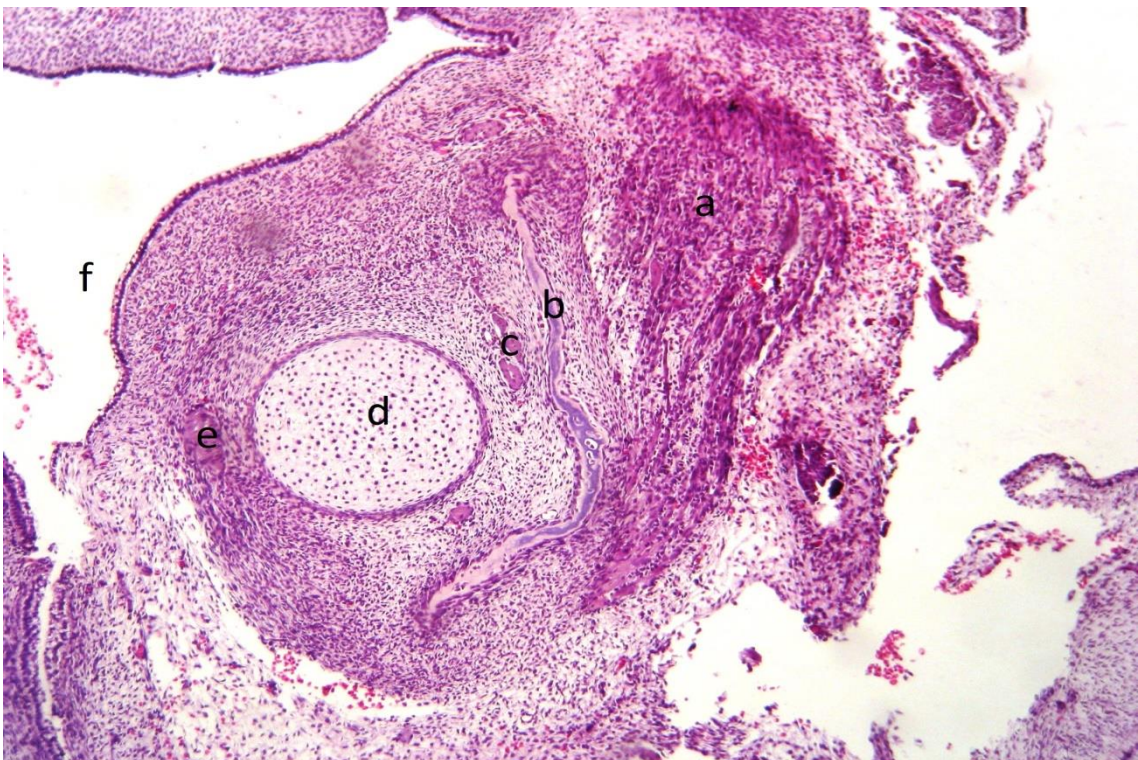
Ryc. 53

Przekrój czołowy zarodka w stadium 23 (Si 28,5mm, wiek 56 dni), barwienie H+E, x100.  
a-ognisko kostnienia żuchwy, b- nerw zębodołowy dolny, c- chrząstka Meckela,  
d- nerw zębowy dolny, e- pączek zębowy.



Ryc. 54

Przekrój czołowy zarodka w stadium 22 (Si 26 mm, wiek 53 dni), barwienie H+E, x100.  
 a-mięsień żwacz, b- ognisko kostnienia żuchwy, c- nerw zębodołowy dolny, d- chrząstka Meckela, e- zwój podżuchwowy, f- nerw językowy, g- jama ustna.



Ryc. 55

Przekrój czołowy zarodka w stadium 23 (Si 28,5 mm, wiek 56 dni), barwienie H+E, x100.  
 a-mięsień żwacz, b- ognisko kostnienia żuchwy, c- nerw zębodołowy dolny, d- chrząstka Meckela, e- nerw językowy, f- jama ustna.

## V Dyskusja

Rozwój części twarzowej głowy jest skomplikowanym procesem morfogenetycznym, w którym komórki grzebienia nerwowego generują struktury układu nerwowego obwodowego, części układu szkieletowego i tkankę łączną.

Istotną rolę w rozwoju części twarzowej oraz znajdujących się w niej narządach odgrywają łuki gardłowe pojawiające się pod koniec 4. tygodnia (65, 89), szczególnie 1. łuk gardłowy w obrębie którego powstaje chrząstka Meckela stanowiąca podłoże dla rozwoju żuchwy i związanego z nią nerwu zębodołowego dolnego (28, 43, 46, 53, 89).

W rozwoju struktur stanowiących narząd żucia istotną rolę odgrywa transformacja nabłonkowo- mezenchymatyczna, w której uczestniczą czynniki wzrostu i produkty białkowe innych genów. Do czynników tych należą głównie: nabłonkowy czynnik wzrostu (FGF) oraz białko morfogenetyczne kości (BMP), a także łącznotkankowy czynnik wzrostu (CTGF). Transformacja nabłonkowo- mezenchymatyczna oraz modulujące czynniki indukcyjne nerwowe, do których należą neuropeptydy (substancja P, neuropepty Y, CGRP, somatostatyna) dowodzą wzajemnej zależności w morfogenezie narządu żucia (12, 46, 48, 49, 70).

Do części szkieletu rozwijających się z 1. łuku gardłowego należą: szczęka, kość jarzmowa, łuska kości skroniowej, żuchwa, młoteczek, kowadełko, więzadło klinowo- żuchwowe i więzadło przednie młoteczka. Z mezenchymy tego łuku rozwijają się mięśnie żucia, mięsień żuchwowo- gnykowy, brzusiec przedni mięśnia dwubrzuscowego oraz mięsień napinający błonę bębenkową i podniebienie miękkie. Nerwem 1. łuku gardłowego jest nerw trójdzielny.

Rozbieżności w piśmiennictwie związanym z rozwojem narządu żucia dotyczą:

- 1) okresu pojawiania się chrząstki Meckela,
- 2) udziału chrząstki w kostnieniu żuchwy,
- 3) relacji mięśni działających na staw skroniowo- żuchwowy do chrząstki Meckela,
- 4) rozwoju pierwotnego ogniska kostnienia żuchwy,
- 5) początku rozwoju zawiązków zębów.

Orliaguet i wsp. (58, 59, 60) oraz Lee i wsp. (43) podają, iż zawiązek chrząstki Meckela pojawia się w 16 stadium, co odpowiada 39. dniu rozwoju zarodkowego. Durst- Zivkovic i Davila (19) oraz Radlański i wsp. (67) opisali zawiązek chrząstki u zarodków pomiędzy 6. i 7. tygodniem. W wykonanych badaniach własnych, podobnie jak Lorentowicz- Zagalak i wsp. (46) oraz Wyganowskiej (89), zawiązek chrząstki Meckela wykazano u zarodków w 13. stadium rozwoju (32 dni), a więc znacznie wcześniej od obserwacji innych autorów. Zawiązki chrząstki Meckela obecne są w przedniej części wyniosłości żuchwowej. W stadium 15 (36 dni) chrząstka wydłuża się i przebiega od splotu bródkowego, wzdłuż tworzącego się trzonu żuchwy do pęcherzyka usznego.

Orliagnet i wsp. (58, 59, 60) negują wpływ chrząstki Meckela na proces kostnienia żuchwy wyjaśniając to wczesnym zanikiem chrząstki przed ukończeniem kostnienia żuchwy. Lee i wsp. (43) wykazali, iż początek kostnienia żuchwy jest w ścisłym związku z chrząstką, co dowodzi ważnej roli chrząstki w kostnieniu żuchwy.

Rozbieżności w procesie kostnienia dotyczą początku kostnienia oraz lokalizacji pierwotnego ogniska kostnienia. Goret- Nicase i wsp. (27, 28) początek kostnienia obserwowali w 6. tygodniu, natomiast Lee i wsp. (43) w



połowie 6. tygodnia rozwoju. Z tego ogniska rozpoczyna się kostnienie trzonu żuchwy i wyrostka dziobiastego. Lokalizacja ogniska jest w miejscu przyszłego otworu bródkowego.

W badaniach własnych pierwotne ognisko kostnienia obserwowano w stadium 17 (41 dni). Ognisko to położone jest bocznie od chrząstki Meckela, w pobliżu nerwu zębodołowego dolnego.

W okresie zarodkowym do chrząstki Meckela przyczepiają się mięśnie żucia oraz mięśnie dna jamy ustnej. Ich przemieszczenie z chrząstki na żuchwę podawane jest w różnych okresach rozwoju wewnątrzmacicznego.

Doskocil (18) oraz Lee i wsp. (43) przemieszczenie przyczepów tych mięśni obserwowali w początkowym okresie płodowym (10- 12 tydzień). Wyganowska (89) przemieszczenie przyczepów mięśni żucia obserwowała na przełomie okresu zarodkowego (9. tydzień), natomiast mięśnie dna jamy ustnej w 10. tygodniu. Przemieszczenie mięśni żucia w badaniach własnych wykazano pod koniec 7. tygodnia. Najwcześniej przemieszczenie to dotyczy mięśnia żwacza i mięśnia skrzydłowego przyśrodkowego.

Istotnym wydarzeniem w rozwoju żuchwy jest wtórna listewka zębowa stanowiąca zawiązek części zębodołowej żuchwy. Listewkę tę obserwowano w stadium 17 (41 dni).

Pod koniec okresu zarodkowego Goret- Nicaise i Pilet (28) opisali połączenie przednich końców obu chrząstek Meckela . Podobne obserwacje przedstawił Bhaskar (4) u szczurów, a także Maronneaud (50) u ludzi. W badaniach własnych nie obserwowano żadnego kontaktu w obrębie obu chrząstek w okolicy bródkowej żuchwy, co jest zgodne z badaniami Orliaguet i wsp. (58, 59,60).

Nerw żuchwowy jest nerwem mieszanym i najsilniejszą gałęzią nerwu trójdzielnego. Opuszcza on dół środkowy czaszki przez otwór owalny i wchodzi

do dołu podskroniowego, gdzie dzieli się na dwa pnie: przedni i tylny. W pniu przednim znajdują się głównie włókna ruchowe dochodzące do mięśni żucia. Pień tylny tworzą głównie włókna czuciowe zaopatrujące język, częściowo małżowinę uszną, skórę i błonę śluzową policzka poniżej kąta ust.

Nerw zębodołowy dolny jest największą gałęzią pnia tylnego nerwu żuchwowego i stanowi jego przedłużenie. Posiada on głównie włókna czuciowe. Zawiera także włókna ruchowe, dlatego określany jest jako nerw mieszany (63). Przed wejściem do otworu żuchwy oddaje nerw żuchwowo- gnykowy, który unerwia jednoimienny mięsień. Istnieją dowody, iż nerw żuchwowo- gnykowy posiada także włókna czuciowe, którymi zaopatruje dziąsło i wyrostek zębodołowy po językowej stronie żuchwy, a także okolicę dolnych siekaczy (31, 37, 68, 69).

Nerw zębodołowy dolny wchodzi przez otwór żuchwy powyżej i nieco ku przodowi w stosunku do tętnicy zębodołowej dolnej, do swojego kanału. Biegnie w nim oddając gałęzie zębowe dolne do zębów żuchwy, a następnie dzieli się w okolicy otworu bródkowego na nerw bródkowy wychodzący przez ten otwór oraz nerw przysieczny biegnący dalej w trzonie żuchwy. Nerwy te w okolicy linii pośrodkowej zespalają się z nerwami strony przeciwnej, dlatego zęby sieczne w żuchwie posiadają podwójne unerwienie. Może być to przyczyną niepowodzeń podczas znieczuleń przewodowych do otworu żuchwy (29, 40, 44, 52, 62, 66, 72).

Olivier (57) opisał dokładną topografię nerwu zębodołowego dolnego u dorosłych na materiale 50 żuchw. Wyróżnił on dwa typy w przebiegu nerwu zębodołowego dolnego. W typie 1. występującym w 66% przypadków pojedynczy pień nerwu zębodołowego dolnego dopiero w otworze bródkowym dzieli się na dwie końcowe gałęzie.

W typie 2., który występował u 34% badanych żuchw, nerw zębodołowy dolny już w początkowym odcinku kanału żuchwy dzielił się na dwie gałęzie. Duża gałąź bródkowa przebiegała w kanale do otworu bródkowego, nie oddając gałęzi i jako nerw bródkowy opuszczała kanał żuchwy. Mniejsza gałąź nerwu zębodołowego dolnego oddawała nerwy zębowe dolne w kanale żuchwy. Carter i Keen (10) wyróżnili w przebiegu nerwu zębodołowego dolnego typ pośredni, w którym pojedynczy pień nerwu zębodołowego dolnego w dnie kanału żuchwy oddaje dłuższe, przebiegające skośnie nerwy zębowe. Dokładny przebieg gałęzi nerwu zębodołowego dolnego u dorosłych opisali Herlin i wsp. (29), oraz Zoud i Doran (91) przedstawiając rozgałęzienia nerwu w postaci splotu w ścisłym powiązaniu z gałęziami tętnicy zębodołowej dolnej.

Etapy rozwoju nerwu trójdzielnego i różnicowania jego pierwszorzędowych i drugorzędowych gałęzi opisane w przedstawionych badaniach są zgodne z obserwacjami Bruskiej (8) oraz Bruskiej i Woźniaka (7, 9).

W obecnych badaniach wykazano, że rozwój nerwu trójdzielnego odbywa się wcześniej w okresie zarodkowym. Obserwowano, iż w 13 stadium zwoj trójdzielny, znajdujący się na poziomie 2. rombomeru, w przekroju strzałkowym ma kształt wrzecionowaty i można w nim wyróżnić część oczną i szczękowo-żuchwową. W kolejnym 14 stadium z odpowiednich części zwoju wychodzą pierwszorzędowe gałęzie wnikające do wyniosłości czołowo-nosowej oraz do wyrostka szczękowego i żuchwowego pierwszego łuku gardłowego.

W stadium 15 pierwszorzędowe gałęzie nerwu trójdzielnego wydłużają się, nerw żuchwowy przyjmuje postać nieregularnej płyty, w której można wyróżnić dwa pnie: przedni i tylny. Z powyższych pni wychodzą gałęzie drugorzędowe. Widoczny jest już nerw językowy i zębodołowy dolny.

W 16, 17 oraz 18 stadium gałęzie wtórne nerwu żuchwowego wydłużają się. Nerw językowy osiąga język bocznie w stosunku do nerwu podjęzykowego, a nerw zębodołowy dolny przebiega między chrząstką Meckela, zlokalizowaną przyśrodkowo, a ogniskiem kostnienia żuchwy, zlokalizowanym bocznie.

Przemieszczenie przyczepów mięśni żucia z chrzątki Meckela w obręb żuchwy, które obserwuje się pod koniec 7. tygodnia, związane jest z zaawansowaniem kostnienia żuchwy oraz powoduje wydłużanie nerwów do tych mięśni.

W stadium 20 powstaje zawiązek części zębodołowej trzonu żuchwy, w której znajdują się zawiązki zębów mlecznych, a także początek tworzenia się kanału żuchwy, w którym przebiega nerw zębodołowy dolny. Pod koniec okresu zarodkowego, mianowicie w 22 i 23 stadium rozwijają się gałęzie końcowe nerwu zębodołowego dolnego: nerwy zębowe dolne dochodzące do zawiązków zębów mlecznych, nerw bródkowy, oraz nerw przysieczny.

Obserwowane w badaniach wydarzenia rozwojowe, prowadzące do rozwoju jednostek żuchwy, zmian w przyczepach mięśni żucia oraz rozgałęzień nerwu zębodołowego dolnego dowodzą wzajemnego wpływu poszczególnych struktur narządu żucia.

## VI Wnioski

1. U badanych zarodków w stadium 13 (32 dni) zwój nerwu trójdzielnego znajduje się na poziomie 2. neuromeru i składa się z części ocznej i szczękowo- żuchwowej.
2. W stadium 13 z 1. łuku gardłowego rozwijają się wyrostki szczękowy i żuchwowy oraz pojawia się zawiązek chrząstki Meckela stanowiący ważną strukturę w rozwoju narządu żucia.
3. W stadium 14 (33 dni) rozwijają się pierwszorzędowe gałęzie nerwu trójdzielnego wnikające do wyniosłości czołowo- nosowej oraz wyrostka szczękowego i połączonych wyrostków żuchwowych.
4. W stadium 15 (36 dni) następuje rozwój gałęzi pierwszorzędowych i drugorzędowych nerwu żuchwowego. Tworzy się nieregularna płyta końcowa, w której różnicują się dwa pnie: przedni z nerwami zaopatrującymi mięśnie żucia oraz tylny od którego odchodzi nerw zębodołowy dolny i językowy.
5. Istotnymi wydarzeniami rozwojowymi dotyczącymi żuchwy w badanym okresie rozwoju są: rozwój wtórnej listewki zębowej i pierwotnego ogniska kostnienia żuchwy obserwowanych w stadium 17 (41 dni), tworzenie pączków zębowych stanowiących zawiązki zębów i będących zawiązkiem części zębodołowej żuchwy, oraz początek tworzenia kanału żuchwy w stadium 20 (49 dni).
6. W ostatnich stadiach rozwoju zarodkowego, mianowicie w 22 (53 dni) i 23 (56 dni) rozwijają się trzeciorzędowe gałęzie nerwu zębodołowego dolnego: nerw przysieczny oraz nerw bródkowy

stanowiący przedłużenie nerwu zębodołowego dolnego i wychodzący przez otwór bródkowy.

7. Z przeprowadzonych badań wynika, iż narządy docelowe unerwione przez gałęzie nerwu trójdzielnego rozwijają się z 1. łuku gardłowego, w obrębie którego powstaje chrząstka Meckela stanowiąca ważną strukturę w rozwoju żuchwy, mięśni żucia, ucha środkowego, stawu skroniowo-żuchwowego oraz gałęzi nerwu żuchwowego. Wczesny rozwój gałęzi nerwu zębodołowego dolnego dowodzi, iż nerw ten wywiera ważny wpływ na morfogenezę unerwionych przez niego struktur docelowych.

## VII Spis piśmiennictwa

1. Anil A., Peker T., Turgut H. B., Gulekon I. N., Liman F.: Variations in the anatomy of the inferior alveolar nerve. *Brit J of Oral and Maxillofac Surg*, 2003, 41, 236–23.
2. Auluck A., Ahsan A., Pai K., Shetty C.: Anatomical variations in developing mandibular nerve canal: a report of three cases. *Neuroanatomy*, 2005, 4, 28-30.
3. Behrents R. G.: The influence of the trigeminal nerve on facial growth and development. *Am J Orthodont*, 1984, 85, 199- 206.
4. Bhaskar S.: Growth pattern of the rat mandible from 13 days insemination age to 30 days after birth. *Amer J Anat*, 1953, 92, 1-53.
5. Bruska M., Woźniak W.: Nerwy zębodołowe górne u zarodków ludzkich. *Poznańskie Roczniki Medyczne XXII- XXV*, 1988- 1991, 193- 208.
6. Bruska M., Woźniak W.: The development of the main sensory nucleus of the trigeminal nerve in human embryos. *Folia Morphol*, 1991, 50, 127- 138.
7. Bruska M., Woźniak W.: The trigeminal ganglion in human embryos of stage 14 (approximately 32 postovulatory days). *Folia Morphol*, 1989, 48, 89-95.
8. Bruska M.: Migration zone during the development of the trigeminal motor nucleus. *Folia Morphol*, 1991, 50, 119-125.
9. Byers M.R., Suzuki H., Maeda T.: Dental neuroplasticity, neuro-pulpal interactions, and nerve regeneration. *Microsc Res Technol*, 2003, 60, 503-515.

10. Carter R. B., Keen E. N.: The intramandibular course of the inferior alveolar nerve. *J Anat*, 1971, 108, 3, 433-440.
11. Caruntu I.D., Morarasu C, Buruli V, Ciobanu I.: Morphological features in the embriological development of the anterior arch of the mandible. *Rev Med Chir Soc Med*, 2001, 105, 790-794.
12. Chai Y., Jiang X., Ito Y., Bringas P. et al.: Fate of mammalian cranial neural crest during tooth and mandibular morphogenesis. *Development*, 2000, 127, 1671- 1679.
13. Choukas N. C., Toto P. D., Nolan R. F.: A histologic study of regeneration of the inferior alveolar nerve. *J Oral Surg*, 1974, 32, 347- 352.
14. Christensen K.: Sympathetic nerve fibers in the alveolar nerves of the dental pulp. *Am Dent Res*, 1940, 19, 227- 242.
15. Cocker R., Hatton J.M.: A note on the innervation of human dentine. *J Anat*, 1955, 89, 189- 192.
16. Curien R., Braun M., Perez M., Bravetti P., Coqueugniot H.: Discriminant study of the development of the mandibular units in neural reference system. *Surg Radiol Anat*, 2011, 33, 191-196.
17. Delange A., Haunam A., Mathews B: The diameters and conduction velocities of fibers in the terminal branches of the inferior dental nerve. *Arch Oral Biol*, 1969, 14, 513- 520.
18. Dorskocil M.: Mechanism of the reduction of Meckel's cartilage in man. *Folia Morphol*, 1989, 1, 113-118.
19. Durst- Zivkovic B., Davila S.: Strukturelle Veranderungen des meckelischen Knorpels im Laufe der Bildung des Corpus des mandibulae. *Anat Anz*, 1974, 135, 12-23.



20. Eliav E., Gracely R. M.: Sensory changes in the territory of the lingual and inferior alveolar nerves following lower third molar extraction. *Pain*, 1998, 77, 191- 199.
21. Fazan V.P.S., Rodrigues Filho O.A., Matamala F.: Communication between the mylohyoid and lingual nerves: clinical implications. *Int J Morphol*, 2007, 25, 561-564.
22. Fearnhead R. W.: Innervation of dental tissues. In Cunningham's textbook of anatomy. Ed G J Romm Oxford Univ Press London, 1967, 685- 784.
23. Fried K., Hildebrand C.: Qualitative structural development of the feline inferior alveolar nerve. *J Anat*, 1982, 134, 517-531.
24. Fried K., Nosrat C., Lillesaar C., Hildebrand C.: Molecular signaling and pulpal nerve development. *Crit Rev Oral Biol Med*, 2000, 11, 318- 332.
25. Gans C.: Craniofacial growth, evolutionary questions. *Development*, 1988, 103, 3- 15.
26. Gershenson A., Nathan H., Luchansky E.: Mental foramen and mental nerve: changes with age. *Acta Anat*, 1986, 126, 21- 28.
27. Goret- Nicaise M., Dhem A.: Presence of chondroid tissue in the symphyseal region of the growing human mandible. *Acta Anat*, 1982, 113: 189-195.
28. Goret- Nicaise M., Pilet D.: A few observation about Meckel's cartilage in human. *Anat Embryo*, 1983, 167, 365- 370.
29. Herlin C., Yachouh J., Journet J.L., Goudot P.: Extramandibular position of inferior alveolar nerve. Analysis and review of literature. *Surg Radiol Anat*, 2013, 35, 811-815.

30. Ito Y., Bringas P., Mogharei A., Zhao J., Deng C., Chai Y.: Receptor-regulated and inhibitory smads are critical in regulating transforming growth factor $\beta$ - mediated Meckel's cartilage Development. *Develop Dynam*, 2002, 224, 69- 78.
31. Jablonski N.G., Cheng C.M., Cheng L.C., Cheung H.M.: Unusual origins of the buccal and mylohyoid nerves. *Oral Med Oral Pathol*, 1985, 60, 487-488.
32. Jheon A. H., Schneider R. A.: The cells that fill the bill: neural crest and the evolution of craniofacial development. *J Dent Res*, 2009, 88, 12-21.
33. Johnston M. C., Sulik K. K.: Some abnormal pattern of development in the craniofacial region. *Birth Defects*, 1979, 15, 23- 32.
34. Kanaan R. A., Aldwaik M., Abdelmagid S.M., Al-Hanbali O. A.: The role of connective tissue growth factor in skeletal growth and development. *Med Sci Monit*, 2006, 12, 277-281.
35. Kettunen R., Loes S., Furmanek T., Fjelol K. et al.: Coordination of trigeminal axon navigation and patterning with tooth organ formation: epithelial- mesenchymal interactions, and epithelial Wnt4 and Tgf beta1 regulate semaphorin 3a expression in the dental mesenchyme. *Development*, 2005, 132, 323- 334.
36. Khalil H.: A basic review on the inferior alveolar nerve block techniques. *Anesth Essays Res*, 2014, 8, 3-8.
37. Kim S.Y., Hu K.S., Chung I.H., Lee E.W., Kim H.J.: Topographic anatomy of the lingual nerve and variations in communication pattern of the mandibular nerve branches. *Surg Radiol Anat*, 2004, 26, 128-153.

38. Kollar E. J., Lumsden A. G.: Tooth morphogenesis: the role of the innervation during induction and pattern formation. *J Biol Buccale*, 1979, 7, 49-60.
39. Krasny A., Krasnt N., Prescher A.: Study of inferior dental canal and its contents using high- resolution magnetic resonance imaging. *Surg Radiol Anat*, 2012, 34, 687-693.
40. Kumar Jha A., Girish Kumar N.: Accessory mental nerve: case report, review and its role in trigeminal neuralgia. *Surg Radiol Anat*, 2012, 34, 469- 473.
41. Lanctot C., Moreau A., Chamberland M., Tremblay M. L., Drouin J.: Hindlimb patterning and mandible development require the Ptx1 gene. *Development*, 1999, 126, 1805- 1810.
42. Leander D.: Role of growth factors in the development of mandible. *J Indian Orth Soci*, 2011, 45, 51-60.
43. Lee S. K., Kim Y. S., Oh H. S., Yang K. H. et al.: Prenatal development of the human mandible. *Anat Rec*, 2001, 236, 314-325.
44. Li X., Zhu- Kun J., Hui Z., Kai Y., Jian- Min D., Wei- Jian W.: The prevalence length and position of the anterior loop of the inferior alveolar nerve in Chinese, assessed by spiral computed tomography. *Surg Radiol Anat*, 2013, 35, 823-830.
45. Lisney S. J. W.: Some anatomical and electrophysiological properties of tooth- pulp afferents in the cat. *J Physiol*, 1978, 284, 19-36.
46. Lorentowicz- Zagalak M., Przystańska A., Woźniak W.: The development of Meckel's cartilage in staged human embryos during 5th week. *Folia Morphol*, 2005, 1, 23-28.

47. Lumsden A. G. S.: Spatial organization of the epithelium and the role of neural crest cells in the initiation of the mammalian tooth germ. *Development*, 1988, 103, 155- 169.
48. Luukko K., Moe K., Sijaona A., Furmanek T. et al: Secondary induction and the development of tooth nerve supply. *Ann Anat*, 2008, 190, 178-187.
49. Luukko K., Savanto P., Saarma M., Thesleff I.: Expression of GDNF and its receptors in developing tooth is developmentally regulated and suggests multiple roles in innervation and organogenesis. *Develop Dynam*, 1997, 210, 463-471.
50. Maronneaud P.L.: L'ossification des formations cartilagineuses du premier arc branchial chez l'homme. *Rev Odontostomatol*, 1948, 6, 42-45.
51. Mohiuddin A.: The fate of the nerves of the deciduous teeth. *J Anat*, 1950, 84, 318- 323.
52. Muraleedharan A., Raveendranath V., Chand P.: Variations in the branching pattern of posterior division of mandibular nerve: a case report. *Surg Radiol Anat*, 2014, 36, 947-950.
53. Nair R.: Neural elements in dental pulp and dentin. *Oral Surg Med Pathol*, 1995, 80, 710- 719.
54. Noden D. M., Trainor P. A.: Relations and interactions between cranial mesoderm and neural crest populations. *J Anat*, 2005, 207, 575- 601.
55. Noden D. M.: Origins and patterning of craniofacial mesenchymal tissues. *J Craniofac Genet Develop Biol Suppl*, 1986, 2, 15- 31.
56. Olivier E.: Le canal inferieur et son nerf chez l'adulte. *Ann Anat Pathol*, 1927, 4, 975-987.

57. Olivier E.: The inferior dental canal and its nerve in the adult. *Brit Dent J*, 1928, 449, 356-358.
58. Orliaguet T., Darcha C., Dechelotte P., Vanneuville G.: Meckel's cartilage in the human embryo and fetus. *Anat Rec*, 1994, 238, 491-497.
59. Orliaguet T., Darcha C., Dechelotte P., Vanneuville G.: Meckel's cartilage and the morphogenesis of the mandible in human embryo and fetus. *Anat Rec*, 1994, 238, 491- 497.
60. Orliaguet T., Dechelotte P., Scheye T., Vanneuville G.: The relationship between Meckel's cartilage and the development of the human fetal mandible. *Surg Radiol Anat*, 1993, 15, 113-118.
61. Ossenberg N. S.: Retromolar foramen of the human mandible. *Am J Physiol Anthropol*, 1987, 73, 119-128.
62. Oth O., Louryan S., Van Sint Jan S., Rooze M., Glineur R.: Impact of the mandibular divergence on the position of the inferior alveolar nerve and mylohyoid nerve: a computed tomography study and its relevance to bilateral sagittal split osteotomy. *Surg Radiol Anat*, 2013, 35, 241-247.
63. Pai M., Swamy R., Prabhu L.: A variation in the morphology of the inferior alveolar nerve with potential clinical significance. *Biomed Internat*, 2010, 1, 93-95.
64. Pearson A.: The early innervation of the developing deciduous teeth. *J Anat*, 1976, 122, 563-577.
65. Piotrowski A.: Rozwój podniebienia twardego u zarodków i wczesnych płodów ludzkich (5.-12. tydzień). Rozprawa doktorska, 2010, Bibl Gł UMP, Poznań.

66. Przystańska A., Radziemski A., Bruska M.: Wysokie odejście nerwu żuchwowo- gnykowego przyczyną niecałkowitego znieczulenia zębów żuchwy. *Dental Forum*, 2008, 2, 23-25.
67. Radlanski R. J., Renz H., Klarkowski M. C.: Prenatal development of the human mandible. 3D reconstructions, morphometry and bone remodeling pattern size 12- 117 mm CRL. *Anat Embryol*, 2003, 2005, 1-24.
68. Radlanski R. J., Renz H., Tabatabai A.: Prenatal development of the muscles in the floor of the mouth in human embryos and fetuses from 6.9 to 76 mm CRL. *Ann Anat*, 2001, 183, 511- 518.
69. Radlanski R.J., Renz H., Muller U., Schneider R. S. et al.: Prenatal morphogenesis of the human mental foramen. *Eur J Oral Sci*, 2002, 110, 452- 459.
70. Ren C., Yang Y.: Mandibular Condyle: Structure Properties and Growth Regulation. *J Oral Sci Health*, 2014, 1, 1-6.
71. Rodriguez- Vazquez J.F., Merida- Velasco J.R., Merida- Velasco J.A., Sanchez- Montesions I. et al.: Development of Meckel's cartilage in the symphyseal region in man. *Anat Rec*, 1997, 249, 249- 254.
72. Rood J.P.: The nerve supply of the mandibular incisor region. *Brit Dent J*, 1977, 143, 227-230.
73. Rossi M., Robeiro E., Smith R.: Craniofacial asymmetry in development: an anatomical study. *Angle Orthod*, 2003, 73, 381- 385.
74. Roy T.S., Sarkar A.K., Panicker H.K.: Variation in the origin of the inferior alveolar nerve. *Clin Anat*, 2002, 15, 143- 147.
75. Rusu M. C., Sandulescu M., Ciuluvica R. C., Sendroiu V. M., Didilescu A. C.: The extramandibular inferior alveolar nerve in

- cases with severely atrophic lower jaws. *Surg Radiol Anat*, 2012, 34, 277-279.
76. Shapiro B. L., Sweney L.: Electron microscopic and histochemical examination of oral epithelial- mesenchymal interaction (programmed cell death). *J Dent Res*, 1969, 48, 652-660.
77. Shimo T., Kanyama M., Wu C., Sugito H. et al.: Expression and Roles of Connective Tissue Growth Factor in Meckel's Cartilage Development. *Develop Dynam.*, 2004, 231, 136- 147.
78. Shiozaki K., Fukami K., Kuribayashi A., Shimoda S., Kobayashi K.: Mandibular lingual canals distribute to dental crypts in prenatal stage. *Surg Radiol Anat*, 2014, 36, 447-453.
79. Storey A. T., Kenny D. J.: Growth, development, and aging of orofacial tissues: neural aspects. *Adv Dent Res*, 1989, 3, 14-29.
80. Svane T.J., Wolford L.M., Milam S.B., Bass R.K.: Fascicular characteristics of the human inferior alveolar nerve. *J Oral Maxillofac Surg*, 1986, 44, 431-434.
81. Terao F., Takahashi I., Mitani H., Haruyama N., Sasano Y., Suzuki O., Takano- Yamamoto T.: Fibroblast growth factor 10 regulated Meckel's cartilage formation during early mandibular morphogenesis in rats. *Develop Biol*, 2011, 350, 337-347.
82. Thotakura B., Rajendran S., Gnanasundaram V., Subramaniam A.: Variations in the posterior division branches of the mandibular nerve in human cadavers. *Singapore Med J*, 2013, 54, 149- 151.
83. Tolentino E., Silva P., Pagin O., Centurion B. et al.: Uncommon trajectory variations of the mandibular canal and of the mandibular incisive canal: case report. *Surg Radiol Anat*, 2013, 35, 857-861.

84. Uchizono K., Homma K: Electron microscopic studies on nerves of human tooth pulp. *J Dent Res*, 1959, 38, 1133- 1141.
85. Vij S., Kanagasuntheran R.: Innervation of oral tissues in some primates. *Folia Primat*, 1969, 11, 289- 299.
86. Woźniak W.: Charakterystyka morfologiczna I czynnościowa nerwów zębowych. *Czas Stomat*, 1977, 30, 733- 736.
87. Woźniak W.: Unerwienie zębiny. *Czas Stomat*, 1972, 25, 241-244.
88. Wu L., Zhang H., Liao L., Dadihan t., Wang X., Kerem G.: Trigeminal ganglion morphology in human fetus. *Micro Res and Tech*, 2013, 76, 598- 605.
89. Wyganowska M.: Chrzątka Meckela u zarodków i płodów ludzkich. Rozprawa doktorska, 2004, Bibl Gł UMP, Poznań.
90. Yu S.K., Kim S., Kang S. G., Kim J. H., Lim K, O., Hwang S.I., Kim H.J.: Morphological assessment of the anterior loop of the mandibular canal in Koreans. *Anat Cell Biol*, 2015, 48, 75-80.
91. Zoud K., Doran G. A.,: Microsurgical anatomy of the inferior alveolar neurovascular plexus. *Surg Radiol Anat*, 1993, 15, 175- 179.



## VIII Streszczenie

Celem badań jest opis wczesnego rozwoju nerwu trójdzielnego oraz jego gałęzi, ze szczególnym uwzględnieniem rozwoju nerwu zębodołowego dolnego, jego przebiegu w stosunku do chrząstki żuchwowej (Meckela) oraz rozwijającej się żuchwy u zarodków ludzkich.

Badania przeprowadzono na 62 zarodkach ludzkich. Wiek zarodków ustalono według 23 międzynarodowych stadiów rozwojowych i wyrażono w dniach postowulacyjnych. Stadia rozwojowe określano na podstawie:

- 1) długości zarodka,
- 2) wyglądu zewnętrznego,
- 3) stanu zaawansowania rozwoju narządów.

Zarodki zostały utrwalone w 10% zubożonej formalinie i zatopione w paraplaście lub parafinie. Wykonano seryjne skrawki o grubości 5 i 10 mikrometrów w trzech płaszczyznach: czołowej, strzałkowej i poziomej. Dokumentację badań stanowią zdjęcia, schematy i tabele.

Z przeprowadzonych badań wynika, iż w stadium 13 (32 dni) zarodek ludzki posiada 6 par wyniosłości mezenchymatycznych pokrytych ektoderma, nazwanych łukami gardłowymi, do których wnikają odpowiednie nerwy czaszkowe. W tym stadium zwój trójdzielny położony jest na poziomie 2. rombomeru. Można już w nim wyróżnić część oczną i szczękowo-żuchwową. W wyrostku żuchwowym widoczne jest koncentryczne zagęszczenie komórek stanowiące zawiązek chrząstki Meckela.

W stadium 14 (33 dni) z wyraźnie zaznaczonych części ocznej i szczękowo-żuchwowej początek biorą główne gałęzie nerwu trójdzielnego. Z części ocznej wychodzi krótki pień nerwu ocznego, który wnika w wyniosłość

czołowo- nosową. Z części szczękowo- żuchwowej wychodzą nerwy szczękowy i żuchwowy wnikające do odpowiednich wyrostków: szczękowego i żuchwowego.

W stadium 15 (36 dni) gałęzie pierwszorzędowe nerwu trójdzielnego wydłużają się i pojawiają się ich gałęzie wtórne. Nerw żuchwowy dzieli się na dwa pnie: przedni i tylny. Od pnia tylnego nerwu żuchwowego oddziela się nerw językowy i zębodołowy dolny.

W kolejnych stadiach nerw językowy i zębodołowy dolny wydłużają się. Nerw zębodołowy dolny znajduje się bocznie i ku dołowi w stosunku do chrząstki Meckela. W stadium 17 (41 dni) w obrębie wyrostka żuchwowego pojawia się pierwotne ognisko kostnienia żuchwy zlokalizowane w okolicy drugiego mlecznego trzonowca. Nerw zębodołowy dolny zostaje włączony w strukturę trzonu żuchwy, biegnie pomiędzy chrząstką Meckela a pierwotnym ogniskiem kostnienia żuchwy.

Począwszy od stadium 19 (46 dni) zaczynają rozwijać się gałęzie wtórne nerwu zębodołowego dolnego: nerw żuchwowo- gnykowy i nerwy zębowe dolne kierujące się do pączków zębowych.

W stadium 21- 23 (51- 56 dni) w wyrostku żuchwowym obserwowano gałęzie końcowe nerwu zębodołowego dolnego: nerw bródkowy wychodzący przez otwór bródkowy oraz nerw przysieczny biegnący w trzonie żuchwy ku linii pośrodkowej.

## IX Summary

The aim of investigation is to describe the early development of the trigeminal nerve and its branches, with particular consideration of development of the inferior alveolar nerve, its relation to the mandibular cartilage (Meckel) and developing mandible in human embryos.

The study was made on 62 human embryos. The age of embryos was established according to 23 international developmental stages and expressed in postovulatory days. Developmental stages were determined on:

- 1) length of embryo,
- 2) external appearance,
- 3) development level of internal organs.

Embryos were kept in 10% neutralized formalin and embedded in paraplast or paraffin. Serially sections of 5 and 10 micrometers thick were made in frontal, sagittal and horizontal planes. The documentation of the study are pictures, diagrams and tables.

Human embryo in stage 13 (32 days) has six pairs of mesenchymal eminences covered by ectoderm, called pharyngeal arches. They are penetrated by the corresponding cranial nerves. At this stage the trigeminal ganglion is located at the level of second rhombomer. Trigeminal ganglion is composed of ophthalmic and maxillomandibular parts. In the mandibular process there is visible concentric cells density forming the Meckel's cartilage.

Main branches of trigeminal nerve start to develop in stage 14 (33 days). Ophthalmic nerve originates from ophthalmic part of trigeminal ganglion and grows into frontonasal eminence. Maxillary and mandibular nerves originates

from maxillomandibular portion of trigeminal ganglion and grows into maxillary and mandibular processes of first pharyngeal arch.

In stage 15 (36 days) primary branches of the trigeminal nerve elongate and secondary branches develop. Mandibular nerve is divided into two trunks: anterior and posterior. From the posterior trunk of the mandibular nerve develop lingual nerve and inferior alveolar nerve.

In next stages the lingual nerve and inferior alveolar nerve elongate. Inferior alveolar nerve is located laterally and inferiorly to the Meckel's cartilage. In stage 17 (41 days) within the mandibular process appears primary center of ossification, which is located in the second primary molar area. Inferior alveolar nerve is incorporated in the structure of mandible. Inferior alveolar nerve runs between Meckel's cartilage and the primary center of ossification of the mandible.

Secondary branches of inferior alveolar nerve, which are: mylohyoid nerve and inferior dental nerves, start to develop in stage 19 (46 days)

In stages 21- 23 (51- 56 days) inferior alveolar nerve was observed in the mandibular process, with its terminal branches: mental nerve, which leaves the mandibular canal through mental foramen and incisive nerve, which runs in the body of the mandible toward the midline.

## X Spis tabel i rycin

### Tabele

#### Tabela 1.

Długość siedzeniowo- ciemieniowa [Si], stadium rozwojowe oraz wiek badanych zarodków.

### Ryciny

#### Ryc. 1.

Rekonstrukcja graficzna z przekrojów strzałkowych zarodka w stadium 13 ilustrująca kształt i części mózgowia oraz położenia zwojów nerwów czaszkowych w odniesieniu do rombomerów.

#### Ryc. 2.

Przekrój poziomy zarodka w stadium 13 (Si 4mm, wiek 32 dni), barwienie H+E, x100.

#### Ryc. 3.

Przekrój strzałkowy zarodka w stadium 13 (Si 4 mm, wiek 32 dni), barwienie H+E, x40.

#### Ryc. 4.

Przekrój poziomy zarodka w stadium 13 (Si 4mm, wiek 32 dni), impregnacja białczanem srebra według Bodiana, x100.

Ryc. 5.

Przekrój czołowy zarodka w stadium 13 (Si 4mm, wiek 32 dni), barwienie H+E, x100.

Ryc. 6.

Przekrój poziomy zarodka w stadium 13 (Si 4mm, wiek 32 dni), barwienie H+E, x100.

Ryc. 7.

Przekrój strzałkowy zarodka w stadium 13 (Si 4mm, wiek 32 dni), barwienie fioletem krezyłu według Nissla, x100.

Ryc. 8.

Schemat z rekonstrukcji graficznej przekroju strzałkowego mózgowia zarodka w stadium 14.

Ryc. 9.

Przekrój strzałkowy zarodka w stadium 14 (Si 5 mm, wiek 33 dni), impregnacja białczanem srebra według Bodiana, x100.

Ryc. 10.

Przekrój strzałkowy zarodka w stadium 14 (Si 5 mm, wiek 33 dni), barwienie fioletem krezyłu według Nissla, x 100.

Ryc. 11.

Przekrój strzałkowy zarodka w stadium 14 (Si 5 mm, wiek 33 dni), barwienie H+E, x50.

Ryc. 12.

Przekrój strzałkowy zarodka w stadium 14 (Si 5 mm, wiek 33 dni), barwienie H+E, x400.

Ryc. 13.

Przekrój strzałkowy zarodka w stadium 14 (Si 5 mm, wiek 33 dni), barwienie H+E, x100.

Ryc. 14.

Przekrój strzałkowy zwoju trójdzielonego w stadium 14 (Si 5 mm, wiek 33 dni), barwienie H+E, x400.

Ryc. 15.

Przekrój poziomy zarodka w stadium 14 (Si 5, wiek 33 dni), barwienie H+E, x50.

Ryc. 16.

Przekrój strzałkowy zarodka w stadium 15 (Si 8mm, wiek 36 dni), barwienie H+E, x100.

Ryc. 17.

Przekrój strzałkowy zarodka w stadium 15 (Si 8mm, wiek 36 dni), barwienie H+E, x40.

Ryc. 18.

Przekrój strzałkowy zarodka w stadium 15 (Si 8mm, wiek 36 dni), barwienie H+E, x40.

Ryc. 19.

Przekrój strzałkowy zarodka w stadium 15 (Si 8mm, wiek 36 dni), barwienie H+E, x100.

Ryc. 20.

Przekrój strzałkowy zarodka w stadium 15 (Si 8 mm, wiek 36 dni), barwienie H+E, x40.

Ryc. 21.

Przekrój strzałkowy zarodka w stadium 15 (Si 8mm, wiek 36 dni), barwienie H+E, x40.

Ryc. 22.

Przekrój strzałkowy zarodka w stadium 15 (Si 8mm, wiek 36 dni), barwienie H+E, x400.

Ryc. 23.

Przekrój czołowy zarodka w stadium 16 (Si 9mm, wiek 39 dni), impregnacja białczanem srebra według Bodiana, x40.

Ryc. 24.

Przekrój czołowy zarodka w stadium 16 (Si 9mm, wiek 39 dni), barwienie H+E, x40.

Ryc. 25.

Przekrój poziomy zarodka w stadium 16 (Si 9mm, wiek 39 dni), barwienie H+E, x100.



Ryc. 26.

Przekrój czołowy tylnej części jamy nosowej i ustnej zarodka w stadium 18 (Si 15 mm, wiek 41 dni), barwienie H+E, x40.

Ryc. 27.

Przekrój poziomy zarodka w stadium 17 (Si 13 mm, wiek 41 dni), impregnacja azotanem srebra według Ogawy, x40.

Ryc. 28.

Przekrój czołowy zarodka w stadium 18 (Si 15 mm, wiek 41 dni), impregnacja azotanem srebra według Ogawy, x40.

Ryc. 29.

Przekrój strzałkowy zarodka w stadium 17 (Si 13 mm, wiek 41 dni), barwienie H+E, x40.

Ryc. 30.

Przekrój strzałkowy zarodka w stadium 18 (Si 15 mm, wiek 41 dni), barwienie H+E, x40.

Ryc. 31.

Przekrój czołowy zarodka w stadium 17 (Si 13 mm, wiek 41 dni), impregnacja azotanem srebra według Ogawy, x100.

Ryc. 32.

Przekrój czołowy zarodka w stadium 17 (Si 13 mm, wiek 41 dni), barwienie H+E, x100.

Ryc. 33.

Przekrój poziomy zarodka w stadium 20 (Si 21mm, wiek 49 dni), impregnacja azotanem srebra według Lootsa, x40.

Ryc. 34.

Przekrój poziomy zarodka w stadium 20 (Si 21mm, wiek 49 dni), impregnacja azotanem srebra według Lootsa, x100.

Ryc. 35.

Przekrój czołowy zarodka w stadium 20 (Si 21 mm, wiek 49 dni), impregnacja azotanem srebra według Lootsa, x100.

Ryc. 36.

Przekrój czołowy zarodka w stadium 20 (Si 21 mm, wiek 49 dni), impregnacja azotanem srebra według Lootsa, x100.

Ryc. 37.

Przekrój czołowy zarodka w stadium 19 (Si 17,5 mm, wiek 46 dni), barwienie H+E, x40.

Ryc. 38.

Przekrój czołowy zarodka w stadium 19 (Si 17,5 mm, wiek 46 dni), barwienie H+E, x100.

Ryc. 39.

Przekrój poziomy zarodka w stadium 19 (Si 17mm, wiek 46 dni), barwienie fioletem krezyłu, x100.

Ryc. 40.

Przekrój poziomy zarodka w stadium 19 (Si 17,5mm, wiek 46 dni), impregnacja azotanem srebra według Lootsa, x40.

Ryc. 41.

Przekrój strzałkowy zarodka w stadium 21 (Si 22,5 mm, wiek 51 dni), impregnacja azotanem srebra według Lootsa, x40.

Ryc. 42.

Przekrój strzałkowy zarodka w stadium 21 (Si 22,5mm, wiek 51 dni), barwienie H+E, x40.

Ryc. 43.

Przekrój czołowy zarodka w stadium 21 (Si 22,5mm, wiek 51 dni), barwienie H+E, x40.

Ryc. 44.

Przekrój czołowy zarodka w stadium 21 (Si 22,5mm, wiek 51 dni), barwienie H+E, x100.

Ryc. 45.

Przekrój poziomy zarodka w stadium 23 (Si 28,5 mm, wiek 56 dni), barwienie H+E, x100.

Ryc. 46.

Przekrój poziomy zarodka w stadium 23 (Si 28,5 mm, wiek 56 dni), impregnacja azotanem srebra według Holmesa, x40.

Ryc. 47.

Przekrój strzałkowy zarodka w stadium 22 (Si 26,5 mm, wiek 53 dni),  
impregnacja białczanem srebra według Bodiana, x40.

Ryc. 48.

Przekrój strzałkowy zarodka w stadium 22 (Si 26,5 mm, wiek 53 dni),  
impregnacja białczanem srebra według Bodiana, x100.

Ryc. 49.

Przekrój strzałkowy zarodka w stadium 22 (Si 26,5 mm, wiek 53 dni), barwienie  
H+E, x40.

Ryc. 50.

Przekrój poziomy zarodka w stadium 22 (Si 26,5 mm, wiek 53 dni), barwienie  
H+E, x100.

Ryc. 51.

Przekrój czołowy zarodka w stadium 22 (Si 26 mm, wiek 53 dni), impregnacja  
azotanem srebra według Lootsa, x100.

Ryc. 52.

Przekrój strzałkowy zarodka w stadium 23 (Si 28,5 mm, wiek 56 dni), barwienie  
H+E, x100.

Ryc. 53.

Przekrój czołowy zarodka w stadium 23 (Si 28,5mm, wiek 56 dni), barwienie  
H+E, x100.

Ryc. 54.

Przekrój czołowy zarodka w stadium 22 (Si 26 mm, wiek 53 dni), barwienie H+E, x100.

Ryc. 55.

Przekrój czołowy zarodka w stadium 23 (Si 28,5 mm, wiek 56 dni), barwienie H+E, x100.