

Niektóre aspekty anatomii klinicznej stawu międzykręgowego C₂–C₃ u psa

AGNIESZKA WIELĄDEK, MARTA KUPCZYŃSKA,
KAROLINA BARSZCZ, MICHAŁ WAŚOWICZ

Katedra Nauk Morfologicznych Wydziału Medycyny Weterynaryjnej SGGW, ul. Nowoursynowska 159, 02-776 Warszawa

Wielądek A., Kupczyńska M., Barszcz K., Wąsowicz M.

Clinical anatomy perspective on intervertebral joint C₂–C₃

Summary

The aim of the study was to describe the shape of the articular facets of the axis in dogs of three morphotypes and different body weights. The facet joints contribute significantly to the stability of the cervical spine, predominantly by providing axial rotational stability at C₂ and C₃. The research involved the examination of cadavers of 30 adult male and female dogs of three morphotypes and body weights from 2.22 to 72 kg. The craniocervical junction elements, especially the second cervical vertebra (axis), were isolated by standard anatomical preparation. The maximal articular surface width – ASW, the maximal articular surface length – ASL and the inclination of the articular surface – h were measured. The articular surface length-to-width index was calculated. The linear correlation function for K and h with body mass and the cranial index and the coefficient of determination R² were determined. The atlantoaxial dorsal ligament was put to the microscopic test. Index K ranged from 0.71 to 1.90. In small breeds, more longitudinal oval-shaped facets were observed. Circular facets and more transversely oval-shaped facets were found in medium and large breeds. The large breeds have a preventive mechanism against greater mobility in C₂–C₃. Their atlantoaxiale dorsale ligament is fibrocartilaginous. These dogs are consequently less exposed to damages of the intervertebral disc and medulla spinalis.

Keywords: dog, axis, articular facets

Stopień rotacji osiowej kręgosłupa oraz tendencja do ruchu w kierunkach bocznych są zdeterminowane przez kształt, orientację i kąt nachylenia powierzchni stawowych. Badania prowadzone przez różnych autorów, dotyczące odcinka szyjnego kręgosłupa od kręgów C₃ do C₇ wykazały, iż zwiększony stopień ruchomości uzależniony jest od specyficznie uformowanych powierzchni stawowych. Stwierdzono, że ich kształt poprzecznie owalny predysponuje do wzmożonych ruchów bocznych. Wraz ze wzrostem ruchomości pogłębia się tendencja do uszkodzeń krążków międzykręgowych i ucisku na rdzeń kręgowy. Zmiany te są przyczyną ujawniania się, czasami bardzo ciężkich, objawów neurologicznych, między innymi tzw. syndromu Wobblera (4-7, 14, 15).

Staw szczytowo-obrotowy oraz staw szczytowo-potyliczny, wraz z wielopiętrowym układem więzadeł, określany jest wspólnym mianem połączenia przednio-szyjnego (*junctura craniocervicalis*). Temat ten doczekał się opracowań w zakresie medycyny ludzkiej (7, 9). Niestety, w medycynie weterynaryjnej brak jest publikacji omawiających morfologię poszczególnych jego elementów i znaczenie w fizjologii ruchu. Nie ma również opracowań dotyczących stawu międzykręgowego C₂–C₃, będącego podstawową strukturą łączącą „blok” połączenia przednio-szyjnego z pozostałą częścią odcinka szyjnego kręgosłupa.

Celem badań było: a) określenie kształtu powierzchni stawowych doogonowych kręgu obrotowego u psów o różnej masie ciała, reprezentujących trzy morfotypy: brachy-, mesati- i dolichocefaliczny; geometria wymienianych powierzchni ma bezpośredni wpływ na predyspozycję do zwiększonej ruchomości kręgosłupa w kierunkach bocznych i jego rotacji osiowej na poziomie stawu międzykręgowego C₂ i C₃, b) poddanie analizie mikroskopowej więzadła szczytowo-obrotowego dogrzebietowego, pełniącego zasadniczą rolę w stabilizacji kręgu obrotowego.

Materiał i metody

Badania przeprowadzono na zwłokach 23 psów należących do trzech morfotypów: brachy-, mesati- i dolichocefalicznego, o masie ciała od 2,22 do 72 kg. Metodą standardową preparacji anatomicznej wyizolowano z nich wszystkie elementy połączenia przednio-szyjnego, a następnie kręgi obrotowe (C₂).

Morfotyp poszczególnych osobników ustalano na podstawie indeksu czaszkowego $IC = \frac{ZyZy}{AP} \times 100$. We wzorze

Tab. 1. Materiał i otrzymane wyniki

Nr psa	Rasa	m.c. (kg)	IC	morfortyp	ASW (L)	ASW (P)	ASL (L)	ASL (P)	K (L)	K (P)
1.	yorkshire terrier	2,22	62,96	M	3,73	3,64	5,56	5,26	1,50	1,40
2.	yorkshire terrier	2,50	60,69	M	3,19	3,32	4,19	3,87	1,30	1,17
3.	yorkshire terrier	2,60	62,78	M	3,80	3,26	4,77	4,27	1,25	1,30
4.	chihuahua	2,70	63,84	M	3,63	3,52	5,50	5,53	1,51	1,56
5.	pekińczyk	6,35	97,52	B	5,01	5,01	5,37	5,36	1,07	1,07
6.	pinczer miniaturowy	6,95	60,93	M	6,18	6,06	9,44	9,33	1,51	1,54
7.	jamnik	7,50	53,57	M	4,34	4,68	6,33	6,33	1,46	1,35
8.	terier tybetański	7,50	56,75	M	5,38	5,34	7,59	7,71	1,41	1,44
9.	jamnik	8,25	49,21	D	4,86	4,90	6,97	6,89	1,42	1,41
10.	cocker spaniel	9,32	48,48	D	8,18	7,74	7,88	8,03	0,97	1,04
11.	jamnik	10,00	46,46	D	5,77	5,80	7,54	7,63	1,31	1,32
12.	bulldog francuski	11,83	86,34	B	6,35	6,34	6,40	6,37	1,00	1,00
13.	bulldog francuski	12,00	87,31	B	6,54	6,51	6,51	6,43	0,98	1,00
14.	terier szkocki	12,30	47,85	M	6,00	5,95	7,14	7,05	1,19	1,18
15.	King Charles spaniel	15,00	67,67	M	4,76	5,75	9,11	9,04	1,90	1,56
16.	welsh terier	15,00	47,78	D	6,09	6,02	6,59	6,83	1,08	1,13
17.	cocker spaniel	15,10	48,48	D	9,90	6,45	11,64	8,76	1,18	1,36
18.	bulldog francuski	16,75	93,76	B	7,74	7,73	8,32	8,73	1,07	1,13
19.	airedale terrier	20,00	77,31	M	9,52	9,48	9,81	8,97	1,03	0,95
20.	rottweiler	23,00	62,36	M	11,19	10,34	11,08	10,36	0,98	1,00
21.	bullterier	25,50	55,41	M	10,92	9,26	9,20	10,52	0,84	1,14
22.	bokser	27,20	67,97	M	13,29	13,24	9,61	9,76	0,72	0,74
23.	bokser	32,00	65,54	M	15,65	15,97	10,45	10,40	0,67	0,65
24.	owczarek niemiecki	32,40	49,55	D	11,31	11,40	11,21	11,21	0,98	0,97
25.	dalmatyńczyk	38,00	53,57	M	8,64	9,50	10,65	11,18	1,23	1,18
26.	wyżeł szkocki	40,00	52,55	M	10,84	10,70	11,58	11,63	1,07	1,07
27.	dog niemiecki	48,00	53,25	M	14,68	18,77	13,92	13,90	0,95	0,74
28.	dog niemiecki	61,50	52,38	M	13,54	14,10	13,84	14,23	1,01	1,00
29.	owczarek podhalański	70,00	52,75	M	17,56	14,83	12,98	11,01	0,74	0,74
30.	owczarek kaukaski	72,00	48,93	D	12,22	12,71	8,67	9,38	0,71	0,74

Objaśnienia: L – strona lewa, P – strona prawa, pozostałe objaśnienia w tekście

tym ZyZy oznacza szerokość czaszki, maksymalna odległość pomiędzy obustronnymi łukami jarzmowymi, a AP – długość czaszki, odległość między punktami *prosthion-akrokranium* (10). Przyjęto następujące zakresy indeksu czaszkowego dla poszczególnych morfortypów: do 50 – dolichocefalizm; od 80 do 100 – brachycefalizm, wartości pośrednie – mesaticefalizm (tab. 1 – odpowiednio oznaczono jako D, B i M).

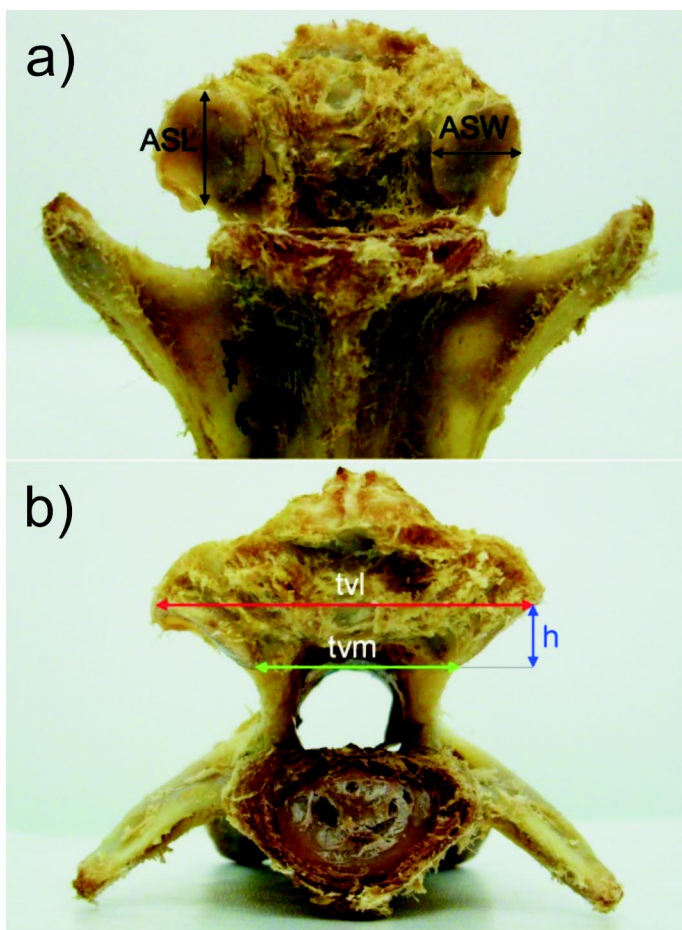
Wykonano następujące pomiary powierzchni stawowych doogonowych kręgu obrotowego: maksymalna szerokość – ASW oraz maksymalna wysokość – ASL (ryc. 1 A). Ponadto określono: poprzeczną odległość między dwoma najbardziej przyśrodkowymi punktami obustronnych powierzchni stawowych doogonowych – tv_m; poprzeczną odległość między dwoma najbardziej bocznymi punktami obustronnych powierzchni stawowych doogonowych oraz pio-

nową odległość między tv_m i tv_l – (nachylenie) h (ryc. 1B). Wszystkie pomiary wykonano z zastosowaniem suwmiarki elektronicznej, z dokładnością do 0,01 mm.

Na podstawie otrzymanych danych wyliczono wartość względną, czyli indeks $K = \frac{ASL}{ASW}$. Parametr ten jest powszechnie przyjęty dla określania kształtu powierzchni stawowych (4, 5). Oba pomiary dotyczące powierzchni stawowej doogonowej i wyliczany indeks odniesiono osobno dla strony prawej i lewej.

Otrzymane wyniki zebrano w formie tabelarycznej (tab. 1). Dla wartości K oraz kąta nachylenia powierzchni stawowej doogonowej (h) wyznaczono liniową funkcję korelacyjną z masą ciała i indeksem czaszkowym (IC) oraz określono współczynnik determinacji R² (ryc. 2, 3).

Wykonano ponadto preparaty histologiczne wycinków pobranych z więzadła szczytowo-obrotowego dogrzebto-



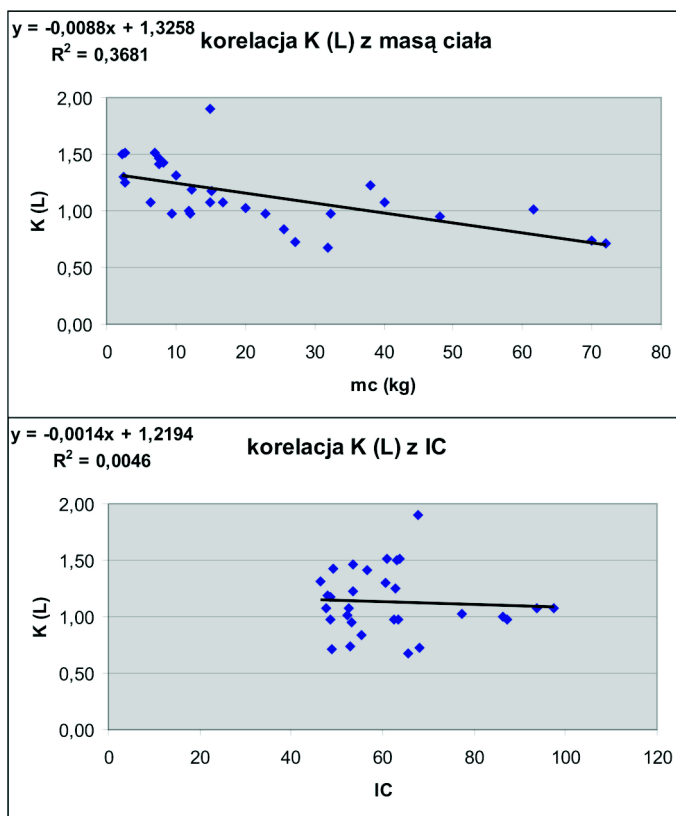
Ryc. 1. Powierzchnie stawowe doogonowe kręgu obrotowego – schemat pomiarów; a) maksymalna szerokość powierzchni stawowej – ASW, maksymalna wysokość – ASL; b) pionowa odległość między tvm i tvh – h (nachylenie)

wego. Preparaty te pochodziły od 5 psów o masie ciała powyżej 38 kilogramów, reprezentujących następujące rasy: dalmatyńczyk, wyżeł szorstkowłosy, dog niemiecki, owczarek podhalański i owczarek kaukaski (oznaczone w tab. 1 numerami: 25, 26, 28-30). U osobników tych w trakcie preparacji połączenia przednio-szyjnego zaobserwowano makroskopowo odmienny niż u innych psów wygląd wymienionego więzadła. Preparaty histologiczne ze skrawków seryjnych o grubości 7 μm barwiono czerwiecią Syriusza i błękitem toluidyny.

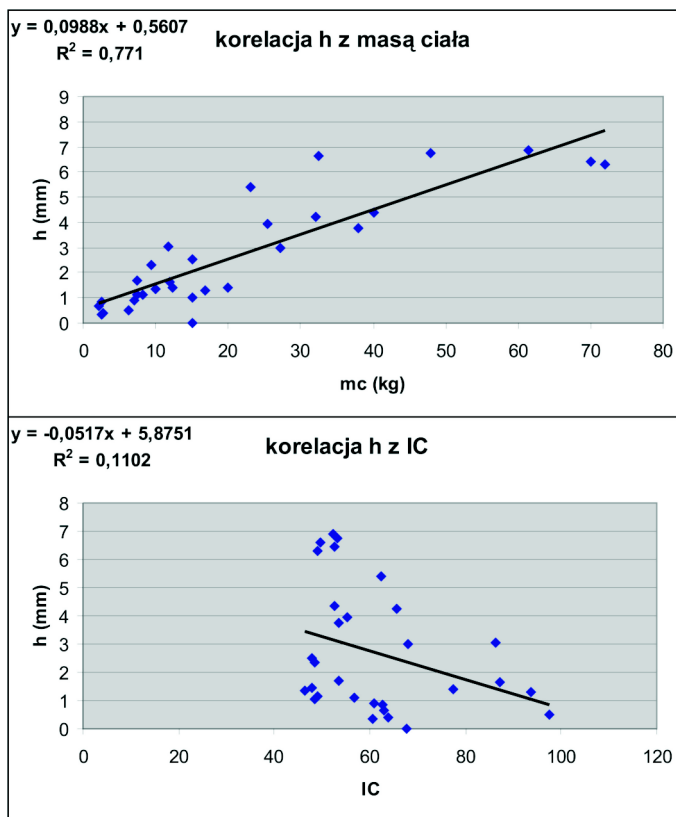
Wszystkie użyte miana morfologiczne zastosowano zgodnie z obowiązującym mianownictwem anatomicznym (1, 13).

Wyniki i omówienie

W różnych opracowaniach uwzględnia się kilka aspektów morfologicznych prowadzących do niestabilności w połączeniu przednio-szyjnym. Dzieli się je na zależne od aparatu więzadłowego, budowy kręgów C_1 i C_2 (szczególnie morfologii zęba i dołu kręgu C_2) oraz przede wszystkim od geometrii powierzchni stawowych. W tym aspekcie należy rozpatrywać kształt powierzchni stawowych, ich kąt nachylenia do osi długiej kręgu oraz wklęsłość. Geometria powierzchni stawowych biorących udział w połączeniu sąsiadujących kręgów na poziomie ich łuków ma zasadniczy wpływ



Ryc. 2. Korelacja indeksu K pomiędzy masą ciała (mc) a indeksem czaszkowym (IC)



Ryc. 3. Korelacja kąta nachylenia powierzchni stawowej (h) z masą ciała (mc) i indeksem czaszkowym (IC)

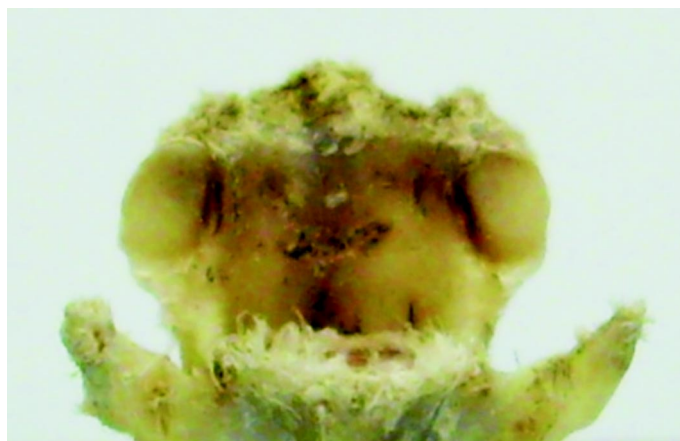
na prawidłowe funkcjonowanie stawów międzykręgowych w danym odcinku kręgosłupa. Natomiast na ograniczenie ruchu w stawie wywiera wpływ torebka sta-

wowa i wiążące się z nią więzadła torebkowe (4-6, 8, 12).

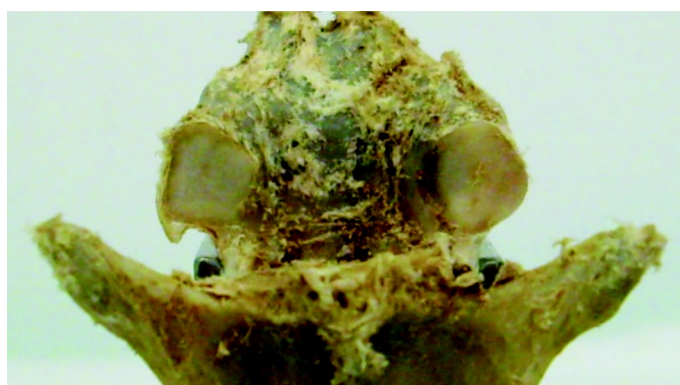
W ocenie mobilności połączenia przednio-szyjnego u psa nieodzowne staje się oszacowanie geometrii poszczególnych powierzchni stawowych, w tym układających się na wyrostkach stawowych doogonowych kręgu obrotowego. Wspomniane powierzchnie stanowią podstawowy element łączący, funkcjonalnie i anatomicznie traktowany jako całość, blok połączenia przednio-szyjnego z dalszą częścią odcinka szyjnego kręgosłupa. W ocenie ruchomości i zmian patologicznych kręgosłupa powszechnie znany jest „efekt domina”. Oznacza to, że zmiany dotyczące jednego kręgu mają zasadniczy wpływ na następne, wywołując ich patologię (14). Geometria powierzchni stawowych doogonowych C_2 będzie więc warunkowała nie tylko ruchomość w obrębie stawów na poziomie C_2 i C_3 , ale także może determinować funkcjonowanie całego odcinka szyjnego kręgosłupa.

Powszechnie przyjętym parametrem dla określenia kształtu powierzchni stawowej jest indeks (K) określający wzajemny stosunek pomiędzy maksymalną wysokością i szerokością (ryc. 1). Zgodnie z zasadami matematycznymi, gdy $K < 1$ wygląd powierzchni stawowych przyjmuje kształt poprzecznie owalny, przy wartościach $K > 1$ – podłużnie owalny, natomiast dla wartości K równej jedności – okrągły. Stwierdzono, że poprzecznie owalny kształt powierzchni stawowych predysponuje do wzmożonych ruchów bocznych (4).

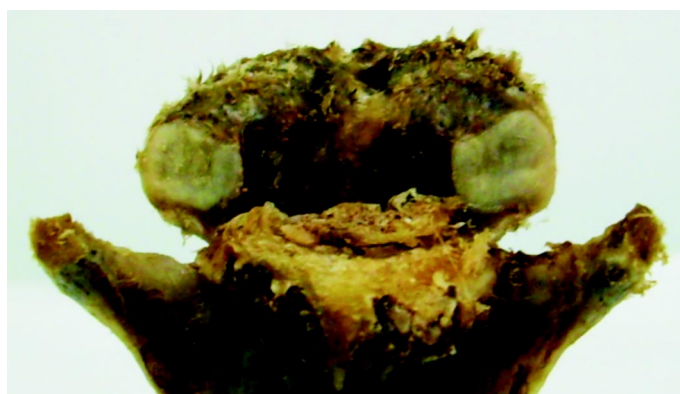
W przebadanej grupie psów omawiany parametr zawierał się w granicach od 0,71 do 1,90 (tab. 1). U przedstawicieli ras miniaturowych (nr 1-6), o masie ciała do 7 kg, indeks K osiągnął wartości większe od jedności. Oznacza to, że powierzchnie stawowe doogonowe C_2 przybrały kształt podłużnie owalny, a więc najbardziej korzystny z uwagi na funkcjonowanie stawu międzykręgowego C_2-C_3 (ryc. 4). Psy te reprezentowały przede wszystkim morfotyp mesaticefaliczny. W omawianej grupie zwierząt wyróżnia się osobnik nr 5, pekińczyk o masie ciała 6,35 kg, typowy przedstawiciel morfotypu brachycefalicznego. Wartość indeksu K, wprawdzie w małym zakresie (1,07), przekroczyła jednak jedność. Można więc stwierdzić, że powierzchnie stawowe doogonowe C_2 u tego osobnika przybrały kształt podłużnie owalny, jednak był on bardzo zbliżony do okrągłego (ryc. 5). U innych osobników prezentujących ten sam morfotyp sytuacja wyglądała podobnie lub ewidentnie powierzchnie te, jedno- bądź obustronnie, były okrągłe. Wyznaczona liniowa funkcja korelacyjna z indeksem czaszkowym (IC) nie wskazała jednak współzależności, a współczynnik determinacji R^2 był bardzo niski i wyniósł tylko 0,0047 (ryc. 2). Potwierdzają to obserwacje dotyczące psów należących do morfotypu dolichocefalicznego. Wyliczony dla tych osobników indeks K wskazywał na możliwość wystąpienia poprzecznie lub podłużnie owalnych oraz zbliżonych do okrągłych kształtów omawianych powierzchni stawowych (ryc. 5, 6).



Ryc. 4. Powierzchnie stawowe doogonowe kręgu szyjnego drugiego – kształt podłużnie owalny, pies rasy yorkshire terrier



Ryc. 5. Powierzchnie stawowe doogonowe kręgu szyjnego drugiego – kształt okrągły, pies rasy buldog francuski



Ryc. 6. Powierzchnie stawowe doogonowe kręgu szyjnego drugiego – kształt poprzecznie owalny, pies rasy dog niemiecki

U osobników o niewielkich wymiarach oraz średniej masie ciała (nr 7-18) indeks K zawierał się pomiędzy wartościami 1,90 i 1,00. Oznacza to, że u tych psów, podobnie jak w poprzednio omawianej grupie, przeważał podłużnie owalny kształt powierzchni stawowych doogonowych C_2 .

Natomiast u ras psów określanych jako średniej wielkości (nr 19-26) indeks K wyniósł poniżej jedności lub był bliski tej wartości. U tych osobników najczęściej występuje poprzecznie owalny kształt wspomnianych powierzchni. Podobną sytuację odnotowano u psów reprezentujących rasy określane jako duże, silnie zbudowanych, o znacznych wymiarach i z propor-

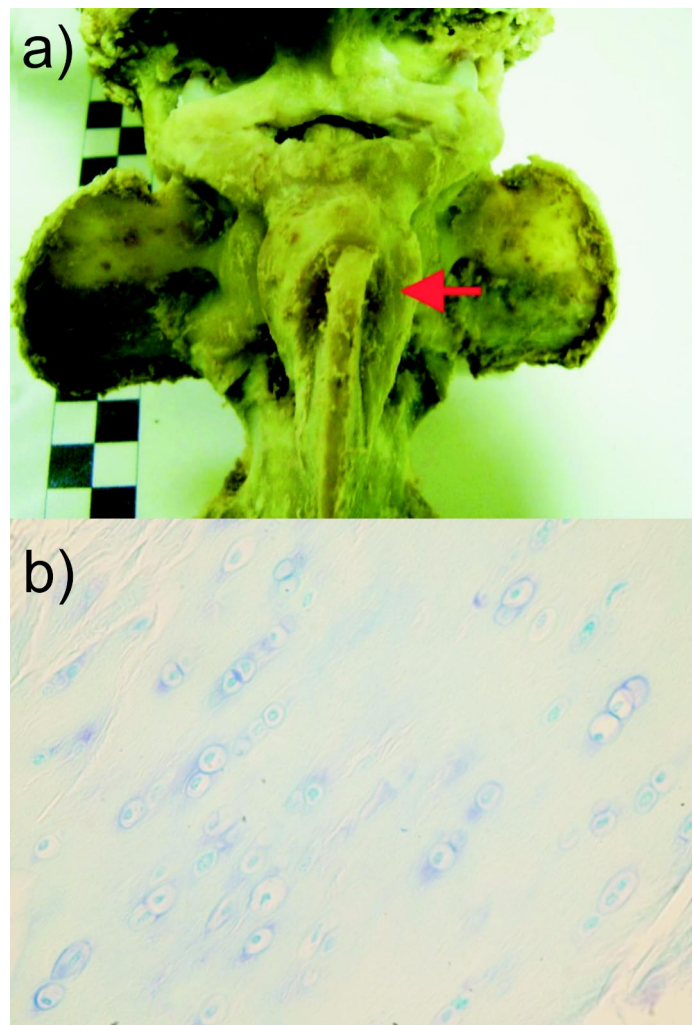
cyjonalną masą ciała (nr 27-30). Wyliczony indeks K osiągnął wartości znacząco poniżej jedności lub były one bliskie tej wartości (tab. 1). U tych osobników spodziewać się należy zwiększonej tendencji do ruchów bocznych w stawie międzykręgowym C_2-C_3 . Fakt ten może być przyczyną konkretnych zmian morfologicznych tych kręgów. Potwierdzają to przypadki obserwowane w badaniach własnych, a z racji niemożności wykonania pomiarów powierzchni stawowych nie uwzględnione w niniejszym opracowaniu. U trzech psów reprezentujących rasy określane jako duże i z proporcjonalną masą ciała stwierdzono zrost trzonów kręgu C_2 i C_3 . Osobniki te to: chart afgański (14 lat; 35 kg), owczarek niemiecki (10 lat; 30 kg) oraz sznauceer średni (11 lat; 13,6 kg). Z informacji uzyskanych od właścicieli wiadomo, że u tych psów nie wykonano zabiegów chirurgicznych w obszarze odcinka szyjnego kręgosłupa. Można więc przypuszczać, że stwierdzone usztywnienie nastąpiło w wyniku zwiększonej ruchomości w kierunkach bocznych stawu międzykręgowego C_2-C_3 .

Omówione obserwacje potwierdza wyznaczona liniowa funkcja korelacyjna z masą ciała. Wykazała ona wzajemną współzależność, a współczynnik determinacji R^2 wyniósł blisko 38% (ryc. 2). Oznacza to, że u psów ras określanych jako duże, a więc także o większej masie ciała, należy się spodziewać zwiększonej ruchomości w kierunkach bocznych na poziomie kręgu szyjnego drugiego i trzeciego. Informacje zamieszczone w literaturze wskazują na podobną zależność w stosunku do powierzchni stawowych doczaszkowych i doogonowych kręgów szyjnych od C_5 do C_7 (4, 5). Brak jest natomiast danych dotyczących geometrii wspomnianych struktur w stosunku do czwartego kręgu szyjnego.

W przebadanej grupie zarówno u psów ras dużych, jak i małych, powierzchnie stawowe doogonowe C_2 zostały określone jako płaskie. Uważa się, że silnie wklęsłe powierzchnie stawowe mogą wpływać dodatkowo na nieprawidłowe funkcjonowanie stawu i być bezpośrednią przyczyną obserwowanych przyżyciowo różnych objawów neurologicznych (4, 5).

Oceniając ruchomość poszczególnych stawów międzykręgowych należy także uwzględnić parametr h określający nachylenie powierzchni stawowych względem osi długiej danego kręgu. Przyjętą metodą wyznaczenia tej danej jest pomiar odległości pomiędzy linią łączącą punkty położone najbardziej bocznie (tv1) oraz przyśrodkowo (tvm) obustronnych powierzchni stawowych (ryc. 1). Większe wartości parametru h są równoważne ze znacznym nachyleniem powierzchni stawowych i tym samym większą tendencją do ruchów bocznych w obrębie danego stawu (5).

W przebadanej grupie zwierząt najwyższą wartość parametru h odnotowano u owczarka kaukaskiego (6,31), a najmniejszą u yorkshire terriera (0,67). Analizując zakres omawianego wskaźnika w badaniach własnych, stwierdzono brak jego zależności od indek-



Ryc. 7. Węzadło szczytowo-obrotowe dogrzbietowe; a) preparat anatomiczny, b) preparat histologiczny – chrząstka włóknista, powiększenie 40 ×, barwienie błękitem toluidyny

su czaszkowego (IC). Natomiast wyznaczona liniowa funkcja korelacyjna parametru h z masą ciała oraz współczynnik korelacji R^2 powyżej 73% wskazują na dużą wzajemną współzależność (ryc. 3). Stwierdza się, że u psów ras dużych występuje większe niż u ras małych i średnich nachylenie powierzchni stawowych doogonowych w stosunku do osi długiej kręgu C_2 . Należy jednak zaznaczyć, że wartości parametru h nie wiążą się bezpośrednio z kształtem powierzchni stawowej. Jednak kiedy u tego samego osobnika stwierdza się wysoką wartość tego parametru oraz indeks K znacznie przekracza jedność, to na pewno jest on zagrożony zwiększoną tendencją do ruchów bocznych kręgosłupa na poziomie stawu międzykręgowego C_2-C_3 . Taki stan może być przyczyną wspomnianych wcześniej usztywnień między tymi kręgami.

Omówione obserwacje wskazują na zagrożenie psów ras dużych uszkodzeniami krążków międzykręgowych i wiążącymi się z tym zaburzeniami neurologicznymi. Praktyka kliniczna wskazuje jednak, że tego rodzaju patologią obciążone są częściej psy reprezentujące rasy małe lub miniaturowe. Na prawidłową funkcję stawu ogromny wpływ ma także aparat więzadło-

wy. Strukturą, która przede wszystkim stabilizuje położenie kręgu C_2 i tym samym jego powierzchnie stawowe doogonowe, jest więzadło szczytowo-obrotowe dogrzbietowe (*ligamentum atlantoaxiale dorsale*). Łączy ono guzek dogrzbietowy kręgu szczytowego z przednio-dolną powierzchnią wyrostka kolczystego C_2 . Analizując preparaty histologiczne wycinków pobranych z tego więzadła od psów ras dużych (nr 23, 24, 26-30) stwierdzono w jego strukturze obecność chrząstki włóknistej (*cartilago fibrosa*) na całej jego długości (ryc. 7). Chrząstka ta jest typem tkanki łącznej podporowej o układzie regularnym (2, 3, 10, 11, 17). Zbudowana jest z skromnie wyrażonej istoty międzykomórkowej (podstawowej, macierzy), w której zanurzone są liczne włókna kolagenowe. Układają się one charakterystycznie, tworząc grube pęczki biegnące równolegle. Wzdłuż nich w jamkach, pojedynczo lub w grupach izogenicznych, leżą komórki chrzęstne, czyli chondrocyty (11, 16, 17). Dzięki dużej liczbie włókien i małej komórek chrząstka włóknista jest wyjątkowo wytrzymała na działanie sił. Dlatego też uważa się, że chrząstka ta występuje głównie w miejscach przyczepu więzadeł do kości (*enthesis*). W literaturze anglojęzycznej używane jest nawet określenie *enthesis fibrocartilage*, co można przetłumaczyć na język polski jako przyczep włóknisto-chrząstny (2, 3). Zwiększona ruchomość kręgosłupa w kierunkach bocznych na wysokości C_2-C_3 u psów ras dużych determinuje zmiany w aparacie więzadłowym. Stwierdzoną u tych osobników obecność chrząstki włóknistej na całej długości więzadła szczytowo-obrotowego dogrzbietowego należy traktować jako swoistego rodzaju „mechanizm obronny”. Minimalizuje on siły naprężenia, nacisku i rozciągania, którym poddawane jest więzadło. Z jednej strony chroni więzadło przed rozerwaniem, a z drugiej – kość przed pęknięciem, przy nadmiernie działających siłach.

Podsumowując przeprowadzone obserwacje należy stwierdzić, że psy ras dużych, mimo uwarunkowań morfologicznych powierzchni stawowych doogonowych C_2 predysponujących do zwiększonej ruchomości w obrębie stawu międzykręgowego C_2-C_3 po-

siadają jednak mechanizm jej zapobiegający. Obecność chrząstki włóknistej w więzadle szczytowo-obrotowym dogrzbietowym tworzy specyficzny hamulec dla nadmiernie działających sił, przeciwstawiając się zbyt dużym naprężeniom więzadła, a tym samym niepożądanym ruchom bocznym. Zmniejsza to zagrożenie uszkodzenia krążka międzykręgowego i rdzenia kręgowego na wysokości C_2-C_3 .

Piśmiennictwo

1. Anon.: Nomina Anatomica Veterinaria. World Association of Veterinary Anatomist, Gent, Belgium 1992.
2. Benjamin M., Qin S., Ralphs R. J.: Fibrocartilage associated with human tendons and their pulleys. J. Anat. 1995, 187, 625-633.
3. Benjamin M., Ralphs J. R.: Fibrocartilage in tendons and ligaments – an adaptation to compressive load. J. Anat. 1998, 193, 481-494.
4. Breit S., Kunzel W.: A morphometric investigation on breed-specific features affecting sagittal rotational and lateral bending mobility in the cervical spine (C_3-C_7). Anat. Histol. Embryol. 2004, 33, 244-250.
5. Breit S., Kunzel W.: Shape and orientation of articular facets of cervical vertebrae (C_3-C_7) in dogs denoting axial rotational ability: an osteological study. Europ. J. Morphol. 2002, 40, 43-51.
6. Crisco III J. J., Panjabi M. M., Dvorak J.: A model of the alar ligaments of the upper cervical spine in axial rotation. J. Biomechanics 1991, 24, 607-614.
7. Deliganis A. V., Baxter A. B., Hanson J. A., Fisher D. J., Cohen W. A., Wilson A. J., Mann F. A.: Radiologic spectrum of craniocervical distraction injuries. Radiographics 1991, 20, 237-250.
8. Dickman C. A., Crawford N. R., Tominaga T., Brantley A. G. U., Coons S., Sonntag V. K. H.: Morphology and kinematics of the Baboon upper cervical spine. A model of the atlantoaxial complex. Spine 1994, 19, 2518-2523.
9. Di Gregorio F., Priolo F., Cerase A., Belli P., Galossi A., Magaró M., Marano P.: Integrated role of computerized tomography and magnetic resonance imaging in identifying the early changes in rheumatoid arthritis of the craniocervical junction. Radiol. Med. 1997, 93, 18-26.
10. Evans H. E.: Anatomy of the Dog. Saunders W. B. Company, Philadelphia 1993.
11. Junqueira L. C., Carneiro J.: Basic Histology – Text&Atlas. McGraw-Hill Companies, New York 2005.
12. Krysiak K., Kobryń H., Kobryń F.: Anatomia zwierząt. Tom 1. PWN, Warszawa 2004.
13. Milart Z. (red): Anatomiczne mianownictwo weterynaryjne. PWRiL, Warszawa 2002.
14. Sharp N. J. H., Wheeler S. J.: Small Animal Spinal Disorders. Diagnosis and Surgery. Elsevier Mosby, Edinburgh 2005.
15. Wojciechowski M., Sterna J., Lechowski R.: Zespół chwiejności u psów. Życie Wet. 2005, 80, 15-18.
16. Zawistowski S.: Technika histologiczna – histologia oraz podstawy histopatologii. PZWL, Warszawa 1983.
17. Zarzycki J., Kuryszko J.: Histologia zwierząt. PWRiL, Warszawa 2000.

Adres autora: dr Agnieszka Wieladek, ul. Nowoursynowska 159, 02-776 Warszawa; e-mail: agnieszka_wieladek@sggw.pl