

AUTOREFERAT
OPIS DOROBKU I OSIĄGNIĘĆ
NAUKOWYCH

Dr Jacek Kuchinka

Zakład Anatomii Porównawczej Kręgowców
Instytut Biologii
Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach

Kielce 2018

1. Imię i Nazwisko.

JACEK KUCHINKA

2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe/ artystyczne – z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej.

- **Stopień naukowy: doktor nauk rolniczych w zakresie zootechniki**, Wydział Hodowli i Biologii Zwierząt Akademii Rolniczej im Hugona Kołłątaja w Krakowie, Kraków 23 stycznia 2002 roku.

Tytuł rozprawy doktorskiej: „Morfologia, topografia i cytoarchitektonika przywspółczulnych zwojów głowowych szynszyli (*Chinchilla laniger* Molina)”

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych:

Od 1983 do chwili obecnej (z przerwą na odbywanie służby wojskowej, od 4 października 1984 do 4 marca 1985) - Zakład Anatomii Porównawczej Kręgowców Instytutu Biologii, Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach (do roku 2000 uczelnia nosiła nazwę Wyższej Szkoły Pedagogicznej, do 2007 roku Akademii Świętokrzyskiej im. Jana Kochanowskiego, a następnie Uniwersytetu Humanistyczno-Przyrodniczego Jana Kochanowskiego w Kielcach. Od 26. 08. 2011r. uczelnia jest uniwersytetem klasycznym).

Od 1999 do 31 maja 2002 asystent.

Od 1 czerwca 2002 do chwili obecnej adiunkt

4. Wskazanie osiągnięcia* wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003

r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. 2016 r. poz. 882 ze zm. w Dz. U. z 2016 r. poz. 1311.):

a) tytuł osiągnięcia naukowego/artystycznego:

Jednotematyczny, monoautorski cykl publikacji:

Tętnicze zaopatrzenie głowy u gryzoni należących do rodzin: *Chinchillidae*, *Cavidae* i *Muridae* ze szczególnym uwzględnieniem zmienności tętnicy ocznej wewnętrznej, układu tętnic podstawy mózgowia oraz tętnicy strzemiączkowej

b) (autor/autorzy, tytuł/tytuły publikacji, rok wydania, nazwa wydawnictwa, recenzenci wydawniczy):

1. Kuchinka J. Analysis of morphological variation of the internal ophthalmic artery in

the chinchilla (*Chinchilla laniger* Molina) - *Veterinari Medicina*, 60 (3):161-169, 2015

IF - 0,56, MNiSW - 20

2. **Kuchinka J.** Morphometry and Variability of the Brain Arterial Circle in Chinchilla (*Chinchilla laniger* Molina) - *Anatomical Record-Advances in Integrative Anatomy and Evolutionary Biology*, 300 (8):1472-1480, 2017

IF – 1,431, MNiSW - 25

3. **Kuchinka J.** Internal ophthalmic arteries within the brain base arterial system in guinea pig - *Anatomical Record-Advances in Integrative Anatomy and Evolutionary Biology*, 2017

IF – 1,431, MNiSW – 25. Article DOI: 10.1002/ar.23737

4. **Kuchinka J.** Stapedial artery in Mongolian gerbil (*Meriones unguiculatus*) - *The Anatomical Record-Advances in Integrative Anatomy and Evolutionary Biology*, 2018

IF – 1,431, MNiSW – 25. Article DOI: 10.1002/ar.23801

We wszystkich powyżej wymienionych pracach jestem ich jedynym i wyłącznym pomysłodawcą i wykonawcą - mój udział wynosi 100%

c) omówienie celu naukowego/artystycznego ww. pracy/prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania:

WSTĘP

Unaczynienie tętnicze głowy wszystkich ssaków, w tym gryzoni, wywodzi się z pierwotnego podstawowego wzoru naczyniowego z którego w trakcie procesów rozwojowych wyłaniają się dwa główne naczynia głowy: tętnica szyjna zewnętrzna (*arteria carotis externa*) i tętnica szyjna wewnętrzna (*arteria carotis interna*). W dalszym etapie rozwoju obie tętnice szyjne wewnętrzne połączą się z tętniczym układem kręgowo-podstawnym poprzez tętnice łączące doogonowe tworząc tętnicze koło podstawy mózgowia. Ważnym odgałęzieniem tętnicy szyjnej wewnętrznej, nabierającym dużego znaczenia u wielu przedstawicieli gryzoni, jest przetrwała tętnica strzemiączkowa (*arteria stapedia*) wraz ze swoimi niestałymi gałęziami: nadoczodołową, podoczodołową i żuchwową.

Podstawowym wzorcem unaczynienia struktur głowy jest ich zaopatrzenie przez tętnice szyjne wewnętrzne, dostarczające krew do mózgowia oraz gałki ocznej. Tętnica szyjna zewnętrzna wraz z tętnicą szczękową poprzez swoje liczne gałęzie odpowiadają za tętnicze

zaopatrzenie m.in. języka, okolicy podjęzykowej, ściany jamy nosowej i ustnej, opony twardej, szczęki i żuchwy. Za modyfikację tego podstawowego schematu, uznaje się wystąpienie przede wszystkim obliteracji tętnicy szyjnej wewnętrznej i/ lub przetrwałą tętnicę strzemiączkową waz z jej trzema niestałymi gałęziami: nadoczodołową, podoczodołową i żuchwową. Konsekwencją obliteracji tętnicy szyjnej wewnętrznej jest szczególna morfologia i funkcja tętnicy ocznej wewnętrznej (*a. ophthalmica interna*) u świnki morskiej oraz będąca jej funkcjonalnym przeciwieństwem tętnica oczna wewnętrzna u szynszyli. Należy zaznaczyć, że oba gatunki są ze sobą spokrewnione i należą do nadrzędu *Caviomorpha*.

Jako naczynie przetrwałe tętnica strzemiączkowa jest „szczególną osobliwością” w układzie naczyniowym głowy gryzoni (Frąckowiak 2003). Tętnica strzemiączkowa jest przejściowo obecna w prawidłowym rozwoju płodu, łącząc gałęzie przyszłej tętnicy szyjnej zewnętrznej z tętnicą szyjną wewnętrzną. Dlaczego zachowuje się tylko u niektórych gatunków? Próbując wyjaśnić to zagadnienie należy odnieść się do embriogenezy układu naczyniowego. Jak wiadomo tętnica szyjna wspólna i jej odgałęzienia są pochodnymi tętnic trzech pierwszych łuków skrzelowych. Tętnica strzemiączkowa powstaje z tętnicy drugiego łuku skrzelowego.

Badania filogenetyczne wykazują, że przetrwała tętnica strzemiączkowa utrzymuje się niekiedy w dojrzałym wieku u wielu kręgowców. Jej zanik jest zatem albo efektem losowym, albo adaptacyjnym. Jak cię wydaje ta adaptacja może być częściowo powiązana z ujemną allometrią strzemiączka.

Po oddzieleniu od tętnicy szyjnej wewnętrznej biegnie w kierunku ślimaka (*cochlea*) i przechodzi przez strzemiączko (*stapes*) dzieląc się w dalszym przebiegu na trzy wyżej wspomniane gałęzie. Jednak u skoczka mongolskiego zachowuje się tylko gałąź podoczodołowa, a poprzez odgałęzienie od niej tętnicy ocznej zewnętrznej (*a. ophthalmica externa*) jest jedynym źródłem tętniczego zaopatrzenia gałki ocznej i struktur oczodołu.

CELE BADAWCZE

Celem podjętych badań podstawowych była analiza:

- tętniczego zaopatrzenia głowy ze szczególnym uwzględnieniem morfologii i zmienności tętnic podstawy mózgowia
- zmienności tętniczego zaopatrzenia oczodołu pochodzącego z różnych źródeł
- przebiegu przetrwałej tętnicy strzemiączkowej

Takiego ujęcia analizy układu naczyniowego głowy nie opisano szczegółowo w literaturze.

Do analizy tych zagadnień wybrano następujące gatunki gryzoni: szynszyla (*Chinchilla laniger Molina*) świnka morska (*Cavia porcellus*) oraz skoczek mongolski (*Meriones unguiculatus*). Charakteryzowały się one:

- zamkniętym bądź otwartym donosowo kołem Willisa, całkowitą obliteracją tętnicy szyjnej wewnętrznej oraz niezwykłą zmiennością układu tętnic ocznych zewnętrznych i wewnętrznych (szynszyla)

- częściową obliteracją tętnicy szyjnej wewnętrznej oraz stałą obecnością tętnic ocznych wewnętrznych (świnka morska)

- otwartym doogonowo kołem Willisa, dobrze rozwiniętą tętnicą szyjną wewnętrzną oraz przetrwałą tętnicą strzemiączkową wraz z odchodzącą od niej tętnicą oczną (skoczek mongolski)

Postawiono następujące zadania badawcze:

1 – Zbadanie tętnic ocznych wewnętrznych i zewnętrznych w zakresie zmienności naczyniowej, oraz tętniczego zaopatrzenia struktur oczodołu u szynszyli.

2 - Określenie źródeł tętniczego unaczynienia mózgowia i gałki ocznej u badanych gatunków.

3 - Zbadanie i opisanie metrycznych i niemetrycznych cech zmienności (średnica i długość naczyń, ilość naczyń wielokrotnych, kąty i poziomy odgałęzień, skręcenia) w obrębie naczyń należących do tętniczego koła podstawy mózgowia (koła Willisa) u szynszyli. (Rodzaj badanych cech to: geometria koła, poziom odgałęzień poszczególnych naczyń oraz ich ilości i średnica)

4 – Potwierdzenie lub wykluczenie roli tętnic ocznych wewnętrznych w unaczynieniu podstawy mózgowia, przy niejednoznacznym udziale tętnicy szyjnej wewnętrznej.

5 - Analizę przebiegu przetrwałej tętnicy strzemiączkowej u skoczka mongolskiego ze szczególnym uwzględnieniem odchodzącego od niej pnia tętnicy ocznej zewnętrznej, oraz określenie udziału tętnic ocznych wewnętrznych w unaczynieniu gałki ocznej w aspekcie doogonowo otwartego typu koła Willisa.

MATERIAŁ I METODY

Badania w wyniku których powstały prezentowane publikacje przeprowadzono w oparciu o następujący materiał zwierzęcy:

- 1. Analysis of morphological variation of the internal ophthalmic artery in the chinchilla (*Chinchilla laniger Molina*) – 65 dorosłych osobników obu płci (n = 65)**
- 2. Morphometry and Variability of the Brain Arterial Circle in Chinchilla (*Chinchilla laniger Molina*) 70 dorosłych osobników obu płci (n = 70).**
- 3. Internal ophthalmic arteries within the brain base arterial system in guinea pigs – 15 dorosłych osobników (4 samice i 11 samców) (n = 15)**
- 4. Stapedial artery in Mongolian gerbil (*Meriones unguiculatus*)– 10 dorosłych osobników (3 samice i 7 samców) (n = 10)**

Szynszyle pozyskiwano sukcesywnie jako materiał poubojowy. Pozostałe zwierzęta (świnki morskie i skoczki mongolskie) zakupiono ze Zwierzętarni Wydziału Biologii i Ochrony Środowiska Uniwersytetu Łódzkiego (Fundacja Uniwersytetu Łódzkiego) oraz od certyfikowanego hodowcy zwierząt zoologicznych (Hodowla zwierząt zoologicznych Włodzimierz Hofman, Pabianice). Ze zwierzętami postępowano zgodnie z obowiązującymi procedurami (CO₂, xylazyna (1mg/kg) – ketamina (10mg/kg). Po otwarciu klatki piersiowej i jamy brzusznej poprzez lewą komorę serca lub aortę brzuszną pod kontrolowanym ciśnieniem ok.120mm Hg, układ naczyń tętniczych przepłukiwano 0,9% roztworem soli fizjologicznej z dodatkiem 5000 j.m. heparyny (Heparinum, Polfa-Warszawa). Układ naczyniowy płukano do momentu wypływu z otwartego prawego uszka serca czystego roztworu soli fizjologicznej. Następnie delikatnie pod ciśnieniem ok. 135 mm łożysko tętnicze wypełniano lateksem akrylowym (LBS 3060 - SYNTHOS DWORY, Polska) zabarwionym czerwonym pigmentem (pigment-Mix-INCHEM, Polska). Po koagulacji lateksu materiał utrwalano w 7% roztworu formaldehydu a następnie umieszczano go w 5% roztworze HCl przez 7 dni w celu demineralizacji kości czaszki. Preparaty korozyjne wykonano macerując tkanki w 15% roztworze KOH w temperaturze 37°C. Po delikatnej preparacji pod kontrolą mikroskopu stereoskopowego (SMZ 800 NIKON Japonia) wykonano dokumentację fotograficzną wraz z podstawową morfometrią używając Nikon DIGITAL Sight DS-L3 Japonia. Rentgenogramy wykonano za pomocą aparatu CARESTREAM CS 2200 (KODAK 2200) z wykorzystaniem mieszaniny siarczanu baru i lateksu LBS 3060 (w stosunku 45%:55%) (Sedlmayr i Witmer 2002) jako kontrastowego medium wypełniającego tętnicze naczynia mózgowie u skoczka mongolskiego. Wyniki opracowano zgodnie z obowiązującym mianownictwem weterynaryjnym (Nomina Anatomica Veterinaria, 2005, 2012).

Do 2015 roku badania przeprowadzano zgodnie z przepisami I Lokalnej Komisji Etycznej ds. Doświadczeń na Zwierzętach w Krakowie. Obecnie badania prowadzone są zgodnie z obowiązującą Ustawą z 15 stycznia 2016 roku (USTAWA z dnia 15 stycznia

**2015 r. o ochronie zwierząt wykorzystywanych do celów naukowych lub edukacyjnych -
DZIENNIK USTAW RP Warszawa, dnia 26 lutego 2015 r. Poz. 266.)**

OMÓWIENIE WYNIKÓW

Publikacja pierwsza: Kuchinka J. 2015

Analysis of morphological variation of the internal ophthalmic artery in the chinchilla (*Chinchilla laniger Molina*)

U szynszyli głównym naczyniem zaopatrującym mózgowie w krew jest tętnica podstawna powstająca z połączenia obu tętnic kręgowych. Stwierdzono to w 64 na 65 badanych przypadków. W jednym przypadku tętnica podstawna odchodziła od naczynia, które należało uznać za tętnicę szyjną wewnętrzną prawą. Głównym naczyniem zaopatrującym gałkę oczną i struktury oczodołu jest tętnica oczna zewnętrzna obecna w (w różnej konfiguracji) w 60 przypadkach (92,3%). Jest ona odgałęzieniem tętnicy szczękowej. Odchodząc od niej ku górze i przyśrodkowo krzyżuje lub przebija nerw szczękowy. Następnie wnika do oczodołu przez szczelinę oczodołową. W oczodole tętnica oczna zewnętrzna oddaje wiele naczyń w tym tętnicę nadoczodołową, tętnicę sitową zewnętrzną, tętnice rzęskowe długie tylne - boczne i przyśrodkowe, gałąź zaopatrującą gruczoł Hardera, gałęzie mięśniowe oraz drobne naczynia ciała tłuszczowego oczodołu. W jednym przypadku od prawej i lewej tętnicy szczękowej obustronnie odchodzą podwójne tętnice oczne zewnętrzne. Lewa tętnica szczękowa odgałęzia dwie osobne tętnice oczne zewnętrzne. Po stronie prawej, również dwie tętnice oczne odchodzą krótkim, wspólnym pniem. Wszystkie naczynia dochodzą do tylnej powierzchni gałek ocznych oddając każda swoją tętnicę rzęskową tylną długą odpowiednio boczną i przyśrodkową, drobne tętnice rzęskowe krótkie tylne oraz pozostałe naczynia oczodołu. Tętnicę oczną zewnętrzną jako pojedyncze naczynie gałki ocznej i oczodołu obserwowano obustronnie w 44 badanych przypadkach (69,2%), obustronnie razem z tętnicami ocznymi wewnętrznymi w 3 przypadkach (4,6%), obustronnie towarzysząc niesymetrycznym tętnicom ocznym wewnętrznym w 9 przypadkach (13,8%). W jednym przypadku obserwowano zdublowane tętnice oczne wewnętrzne (1,6%). Jednak w 6 przypadkach nie zaobserwowano obecności tętnic ocznych zewnętrznych. Wtedy jedynym naczyniem zaopatrującym gałkę oczną i oczodół była tętnica oczna wewnętrzna. Tętnica oczna wewnętrzna bierze swój początek z końcowych odgałęzień tętnicy podstawnej. Obserwowano dwa miejsca odejścia tętnicy ocznej wewnętrznej. Pierwsze na wysokości tętnicy środkowej mózgu. Na potrzeby niniejszej pracy nazwano ją tętnicą oczną wewnętrzną donosową. Drugie miejsce odejścia tętnicy ocznej wewnętrznej było na poziomie guza

popielatego. W tym przypadku tętnica ta odchodziła przyśrodkowo charakterystyczną pętlą. Analogicznie naczynie to nazwano tętnicą oczną wewnętrzną doogonową. Biegąc dalej w kierunku oczodołu tętnice oczne wewnętrzne donosowe i doogonowe zawsze towarzyszą dolnej powierzchni nerwu wzrokowego i wchodzi do wnętrza oczodołu przez kanał nerwu wzrokowego. W oczodole, od tętnic ocznych oddzielają się tętnice: rzęskowe tylne długie boczne i przyśrodkowe, tętnice rzęskowe tylne krótkie, tętnica nadoczodołowa, tętnica sitowa zewnętrzna. Dalsze odgałęzienia dochodzą do gruczołu Hardera i części mięśni gałkoruchowych oraz ciała tłuszczowego oczodołu. W przypadku gdy gałka oczna unaczyniona była przez pojedynczą tętnicę oczną zewnętrzną lub wewnętrzną, z ich podziału brały początek tętnice rzęskowe doogonowe długie boczne i tętnice rzęskowe doogonowe długie przyśrodkowe. Gdy gałkę oczną zaopatrywały w krew jednocześnie tętnice oczne wewnętrzne i zewnętrzne każde z tych naczyń osobno przedłużało się we własną tętnicę rzęskową doogonową długą: boczną i przyśrodkową. Od tętnicy ocznej zewnętrznej odgałęziała się tętnica rzęskowa długa doogonowa przyśrodkowa, a od tętnicy ocznej wewnętrznej odchodziła tętnica rzęskowa długa doogonowa boczna.

Tak więc tętnicze zaopatrzenie oczodołu odbywało się w trojaki sposób:

- tylko przez tętnice oczne zewnętrzne
- tylko przez tętnice oczne wewnętrzne
- wspólnie przez oba naczynia (w różnych konfiguracjach)

Symetria i asymetria tętnic ocznych pozwoliły na wyróżnienie 10 wariantów tętniczego zaopatrzenia gałki ocznej szynszyli.

Variants	EOA ^L	EOA ^R	IOAR ^L	IOAR ^R	IOAC ^L	IOAC ^R	Number	%
I	+	+	-	-	-	-	43	66.1
II	-	-	+	+	-	-	5	7.7
III	+	+	-	-	+	-	4	6.1
IV	+	+	+	+	-	-	3	4.6
V	+	+	+	-	-	-	4	6.1
VI	-	-	+	+	+	+	2	3.0
VII	+	-	+	+	-	-	1	1.5
VIII	+	-	+	+	-	-	1	1.5
IX	+	+	-	+	-	-	1	1.5
X	++	++	-	-	-	-	1	1.5

EOA – tętnica oczna zewnętrzna, IOAR - tętnica oczna wewnętrzna donosowa, IOAC tętnica oczna wewnętrzna doogonowa, ^L – strona lewa, ^R – strona prawa

W obrębie I wariantu w jednym przypadku od tętnic szczękowych obustronnie odchodziły podwójne tętnice oczne zewnętrzne. W wariacie V w jednym przypadku

zaobserwowano niekompletne tętnicze koło mózgu bez tętnicy łączącej przedniej i tętnicy przedniej mózgu po stronie lewej. Nie obserwowano anastomoz pomiędzy tętnicami ocznymi zewnętrznymi, wewnętrznymi i tętnicą szczękową.

Obecność tętnic ocznych wewnętrznych odnotowano u wielu gatunków zwierząt. U wołu (Steven 1964) i jelenia japońskiego (Ninomiya i Masui 1999) naczynia te odchodzą od przedniej części sieci dziwnej tętnicy szyjnej i towarzyszą wewnątrzczaszkowemu segmentowi nerwu wzrokowego. U jaka i owcy tętnica oczna pochodzi z sieci skrzyżowania wzrokowego (*rete chiasmaticum*) - części sieci dziwnej nadoponowej donosowej (Shao 2007, Simoens i Ghoshal 1981). U królika o tętnicy ocznej wewnętrznej wspomina Ruskell (1962), a Davis (1929) określa ją jako bardzo cienką gałąź tętnicy szyjnej. Grossman (1982), Brudnicki i wsp. (2012) i De Souza i Campos (2013) opisują tętnicę oczną wewnętrzną u dzikiego królika odchodzącą z naczyń koła tętniczego mózgu na wysokości tętnicy naczyniówkowej donosowej i jako boczne gałęzie donosowych i doogonowych odgałęzień tętnicy szyjnej wewnętrznej. U golca tętnica oczna wewnętrzna jest odgałęzieniem tętnicy szyjnej wewnętrznej (Aydin i wsp. 2008). U susła moręgowanego jest ona gałęzią tętnicy szyjnej wspólnej (Aydin i wsp. 2009). U kozy domowej (Brudnicki 2000), u owczarka niemieckiego (Kürtül i wsp. 2002), u lisa pampasowego (Depedrini i Campos 2003), u lisa pospolitego (Ozudogru i wsp. 2012) i kapibary (Reckziegel i wsp. 2001) tętnica oczna wewnętrzna bierze swój początek z donosowej bądź środkowej części koła tętniczego mózgu. Künzel (1985) u skoczka mongolskiego obserwował delikatne i długie tętnice oczne wewnętrzne odchodzące asymetrycznie z odgałęzień tętnicy podstawnej w pobliżu tętnic doogonowych mózgu. Ocal i Ozer (1992) opisują tętnicze unaczynienie mózgowia u świnki morskiej pochodzące w większości z tętnicy ocznej wewnętrznej oraz z tętnic kręgowych. Autorzy ci oraz Orham (2006) zwracają uwagę na niewielką średnicę tętnic szyjnych wewnętrznych. Jednak w pracy Majewskiej-Michalskiej (1994) u świnki morskiej brak opisu tętnic ocznych wewnętrznych zaopatrujących dodatkowo koło tętnicze mózgu. Jako zaopatrujący mózgowie opisany jest układ kręgowo-podstawny zbudowany z symetrycznych tętnic kręgowych łączących się w tętnicę podstawną i znacznie cieńsze tętnice szyjne wewnętrzne. Różnicowanie przebiegu naczyń tętnicznych głowy charakterystyczne szczególnie dla gryzoni znajduje potwierdzenie również u szynszyli. W wyniku obliteracji tętnicy szyjnej wspólnej jedynym i prawdopodobnie wystarczającym źródłem unaczynienia mózgowia jest tętnica podstawna powstająca z obu tętnic kręgowych. Według Gieleckiego i wsp. (1996) mózgowie szynszyli może być unaczynione wyłącznie przez tętnicę podstawną, dzięki parametrom geometrycznym i korelacji pomiędzy parametrami tętnicy podstawnej oraz

całkowitą objętością koła. Podobnie badania Araújo i Campos (2005) potwierdzają opisany w prezentowanej pracy układ tętnicy podstawnej jako jedyne źródło dopływu krwi do tętnicy podstawy mózgu. Obserwowany przez autora jeden przypadek pochodzenia tętnicy podstawnej od prawej tętnicy szyjnej wewnętrznej został również opisany w pracy Araújo i Campos (2005). U szynszyli tętnica oczna zewnętrzna jest gałęzią tętnicy szczękowej, która wg Bugge (1984) jest anastomozą łączącą część dalszą tętnicy szyjnej zewnętrznej z gałęzią zuchwową tętnicy strzemiączkowej. Tętnica oczna wewnętrzna jest naczyniem niestałym. Jeżeli jest ona obecna odchodzi symetrycznie bądź asymetrycznie od końcowej lub środkowej części końcowego odgałęzienia tętnicy podstawnej. Potwierdzają to obserwacje Araújo i Campos (2005). Tętnica oczna zewnętrzna może towarzyszyć tętnicy ocznej wewnętrznej. Gdy tętnica oczna wewnętrzna występuje samodzielnie (niekiedy jako tętnica podwójna) jest wtedy jedynym naczyniem zaopatrującym gałkę oczną i oczodół. Średnica tych naczyń jest znaczna i stanowi $\pm 0,8$ średnicy naczyń macierzystych. W wielu opisach tętnica oczna wewnętrzna określana jest jako naczynie słabe (Frąckowiak 2003, Depedrini i Campos 2003, Steven 1964, De La Torre 1959, Gilian 1976, Majewska-Michalska 1995), niekiedy opisywana jest jako naczynie przetrwałe (Steven 1964, Wang 2002). Frąckowiak (2003) pisze, że m. in. u *Chinchillidae* tętnica podstawna unaczyniająca mózgowie wspomagana jest tętnicą szczękową przy pomocy tętnicy ocznej zewnętrznej połączonej z kołem tętnicznym mózgu tętnicą oczną wewnętrzną. W prezentowanych badaniach nie obserwowano połączeń między tętnicą oczną wewnętrzną a tętnicą szczękową i tętnicą oczną zewnętrzną. Nie stwierdzono również cech odwróconego przepływu krwi przez tętnice oczne wewnętrzne. Brak anastomoz pomiędzy tętnicą oczną wewnętrzną i tętnicą szczękową u szynszyli potwierdzają również obserwacje Araújo i Campos (2005). Opisana niezwykła zmienność, symetria i asymetria w obrębie tętnic ocznych u szynszyli jest dowodem na różnorodność biologiczną ssaków, a u *Rodentia* można ją uznać za zmienność strukturalną, powodowaną być może czynnikami środowiskowymi i genetycznymi. Szereg publikacji dotyczących układu naczyniowego głowy u szynszyli pomijało szczegółowe zagadnienia dotyczące zmienności w obrębie tak istotnej struktury naczyniowej jaką jest tętnicze koło podstawy mózgowia. Zdaniem autora uzasadniało to podjęcie badań w tym kierunku i w konsekwencji otrzymanie niezwykle interesujących wyników.

Publikacja druga: Kuchinka J. 2017

Morphometry and Variability of the Brain Arterial Circle in Chinchilla (*Chinchilla laniger Molina*)

Tętnicze unaczynienie mózgowia tworzą gałęzie końcowe tętnicy podstawnej. Kolejno obustronnie odchodzą od nich: tętnice doogonowe mózgu, tętnice środkowe mózgu i tętnice donosowe mózgu. W 54 przypadkach stanowiących 77,1% badanych przypadków koło tętnicze jest otwarte donosowo. Struktury naczyniowe odpowiadające tętnicy łączącej donosowej obecne są w 16 przypadkach - 22,8%. Niestalymi składnikami koła u badanego gatunku są tętnice oczne wewnętrzne oraz asymetrycznie rozwinięte tętnice naczyniówkowe donosowe. Prawa i lewa tętnica kręgowa w swym końcowym przebiegu łączą się ze sobą w miejscu przejścia rdzenia przedłużonego w rdzeń kręgowy tworząc w ten sposób tętnicę podstawną. Końcowe odcinki obu tętnic kręgowych łączą się pod kątem $87,7^{\circ} \pm 9,23$. Końcowe odcinki tętnic kręgowych o porównywalnej średnicy występują w 58 przypadkach (82,8%). W 12 przypadkach (17,1%) różnica w średnicy obu naczyń jest znaczna przy czym w 9 przypadkach (12,8%) naczynie o większej średnicy występuje po stronie lewej.

Tętnica do brzuszna rdzenia odchodzi doogonowo od tętnic kręgowych. Jest ona cienkim naczyniem o średnicy $0,14 \pm 0,03$ mm. W 32 przypadkach (46,3%) powstaje z dwóch krótkich pni odchodzących od obu tętnic kręgowych, które zespalają się na brzusznej powierzchni rdzenia przedłużonego. Obserwowano tu sieć drobnych naczyń tworzących anastomozy pomiędzy sobą i tętnicami kręgowymi. W 31 przypadkach (44,9%) tętnica do brzuszna rdzenia odchodzi od końcowego odcinka lewej tętnicy kręgowej. Tylko w 7 przypadkach (8,6%) odchodzi od prawej tętnicy kręgowej. Następnie przebiega w bruzdzie pośrodkowej brzusznej i dalej biegnąc doogonowo wchodzi do szczeliny pośrodkowej brzusznej rdzenia kręgowego. Tętnica podstawna we wszystkich obserwowanych przypadkach biegnie prostoliniowo w szczelinie pośrodkowej brzusznej rdzenia przedłużonego i dalej w bruzdzie podstawnej mostu. Długość tętnicy podstawnej mierzona od połączenia obu tętnic kręgowych do podziału na dwie gałęzie końcowe na krawędzi dołu międzykonarowego wynosi $11,06 \pm 0,69$ mm. W zależności od wielkości mózgowia szynszyli długość tętnicy podstawnej waha się od 9,4 do 13,4 mm. a jej średnica odpowiednio wynosi $0,76 \pm 0,10$ mm. W jednym przypadku (1,4%) obserwowano tętnicę podstawną jako przedłużenie wyjątkowo obecnej lewej tętnicy szyjnej wewnętrznej. W czterech przypadkach (5,7%) wystąpiło niewielkie, boczne w stosunku do długiej osi naczynia, skrzywienie tętnicy podstawnej bezpośrednio przed jej podziałem. W jednym przypadku (1,4%) dystalna część tętnicy podstawnej uległa skręceniu (*torsio*) o 90° . Mimo takiej konfiguracji obie tętnice mózdkowe donosowe odgałęziają się symetrycznie na tym samym poziomie. Obecna w bruzdzie podstawnej mostu i bruzdzie do brzusznej rdzenia tętnica podstawna oddaje wiele gałęzi m. in.: tętnice mózdkowe doogonowe tętnice mózdkowe donosowe, tętnice

trójdzielne, drobne gałęzie do mostu (*rami ad pontem*). Tętnice doogonowe mózdzku są naczyniami o średnicy $0,22 \pm 0,04$ mm. W 69 (97,1%) przypadkach są naczyniami pojedynczymi. W jednym przypadku (1,4%) podwójne tętnice doogonowe mózdzku obserwowano po stronie lewej. Odchodzą bocznie i grzbietowo na wysokości doogonowego brzegu mostu. Po osiągnięciu mózdzku rozgałęziają się doogonowo pokrywając jego powierzchnię dogrzbietową. W 65 przypadkach (92,%) odgałęziają się na tym samym poziomie. W 5 przypadkach (7,1%) odchodzą na poziomach różniących się o wartość w różnym stopniu przekraczającą średnicę tętnicy podstawnej.

Tętnice donosowe mózdzku obecne są we wszystkich obserwowanych przypadkach. Naczynia te o średnicy $0,32 \pm 0,09$ mm w 48 przypadkach (68,5%) odchodzą z proksymalnych odcinków końcowych gałęzi tętnicy podstawnej w tym w 38 przypadkach (54%) symetrycznie i 14,2% niesymetrycznie. W 7 przypadkach (10,0%) przypadkach tętnice donosowe mózdzku są odgałęzieniami dystalnego odcinka tętnicy podstawnej. W tym wariacie naczyniowym asymetrię obserwowano w jednym przypadku (1,4%). W swoim przebiegu kieruje się bocznie-dogrzbietowo i układa się na dnie szczeliny poprzecznej mózgu w okolicy odpowiadającej kątowii mózdkowo-mostowemu. Pozostałe 15 przypadków (21,4%) miało charakter mieszany, gdzie 6 naczyń (dwa po stronie lewej i cztery po stronie prawej) odchodzą od końcowego odgałęzienia tętnicy podstawnej a w dziewięciu przypadkach, komplementarnie od początkowych części końcowego odgałęzienia tętnicy podstawnej.

Końcowe odgałęzienia tętnicy podstawnej powstają z jej podziału. Biegają początkowo donosowo-bocznie tworząc między sobą kąt $83,8^\circ \pm 15,03^\circ$. Wartości tego kąta jest zmienna i zawiera się w granicach od $40,5^\circ$ do $103,6^\circ$. Przyczynia się to m. in. do zmiennej szerokości koła Willisa, która mierzona w jego najszerszym miejscu wynosi $4,58 \text{ mm} \pm 0,44 \text{ mm}$. Od miejsca odgałęzienia kompleksu tętnic doogonowych mózgu, końcowe odgałęzienia tętnicy podstawnej biegną równoległe, nieco rozbieżnie lub łukowato aż do odchodzących na poziomie skrzyżowania wzrokowego tętnicy środkowej mózgu i tętnicy donosowej mózgu. Średnica końcowego odgałęzienia tętnicy podstawnej bezpośrednio przed podziałem wynosi $0,48 \pm 0,8 \text{ mm}$. Końcowy podział gałęzi tętnic podstawnych to odchodzące bocznie tętnice środkowe mózgu i biegnące donosowo równoległe z tętnicami sitowymi wewnętrznymi tętnice donosowe mózgu.

Tętnice donosowe mózgu odchodzą zazwyczaj ku przodowi i przyśrodkowo w kierunku szczeliny podłużnej mózgu różniąc się średnicą. W 66 przypadkach obserwowano dobrze rozwinięte tętnice donosowe mózgu choć zawsze były widoczne różnice w szerokości

naczyń po stronie prawej i lewej. W 4 przypadkach (5,7%) jednostronnie obserwowano niezwykle cienkie i krótkie naczynia, które wyłącznie topograficznie, można uznać za odpowiedniki tętnicy donosowej mózgu. W trzech przypadkach (4,2%) po stronie prawej i w jednym (1,4%) po stronie lewej.

Równoległe z tętnicami donosowymi mózgu bieżą odchodzące od nich nieco bocznie i donosowo tętnice sitowe wewnętrzne, i równoległe biegnące gałęzie traktu węchowego i opuszki węchowej. Średnica tętnicy donosowej mózgu wynosi 0,35 mm ($\pm 0,07$ mm) przy zróżnicowaniu od 0,26 do 0,50 mm. Tylko w 7 przypadkach (8,5%) oba naczynia posiadały porównywalną średnicę. W czterech przypadkach (7,8%) zaobserwowano jednostronny brak tętnicy donosowej mózgu (3 po stronie prawej, jeden po stronie lewej). Od dominującej pod względem grubości tętnicy donosowej mózgu ku górze (grzbietowo) odchodzi pojedyncza tętnica okołospoidłowa a od niej tętnice spoidłowo-brzeżne. Ich gałęzie korowe wychodzą ze szczeliny podłużnej mózgu na jego powierzchnię. Tętnica okołospoidłowa w 26 przypadkach (37,1%) odgałęziała się od lewej a w 28 przypadkach (40,0%) od prawej tętnicy donosowej mózgu. W pozostałych 16 przypadkach (22,8%) tętnica okołospoidłowa powstaje z łączących się przyśrodkowo w różnej konfiguracji naczyń odpowiadających tętnicom łączącym przednim.

Tętnice środkowe mózgu są naczyniami pojedynczymi we wszystkich zbadanych preparatach naczyniowych. Są największymi odgałęzieniami końcowych gałęzi tętnicy podstawnej, odchodzącymi bocznie na poziomie skrzyżowania wzrokowego i biegnącymi na dnie dołu boczego mózgu. Kąt pomiędzy końcowymi odgałęzieniami tętnicy podstawnej a tętnicami środkowymi mózgu przybiera średnią wartość $105,0^\circ \pm 18,7^\circ$ i charakteryzuje się znaczną zmiennością z wartością min. $62,2^\circ$ i max. $145,9^\circ$. Średnica tętnic środkowych mózgu bezpośrednio za miejscem odgałęzienia od końcowych gałęzi tętnicy podstawnej wynosi $0,48 \pm 0,06$ mm i sukcesywnie zmniejsza się w miarę oddawania kolejnych odgałęzień.

Tętnice doogonowe mózgu obserwowano jako kompleks dwóch, trzech lub czterech naczyń odchodzących pojedynczo lub wspólnymi krótkimi pniami od początkowych odcinków końcowych gałęzi tętnicy podstawnej. W tej samej grupie naczyń dystalnie odchodzą tętnice naczyniówkowe doogonowe. Miejsce odgałęzienia tętnicy doogonowej mózgu i tętnicy trójdzielnej przykrywa początkowy, spłaszczony odcinek nerwu okoruchowego. Symetryczny układ tętnic doogonowych mózgu obserwowano tylko w trzech przypadkach (4,2%). W pozostałych przypadkach po obu stronach występowały różne warianty naczyniowe. Nie obserwowano pojedynczych tętnic doogonowych mózgu. Podwójne naczynia po stronie lewej obserwowano w 39 przypadkach (55,7%), po stronie

prawej to 31 przypadków (44,2%). Potrójne naczynia obserwowano po stronie lewej w 30 przypadkach (41,4%) i w 39 przypadkach (41,7%) po stronie prawej. W jednym przypadku (1,4%) po stronie lewej obserwowano cztery gałęzie naczyniowe tętnic doogonowych mózgu. Na wysokości przysadki od gałęzi końcowych tętnicy podstawnej przysródkowo odchodzą tętnice przysadkowe. Niekiedy odchodzą wspólnym pniem z tętnicą oczną wewnętrzną.

Największa obserwowana zmienność w obrębie naczyń wywodzących się z koła tętniczego mózgu szynszyli dotyczy obecnych w 22 przypadkach (31,4%) tętnic ocznych wewnętrznych. Naczynia te odchodzą od końcowych gałęzi tętnic podstawnych mózgu. Występujące obustronnie - 8 przypadków (11,4%) po stronie lewej 6 przypadków (8,5%), po stronie prawej- 8 przypadków (11,4%). Dodatkowo w 3 przypadkach (4,2%) obserwowano podwójne tętnice oczne wewnętrzne występujące w jednym przypadku (1,4%) obustronnie lub w dwóch przypadkach (2,8%) tylko po stronie prawej. Niekiedy tętnice oczne wewnętrzne odchodzą od końcowych gałęzi tętnicy podstawnej wspólnym pniem razem z tętnicami przysadkowymi. W 6 przypadkach (8,4%) tętnice oczne wewnętrzne są jedynymi naczyniami zaopatrującymi gałkę oczną (brak tętnic ocznych wewnętrznych odchodzących od tętnic szczękowych).

U 14 osobników (20%) obserwowano niesymetryczną odchodzącą bocznie doogonowo tętnicę naczyniówkową donosową. Obserwowano naczynia o średnicy $0,25\text{mm} \pm 0,09$ z min. $0,10\text{mm}$ i max. $0,5\text{mm}$. Po stronie prawej występowała w 5 przypadkach (7,1%), po stronie lewej w 9 przypadkach (12,8%) W swoim przebiegu krzyżowała się doogonowo z układem tętnicy tętnic doogonowych mózgu.

U szynszyli tendencje do występowania niewielkiego stopnia zmienności w obrębie tętnic należących do koła Willisa obserwowano u 44 osobników co stanowi ok 62,8% wszystkich przypadków i sprawia wrażenie normy. Tylko w 3 przypadkach obraz koła tętniczego był wyraźnie symetryczny. Natomiast 23 osobniki (32,8%) wykazują cechy znacznej zmienności naczyniowej w obrębie koła tętniczego mózgu (Willisa). Polega ona na zaburzonej geometrii całego koła, na zmiennych poziomach odgałęzień jego poszczególnych naczyń oraz ich ilości i średnicy.

Gryzoni bardzo często wykorzystywane są do badań doświadczalnych nad niedokrwieniem mózgowia ze względu na schemat unaczynienia mózgowia podobny jak u człowieka (Kowiański i wsp. 2009, Suckow i wsp. 2012)). Dlatego też do prawidłowego wykorzystania modeli zwierzęcych takich jednostek chorobowych konieczna jest znajomość normy oraz zakresu zmienności w obrębie układu naczyń podstawy mózgowia. Jednak część gryzoni posiada inny wzór tętniczy koła tętniczego mózgu (Willisa) co powoduje nieco

odmienny zakres badań. Czynniki zewnątrz- i wewnątrzpochodne często powodują u tych zwierząt występowanie znacznej zmienności w obrębie układu naczyniowego głowy co wymaga dalszych badań.

U szynszyli organizacja koła tętniczego mózgu jest porównywalna z innymi gryzoniami (*Hystrix cristata*, *Hystrix leucura*, *Myocastor coypus*, *Octodon degus*, *Heterocephalus glaber*), u których doszło do obliteracji tętnicy szyjnej wewnętrznej (De Vriese 1905) a głównym źródłem ukrwienia jest tętnica podstawna (Bugge 1971), Araujo i Campos (2005, 2009, 2011), Gielecki i wsp. (1996), Kuchinka (2015). U kapibary Reckziegel i wsp. (2001), u świnki morskiej Bugge, (1971), Ocal i Ozer (1992), Jabłoński (1980), Jabłoński i Brudnicki (1984): do mózgu krew dostarczana jest nie tylko przez tętnice kręgowe, ale również w niewielkim stopniu szczątkowe tętnice szyjne wewnętrzne i tętnice oczne wewnętrzne anastomozujące z tętnicami szczękowymi.

Tętnice kręgowe odgrywają decydującą rolę i są często jedynym źródłem dostarczającym krew do mózgu u takich zbadanych przedstawicieli *Hystricognathi* jak świnka morska (Majewska-Michalska 1994, Ocali Ozer 1992, Kabak i Hiziroglu 2003), nutria (Azambuja 2006) kapibara (Reckziegel i wsp. 2001), szynszyla (Araujo i Campos 2005) jeżozwierza (Aydin i wsp. 2005). Opisywana asymetria tętnic kręgowych dotyczyła średnicy naczyń u szynszyli i dotyczyła 17,1% osobników. Opisano ją również u kapibary (Reckziegel i wsp. 2001), gdzie występowała u 6% badanych osobników.

Pochodzenie tętnic dobrzusznych rdzenia opisane u szynszyli przez Araujo i Campos (2005) różni się od obserwacji autora. Według autora przeważały obecne w 46,3% - obustronne odgałęzienia łączące się w pojedynczą tętnicę dobrzuszna rdzenia. Araujo i Campos (2005) podają, że ten wariant występował w 13,3%. Od lewej tętnicy kręgowej według autora brało początek 44,9% tętnic dobrzusznych rdzenia. Odpowiednio 76,7% podają Araujo i Campos (2005). Analogicznie od prawej tętnicy kręgowej wg autora odchodziło 86% tętnic dobrzusznych rdzenia i 10,0% wg Araujo i Campos (2005). U kapibary (w tym samym porządku) występowało odpowiednio 86,7%, 6,7% i 6,7% przypadków (Reckziegel i wsp. 2001). U świnki morskiej obecne w 7% obustronne pnie tętnicy dobrzusznej rdzenia tworzyły podobnie jak u szynszyli rodzaj wyspy naczyniowej zbudowanej z sieci drobnych naczyń krwionośnych (Jabłoński, 1980). Zakres zmienności tętnicy podstawnej u szynszyli można uznać za niewielki co charakteryzuje większość gryzoni. Niewielkie odchylenie od osi długiej końca tego naczynia można uznać za normę symetrii składowych koła tętniczego, natomiast ciekawym wydaje się być jeden przypadek (1,4%) uformowania się tętnicy podstawnej z tętnicy szyjnej wewnętrznej lewej. U tego samego gatunku podobny układ stanowiący 3,3%

opisany został przez Araujo i Campos (2005). Podobny pojedynczy przypadek opisano również u koszatniczki (Brudnicki i wsp. 2015).

W prezentowanej pracy tętnica mózdkowa doogonowa to naczynie pojedyncze w 97,1%, tylko w jednym przypadku (1,4%) obserwowano naczynia podwójne występujące po lewej stronie. Araujo i Campos (2005) opisują te naczynia jako pojedyncze w 80% i podwójne w 20% po stronie prawej i pojedyncze w 70% podwójne w 30% przypadków po stronie lewej. U kapibary 60% w przypadkach, prawa tętnica doogonowa mózdku była podwójna, natomiast w 40%, to naczynie pojedyncze. Natomiast po lewej stronie podwójna tętnica mózdkowa doogonowa obecna była w 53,3% przypadkach, a pojedyncza w 46,7% (Reckziegel i wsp. 2001). U jeżozwierza Aydin i wsp. (2005) opisują tętnicę mózdkową doogonową jedynie jako odchodzące niesymetrycznie od tętnicy podstawnej. U susła moręgowanego Aydin i wsp. (2009) opisują te naczynia odchodzące symetrycznie od końcowych odcinków tętnic kręgowych.

U szynszyli tętnice mózdkowe donosowe charakteryzują się znaczną zmiennością dotyczącą miejsca ich odgałęziania. W 68% odchodzą od proksymalnych odcinków końcowych gałęzi tętnicy podstawnej, w 10 % odchodzą od dystalnej części tętnicy podstawnej. U pozostałych 21,4 % odgałęzienia mają charakter mieszany. Brudnicki i wsp. (2014) u koszatniczki, podobnie jak Aydin (2008) oraz Aydin i wsp. (2009) u wiewiórki rudej i susła moręgowanego, opisują tętnice mózdkowe donosowe odchodzące od tętnic łączących tylnych, co odpowiada w nomenklaturze stosowanej w prezentowanej pracy, początkowym odcinkom końcowych odgałęzień tętnicy podstawnej. U świnki morskiej Majewska-Michalska (1994) opisuje to naczynie odchodzące pod kątem prostym od górnej 1/3 tętnicy podstawnej.

Znaczny stopień zmienności obserwowano w obrębie tętnic doogonowych mózgu. Naczynia te obserwowano jako nie zawsze symetryczny kompleks dwóch, trzech lub czterech naczyń odchodzących pojedynczo lub wspólnymi krótkimi pniami od początkowych odcinków gałęzi końcowych tętnicy podstawnej. Najbardziej dystalnie odchodzącymi naczyniami kompleksu były tętnice naczyniówkowe doogonowe. Podobną asymetrię i multiplikację gałęzi naczyniowych wchodzących w jego skład, również u szynszyli, odnotowali Araujo i Campos (2005, 2009). Tętnice doogonowe mózgu odchodzące od końcowych gałęzi tętnicy podstawnej opisano u świnki morskiej (Popesko i wsp. 1990), u wiewiórki i susła moręgowanego, (Aydin 2008), Aydin i wsp. 2009), u koszatniczki (Brudnicki i wsp. 2014), kapibary (Reckziegel i wsp, 2001). U jeżozwierza Aydin i wsp. (2005), opisują tętnice doogonowe mózgu odchodzące od tętnicy podstawnej, podobny układ

naczyń również u świnki morskiej opisała Majewska-Michalska (1994), co w porównaniu z obserwacjami Popesko i wsp. (1990) podkreśla zmienność osobniczą.

Dominującą formą tętnicy środkowej mózgu u gryzoni, u których stwierdza się brak tętnicy szyjnej wewnętrznej, jest jej odejście od końcowego odgałęzienia tętnicy podstawnej. Potwierdzają to obserwacje autora oraz Araujo i Campos (2005, 2009), Brudnickiego i wsp. (2014) u koszatniczki. Tu u trzech osobników zaobserwowano dodatkowo podwójne tętnice środkowe mózgu, a u sześciu asymetrię tych naczyń. U wiewiórki, jeżozwierza i susła moręgowanego Aydin (2008) i Aydin i wsp. (2005, 2009) obserwowali tętnice środkowe mózgu będące odgałęzieniami tętnic donosowych mózgu.

W tym miejscu należy zwrócić uwagę na pewien problem nomenklatury. Opis tętnic podstawy mózgowia oparty na podziale końcowego odcinka tętnicy podstawnej występujący u części gryzoni (np. *Hystriognathi*) różni się istotnie od wzorca naczyniowego człowieka i większości kręgowców z obecnymi tętnicami szyjnymi wewnętrznymi. Powoduje to pewną trudność w nazewnictwie naczyń tętnicznych wchodzących w skład koła Willisa. W prezentowanej pracy zastosowano opis naczyń wg którego tętnica podstawna dzieli się na jej dwie symetryczne gałęzie końcowe, przedłużające się w tętnice przednie mózgu a niekiedy w tętnice środkowe mózgu. Według innych autorów Aydin (2008) i Aydin i wsp. (2005, 2009), Brudnicki i wsp. (2014) tętnica podstawna dzieli się na parzyste tętnice łączące doogonowe przedłużające się na różnej wysokości w tętnice donosowe mózgu.

U szynszyli obustronne tętnice donosowe mózgu stanowiły dystalną część końcowych gałęzi tętnicy podstawnej. Podobnie jak u kapibary (Reckziegel i wsp. 2001) cechował je różny stopień rozwoju asymetria, oraz w kilku przypadkach jednostronny zanik. Z zastrzeżeniami dotyczącymi nazewnictwa naczyń pochodzących od tętnicy podstawnej podobny obraz obserwowano u koszatniczki (Brudnicki i wsp. 2014). Porównywalny obraz tętnic donosowych mózgu u wiewiórki, jeżozwierza i susła przedstawił Aydin (2008) i Aydin i wsp. (2005, 2009). Z obserwacji tych wynikało, że obie tętnice donosowe mózgu łączą niekiedy tętnica łącząca donosowa dająca początek tętnicy okołospoidłowej.

Struktury naczyniowe odpowiadające tętnicy łączącej przedniej u szynszyli stwierdzono u ok. 23% osobników, co oznacza że w większości (ok 75%) prezentuje on otwarty donosowo typ koła Willisa. Podobny wynik u kapibary (ok.70%) przedstawił Reckziegel i wsp. (2001). Obecność tętnicy łączącej przedniej odnotowano u koszatniczki (Brudnicki i wsp. 2014), u wiewiórki, jeżozwierza, Aydin (2005) i Aydin i wsp. (2008, 2009). Majewska-Michalska (1994) u świnki morskiej i Aydin i wsp. (2009) u susła nie stwierdzają obecności tętnicy łączącej przedniej. Gielecki (1996) u szynszyli nie obserwował anastomoz

między tętnicami donosowymi mózgu.

Tętnicę okołospoidłową odchodzącą niesymetrycznie od prawej lub lewej tętnicy przedniej mózgu obserwował Aydin i wsp. (2009) u susła moręgowanego. U jeżozwierza i kapibary naczynia biegnące do ciała modzelowatego odchodzą od tętnicy łączącej przedniej (Aydin i wsp. 2005, Reckziegel i wsp. 2001). U koszatniczki tętnica okołospoidłowa bierze początek z połączenia obu tętnic przednich mózgu (Davis i wsp. 2014). U szynszyli tętnica okołospoidłowa pochodzi w większości przypadków od lepiej rozwiniętej tętnicy donosowej mózgu, lub ze struktur naczyniowych odpowiadających tętnicy łączącej przedniej. Niesymetryczny wykształcone tętnice donosowe mózgu opisali również Araujo i Campos (2005).

Tętnica naczyniówkowa doogonowa została opisana jako cienkie symetryczne naczynie u wiewiórki i susła przez Aydina (2008), Aydina i wsp. (2005, 2009) i koszatniczki przez Brudnickiego i wsp. (2014). Natomiast u 20 % badanych szynszyli obserwowano dobrze rozwinięta występująca jednostronnie (7% po stronie lewej i 13 % postronnie prawej) tętnicę naczyniówkową donosową.

Największa zmienność w obrębie naczyń wywodzących się z koła tętniczego mózgu szynszyli dotyczy obecnych w 22 przypadkach (31,4%) tętnic ocznych wewnętrznych. Naczynia te odchodzą z końcowych gałęzi tętnicy podstawnej. Występujące obustronnie - 8 przypadków (11,4%) po stronie lewej 6 przypadków (8,5%), po stronie prawej- 8 przypadków (11,4%). Dodatkowo w 3 przypadkach (4,2%) obserwowano podwójne tętnice oczne wewnętrzne występujące: w jednym przypadku (1,4%) obustronnie lub w dwóch przypadkach (2,8%) tylko po stronie prawej. Niekiedy tętnice oczne wewnętrzne odchodzą od końcowych gałęzi tętnicy podstawnej wspólnym pniem z tętnicami przysadkowymi. W 6 przypadkach (8,4%) tętnice oczne wewnętrzne są jedynymi naczyniami zaopatrującymi gałkę oczną (brak tętnic ocznych wewnętrznych odchodzących od tętnic szczękowych).

U badanych szynszyli obserwowano tendencję do występowania zmienności w obrębie naczyń należących do tętniczego koła podstawy mózgu. W 44 przypadkach (62,8%) jest ona na tyle niewielka, że jej występowanie można zaliczyć do symetrycznej odmiany koła Willisa. 23 przypadki 32,8% wykazują cechy znacznej zmienności naczyniowej w obrębie koła. Tylko w 3 przypadkach obraz koła tętniczego był wyraźnie symetryczny.

Tętnice oczne wewnętrzne u szynszyli zostały wcześniej opisane przez autora artykułu (Kuchinka 2015). Pewien zakres tej zmienności u szynszyli opisali Roskosz i wsp. (1988), Araujo i Campos (2005) a u kapibary Reckziegel i wsp. (2001). U świnki morskiej obecność tych naczyń zaznaczyli Ocal i Ozer (1992), oraz Popesko i wsp. (1990).

Publikacja trzecia: Kuchinka J. 2017**Internal ophthalmic arteries within the brain-base arterial system in guinea pigs**

Badania doświadczalne nad układem naczyniowym głowy w tym również nad niedokrwieniem mózgowia prowadzone są na kilku gatunkach gryzoni. Dzięki dobrej znajomości fizjologii oraz budowy anatomicznej myszy, szczura czy skoczka mongolskiego, u których schemat unaczynienia mózgowia podobny jest do ludzkiego, zwierzęce modele doświadczalne procesu niedokrwiennego mózgowia stały się niezastąpionym narzędziem w badaniach podstawowych (Kowiański i wsp. 2009).

Po raz pierwszy świnka morska wykorzystana została do badań przez Antoine'a Lavoisier'a około 1700 roku. Przedmiot badań stanowiła wtedy fizjologia układu oddechowego. „Overtime guinea pig became synonymous with experimentations” (Suckow 2012). Świnka morska jako zwierzę laboratoryjne ma swoją pozycję w badaniach układu naczyniowego. U tego gatunku Shively i Stump (1974) opisali między innymi układ naczyniowy świnki morskiej a Mazensky i wsp. (2014) prowadził eksperymentalne badania nad niedokrwieniami uszkodzeniami rdzenia kręgowego.

Szczególnym ukształtowaniem układu tętniczego mózgowia odznaczają się: skoczek mongolski (*Meriones unguiculatus*) oraz niektóre gatunki myszy, u których zazwyczaj brak tętnic łączących tylnych, tworzy otwarty kaudalnie typ koła (Okuyama 2004, Szczurkowski i wsp. 2007, Kuchinka i wsp. 2008, Kowiański i wsp. 2009). Choć Kowiański i wsp. (2009) uważają, że w takim przypadku nie można mówić o istnieniu kręgu tętniczego mózgowia. Takie warianty budowy układu naczyniowego gryzoni mogą sprzyjać wytwarzaniu w warunkach doświadczalnych niedokrwienia w układzie tętnicy szyjnej wewnętrznej, (Kowiański i wsp. 2009). Mogą również stwarzać warunki do prowadzenia eksperymentalnych badań nad uszkodzeniami rdzenia kręgowego (Mazensky wsp. 2014). Innym aspektem znajomości układu naczyniowego gryzoni jest wykorzystanie jej jako podstawy do klasyfikacji systematycznych i taksonomicznych (Guthrie 1963, Bugge 1985). Koło tętnicze mózgu u szczurów jest utworzone przez gałęzie tętnicy szyjnej wewnętrznej i tętnicy podstawnej. U szczura Esteves (2013) opisał kompletne (z tętnicą łączącą donosową i parzystymi tętnicami łączącymi doogonowymi) tętnicze koło mózgowia. U tego gatunku występują bardzo silnie rozwinięte tętnice łączące tylne, co sprawia, że prawie 60% objętości krwi docierającej do mózgowia pochodzi z układu kręgowo-podstawnego (Kowiański i wsp. 2009).

Układ naczyniowy głowy wraz z kołem tętniczym u gryzoni charakteryzuje się

znacznym zróżnicowaniem. Zostało to opisane w wielu publikacjach (Tandler 1888, Pilleri 1983 Frąckowiak i Śmiełowski 1998, Reckziegel i wsp. 2001, Frąckowiak 2003, Araújo i Campos 2005, 2009, 2011, Szczurkowski i wsp. 2007, Kuchinka i wsp. 2008, Brudnicki i wsp. 2015, Kuchinka 2015, Kuchinka 2017). Zdaniem autora temat ten wart jest uzupełnienia wnioskami wynikającymi z badań przeprowadzonych na śwince morskiej. Wnioski te dotyczą opisu (morfologii) anatomii kompleksu: *tętnica oczna wewnętrzna - tętnica oczna zewnętrzna - tętnica szczękowa*, oraz niewyjaśnionego udziału wewnątrzczaszkowego segmentu tętnicy szyjnej wewnętrznej w tworzeniu tętniczego koła podstawy mózgowia.

Tętnicze koło podstawy mózgowia (koło Willisa) u świnki morskiej przypomina typowy układ naczyń obserwowany u ssaków choć podkreślić należy występowanie pewnych wyjątków. Tętnica szyjna wewnętrzna (jeżeli występuje) jest naczyniem szczątkowym z nierozwiniętym lub ze słabo rozwiniętym segmentem wewnątrzczaszkowym. Obserwowano je w tylko w jednym przypadku jako strukturę naczyniową o średnicy ok. 0,15 mm, odchodzące donosowo od tętnicy szyjnej wspólnej tuż za tętnicą potyliczną. Po przejściu przez podstawę czaszki w okolicy krawędzi puszkii słuchowej naczynie to kierowało się do podstawy mózgu gdzie przyłączyło się do tętnicy łączącej doogonowej koła tętniczego mózgu. Pozostałe obserwacje nie wykazywały obecności wewnątrzczaszkowego segmentu tętnicy szyjnej wewnętrznej. Podkreśla to brak udziału tętnicy szyjnej wewnętrznej w tworzeniu koła Willisa u świnki morskiej. Osobliwością układu naczyniowego głowy świnki morskiej jest występowanie odcinkowych zdwojeń (fenestracji) naczyń tętnicznych. Obserwowano je na przebiegu tętnic ocznych zewnętrznych oraz tętnic szczękowych. Niekiedy ich długość była równa długości naczynia macierzystego, natomiast średnica naczyń w obrębie jednej fenestracji była różna.

Tętnice kręgowo o średnicy ok. 0,6 mm. łączą się pod kątem o około 75° i tworzą mierzącą ok. 9 mm. długości i ok. 0,7 mm. Średnicy, tętnicę podstawną. Biegając donosowo układu się w bruździe podstawnej mostu. Doogonowo z okolicy połączenia obu tętnic kręgowych obserwowano tętnicę doogonową rdzenia o średnicy ok. 0,3 mm. Dochodząc do krawędzi przedniej (donosowej) mostu tętnica podstawna ulega podziałowi na dwa odgałęzienia końcowe o długości ok. 3 mm każde. Od nich odchodzą kolejno tętnice donosowe mózdzku, tętnice naczyniówkowe doogonowe i tętnice doogonowe mózgu. Powyżej odejścia tętnicy naczyniówkowej doogonowej obserwowano biegnące donosowo symetryczne tętnice łączące doogonowe o średnicy ok. 0,35 mm i długości ok. 6 mm. Łączą one układ kręgowo-podstawny z donosowym segmentem tętniczego koła podstawy mózgowia. Tworzą go tętnice oczne wewnętrzne, tętnice donosowe mózgu i odchodzące

bocznie charakterystycznym „syfonem” tętnice środkowe mózgu. Tętnice donosowe mózgu są naczyniami niesymetrycznymi. W badanych przypadkach prawa lub lewa tętnica donosowa mózgu biegnie przyśrodkowo w kierunku szczeliny pośrodkowej. Nie obserwowano tętnicy łączącej donosowej. Na szczególną uwagę zasługują bardzo dobrze rozwinięte, symetryczne tętnice oczne wewnętrzne. Odchodzą z donosowej części koła tętniczego mózgu gdzie biorą swój początek tętnice środkowe mózgu. Biegają donosowo i bocznie przechodząc dalej bez wyraźnej granicy w krótkie anastomozy których granice są trudne do ustalenia. Anastomozy łączą się dalej z tętnicami ocznymi zewnętrznymi. Te ostatnie odgałęziają się od tętnic szczękowych. Porównanie cech morfologicznych oraz wartości średnic naczyń może sugerować obecność ciągu naczyniowego zaopatrującego jako drugie źródło donosową część koła Willisa. Pomiedzy obiema tętnicami ocznymi wewnętrznymi u wszystkich badanych osobników obserwowano tętnicę międzyoczną (*a. interophthalmica*). Jej długości była zmienna i wynosiła od ok. 3,5 do 7,3 mm a średnica ok. 0,4 mm.

Obraz anatomiczny (przebieg i średnica) kompleksu - tętnica oczna wewnętrzna, anastomoza i tętnica oczna wewnętrzna – wskazują, że u świnki morskiej może on tworzyć główny szlak naczyniowy mający swoje źródło w tętnicy szczękowej unaczyniając donosową część mózgowia świnki morskiej oraz gałkę oczną. Zatem w tętnicy ocznej wewnętrznej musi zachodzić odwrócony przepływ naczyniowy (back flow). Opisany szlak naczyniowy przedłuża się bocznie w tętnicę środkową mózgu a doogonowo łączy się z tętnicą łączącą tylną.

Tętnica oczna zewnętrzna w kierunku tylnego bieguna gałek ocznych oddają tętnice rzęskowe krótkie i długie, tętnice środkowe siatkówki, gałęzie mięśniowe, gruczołowe oraz gałęzie do pozostałej zawartości oczodołu.

Organizacja koła tętniczego mózgu u świnki morskiej jest w części porównywalna z innymi gryzoniami. Implikacje wynikające z niejednoznacznego udziału w unaczynieniu mózgowia przez tętnicę szyjną wewnętrzną na rzecz tętnicy ocznej wewnętrznej zostały zauważone przez badaczy. Jednak znalazło to potwierdzenie w niewielu opracowaniach. Te nie dość przejrzyste wyjaśnienia udział kompleksu: **tętnica szczękowa - tętnica oczna zewnętrzna - tętnica oczna wewnętrzna** w unaczynieniu mózgowia u świnki morskiej.

Jak podaje Frąckowiak (2003) za Platzer (1974), Bugge (1971) i Wibble (1987), tętnica szczękowa jest tylko anastomozą pomiędzy tętnicą szyjną zewnętrzną a tętnicą strzemiączkową. Dlatego też Bugge (1985) stwierdza, że u wszystkich marowatych, do których zalicza się świnka morska, brak jest tętnic szyjnych wewnętrznych, lub występuje ich postać szczątkowa, a mózgowie zaopatrywane jest przez system kręgowo-podstawny,

wspomagany przez tętnicę szyjną zewnętrzną (w klasycznym ujęciu przez tętnicę szczękową). Tak opisany specyficzny wkład tętnicy szyjnej zewnętrznej w unaczynienie donosowej części mózgu, nie został opisany u innych ssaków.

Shively i Stump (1974) określają tętnice szyjne wewnętrzne jako cienkie naczynia łączące się wprawdzie z kołem Willisa ale ich realny wkład w unaczynienie mózgowia stawiają pod znakiem zapytania. Tętnice oczne wewnętrzne opisane zostały jako naczynia o średnicy zbliżonej do tętnicy podstawnej, co podkreśla ich znaczący lub najważniejszy wkład w unaczynienie mózgowia. Podobny opis u świnki morskiej przedstawili Ocal i Ozer (1992). Wyniki badań przedstawionych powyżej pokrywają się z się z obserwacjami autora. W obu tych przypadkach tętnice oczne wewnętrzne poprzez krótkie anastomozy łączą się z tętnicami ocznymi zewnętrznymi, które są gałęziami tętnic szczękowych. Przeciwnościem tych obserwacji są wyniki badań, w których u świnki morskiej nie odnotowano obecności tętnic ocznych wewnętrznych i/lub tętnic szyjnych wewnętrznych. Jabłoński (1980) u świnki morskiej wykazuje wyłącznie tętnicę podstawną jako jedyne źródło zaopatrujące mózgowia. Autor ten nie wspomina nic o istnieniu tętnic szyjnych wewnętrznych lub tętnic ocznych wewnętrznych. Stwierdza jednak, że u świnki morskiej unaczynienie mózgowia wykształcone jest odmiennie niż u innych przebadanych gryzoni. Interesującą zbieżnością obserwacji autora i Jabłońskiego (1980) jest występowanie fenestracji (pętli naczyniowych) w obrębie części proksymalnej tętnicy podstawnej (Jabłoński 1980) oraz tętnic szczękowych, i tętnic ocznych zewnętrznych obserwowanych przez autora.

Majewska-Michalska (1994) przedstawia swoją wersję unaczynienia mózgowia u świnki morskiej opartą na obecności tętnicy podstawnej i tętnic szyjnych wewnętrznych. W tym wypadku brak jest jakiegokolwiek wzmianki o obecności tętnic ocznych wewnętrznych. Zdaniem autora różnice w opisie unaczynienia mózgowia u świnki morskiej mogą wynikać z badań mózgowia wypreparowanego z jamy czaszki zamiast obserwacji prowadzonych *in situ*. Innym powodem rozbieżnych danych w tym zakresie może być zmienność wzorców naczyniowych głowy w obrębie tętnic podstawy mózgowia co jest cechą charakterystyczną dla gryzoni (Kuchinka 2017). Przykłady takiej zmienności w obrębie tętnic ocznych wewnętrznych zostały opisane u szynszyli (Kuchinka 2015). U tego gatunku obserwowano tętnice oczne wewnętrzne odchodzące z końcowych gałęzi tętnicy podstawnej zarówno symetrycznie jak i oddzielnie po stronie lewej i prawej oraz w jako symetryczne i jednostronne naczynia podwójne. W literaturze nie napotkano na opis przypadków gdzie, tak jak u szynszyli tętnice oczne wewnętrzne były jedynymi naczyniami zaopatrującymi w krew gałkę oczną przy jednoczesnym braku tętnic ocznych zewnętrznych odchodzących od tętnic

szczękowych (Kuchinka 2015). Tętnice donosowe mózgu wg Jabłońskiego (1980) występują zarówno jako naczynia symetryczne, jednak o różnej średnicy oraz jako naczynia występujące jednostronnie. Majewska-Michalska (1994) opisuje tętnice donosowe mózgu jako prawdopodobnie symetryczne końcowe odgałęzienia tętnic szyjnych wewnętrznych. Nie stwierdza również obecności tętnic ocznych wewnętrznych oraz tętnicy łączącej donosowej. Librizzi i wsp. (1999) opisując unaczynienie struktur układu limbicznego u świnki morskiej na schemacie pokazuje oprócz tętnicy podstawnej również obecność tętnic szyjnych wewnętrznych, symetrycznych tętnic donosowych mózgu jak również tętnicy łączącej donosowej. Boyd i wsp. (1967) nie opisuje lecz na precyzyjnym rysunku unaczynienia żuchwy wykazuje wyraźną tętnicę szyjną wewnętrzną odchodzącą od tętnicy szyjnej wspólnej. Zauważają to w swojej dyskusji Shively i Stump (1974). U innego przedstawiciela marowatych – kapibary, anastomozy pomiędzy tętnicami ocznymi wewnętrznymi a tętnicami szczękowymi opisali Reckziegel i wsp. (2001). Autorzy ci z jednej strony przypisują im funkcję kompensacyjną z drugiej jednak strony uważają, że przepływ krwi nie może być skierowany w stronę koła tętniczego, ale ku tętnicy ocznej wewnętrznej. Tętnica łącząca międzyoczną obserwowana przez autora u świnki morskiej przy braku tętnicy łączącej donosowej może mieć znaczenie kompensacyjne. Naczynie to u królika jako „consensual ocular response” zostało opisane przez Fostera i wsp. (1979).

Podsumowując: otrzymane wyniki w zestawieniu z niejednoznacznymi danymi literaturowymi wskazują na zasadność badań podjętych przez autora oraz prowadzenie dalszych badań anatomoporównawczych układu naczyniowego głowy u świnki morskiej. Badania *in situ* z zachowaniem ciągłości naczyń tworzących źródła tętniczego zaopatrzenia koła Willisa potwierdzają, zdaniem autora, udział tętnicy podstawnej oraz tętnic ocznych wewnętrznych w tętniczym zaopatrzeniu mózgowia.

Publikacja czwarta: Kuchinka J. 2018

Stapedial artery in Mongolian gerbil (*Meriones unguiculatus*)

Tętnica strzemiączkowa to pierwotne naczynie tętnicze układu naczyniowego głowy ssaków. Swoją nazwę zawdzięcza przebiegowi w jamie bębenkowej gdzie przechodzi między ramionami strzemiączka. Obszar unaczynienia tego naczynia obejmuje okolice nadoczodołową, podoczodołową i żuchwową (Wible 1987). U człowieka w pełni rozwoju występuje tylko u zarodka osiągając do 20 mm długości. Przetrwiała tętnica strzemiączkowa jest bardzo rzadką wrodzoną anomalią naczyniową ucha środkowego. Rozpoznanie tej wady jest zazwyczaj przypadkowe w badaniu CT piramid kości skroniowej lub śródoperacyjnie

(Silbergleit i wsp. 2000). W rozwoju rodowym tętnica strzemiączkowa jest poprzednikiem tętnicy szczękowej. U wielu ssaków przetrwała tętnica strzemiączkowa obecna jest również w życiu dorosłym. W 1899 roku Tandler opisał rozwój tętnicy strzemiączkowej u niektórych gatunków ssaków. Tętnica strzemiączkowa u szczura została opisana m. in. przez Bugge (1970, 1974), Kukwę i wsp. (2010), u chomika syryjskiego przez Michael i Rothke (1960). Jej obecność u dorosłych dziobaków, owadożernych, nietoperzy, palczaków lemurów, szczerbaków i gryzoni odnotowana była przez Platzera (za Frackowiakiem 2003). Część badań z zakresu zaopatrzenia tętnicy strzemiączkowej potwierdza, że unaczynia ona głównie struktury twarzoczaszki. Nieliczne prace wskazują, że u niektórych zwierząt (np. u szczura) tętnica strzemiączkowa zaopatruje także gałkę oczną (Kukwa i wsp. 2010).

Należący do *Muridae* - *Meriones unguiculatus* należy do gryzoni z zachowaną dobrze rozwiniętą tętnicą strzemiączkową. Posiada również otwarte doogonowo koło tętnicze mózgowia. Tętnica postawna zaopatruje mózdzek i most poprzez odpowiednio donosowe i doogonowe tętnice mózdkowe oraz *rami ad pontem*. Bardzo dobrze rozwinięte tętnice szyjne wewnętrzne na podstawie mózgowia biegnąc zbieżnie donosowo oddają kolejno: tętnice doogonowe mózgu, tętnice środkowe mózgu i tętnice donosowe mózgu. Tętnice donosowe mózgu proksymalnie połączone są tętnicą łączącą donosową. Nie stwierdzono natomiast połączeń pomiędzy tętnicami szyjnymi wewnętrznymi a tętnicą podstawną co tworzy niekompletna formę koła Willisa u tego gatunku (Künzel 1985, Kuchinka i wsp. 2008). Brak dokładniejszego opisu przetrwałej tętnicy strzemiączkowej u dorosłych gryzoni skłoniło autora do próby jej opisanie u skoczka mongolskiego.

We wszystkich badanych przypadkach symetryczne tętnice strzemiączkowe odchodziły od tętnic szyjnych wewnętrznych około 2 mm powyżej końcowego podziału tętnic szyjnych wspólnych. Tętnica szyjna wewnętrzna rozpoczynała się jako biegnąca początkowo grzbietowo gałąź tętnicy szyjnej wspólnej. W okolicy mięśnia dwubrzuścowego dalej kierowała się przyśrodkowo i donosowo. Następnie wchodziła na podstawę mózgowia tworząc środkową i donosową część koła Willisa. Biegnąc zbieżnie donosowo w obrębie podstawy mózgowia tętnica szyjna wewnętrzna odgałęziała kolejno tętnicę doogonową mózgu, tętnicę naczyniówkową doogonową, tętnicę środkową mózgu i tętnicę donosową mózgu wraz z tętnicą sitową wewnętrzną. Dwa krótkie pnie tętnicze funkcjonalnie odpowiadające tętnicy łączącej donosowej łączyły się pod ostrym kątem w donosowej części koła Willisa. Z miejsca tego połączenia, otaczając ciało modelowate, doogonowo odchodziła tętnica okołospoidłowa. W żadnym przypadku tętnica szyjna wewnętrzna nie nawiązywała kontaktu z tętnicą podstawną tworząc w ten sposób otwartą doogonowo formę tętniczego koła

podstawy mózgowia.

Z miejsca podziału tętnicy szyjnej wspólnej odchodziła biegnąca dogrzbietowo i doogonowo tętnica potyliczna oraz tętnica szyjna zewnętrzna odchodząca donosowo pod kątem ok. 90° . Po ok. 3 mm odgałęziały się od niej m.in. tętnica językowa, tętnica podjęzykowa i biegnąca bocznie tętnica policzkowa.

U wszystkich badanych osobników tętnica strzemiączkowa odchodziła od tętnicy szyjnej wewnętrznej w tej samej osi i jako naczynie o zbliżonej średnicy. Po wejściu do puszkii bębenkowej, tętnica strzemiączkowa biegła łukowato do niszy okienka owalnego ślimaka przechodząc tam między ramionami strzemiączka i dalej w kanale kostnym dołu środkowego czaszki kierowała się donosowo. Nie obserwowano gałęzi nadoczodołowej i żuchwowej tętnicy strzemiączkowej. Całe zaopatrzenie struktur oczodołu odbywało się poprzez gałąź podoczodołową tętnicy strzemiączkowej zwaną dalej dla uproszczenia opisu, tętnicą strzemiączkową. Pierwszym obserwowanym odgałęzieniem tętnicy strzemiączkowej po opuszczeniu kanału kostnego była biegnąca dogrzbietowo tętnica oponowa środkowa. Zaopatrywała ona oponę twardą dwoma gałęziami: ciemieniową i czołową. Nieco dalej pionowo i ku dołowi odchodziła silnie rozgałęziająca się tętnica żwaczowa. Po wyjściu z kanału kostnego tętnica strzemiączkowa biegła pod zwojem i nerwem trójdzielny krzyżując od dołu i przyśrodkowo gałąź żuchwową nerwu trójdzielnego (V3). W okolicy dna oczodołu od tętnicy strzemiączkowej odgałęział się pod kątem ok. 50° pień tętnicy ocznej wewnętrznej. Naczynie to biegnąc donosowo w okolicy tylnego bieguna gałki ocznej dzieliło się oddając liczne gałęzie w tym właściwą tętnicę oczną wewnętrzną, tętnicę nadoczodołową, tętnicę sitową zewnętrzną, oraz liczne gałązki naczyniowe zaopatrujące mięśnie zewnętrzne gałki ocznej, ciało tłuszczowe oczodołu, oraz gałęzie dochodzące do niezwykle masywnego gruczołu Hardera i gruczołów łzowych. Przy tylnym biegunie gałki ocznej właściwa tętnica oczna wewnętrzna zataczała łuk nad nerwem wzrokowym i wnikała przy jego dolnej krawędzi do wnętrza gałki ocznej jako tętnica środkowa siatkówki. W tym miejscu oddzielały się biegnące równikowo tętnice rzęskowe długie. Bardzo cienka tętnica oczna wewnętrzna obecna była we wszystkich badanych przypadkach. Każdorazowo była naczyniem o średnicy ok. 0,7 mm. Zawsze występowała symetrycznie i odchodziła od dystalnego odcinka tętnic szyjnych wewnętrznych przed odgałęzieniem tętnic środkowych mózgu. Towarzyszyła nerwowi wzrokowemu biegnąc po jego boczno-dolnej powierzchni w żadnym przypadku nie osiągając okolic tylnego bieguna gałki ocznej. Z miejsca odgałęzienia pnia tętnicy ocznej bocznie odchodziła tętnica podoczodołowa dzieląc się w okolicy podoczodołowej na wiele gałązek końcowych. U skoczka mongolskiego w dalszym przebiegu główny pień tętnicy

strzemiączkowej stanowiła gałąź podoczodołowa, która po oddzieleniu pnia tętnicy ocznej zewnętrznej po krótkim przebiegu oddawała tętnicę podniebienną zstępującą i tętnicę podniebienną większą. Odchodząca od pnia tętnicy ocznej zewnętrznej tętnica podoczodołowa kierowała się bocznie i przechodziła pod dolną ścianą oczodołu i w okolicy podoczodołowej rozpadała się na gałązki końcowe. Przeprowadzone badania wskazują na tętnicę strzemiączkową jako na jedyne źródło zaopatrzenia tętniczego tkanek oczodołu i samej gałki ocznej.

Tętnica strzemiączkowa jest przedmiotem szeregu badań prowadzonych na wielu gatunkach zwierząt, a także u człowieka, przedstawiając przede wszystkim kliniczny aspekt występowania przetrwałej tętnicy strzemiączkowej. Analizę przebiegu i gałęzi tętnicy strzemiączkowej u różnych gryzoni, u których ma ona charakter naczynia przetrwałego przeprowadził Bugge (1970). W 1984 roku Tominaga opisał tętnicę strzemiączkową i oponową środkową u królika. Tętnicza część układu naczyniowego głowy gryzoni oparta jest na zróżnicowanej sieci naczyń powstałych z odgałęzień: tętnic szyjnych wewnętrznych, tętnic szyjnych zewnętrznych, tętnic strzemiączkowych oraz tętnic kręgowych (Bugge 1970, 1972, 1985). Pierwotny wzorzec naczyniowy w oparciu o naczynia przetrwałe albo zanikające w wyniku obliteracji, przekształca się w układ ostateczny charakterystyczny dla osobnika dorosłego (Frąckowiak 2003, Tominaga 1984). Losy tętnicy strzemiączkowej świadczą o tym, jak część obszaru rozgałęzienia tętnicy szyjnej wewnętrznej zostaje jej odebrana przez tętnicę szyjną zewnętrzną (Bochenek 1993). A u wielu gryzoni (i wielu innych ssaków) proces redukcji tętnicy szyjnej wewnętrznej zakończył się jej całkowitą obliteracją, tak że dopływ krwi do mózgowia został przejęty przez tętnicę podstawną wspomaganą niekiedy (jak u świnki morskiej) przez tętnice oczne wewnętrzne odchodzące od tętnic szczękowych (Ocal i Ozer 1992). W analizowanym przez Bugge (1970, 1972, 1985) materiale tętnica strzemiączkowa odchodziła od tętnicy szyjnej wewnętrznej i była naczyniem dobrze wykształconym. U większości osobników główny pień tętnicy strzemiączkowej dzielił się na gałęzie: nadoczodołową, podoczodołową i żuchwową. Obszar zaopatrzenia systemu tętnicy strzemiączkowej obejmował głównie oczodół, okolice szczęki i żuchwy. Według Bugge (1970), Wible (1984), Frąckowiaka (2003) u pewnej grupy gryzoni zrealizował się trend ewolucyjny polegający na redukcji jednej lub więcej pierwotnych gałęzi podziałowych tętnicy strzemiączkowej, pozostawiając u skoczka mongolskiego gałąź podoczodołową.

U *Macroscelididae* gałąź żuchwowa tętnicy strzemiączkowej zanika już w odcinku początkowym, a zanik tętnicy ocznej wewnętrznej powoduje, że tętnica strzemiączkowa oprócz tkanek oczodołu zaopatruje także gałkę oczną, wytwarzając zespolenia między tętnicą

szyjną wewnętrzną a wspólnym pniem tętnicy sitowej i czołowej (Bugge 1972).

U *Tupaiaidae* gałęzie podoczodołowa i żuchwowa oraz tętnica oczna wewnętrzna zanikają natomiast dobrze rozwinięta gałąź nadoczodołowa zaopatruje oponę twardą oraz oczodół ze szczególnym uwzględnieniem gałki ocznej (Bugge 1972).

U *Lemuridae* zanika dystalna część pnia tętnicy strzemiączkowej i traci kontakt z gałęzią podoczodołową i żuchwową tętnicy strzemiączkowej. Dobrze rozwinięta gałąź nadoczodołowa zaopatruje gałkę oczną, oczodół i oponę twardą. U lemurowatych dochodzi do dystalnego zaniku tętnicy szyjnej wewnętrznej, a unaczynienie mózgowia przejmuje tętnica kręgową (Bugge 1972).

U małpatek, podobnie jak u człowieka, tętnica strzemiączkowa zanika w okolicy strzemiączka, a unaczynienie oczodołu przejmuje tętnica szyjna wewnętrzna (Bugge 1972).

U wszystkich opisanych przez Bugge (1970, 1971, 1972, 1985) gatunków zaopatrzenie gałki ocznej przez tętnicę strzemiączkową wynikało nie z bezpośredniego jej unaczynienia lecz z wytworzenia zespołań między tętnicą strzemiączkową a tętnicą oczną, tak jak np. u jeżowatych (*Erinaceoidea*). Tu tętnica strzemiączkowa zaopatruje także gałkę oczną poprzez zespolenia gałęzi nadoczodołowej i podoczodołowej z tętnicą oczną zewnętrzną i tętnicą oczną wewnętrzną.

W przedstawionych przez autora badaniach u skoczka mongolskiego podobnie jak u szczura (Kukwa i wsp. 2010) tętnica strzemiączkowa zaopatrywała struktury oczodołu i szczękę, ale przede wszystkim poprzez tętnicę oczną zewnętrzną gałkę oczną. Sugeruje to, że strzemiączko stanowi wygodne „wrota” dla przejścia tętnicy strzemiączkowej minimalizując problemy swobodnego przepływu krwi tętniczej. W 1989 roku Diamond zwrócił uwagę na występującą u szczura koarktację i potencjalny wpływ drgań niskiej częstotliwości wytwarzanych przez strumień krwi na wewnętrzną średnicę strzemiączka. U skoczka mongolskiego w żadnym przypadku nie obserwowano anastomoz łączących układ tętnicy strzemiączkowej i tętnicy szyjnej wewnętrznej. Da Silva i wsp. (2013), Manjunath (2001), Hayreh i Dass (1962) sugerują podstawowy związek pomiędzy rozwojem tętnicy ocznej i tętnicy oponowej środkowej, z embrionalną tętnicą strzemiączkową. Według Bugge (1970) u różnych gatunków zwierząt tętnica oponowa środkowa odchodziła od gałęzi nadoczodołowej tętnicy strzemiączkowej. Badając w różnych aspektach tętnicę strzemiączkową u dorosłych szczurów Kukwa i wsp. (2010), Boulin (1981), Ortug (2001), obserwowali tętnicę oponową środkową, odchodzącą od głównego pnia tętnicy strzemiączkowej. Podobny układ obserwowano u skoczka mongolskiego gdzie tętnica oponowa środkowa odgałęziała się od pnia tętnicy strzemiączkowej po przejściu przez strzemiączko, jednak w znacznej od niego

odległości. Diamond (1987), podaje, że u wszystkich ssaków łożyskowych, i u człowieka, unaczynienie oczodołu, z wyjątkiem unaczynienia gałki ocznej w rozwoju embrionalnym, pochodzi z tętnicy strzemiączkowej. Natomiast gałka oczna zaopatrywana jest przez tętnicę oczną, która w większości przypadków odchodzi od tętnicy szyjnej wewnętrznej. Nie dotyczy to jednak tych grup zwierząt u których doszło do obliteracji tętnicy szyjnej wewnętrznej. Wtedy tętnica oczna zewnętrzna staje się gałęzią tętnicy szczękowej i niekiedy jest wspomagana przez bardzo dobrze rozwinięte tętnice oczne wewnętrzne odchodzące z donosowej części koła tętniczego mózgu. Szczególny sposób oraz dużą zmienność tętniczego zaopatrzenia oczodołu u szynszyli opisał Kuchinka (2017) oraz Ocal (1992) u świnki morskiej. U człowieka Hayreh i wsp. (1962) opisali kilka przypadków zaopatrzenia gałki ocznej pochodzącego z tętnicy oponowej środkowej. Bervini i Assaad (2014) u człowieka opisali przypadek odejścia tętnicy ocznej od tętnicy przedniej mózgu.

Tętnice oczne wewnętrzne u skoczka mongolskiego są naczyniami słabo rozwiniętymi a więc mają niewielki wpływ na unaczynienie tkanek oczodołu.

W literaturze obecne są liczne prace przedstawiające morfologię tętnicy strzemiączkowej u różnych gatunków zwierząt, lecz część informacji wymaga doprecyzowania. U skoczka mongolskiego tętnica ta opisana dość ogólnie przede wszystkim przez Bugge (1970) a jej odcinek związany z unaczynieniem struktur oczodołu wymagał zdaniem autora dodatkowych badań. Ich wyniki przedstawiono i przedyskutowano w prezentowanej pracy. Szczegółowa znajomość układu naczyniowego głowy zwierząt może ponadto dostarczyć argumentów do dyskusji nad zagadnieniami ogólnobiologicznymi. Takim przykładami są publikacje Bugge (1970, 1972, 1974, 1985), w których wykazano zgodność wzorca naczyniowego z usytuowaniem gryzoni i innych zwierząt w systematyce gatunków. Podobne zależności u bydła domowego stwierdzili Zdun i wsp. (2013), i u jeleniowatych Kiełtyka – Kurc i wsp. (2015).

Dokładna znajomość morfologii tętnicy strzemiączkowej u zwierząt a w szczególności u zwierząt modelowych (Suckow i wsp. 2012) może także stanowić istotny element w analizie etiologii zmian naczyniowych u człowieka (Kowiański i wsp. 2009).

PODSUMOWANIE WYNIKÓW I WNIOSKI

U gryzoni przebieg naczyń szeroko pojętego układu tętniczego głowy, jego rozgałęzienia oraz wzajemne połączenia charakteryzują się znacznym stopniem zmienności gatunkowej i osobniczej, a opisana zmienność wybranych struktur naczyniowych potwierdza bioróżnorodność ssaków.

1. U szynszyli stwierdzono występowanie (nieopisanego dotąd) dużego stopnia zmienności w obrębie tętniczego zaopatrzenia oczodołu. Źródła jego unaczynienia pochodziły:

- z tętnicy szczękowej (*arteria maxillaris*) poprzez tętnicę oczną zewnętrzną
- z końcowych odgałęzień tętnicy podstawnej (*arteria basilaris*) poprzez tętnicę oczną wewnętrzną
- z mieszanego układu obu źródeł

W jednym przypadku zaobserwowano tętnicę podstawną odchodzącą od istniejącej wyjątkowo u tego osobnika tętnicy szyjnej wewnętrznej.

2. Udokumentowano iż u badanych przedstawicieli gryzoni tętnica szyjna wewnętrzna wykazuje znaczne zróżnicowanie mogąc występować jako:

- a - naczynie ze zobliterowanym segmentem **zewnątrczaszkowym**
- b - naczynie silne wchodzące w skład tętniczego koła podstawy mózgowia
- c - naczynie cienkie z nieobecnym odcinkiem **wewnątrczaszkowym**

3. Wykazano, że u części gryzoni z rodzin *Hystricidae*, *Chinchilidae*, *Myocastoridae* jedynym źródłem tętniczego zaopatrzenia mózgowia w krew są tętnice kręgowe łączące się w tętnicę podstawną

4. U przedstawiciela *Cavidae* - świnki morskiej opisano tętnice oczne wewnętrzne, które dzięki **odwróconemu przepływowi naczyniowemu** (back flow) są drugim, poza tętnicami kręgowymi, źródłem unaczynienia podstawy mózgowia

U tego gatunku wykazano obecność anastomoz łączących tętnice oczne wewnętrzne z tętnicami ocznymi zewnętrznymi odchodzącymi od tętnic szczękowych. Stwierdzono również obecność fenestracji w obrębie naczyniowego układu głowy.

5. Wykazano również, że unaczynienie struktur oczodołu i gałki ocznej u gryzoni charakteryzuje się znaczną zmiennością i może mieć swoje źródło w:

- a - tętnicy szczękowej (za pośrednictwem tętnicy ocznej zewnętrznej)
- b - końcowym odgałęzieniu tętnicy podstawnej (za pośrednictwem tętnicy ocznej wewnętrznej)
- c - tętnicy strzemiączkowej od której odchodzi krótki pień z którego odgałęzia się właściwa tętnica oczna oraz naczynia zaopatrujące pozostałe struktury oczodołu

6. U badanych szynszyli zaobserwowano tendencję do występowania niewielkiego stopnia zmienności osobniczej w obrębie naczyń należących do tętniczego koła podstawy mózgowia. Są one na tyle niewielkie, że można je określić jako typ symetryczny. Jednak w około 30% przypadków wykazano cechy znacznej zmienności naczyniowej w obrębie koła Willisa polegającej na asymetrii geometrycznej samego koła tętniczego, poziomu odgałęzień, jego

poszczególnych naczyń ich ilości oraz średnicy. Przyczyn takiej zmienności należy prawdopodobnie szukać w czynnikach wewnątrzpochodnych, i zewnątrzpochodnych uwzględniając jednocześnie wpływ warunków hodowlanych.

7. Wykazano, że przetrwała tętnica strzemiączkowa u *Meriones unguiculatus* po przejściu pomiędzy odnogami strzemiączka zachowuje wyłącznie biegnącą donosowo gałąź podoczodołową, która jest (poprzez tętnicę oczną wewnętrzną) jedynym źródłem waskularyzacji oczodołu. Przeprowadzone obserwacje pozwalają na stwierdzenie, że „bezkolizyjny” pasaż tętnicy strzemiączkowej pomiędzy odnogami strzemiączka możliwy jest dzięki zjawisku koarktacji.

8. Zwrócono uwagę na problem nomenklaturowy gdzie opis koła Willisa oparty wyłącznie na tętnicy podstawnej występujący u części gryzoni różni się istotnie od wzorca naczyniowego człowieka i większości kręgowców gdzie obecne są symetryczne tętnice szyjne wewnętrzne. Powoduje to brak precyzji w nazewnictwie naczyń tętnicznych wchodzących w skład koła Willisa.

Dokładna znajomość budowy morfologicznej i morfometrycznej tętnicy strzemiączkowej u zwierząt, w tym u gryzoni, może stanowić ważny model etiopatogenezy zmian naczyniowych u człowieka takich jak zespół połowicznego niedorozwoju twarzy (MHF). Wpływ na powstanie tego zespołu ma uszkodzenie tętnicy strzemiączkowej, która jest odpowiedzialna za wszystkie zmiany rozwojowe struktur twarzy zarodka.

Zwierzęta laboratoryjne odgrywają znaczącą rolę w badaniach biologicznych i medycznych dostarczając wielu cennych informacji o fizjologii i patologii człowieka oraz innych zwierząt. Informacje te, w inny niż na drodze doświadczalnej sposób, są nieosiągalne. Zastosowanie modeli zwierzęcych umożliwia poznanie podstawowych praw biologii i w dalszym ciągu stanowi najbardziej godny zaufania sposób pozyskiwania danych. Zwierzęta laboratoryjne odgrywają znaczącą rolę w badaniach biologicznych i medycznych dostarczając wielu cennych informacji o fizjologii i patologii człowieka oraz innych zwierząt. Przyczynia się to do wielopłaszczyznowych badań tych zwierząt. Najczęściej stosowanym modelem zwierzęcym w badaniach naukowych są gryzonie, a w szczególności szczury i myszy. W ten sposób powstaje pewna „przestrzeń” dotycząca innych gatunków gryzoni, które w nieco mniejszym stopniu wykorzystywane są w badaniach. Przedstawione w niniejszych pracach wyniki badań podstawowych mogą być pomocne w zapełnieniu tej luki danymi anatomoporównawczymi dotyczącymi głowowej części układu naczyniowego, unaczynienia ośrodkowego układu nerwowego oraz nazewnictwa w obrębie naczyń tworzących tętnicze koło podstawy mózgowia u określonej grupy gryzoni.

Piśmiennictwo

1. Araújo, A. C. P., and R. Campos, 2005. A systematic study of the brain base arteries and their blood supply sources in the chinchilla (*Chinchilla lanigera* Molina, 1782). *Braz. J. Morphol. Sci.* 22, 221-232.
2. Araújo A.C.P., Campos R., 2009. Systematization, distribution and territory of the middle cerebral artery on the brain surface in chinchilla (*Chinchilla lanigera*). *Anat Histol Embryol.* Feb;38(1):12-7
3. Araújo A.C.P., Campos R., 2011. Systematization, distribution and territory of the rostral cerebral artery on the brain surface in chinchilla (*Chinchilla lanigera*) *J. Morphol. Sci.*, , vol. 28, no. 2, p. 98-103
4. Aydin A., Yilmaz S., Dinc G., Ozdemir D., Karan M. 2005. The morphology of circulus arteriosus cerebri in the porcupine (*Hystrix cristata*). *Veterinari Medicina*, 50, 131–135.
5. Aydin A. 2008. The morphology of circulus arteriosus cerebri in the red squirrel (*Sciurus vulgaris*). *Veterinari Medicina*. 53, 272–276.
6. Aydin A. 2008. Morphological investigations on the circulus arteriosus cerebri in mole-rats. *Anatomia Histologia Embryologia* 3, 219-222.
7. Aydin A., Ozekan Z.E., Yilmaz S., Ilgun R., 2009. The morphology of the circulus arteriosus cerebri in the ground squirrel (*Spermophilus citellus*). *Veterinari Medicina* 54, 537–542
8. Azambuja RC. 2006. Systematization of the arteries of the base of the brain and its blood supply sources in nutria (*Myocastor coypus*). [Dissertation in Morphology, Surgery and Pathology Animal specialty Animal Anatomy]. Faculty of Veterinary Medicine, Federal University of Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brazil. 150 pp.
9. Bervini D, Assaad N. 2014. Ophthalmic artery arising from the anterior cerebral artery and concomitant internal carotid artery aneurysm: Report of a case *J Neurol Surg A Cent Eur Neurosurg* 2014; 75 - p46
10. Bochenek A, Reicher M (1993) *Anatomia człowieka. T.III, PZWL*, pp 182-184.
11. Boyd, T. G., W. A. Castelli, and D. F. Huelke, 1967: Arterial supply of the guinea pig mandible. *J. Dent. Res.* 46, 1064-7.
12. Brudnicki W (2000): Basilar arteries of the brain in domestic goat (*Capra hircus* L). *Electronic Journal of Polish Agricultural University Veterinary Medicine* 3, 1-6.
13. Brudnicki W, Nowicki W, Skoczylas B, Brudnicki A, Kirkiłło-Stacewicz, K, Wach J (2012). Arteries of the brain in wild European rabbit *Oryctolagus cuniculus* (Linnaeus, 1758). *Folia Biologica (Kraków)* 60, 189-194
14. Brudnicki, W., B. Skoczylas, R. Jablonski, W. Nowicki, A. Brudnicki, K. Kirkiłło-Stacewicz, J. Wach, 2015: The arteries of the brain base in the degu (*Octodon degus* Molina 1782). *Veterinari Medicina*. 59, 343–348.
15. Bugge J (1970) The contribution of the stapedia artery to the cephalic arterial supply in muroid rodents. *Acta Anatomica* 76:313-336.
16. Bugge J (1971) The cephalic arterial system in New and Old World hystricomorphs, and bathyergoids, with special reference to the systematic classification of rodents. *Acta Anat.* 80, 516-536.

17. Bugge J (1972) The cephalic arterial system in the Insectivores and the Primates with special reference to the Macroscelidea and Tupaidoidea and the Insectivore-Primate boundary. *Z Anat Entwicklungsgesch* 135:279-300.
18. Bugge J (1985) Systematic value of the carotid arterial pattern in Rodents. In: W.P. Luckett and J.L. Hartenberger (eds.), *Evolutionary Relationships among Rodents, a Multidisciplinary Analysis*, 355–379. Plenum Press, New York.
19. Davis FA (1929): *The Anatomy and Histology of the Eye and Orbit of the Rabbit*. *Transactions of the American Ophthalmological Society* 27, 400. 2–441.
20. De La Torre E, Mitchell OC, Netsky MG (1962): Anatomic and angiographic study of the vertebral-basilar arterial system in the dog. *American Journal of Anatomy* 110, 187-197.
21. Depedrini JS, Campos, R (2003): A systematic study of the brain base arteries in the pampas fox *Dusicyon gymnocercus*. *Brazilian Journal of Morphological Sciences* 20, 181-188.
22. Da Silva TH, Ellwanger JH, Da Rosa HT, De Campos D (2013) Origins of the middle meningeal artery and its probable embryological mechanism-A review. *Braz J Morphol Sci* 30:69–72.
23. De Vriese B (1905): Sur la signification morphologique des artères cérébrales. *Archives de Biologie* 21, 357-457.
24. De Souza F, Campos R (2013): A systematic study of the brain base arteries in the rabbit (*Oryctolagus cuniculus*). *Pesquisa Veterinária Brasileira* 6, 796-806.
25. Diamond MK (1989) Coarctation of the stapedia artery: An unusual adaptive response to competing functional demands in the middle ear of some eutherians. *Journal of Morphology* 200:71-86.
26. Diamond MK (1987) Unusual example of a persistent stapedia artery in human. *Anat Rec* 218:345-54.
27. Foster, S., A. Mead, and M. Sears, 1979: An interophthalmic communicating artery as explanation for the consensual irritative response of the rabbit eye. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 18, 161-5.
28. Frąckowiak H (2003) Arterial roads of the head in selected mammalian orders (article in Polish). *Roczniki Akademii Rolniczej Poznań*, 336:1-81.
29. Frąckowiak H, Śmiełowski J. 1998. Cephalic arteries in the European beaver (*Castor fiber*). *Acta theriologica (Warsz)* 43:219–224.
30. Gielecki JS, Brudnicki W, Nowaki MR (1996): Digital-image analysis of the brain-base arteries in chinchilla, *Chinchilla laniger* (Molina). *Anatomia Histologia Embryologia* 25, 117-119.
31. Grossman RI, Davis KR, Taveras JM (1982): Circulatory variations of the ophthalmic artery. *AJNR American Journal of Neuroradiology* 3, 327–329.
32. Hayreh SS, Dass R (1962) The ophthalmic artery: I. Origin and intra-cranial and intra-canalicular course. *Br J Ophthal* 46:65-98.
33. Jabłoński, R., 1980: Obserwacje nad tętnicami podstawy mózgowia i łuku aorty oraz ich odmianami u świnki morskiej (*Cavia porcellus* L.) [Observations of the encephalon base arteries and the aortic arch and their variations in guinea pig. (*Cavia porcellus* L.)]. *Zesz. Nauk ATR, Bydgoszcz, Zoot.* 5: 5-24 [in Polish].
34. Jabłoński R, Brudnicki W (1984): The effect of blood distribution to the brain on the structure and variability of the cerebral arterial circle in musk-rat and in chinchilla. *Folia Morphologica* 43, 109-114.

35. Kabak M, Hazirolu RM. 2003. Subgross investigation of vessels originating from arcus aortae in guinea-pig (*Cavia porcellus*). *Anat. Histol. Embryol.* 32, 362-366.
36. Kiełtyka-Kurc A, Frąckowiak H, and Brudnicki W. 2015 The Arteries of Brain Base in Species of the Cervid Family *Anat. Rec.* 298:735–740
37. Kowiański, P., G. Lietzau, J. Dziewiątkowski, and J. Moryś, 2009: Doświadczalne modele zwierzęce udaru niedokrwiennego mózgowia*, Experimental animals models of cerebral ischemia. *Udar Mózgu.* 11, 70–79.
38. Kuchinka, J., E. Nowak, A. Szczurkowski, and T. Kuder, 2008: The arteries supplying the base of the brain in the Mongolian gerbil (*Meriones unguiculatus*). *Pol. J. Vet. Sci.* 11, 2299.
39. Kuchinka, J., 2015: Analysis of morphological variation of the internal ophthalmic artery in the chinchilla (*Chinchilla laniger* Molina). *Veterinarni Medicina.* 60, 161–169.
40. Kuchinka J (2017) Morphometry and Variability of the Brain Arterial Circle in Chinchilla (*Chinchilla laniger* Molina). *Anat Rec* DOI: 10.1002/ar.23566.
41. Kukwa A, Kukwa W, Gielecki J, Zurada A 2010 Stapedial artery in rat: an anatomical study (article in Polish). *Otolaryngol Pol* 64:229-33.
42. Künzel (1985) Die Arteriae cerebri bei *Meriones unguiculatus*. *Anat Histol Embryol* 14:316–323.
43. Kürtül I, Dursun N, Özgel Ö (2002): Cerebral arterial circle in german shepherd dogs raised in Turkey. *Journal of the Faculty of the Veterinary Medicine Kafkas University* 8, 127-130.
44. Librizzi, L., G. Biella, C. Cimino, and M. De Curtis, 1999: Arterial supply of limbic structures in the guinea pig. *J. Comp. Neurol.* 411, 674-82.
45. Majewska-Michalska, E., 1994: Vascularization of the brain in the guinea pig. I. Gross anatomy of arteries and veins. *Folia Morphol.* 53, 249–268.
46. Manjunath K.Y 2001: Anomalous origin of the middle meningeal artery: a review. *J Anat Soc India* 50:179–183.
47. Michael G, Rothkegel R (1960) Die Aufzweigung der A. carotis communis beim Syr. Goldhamster (*Mesocricetus auratus* W.) *Anatomische Anzeiger* 108:272-284
48. Ninomiya H, Masui M (1999): Vasculature of the orbital rete in the Japanese deer *Cervus nippon*. *Veterinarian Ophthalmology* 2, 107-112.
49. *Nomina Anatomica Veterinaria*, 2005, In: *Nomina Anatomica Veterinaria*. 5th Ed., together with *Vet. Histol. Nomenclature*. 2nd Ed. And *Vet. Embriol. Nomenclature* 1st Ed of the World Assoc. *Vet Anat.* Hannover, Columbia, Gent, Sapporo
50. *Nomina Anatomica Veterinaria* (2012): 5th ed. (revised version). International Committee on Veterinary Gross Anatomical Nomenclature, Hannover.
51. Ocal, M. K., and M. Ozer, 1992: The circulus arteriosus cerebri in the Guinea pig. *Annals of Anatomy.* 174, 259–260.
52. Ortug C (2001) A study on the rat stapedial artery under the dissection microscope. *Turk J Med Sci* 31:117-119.
53. Ozudogru Z, Can M, Balkaya H (2012): Macro-Anatomical Investigation of the Cerebral Arterial Circle (Circle of Willis) in Red Fox (*Vulpes vulpes* Leunnoeus, 1758). *Journal of Animal and Veterinary Advances* 11, 2861-2864.
54. Pilleri G. 1983. Central nervous system, craniocerebral topography and cerebral hierarchy of the Canadian beaver (*Castor canadensis*). In: Pilleri G, editor. *Investigations on beavers*. Vol. 1. Berne, Switzerland: Institute of Brain Anatomy, University of Berne. p 19–59.

55. Popesko P., Rajtova V., Horak J. 1990. A Colour Atlas of the Anatomy of Small Laboratory Animals. Wolfe Publishing, London. Cun (49), Cav (175).
56. Reckziegel, S. H., T. Lindemann, and R. Campos, 2001: A systematic study of the brain base arteries in capybara (*Hydrochoerus hydrochaeris*). *Braz. J. Morphol. Sci.* 18, 103-110.
57. Roskosz T, Jablonski R, Wiland C. 1988. The arteries of the brain base in chinchilla, *Chinchilla laniger* (Molina). *Ann. Warsaw Agric. Univ.* 14, 23-28.
58. Ruskell GL (1962): The orbital arteries in the rabbit. *American Journal of Ophthalmology* 53, 96-107.
59. Sedlmayr Jayc C, Wittmer LC (2002) Rapid Technique for Imaging the blood vascular system using stereoangiography. *Anat Rec* 267:330-336.
60. Shively, M. J., and J. E. Stump, 1974: The systemic arterial pattern of the guinea pig: the head, thorax, and thoracic limb. *Am. J. Anat.* 139, 269-84.
61. Silbergleit R, Quint DJ, Mehta BA, Patel SC, Metes JJ, Noujaim SE (2000) The persistent stapedia artery. *AJNR Am J Neuroradiol* 21:572-7.
62. Steven DH (1964): The distribution of external and internal ophthalmic arteries in the ox. *Journal of Anatomy* 98, 429-435.
63. Shao BP, Ding YP, Yu SY, Wang JL (2007): The arterial supply of the eye of the yak (*Bos grunniens*). *Research Veterinary Science* 84, 174-177.
64. Suckow, M.A., K. A. Stevens, and R. P. Wilson, 2012: *The Laboratory Rabbit, Guinea Pig, Hamster, and Other Rodents*. First edition, Saunders, Elsevier.
65. Szczurkowski, A., J. Kuchinka, E. Nowak, and T. Kuder, 2007: Topography of arterial circle of the brain in Egyptian spiny mouse *Acomys cahirinus*, *Desmarest. Anat. Histol. Embryol.* 36:147-150.
66. Tandler, J., 1898: Zur vergleichenden anatomie der kopfarterien bei den mammalia. *Denkschr. Akad. Wiss.* 67, 677-689.
67. Tominaga S (1984) The Middle Meningeal and Stapedial Arteries of the Rabbit. *Okajimas Folia Anat Jpn* 61:113-31.
68. Wang JL (2002): The Arterial Supply to the Eye of the Bactrian Camel (*Camelus bactrianus*). *Veterinary Research Communications* 26, 505-512.
69. Wible JR (1987) The eutherian stapedia artery: character analysis and implications for superordinal relationships. *Zoological Journal of the Linnean Society* 91:107-135.
70. Yilmaz T, Bilgen C, Savas R, Alper H (2003) Persistent stapedia artery: MR angiographic and CT findings. *AJNR Am J Neuroradiol* 24:1133-6.
71. Zdun M, Frackowiak H, Kiełtyka-Kurc A, Kowalczyk K, Nabzdyk M, Timm A (2013): The Arteries of Brain Base in Species of Bovini Tribe. *The Anatomical Record* 296, 1677–1682.

5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo - badawczych.

Jestem (od roku 2001) autorem lub współautorem łącznie **64** publikacji naukowych na które składa się **15** oryginalnych publikacji opublikowanych w czasopiśmie z „Listy Filadelfijskiej” (ISI). Pozostałe publikacje naukowe to **49** komunikatów naukowych prezentowanych zarówno na **38** zjazdach krajowych i **18** zagranicznych. Sumaryczna

wartość **IF** moich oryginalnych prac wynosi (w roku wydania) **6,575**. Analogicznie liczba punktów wg. Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego w wynosi **175**. Indeks Hirscha według Web of Sciences wynosi **5**. Liczba cytowań (bez autocytaowań) wg. Web of Science: **41**

5.1. Dorobek naukowy przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora

Pierwsze doświadczenia w pracy naukowej zdobywałem po zatrudnieniu mnie na stanowisku asystenta pod kierownictwem prof. dr hab. Tadeusza Kudera. Przed uzyskaniem stopnia doktora byłem współautorem i autorem 16 krajowych i międzynarodowych doniesień zjazdowych, oraz współautorem **1** pracy oryginalnej:

Szczurkowski A., Kuder T., Nowak E., Kuchinka J.: 2001: Morphology, topography and cytoarchitectonics of the otic ganglion in Egyptian spiny mouse (Acomys cahirinus, Desmarest). Folia Morphol., 60, 1, 61- 64. (4 pkt. KBN)

Stosując metodę tiocholinową Koelle i Friedenwalda oraz techniki histologiczne, badano zwój uszny u myszy kolczastej (*Acomys cahirinus*, Desmarest). Stwierdzono, że zwój ten jest pojedynczym owalnym skupiskiem neurocytów, znajdującym się tuż przy przyśrodkowo-tylnej powierzchni nerwu żuchwowego powyżej tętnicy szczękowej. Zwój składał się z typowych neurocytów o zwartym układzie bez grubej torebki łącznotkankowej. Agregacja komórek nerwowych może otaczać tętnicę tworząc na przekroju okrąg lub, lub tworzyć strukturę półkolistą przylegającą do ściany naczyń. Przedstawione w pracy wyniki badań dotyczących głowowych zwojów przywspółczulne można wykorzystać jako użyteczne narzędzie pomocnicze służące różnicowaniu taksonomicznemu.

W tym okresie tematyka badań dotyczyła przywspółczulnych zwojów głowowych u gryzoni.

Ten kierunek badań zaowocował w przygotowaniu i obroną (w ciągu dwóch lat) rozprawy doktorskiej.

5.2. Dorobek naukowy po uzyskaniu stopnia naukowego doktora

Po uzyskaniu stopnia naukowego doktora mój dorobek obejmuje **33** krajowe i zagraniczne doniesienia naukowe oraz **15** oryginalnych prac badawczych.

Poniżej przedstawię syntetyczny opis tej części dorobku naukowego.

W tamtym czasie tematyka moich badań była kontynuowana i obejmowała **badania**

głowej części układu autonomicznego: Na tym etapie powstały oryginalne prace **{II-A}** (A1, A6, A7, A12) oraz doniesienia zjazdowe **{III-B}** (B1, B3, B8, B9, B13, B14, B18, B22, B31, B38, B48,) dotyczące morfologii, topografii i cytoarchitektoniki przywspółczulnych zwojów głowowych u kręgowców. W sygnalizowanych pracach badano je u ptaków i gryzoni.

Badaniami objęto zwoje: rzęskowy, uszny, skrzydłowo-podniebienny, oraz zwoje funkcjonalnie związane ze struną bębenkową.

U badanych gatunków zwój rzęskowy odmiennie niż u człowieka (gdzie jest związany z nerwem ocznym) powiązany jest topograficznie z III nerwem czaszkowym. Występuje jako pojedyncze lub rozproszone skupisko neurocytów tworząc zwój główny i zwoje dodatkowe. Zwój uszny u większości badanych gryzoni budowało zwarte skupisko nerwowych komórek zwojowych, topograficznie związanych, w zależności od gatunku, z tętnicą szczękową, lub z gałęzią zuchwową nerwu trójdzielnego V3.

Zwój skrzydłowo-podniebienny u ptaków związany jest z gałęziami N VII a u ssaków z gałęzią szczękową nerwu trójdzielnego (V2). U badanych gatunków przybiera postać pojedynczego wydłużonego skupiska neurocytów, lub stanowi formę splotozwoju. Zwój ten związany jest topograficznie z nerwem szczękowym (V2). Cytoarchitektonika zwoju skrzydłowo-podniebiennego wykazuje tendencję do donosowo zwiększającego się upakowania neurocytów kosztem włókien nerwowych.

U szynszyli zakres badań zwoju skrzydłowo-podniebiennego powiększony został o jego charakterystykę immunohistochemiczną. Badania histologiczne i histochemiczne wykazały, że zwój skrzydłowo-podniebienny u szynszyli jest strukturą ściśle związaną z nerwem szczękowym. Obserwacje makro-morfologiczne ujawniły dwie formy zwoju: wydłużoną, reprezentującą pojedyncze skupisko komórek nerwowych i splotozwój zawierający mniejsze agregacje neurocytów połączonych z włóknami nerwowymi. Immunohistochemia wykazała, że prawie 80% ciał komórek nerwowych w badanym zwoju wybarwiała się dla transferazy acetylocholinowej (CHAT), ale tylko około 50% wykazywało immunoreaktywność w stosunku do pęcherzykowego transportera acetylocholíny (VACHT). Około 40% perykarionów było VIP pozytywnych. Podwójne barwienie wykazało, że około 20% neuronów VIP-immunoreaktywnych było negatywnych w stosunku do VACHT. Niektóre neurony (10%) w zwoju skrzydłowo-podniebiennym odpowiednio były jednocześnie VACHT/ NOS) - lub Met-ENK/CHAT-pozytywne. Niewielka liczba ciał komórkowych barwionych dla SOM i izolowanych komórek nerwowych wykazywała immunoreaktywność Leu-ENK- i galaniny. Interesujące jest to, że około 5-8% neuronów zwojowych

wykazywało immunoreaktywności względem hydroksylazy tyrozynowej (TH). Wewnątrzwojowe włókna nerwowe immunoreaktywne w stosunku do VAcHT-, VIP- i Met-ENK- były liczne, a barwione dla (CGRP) - i substancji P (SP) - były rzadkie. Pojedyncze zakończenia nerwowe były TH-, GAL -, VIP- i NOS-pozytywne.

Kolejny temat to badania autonomicznego unerwienia narządów klatki piersiowej i jamy brzusznej.

Prace oryginalne {II-A} i doniesienia zjazdowe {III-B} dotyczyły szeroko rozumianej tematyki zróżnicowania morfologicznego i organizacji autonomicznych struktur nerwowych klatki piersiowej (serce A2, A14, tchawica A4).

Przy użyciu metody tiocholinowej i technik histologicznych badano porównawczo topografię i morfologię zwojów sercowych u skoczka mongolskiego, myszy kolczastej, szynszyli i gołębia. Wyniki wykazały, że zwoje sercowe u wszystkich badanych gatunków obecne były w tkance tłuszczowej epicardium. Tworzyły one struktury sploto-zwojowe. Każdy z nich składa się z wielu zwojów (7 do 36) różniących się wielkością i kształtem, połączonych ze sobą za pomocą włókien nerwowych. Analiza porównawcza wykazała, że gęstość sieci włókien nerwowych i agregacji komórek była różna u poszczególnych gatunków. Najbogatsza struktura sploto-zwojowa obecna była u gołębia gdzie tworzyła trzy struktury sploto-zwojowe ze średnią 30 zwojów w każdej z trzech części. Największa znajdowała się wzdłuż przedniej bruzdy międzykomorowej. Zwoje sercowe badanych ssaków zlokalizowane były głównie na nasierdziu przedsionków; u myszy kolczastej i szynszyli na brzusznej powierzchni prawego przedsionka, ale u skoczka mongolskiego na grzbietowej powierzchni przedsionka lewego. Co więcej, u skoczka mongolskiego i myszy kolczastej zauważono niewielką strukturę sploto-zwojową w komorze prawej. Dodatkowo, u skoczka mongolskiego, pojedyncze komórki nerwowe były obserwowane pomiędzy włóknami mięśniowymi przedsionków. Można stwierdzić, że silnie rozwinięty splot sercowy u gołębia prawdopodobnie wiąże się z jego zachowaniem i funkcjonalnymi właściwościami serca. Układ komórek zwojowych serc wszystkich badanych ssaków, był stały na całej powierzchni przekroju, a u gołębia, neurony znajdowały się głównie w części obwodowej zwoju.

Kolejna praca przedstawia wyniki badań rozmieszczenia włókien autonomicznych w zastawkach przedsionkowo-komorowych u szynszyli. Izolowane i odpowiednio porozcinane zastawki barwiono stosując zmodyfikowaną histochemiczną technikę esterazy acetylocholinowej (AChE) i metodę SPG-De la Torre. Zastosowano również podwójne barwienie immunohistochemiczne w celu wykazania ekspresji

pęcherzykowego transportera acetylocholininy (VACHT) i hydroksylazy beta dopaminy (DBH). Badanie wykazało obecność zarówno włókien cholinergiczných, jak i adrenergicznych, tworzących rodzaj sieci na wszystkich płatkach obu zastawek. Sieć adrenergiczna była zawsze silniej reprezentowana niż sieć cholinergiczna. Sieć nerwów cholinergiczných części podstawnej tworzyła głównie układ równoległy. Zbliżając się do wolnych części płatków zastawek, układ staje się sieciowy i promienny. Włókna adrenergiczne tworzyły jedynie układ siatki, który był najbardziej zagęszczony w części obwodowej płatków. Niektóre włókna w okolicach strun ścięgnistych rozciągały się aż do mięśni brodawkowatych. Podwójne barwienia immunocytochemiczne potwierdziły obecność i dystrybucję DBH i VACHT pozytywnych włókien. Niektóre włókna (szczególnie w obrębie strun ścięgnistych) wykazują kolokalizację VACHT i DBH.

W części dotyczącej autonomiczných struktur klatki piersiowej badano przywspółczulne zwoje tchawicze i oskrzelowe u kota domowego. Badano prowadzono przy użyciu techniki histochemicznej, (tiocholinowej metody Koelle i Friedenwalda) oraz technik histologiczných. Obserwowano intensywnie zabarwione struktury nerwowe AChE-pozytywne, tj. zwoje i włókna nerwowe obecne w przydancie tchawicy i oskrzeli. Zwoje znajdowały się głównie na grzbietowo-bocznej powierzchni tych narządów, ale również były obecne na powierzchni brzusznej. Największe zwoje znajdowały się w pobliżu gałęzi nerwu błędnego i na powierzchni mięśniówki gładkiej tchawicy. Liczne zwoje (95-210) o różných rozmiarach (od 40 x 230 μm do 260 x 520 μm) i kształtach (wrzecionowaty, podłużny, owalny, eliptyczny i wielopostaciowy) były połączone ze sobą włóknami nerwowymi i tworzyły gęsty splotozwój. Zwoje tworzące tę strukturę nerwową były zlokalizowane głównie na poziomie przestrzeni międzyczręstnych. Otrzymywały one gałęzie nerwowe z odcinków szyjnych i z gałęzi klatki piersiowej nerwu błędnego oraz z segmentów szyjnych i górnych klatki piersiowej pnia współczulnego. Podobny AChE-pozytywny splotozwój zawierający 28-33 zwoje połączone włóknami nerwowymi obserwowano na ścianie tylnej oskrzeli. Badania histologiczne potwierdziły obecność pęczków włókien nerwowych i agregacji komórek nerwowych w przydancie tchawicy i oskrzeli. Zwoje składały się z 2-25 komórek widocznych na przekroju. Były zlokalizowane głównie na poziomie przestrzeni międzyczręstnych i zawierały (z wyjątkiem neuronów zwojowych, włókien nerwowych) komórki satelitarne i małe naczynia krwionośne. Wszystkie zwoje miały cienką torebkę łącznotkankową.

W obrębie jamy brzusznej (**A4, A10, A14**) badano adrenergiczny i cholinergiczny charakter struktur przewodu pokarmowego. Struktury te stanowią część tzw. jelitowego układu nerwowego zawiadującego m. in. perystaltyką jelit, sekrecją gruczołów oraz regulacją

przepływy krwi w obrębie przez siebie unerwianym.

U ptaków stosując badano porównawczo splot nerwowy błony mięśniowej gołębia i kury. Badania metodę tiocholinową i klasyczną technikę histologiczną u badanych zwierząt wykazały obecność sieci nerwowej w ścianie jelita cienkiego. Badane struktury składały się z wielu włókien nerwowych przecinających się wzajemnie i tworzących różnokształtną sieć. Gęstość sieci była różna w zależności od gatunku i części jelita. Splot mięśniówki dwunastnicy gołębia był gęstszy (3,7-krotnie) niż w pozostałej części jelita cienkiego. U kury gęstość analogicznie była większa około 2,2-razy. Oczka sieci dwunastniczej u obu gatunków były mniejsze niż w jelicie czczym i jelicie krętym. Wyniki badań histologicznych wykazały różną lokalizację splotów mięśniowych. U gołębia obecne były w przestrzeni między warstwą okrężną i podłużną mięśniówki, a u kury wewnątrz warstwy okrężnej mięśniówki.

Badano również morfologię i topografię splotu trzewnego u przedstawiciela gryzoni - koszatniczki (*Octodon degus*). Obserwacje makromorfologiczne prowadzono z użyciem zmodyfikowanej specjalnie do tego typu badania (Gienc, 1977) metody tiocholinowej. Do analizy cytoarchitektoniki i aktywności cholinergiczej zwoju została wykorzystana klasyczna technika H & E oraz technika AChE (Karnovsky i Roots, 1964). Technika SPG (De la Torre, 1980) została zastosowana do obserwowania aktywności adrenergicznej. Splot trzewny u koszatniczki znajduje się na brzusznej i bocznej powierzchni aorty brzusznej, na poziomie, w którym tętnica trzewna oddziela się od aorty. Struktura ta składa się z dwóch dużych i dwóch mniejszych skupisk neurocytów połączonych z włóknami nerwowymi. Badania histochemiczne wykazały głównie cholinergiczną charakterystykę włókien wewnątrzwojowych i zazwojowych splotu trzewnego, podczas gdy włókna adrenergiczne towarzyszyły tylko naczyniom krwionośnym i neurocytom, co sugerowało różną aktywności adrenergicznej. Analiza histologiczna wykazała, że profile neurocytów zajmowały około połowę powierzchni przekroju poprzecznego każdego ze zwojów. Włóknami nerwowe, tkanka łączna i naczynia krwionośne tworzyły pozostałą część splotu. Komórki zwojowe były owalne i zwykle zawierały jedno jądro, chociaż czasami obserwowano dwa jądra.

Badania histologiczne tego splotu przeprowadzone u szynszyli (B47) pozwoliły stwierdzić w odcinku doczaszkowym dwa wyraźne skupiska neurocytów zwojowych, usytuowane po obu stronach aorty. Każde z analizowanych skupisk zawierało około 150 profili komórkowych, rozmieszczonych równomiernie na całej powierzchni przekroju. W dolnej doogonowej części zwoju obserwowano duże pojedyncze skupisko neurocytów (ponad 450) podkowiasto obejmujące od strony przedniej tętnicę kręgową doczaszkową. Średnica

analizowanych komórek wahała się w granicach 17-38 μm przy średniej wartości 28,6 μm ($n=270$). Większość obserwowanych neuronów posiadała pojedyncze jądro komórkowe. Położone one były zwykle w centralnej części komórki. Natomiast niewielka część neurocytów zwojowych posiadała komórki dwujądrowe, obserwowane zarówno na klasycznych preparatach histologicznych jak i w mikroskopii elektronowej. Jądra tych komórek położone były w pobliżu przeciwległych biegunów perykarionu. Tego rodzaju neurony stanowiły ok. 4% wszystkich analizowanych komórek. Oba jądra komórkowe były podobnej wielkości a ich średnica wynosiła około 8 μm . Cytoplazma analizowanych neuronów wykazywała obecność dużej ilości siateczki śródplazmatycznej szorstkiej. Obwodowo w stosunku do neurocytów zwojowych obserwowano 1-2 komórki satelitarne z wyraźnie ciemniejszymi jądrami.

Uzyskanie szczegółowych informacji na temat morfologii autonomicznego unerwienia trzustki było celem kolejnej pracy. U myszy kolczastej (*Acomys cahirinus*, Desmarest) badano obecność i lokalizację trzustkowych autonomicznych włókien nerwowych i neurocytów. W badaniach zastosowano dwie techniki histochemiczne: metodę tiocholinową skierowaną na aktywność acetylocholinesterazy (AChE) i metodę kwasu glioksalowego dla struktur adrenergicznych. Włókna cholinergiczne i małe autonomiczne zwoje znajdowały się w odcinkach wydzielniczych, wzdłuż przewodu trzustkowego oraz w okolicy przebiegu obu tętnic trzustkowo-dwunastniczych i ich gałęzi. Docierając do wysepek Langerhansa tworzyły wokół nich rodzaj sieci. Obserwowano od 24 do 40 zwojów AChE-dodatnich w całej części zewnątrzwydzielniczej. Największą gęstość włókien cholinergicznych zaobserwowano w głowie trzustki. W zewnątrzwydzielniczych częściach trzustki znaleziono liczne włókna adrenergiczne, które towarzyszyły naczyniom krwionośnym oraz tkance łącznej między i śródrzazikowej. Wewnątrz wysepek trzustkowych nie obserwowano komórek, ani włókien adrenergicznych.

Badania unaczynienia głowy i unerwienia naczyń głowy u kręgowców: A7, A8, oraz B19, B20, B23, B26, B28, B30, B34, B37, B40,

Ta część tematyki jest obecnie dominująca w moich badaniach naukowych. Układ naczyniowy głowy kręgowców, a zwłaszcza gryzoni, charakteryzuje się niezwykle zmiennością gatunkową i osobniczą. Wzorzec naczyniowy głowy wielu gryzoni pokrywa się z ludzkim wzorcem unaczynienia (zwierzęce modele choroby niedokrwiennej mózgu). Jednak u wielu gryzoni wygląda on odmiennie choćby z tego powodu, że jedynym źródłem unaczynienia mózgowia jest tętnica podstawna wywodząca się z tętnic podobojczykowych.

Naturalną konsekwencją takiego stanu jest mała ilość danych anatomoporównawczych tego typu unaczynienia w fachowej literaturze. Powyższe skłoniło autora do podjęcia badań w tym kierunku.

Varia: Prace oryginalne i doniesienia zjazdowe z tej części dorobku nie dają się przyporządkować wyżej wymienionemu podziałowi: {A-II} **A10, A12** oraz {B-III} **B2, B21, B25, B36, B42, B45**.

Najciekawszą z tej części jest oryginalna praca opublikowana w 2013 roku dotycząca unikalnej budowy zewnątrzwątrobowych dróg żółciowych u szynszyli. Celem pracy była analiza makromorfologiczna pozawątrobowych dróg żółciowych u szynszyli (*Chinchilla laniger* Molina). Poprzez pęcherzyk żółciowy wypełniono kolorowym lateksem wypełniono zewnątrzwątrobowe drogi żółciowe. Obserwowano zwielokrotnione przewody wątrobowe tworzące sieciowy układ przebiegający w więzadle wątrobowo-dwunastniczym. Na brodawce dwunastniczej obserwowano również wiele (3 – 8) ujść przewodów żółciowych. Wyniki potwierdzają duże zróżnicowanie dróg żółciowych u ssaków i mogą być ważne dla analizy porównawczej morfologicznego różnicowania tych struktur u małych ssaków.

W chwili obecnej kontynuuje badania nad układem naczyniowym głowy gryzoni oraz nad immunohistochemiczną charakterystyką unerwienia naczyń wchodzących w skład tętniczego koła podstawy mózgowia. Oprócz tego uczestniczę w badaniach prowadzonych przez macierzysty Zakład. Badania te koncentrują się wokół obwodowych struktur autonomicznego układu nerwowego u kręgowców.

