

Morfologia i morfometria więzadła poprzecznego kręgu szczytowego psa w aspekcie klinicznym

AGNIESZKA WIELĄDEK, MARTA KUPCZYŃSKA,
KAROLINA BARSZCZ, MICHAŁ WĄSOWICZ

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

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

Morphology and morphometry of the Transverse atlantal ligament in dogs from the clinical aspect

Summary

The aim of the study was to describe the morphology of the Transverse atlantal ligament in dogs with a focus on the features that have not been described yet. The research examined cadavers of 20 adult male and female dogs of different breeds, three morphotypes, fixed in 10% formaldehyde. The Transverse atlantal ligament was shown by removing the Dorsal arch of the Atlas. The length (DWP), width (SWP) and thickness (GWP) of the ligament were measured. The linear correlation function with the body mass (mc) and the cranial index and the coefficient of determination R^2 were determined. Histological specimens from 10 Transverse atlantal ligaments were marked. The results of the research indicated that the length, width and thickness of the described ligament is positively correlated with the body mass in a dog. The histologic studies showed that the Transverse atlantal ligament is fibrocartilagenous on the whole. This fact should be taken into consideration in all affections connected with the cartilage destruction. The role of the fibrocartilage and their types in the ligament have also been discussed.

Keywords: dog, transverse atlantal ligament, fibrocartilage

W literaturze anglojęzycznej do połączenia głowy z szyją używa się określenia „craniocervical junction”. Określenie to tłumaczone jest na język polski przez różnych autorów jako połączenie przednio-szyjne, czaszkowo-szyjne lub potyliczno-szyjne. Wydaje się, że pierwsza nazwa jest najbardziej trafna dla szeregu struktur funkcjonalnie i morfologicznie ze sobą powiązanych. Należą do nich: staw szczytowo-potyliczny (*articulatio atlanto-occipitalis*), staw szczytowo-obrotowy (*articulatio atlantoaxialis*) oraz wielopiętrowy układ więzadeł o skomplikowanym przebiegu. Niestabilność w tym odcinku kręgosłupa często doprowadza do trwałej niepełnosprawności i nierzadko nawet do śmierci danego osobnika (11, 16, 18, 19, 23). Więzadła są kluczowymi strukturami warunkującymi prawidłowy ruch i stabilizację stawu. Trudno jest ocenić, któremu z więzadeł połączenia przednio-szyjnego należy przypisać rolę pierwszoplanową. Na szczególną uwagę zasługuje jednak więzadło poprzeczne kręgu szczytowego (*ligamentum transversum atlantis*). Uważa się, że więzadło to wraz z błoną pokrywającą (*membrana tectoria*), poprzez stabilizację zęba kręgu obrotowego pełni rolę ochronną w stosunku do rdzenia kręgowego (9, 15, 24). Dlatego większość autorów wiąże niestabilność szczytowo-obrotową z jego zerwaniem (1, 8, 10, 16, 22, 23). Więzadła występują-

ce w tym samym stawie u różnych osobników mogą różnić się zarówno budową makro-, jak i mikroskopową. Często w obrębie tego samego więzadła zaznaczają się różnice w jego strukturze uwarunkowane jego przebiegiem. Są one szczególnie dobrze widoczne w miejscach, gdzie więzadło zmienia kierunek, ociera się o występ kostny oraz w punktach jego przyczepu do kości. Więzadła są strukturami o charakterze dynamicznym, wykazują bowiem zdolność do odpowiedzi na wywierane siły nacisku, naprężenia i rozciągania, którym są poddawane (4-6, 13).

W piśmiennictwie znajdują się tylko informacje ogólne dotyczące więzadła poprzecznego kręgu szczytowego u psa. Dlatego podjęto badania z tego zakresu. Ich celem było poznanie morfologii wspomnianego więzadła, ze szczególnym uwzględnieniem aspektów klinicznych.

Materiał i metody

Badania przeprowadzono na utrwalonych w 10% formaldehydzie zwłokach 20 dorosłych psów obu płci., reprezentantów kilku ras i trzech morfotypów (tab. 1). Morfotyp ustalano na podstawie indeksu czaszkowego $IC = \frac{ZyZy}{AP} \times 100$; gdzie $ZyZy$ oznacza szerokość czaszki (maksymalna odległość pomiędzy obustronnymi łukami jarzmowymi), a AP –

długość czaszki (odległość między punktami prosthion – akrokranion) (10, 24). Przyjęto następujące zakresy indeksu czaszkowego dla poszczególnych morfotypów: do 50 – dolichocefalizm; od 80 do 100 brachycefalizm, wartości pośrednie – mesaticefalizm. Więzadło poprzeczne kręgu szczytowego uwiadczniano poprzez wycięcie łuku dogrzbietowego kręgu. Na tym etapie badań dokonywano pomiarów długości więzadła (DWP) (ryc. 1). Następnie odcinano go w miejscach przyczepu w kanale kręgowym. W centralnej części izolowanego więzadła mierzono jego szerokość (SWP) oraz grubość (GWP) (ryc. 1). Wszystkie pomiary wykonano z zastosowaniem suwmiarki elektronicznej, przy dokładności do 0,01 mm. Otrzymane wyniki zebrano w formie tabeli (tab. 1) oraz wykresów (ryc. 2, 3, 4). Dla każdego z pomiarów dotyczących więzadła wyznaczono liniową funkcję korelacyjną z masą ciała i indeksem czaszkowym oraz określono współczynnik determinacji R^2 (ryc. 2, 3, 4).

Preparaty histologiczne wykonane z więzadeł pobranych od 10 osobników (oznaczone gwiazdką w tab. 1). Każde z nich przecięto w płaszczyźnie pośrodkowej, a otrzymane części przeznaczono odpowiednio do badań w przekroju poprzecznym i podłużnym. Preparaty ze skrawków seryjnych o grubości 7 μm barwiono czerwienią Syriusza, orceiną i błękitem toluidyny. Wszystkie użyte miana morfologiczne zastosowano zgodnie z obowiązującym mianownictwem anatomicznym (2, 21, 25).

Wyniki i omówienie

Więzadło poprzeczne kręgu szczytowego u psa leży na wewnętrznej powierzchni trzonu kręgu szczytowego (C_1). Biegnie w poprzek otworu kręgowego C_1 , rozciągając się pomiędzy jego ścianami, poprzecznie ponad zębem kręgu obrotowego (C_2). Ma ono wygląd sztywnej, płaskiej taśmy o perłowym zabarwieniu, z widocznym przebiegiem włókien. U psów ras średnich i dużych obserwowano zróżnicowanie jego kształtu. W części centralnej, leżącej nad zębem C_2 , zaznacza się wyraźne rozszerzenie, zanikające łagodnie w kierunku miejsc przyczepów do kości (ryc. 1). Nie odnotowano tej zmiany kształtu u przedstawicieli ras miniaturowych. Natomiast w każdym badanym przypadku oba końce więzadła poprzecznego kręgu szczytowego, w miejscach przyczepu do kości, ulegały wyraźnemu pogrubieniu.

Tab. 1. Populacja badanych psów i wyniki wykonanych pomiarów

Nr osobnika	Rasa	Płeć	Masa ciała (kg)	IC	Morfotyp	Więzadło poprzeczne kręgu szczytowego		
						DWP (mm)	SWP (mm)	GWP (mm)
1*	owczarek kaukaski	♂	71,80	48,93	d	24,17	7,23	0,99
2*	dog niemiecki	♂	61,50	52,38	m	24,12	7,78	0,99
3	bokser	♂	32,20	65,54	m	21,70	6,17	0,91
4*	owczarek niemiecki	♂	31,40	49,55	d	21,36	6,73	0,91
5	American Staffordshire Terrier	♂	25,80	61,74	m	17,47	7,14	0,91
6*	bulldog francuski	♂	16,70	93,76	b	14,26	5,28	0,89
7	cocker spaniel	♂	15,10	48,48	d	15,90	4,14	0,90
8*	King Charles spaniel	♂	15,00	67,67	m	13,32	4,25	0,65
9*	jamnik	♂	9,20	53,07	m	15,76	5,91	0,79
10	pinczer miniatura	♂	6,95	60,93	m	11,28	3,52	0,63
11	dog niemiecki	♀	54,00	50,13	m	23,79	7,75	0,98
12	wyżeł szorstkowłosy	♀	40,00	52,55	m	18,63	4,19	0,87
13	dalmatyńczyk	♀	38,20	53,57	m	17,95	6,92	0,90
14*	chart afgański	♀	35,00	42,26	d	23,99	6,16	0,92
15	bokser	♀	25,00	61,78	m	20,69	5,86	0,88
16*	bulldog francuski	♀	12,00	87,31	b	13,66	3,63	0,73
17*	cocker spaniel	♀	9,32	48,48	d	15,67	4,41	0,89
18	jamnik	♀	8,25	49,21	d	13,61	3,67	0,70
19	terier tybetański	♀	7,50	56,75	m	13,65	2,96	0,66
20*	Yorkshire Terrier	♀	2,60	62,78	m	10,94	2,80	0,57
średnia						17,60	5,33	0,83
max						24,17	7,78	0,99
min						10,94	2,80	0,57
sd						4,45	1,64	0,13

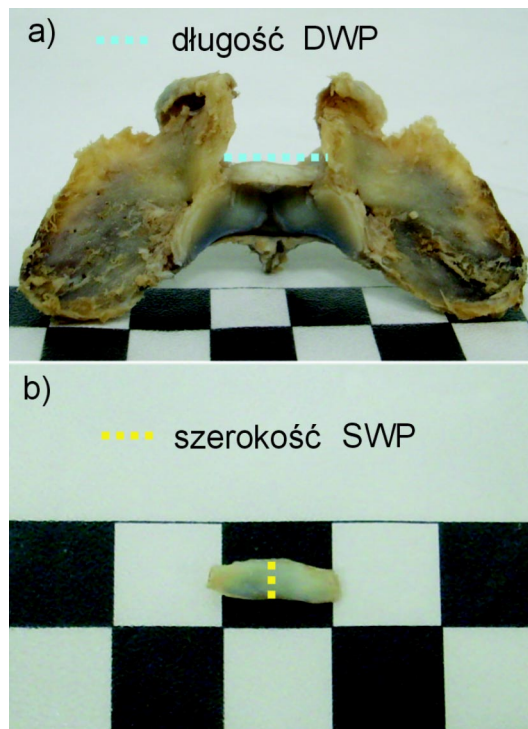
Objaśnienia: * – osobniki, od których pobrano materiał do badań histologicznych; morfotyp: d – dolichocefaliczny, m – mesaticefaliczny, b – brachycefaliczny; więzadło poprzeczne kręgu szczytowego: DWP – długość, SWP – szerokość, GWP – grubość

Średnia długość omawianego więzadła (DWP) dla badanej grupy psów wyniosła 17,37 mm. Maksymalną wartość odnotowano u samca rasy dog niemiecki (24,17 mm), minimalną u samicy rasy yorkshire terier (10,94 mm). Oba osobniki reprezentowały morfotyp mesaticefaliczny. Średnia wartość tego parametru była nieco wyższa u samców (17,92 mm) niż u samic (16,81 mm) (tab. 1). Stwierdzono, że stosunek DWP do masy ciała psa o wartości około 40 kg jest funkcją rosnącą; przekroczenie tej granicy nie powoduje już tak znaczącego wzrostu omawianego parametru. Natomiast porównanie DWP do indeksu czaszkowego, charakteryzującego morfotypy psa, nie wykazało tak wyraźnej wzajemnej zależności (ryc. 2). Największe wartości długości omawianego więzadła w stosunku do osi indeksu czaszkowego grupują się wokół liczby 50, a więc wartości granicznej dla dolichocefalizmu. Przyjęte zakresy tego indeksu determinowały kwalifikacje niektórych osobników (nr 2, 11, 12, 13) do morfotypu mesaticefalicznego, choć wyliczony dla nich indeks czaszkowy był bardzo bliski wspomnianej granicy. Należy jednak zauważyć, że wymienione osobniki cha-

rakteryzowała także duża masa ciała (tab. 1). Wśród psów zdecydowanie określonych jako dolichocefaliczne i brachycefaliczne, o małej lub średniej masie ciała wartości DWP zawierały się w polu zasadniczego rozrzutu. Obserwacje te potwierdziła analiza statystyczna. Wartość współczynnika determinacji R^2 funkcji liniowej dla korelacji DWP z masą ciała wyniosła 78%. Oznacza to silną korelację. Natomiast współczynnik determinacji R^2 funkcji liniowej dla korelacji DWP z IC osiągnął wartość 20%, co wskazuje na słabą korelację (ryc. 2).

Średnia wartość SWP wyniosła 5,37 mm; nieco wyższa u samców (5,88 mm) niż u samic (4,86 mm). Natomiast średnia GWP w badanej grupie psów wyniosła 0,83 mm i nie odnotowano tu znaczącej różnicy związanej z płcią (tab. 1). W stosunku do obu tych parametrów zaobserwowano podobne, chociaż już nie tak wyraźne zależności, jak w przypadku DWP. Współczynnik determinacji R^2 funkcji liniowej dla korelacji SWP i GWP z masą ciała wyniósł, odpowiednio, 64% i 58%, co określane jest jako korelacja zauważalna. Natomiast omawiany współczynnik dla IC (odpowiednio, 7%; 8%) wskazuje na korelację wyjątkowo słabą (ryc. 3, 4).

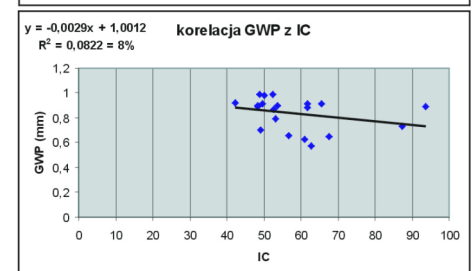
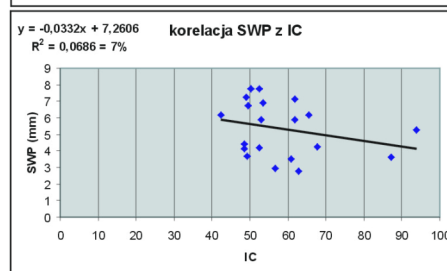
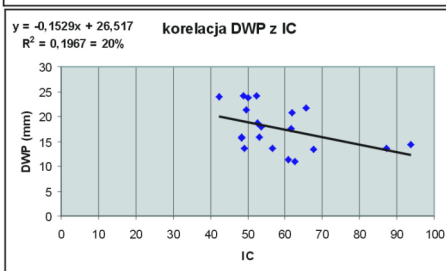
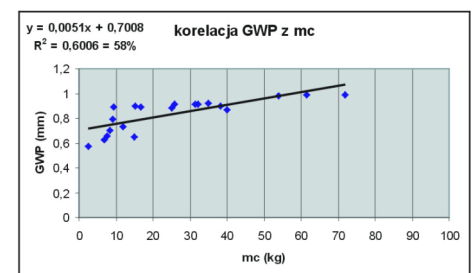
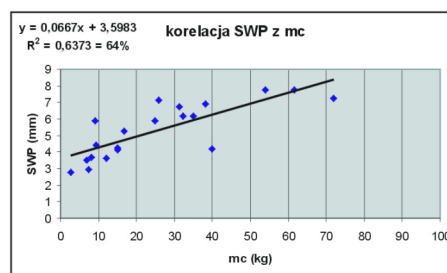
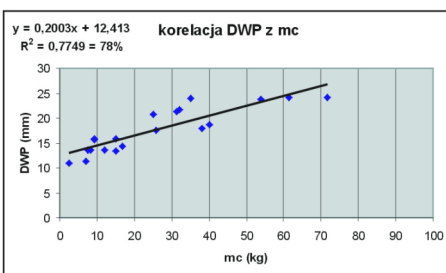
Analiza preparatów histologicznych więzadła wykazała we wszystkich badanych przypadkach obecność chrząstki włóknistej (*cartilago fibroidea*) (ryc. 5, 6). Chrząstka włóknista jest typem tkanki łącznej zbitej



Ryc. 1. Więzadło poprzeczne kręgu szczytowego psa, buldoga francuskiego: a) widok w kanale kręgowym po usunięciu łuku dogrzbietowego kręgu C_1 ; b) więzadło wyizolowane

o układzie regularnym (20). 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 chrząstki, czyli chondrocyty (12, 15, 20). 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 określenie enthesis fibrocartilage, co można przetłumaczyć na język polski jako przyczep włóknisto-chrząstny (3-7, 17, 21). Autorzy cytowanych publikacji wyróżniają dwa

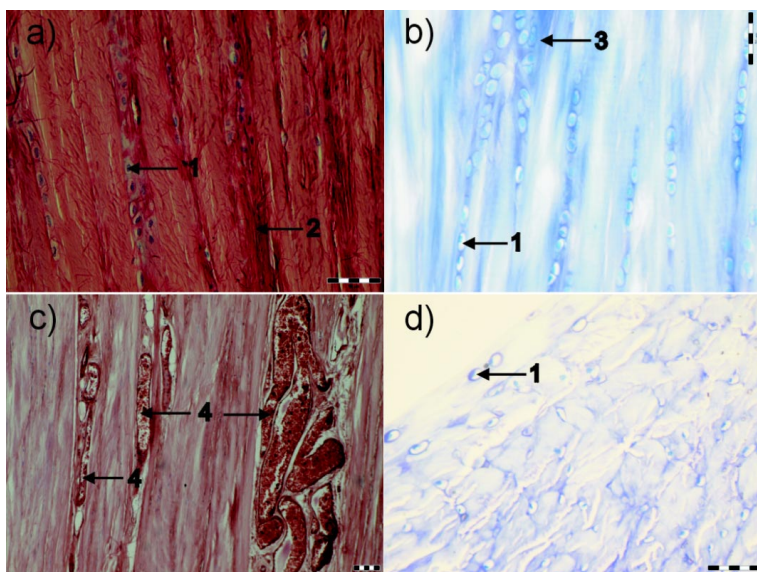
typy przyczepu więzadeł do kości. W odniesieniu do tych, które mocują się na trzonach kości długich (*diaphyses*) oraz w miejscach występowania chrząstek nasadowych, określanych klinicznie jako przynasady (*metaphyses*), przyczep tworzony jest tylko przez tkankę łączną włóknistą. Natomiast połączenie więzadeł przyczepiających się do nasad kości długich (*epiphyses*) oraz do kości krótkich wzbogacone jest o element chrząstki włóknistej, a więc występuje tu wspomniany przyczep włóknisto-chrząstny. Należy jednak zaznaczyć, że podział ten nie zawsze jest jednoznaczny. W strukturze przyczepu włóknisto-chrząstnego wyróż-



Ryc. 2. Korelacja DWP z masą ciała (mc) i indeksem czaszkowym (IC)

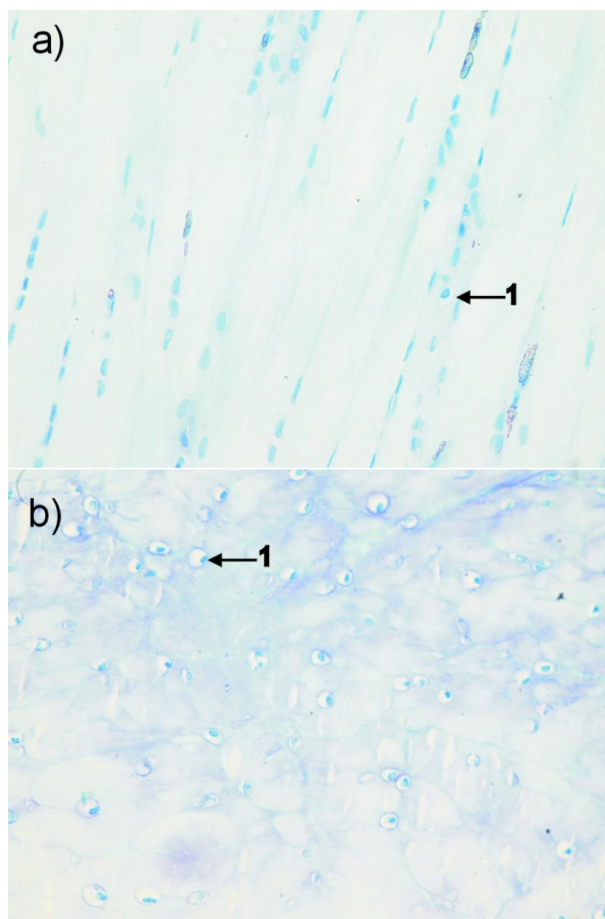
Ryc. 3. Korelacja SWP z masą ciała (mc) i indeksem czaszkowym (IC)

Ryc. 4. Korelacja GWP z masą ciała (mc) i indeksem czaszkowym (IC)



Ryc. 5. Preparaty histologiczne z więzadła poprzecznego kręgu szczytowego psa w przekrojach podłużnych: a) powiększenie 40 ×, barwienie czerwienią Syriusza; b) powiększenie 40 ×, barwienie błękitem toluidyny; c) powiększenie 10 ×, barwienie orceiną; d) powiększenie 40 ×, barwienie błękitem toluidyny, wycinek z części centralnej; 1 – chondrocyty; 2 – włókna kolagenowe; 3 – metachromazja; 4 – naczynia krwionośne

Ryc. 6. Preparaty histologiczne z więzadła poprzecznego kręgu szczytowego psa barwione błękitem toluidyny, powiększenie 40 ×: a) przekrój podłużny z części centralnej; b) przekrój poprzeczny z części centralnej; 1 – chondrocyty



nia się cztery strefy: część kostną, chrząstkę włóknistą uwapnioną, chrząstkę włóknistą niewapnioną oraz tkankę łączną zwartą. Strefy uwapniona i niewapniona chrząstki włóknistej są oddzielone od siebie wyraźną granicą i jest to miejsce oddzielania się tkanki miękkiej od kości podczas maceracji. W pasie niewapnionej chrząstki włóknistej opisywane są chondrocyty leżące w jamkach, ciągnące się rzędami wzdłuż biegnących równolegle włókien kolagenowych. Taki obraz histologiczny obserwowano we wszystkich wycinkach badanych więzadeł poprzecznych kręgu szczytowego pochodzących z części położonych blisko kości (ryc. 5 a, b). Więzadło to reprezentowało więc typowy przyczep włóknisto-chrząstny. Miejsce kotwiczenia więzadła do kości jest punktem szczególnej kumulacji działających sił. Obecność w tym miejscu chrząstki włóknistej jest rodzajem mechanizmu obronnego, mającego na celu minimalizację sił naprężenia, nacisku i rozciągania, którym poddawane jest więzadło. Przejście między chrząstką uwapnioną i niewapnioną jest porównywane do gumki kauczukowej, która, z jednej strony, chroni więzadło przed rozerwaniem, a z drugiej strony – zabezpiecza kość przed pęknięciem przy nadmiernie działających siłach. Szczególnie ważne jest to w przypadku więzadeł mocno obciążonych, a więc narażonych na stałe działanie sił rozciągania. Chrząstka włóknista tworzy swoisty hamulec dla tych sił, zapobiegający zbyt dużym naprężeniom więzadła. Zapobiega tym samym zbyt gwałtownemu zwężeniu

więzadła, które mogłoby doprowadzić do jego zerwania. Obecność chrząstki jest także systemem ochronnym dla naczyń przebiegających w obrębie więzadła. Przyczep włóknisto-chrząstny pełniąc omówione, wielorakie funkcje, ma tym samym duży wpływ na właściwe działanie stawu obsługiwanego przez określone więzadło. Stwierdzony w badaniach własnych fakt mocowania więzadła poprzecznego kręgu szczytowego do ścian kanału kręgowego poprzez przyczep włóknisto-chrząstny należy odnieść do prawidłowego funkcjonowania wspomnianego we wstępie połączenia przednio-szyjnego.

Obecność chrząstki włóknistej stwierdzono także w innych miejscach niż przyczepy poszczególnych więzadeł oraz w ścięgnach różnych mięśni. Publikacje z tego zakresu odnoszą się głównie do ludzi lub do sytuacji, gdy modelem doświadczalnym był szczur. Odkrycie takiego umiejscowienia chrząstki włóknistej zdeterminowało wyróżnienie dwóch jej kategorii. Pierwsza, stanowiąca element przyczepu włóknisto-chrząstnego określona została w literaturze anglojęzycznej jako periosteal fibrocartilage. Drugą, stwierdzaną w obrębie ścięgien i w pozostałych częściach więzadeł, nazywano sesamoid fibrocartilage (4-7, 17). Miana te można przetłumaczyć na język polski, odpowiednio, jako: „okostnowa chrząstka włóknista” oraz „trzeszczkowa chrząstka włóknista”. Tę ostatnią obserwowano w odcinkach zmiany biegu więzadła lub ścięgna, owijaniu się tych struktur o występ kostny lub

punktach szczególnie narażonych na działanie dużych sił. Uważa się, że na kształtowanie chrząstki włóknistej ma wpływ przede wszystkim ruch, jako czynnik wyzwalający metaplastę fibroblastów w komórki chrząstki włóknistej. Ten pogląd jest bardzo ważnym aspektem w rehabilitacji pacjentów po operacji stawów i rekonstrukcji więzadeł. Powstawanie chrząstki włóknistej może być więc także oznaką toczącego się procesu naprawczego w więzadle (6, 13, 17). Przyżyciowo chrząstkę włóknistą trzszczkową stwierdzano na wklęsłych powierzchniach więzadła, a warunkiem jej powstania jest jednoczesne działanie nacisku i rozciągania (3, 5, 13). Miejscem takim dla więzadła poprzecznego kręgu szczytowego jest jego część centralna. Skierowany ku górze ząb C₂ wywiera stały nacisk na znajdujący się tu fragment więzadła, powodując jego uniesienie w tym samym kierunku. Morfologia struktur stawu szczytowo-obrotowego sprawia, że więzadło poddawane jest stałemu i jednoczesnemu działaniu dwóch sił. Pierwsza, pionowa, skierowana prostopadle do więzadła, jako wynik nacisku zęba C₂ od dołu oraz druga, pozioma, układająca się do niego równolegle. Jest to siła naprężająca więzadło, rozchodząca się w kierunku przyczepów i wynikająca z wspomnianego jego uniesienia. Uwarunkowania te predysponują do kształtowania się chrząstki włóknistej, co stwierdzono we wszystkich badanych przypadkach układającej się nad zębem C₂ części centralnej więzadła poprzecznego kręgu szczytowego (ryc. 2 d, 3 b). Biorąc pod uwagę wcześniejsze spostrzeżenia należy stwierdzić, że w przebadanej grupie dwudziestu dorosłych psów, obu płci, trzech morfotypów badania histologiczne wykazały obecność chrząstki włóknistej na całej długości więzadła poprzecznego kręgu szczytowego.

U ludzi z reumatoidalnym zapaleniem stawów bardzo często stwierdza się niestabilność w połączeniu przednio-szyjnym. W 20% przypadków obserwowano zmiany degeneracyjne w więzadle poprzecznym kręgu szczytowego, prowadzące do upośledzenia jego funkcji i ostrej szyjnej mielopatii. Reumatoidalne zapalenie stawów jest chorobą systemową, dotyczącą tkanek fenotypowo odpowiadających chrząstce. U ludzi badania potwierdziły obecność: aggrekanu i typ II kolagenu w więzadle poprzecznym kręgu szczytowego, które są czynnikami biorącymi udział w powstawaniu reumatoidalnego zapalenia stawów (3, 7, 16, 25).

Przeprowadzone badania własne wskazują, że u psów długość, szerokość oraz grubość więzadła poprzecznego kręgu szczytowego jest skorelowana z masą ciała. Na podstawie obserwacji preparatów histologicznych pochodzących od osobników o średniej i dużej masie ciała po raz pierwszy stwierdzono obecność chrząstki włóknistej na całej długości omawianego więzadła. Determinuje to fakt, że u psów z rozpoznaną uogólnioną chorobą stawów, przebiegającą z niszczeniem chrząstki, należy zawsze mieć na uwa-

dze możliwość wystąpienia degeneracji w więzadle poprzecznym kręgu szczytowego i podejrzewać niestabilność w połączeniu przednio-szyjnym.

Piśmiennictwo

1. Adams D. R.: Canine Anatomy a Systematic Study. Fourth ed. Blackwell Company, Iowa 2004.
2. Anon.: Nomina Anatomica Veterinaria. World Association of Veterinary Anatomist, Gent, Belgium 1992. Benjamin M., McGonagle D.: The anatomical basis for disease localisation in seronegative spondyloarthropathy at entheses and related sites. J. Anat. 2001, 199, 503-526.
3. Benjamin M., McGonagle D.: The anatomical basis for disease localisation in seronegative spondyloarthropathy at entheses and related sites. J. Anat. 2001, 199, 503-526.
4. Benjamin M., Moriggl B., Brenner E., Emery P., McGonagle D., Redman S.: The „entheses organ” concept. Why enthesopathies may not present as focal insertional disorders. Arthritis Rheum. 2004, 50, 3306-3313.
5. Benjamin M., Ralphs J. R.: Fibrocartilage in tendons and ligaments – an adaptation to compressive load. J. Anat. 1998, 193, 481-494.
6. Benjamin M., Toumi H., Ralphs J. R., Bydder G., Best T. M., Milz S.: Where tendons and ligaments meet bone: attachment sites („entheses”) in relation to exercise and/or mechanical load. J. Anat. 2006, 208, 471-490.
7. Carter S. D., Bell S. C., Bari A. S. N., Bennett D.: Immune complexes and rheumatoid factors in canine arthritides. Ann. Rheum. Dis. 1989, 48, 986-991.
8. De Lahunta A.: Veterinary Neuroanatomy and Clinical Neurology. Saunders W. B. Company, London 1983.
9. Done S. H., Goody P. C., Evans S. A., Stickland N. C.: Color Atlas of Veterinary Anatomy. The Dog and Cat. Mosby, London 2001.
10. Evans H. E.: Anatomy of the Dog. Saunders W. B. Company, Philadelphia 1993.
11. Floman Y., Kaplan L., Elidan J., Umansky F.: Transverse ligament rupture and atlanto-axial subluxation in children. J. Bone Joint Surg. 1991, 73, 640-643.
12. Gartner L. P., Hiatt J. L.: Color Atlas of Histology. Wolters Kulwer Company, Philadelphia 2000.
13. Hattori S., Sakane M., Mutsuzaki H., Tanaka J., Ochiai N., Nakajima H.: Chondrocyte apoptosis and decrease of glycosaminoglycan in cranial cruciate ligament insertion after resection in rabbits. J. Vet. Med. Sci. 2007, 69, 253-258.
14. Junqueira L. C., Carneiro J.: Basic Histology – text&atlas. McGraw-Hill Companies, New York 2005.
15. Krysiak K., Kobryń H., Kobryńczuk F.: Anatomia zwierząt. T. 1. PWN, Warszawa 2004.
16. Matsunaga S., Sakou T., Onishi T., Hayashi K., Taketomi E., Sunahara N., Komiya S.: Prognosis of patients with upper cervical lesions caused by rheumatoid arthritis. Spine 2003, 28, 1581-1587.
17. Milz S., Schluter T., Putz R., Moriggl B., Ralphs J. R., Benjamin M.: Fibrocartilage in the transverse ligament of the human atlas. Spine 2001, 26, 1765-1771.
18. Puttlitz Ch. M., Goel V. K., Clark Ch. R., Traynelis V. C., Scifert J. L., Grosland N. M.: Biomechanical rationale for the pathology of rheumatoid arthritis in craniovertebral junction. Spine 2000, 25, 1607-1616.
19. Robinson H. S.: Rheumatoid arthritis – atlanto-axial subluxation and its clinical presentation. Canad. Med. Ass. J. 1966, 94, 470-477.
20. Sawicki W.: Histologia. PZWL, Warszawa 2003.
21. Sawicki W.: Mianownictwo histologiczne i cytofizjologiczne. PZWL, Warszawa 1998.
22. Sharp N. J. H., Wheeler S. J.: Small Animal Spinal Disorders. Diagnosis and Surgery. Elsevier Mosby, Edinburgh 2005.
23. Tokunaga D., Hase H., Mikami Y., Hojo T., Ikoma K., Hatta Y., Ishida M., Sessler D. I., Mizobe T., Kubo T.: Atlantoaxial subluxation in different intraoperative head positions in patients with rheumatoid arthritis. Anesthesiology 2006, 104, 675-679.
24. Wielądek A., Kupczyńska M.: Węzadła stawu szczytowo-potylicznego i stawu szczytowo-obrotowego psa w aspekcie anatomii klinicznej. Medycyna Wet. 2007, 63, 1466-1469.
25. Zawistowski S.: Technika histologiczna – histologia oraz podstawy histopatologii. PZWL, Warszawa 1983.

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