Kąt nachylenia plateau kości piszczelowej: metody pomiaru, wartość, zastosowanie

ADAM PRZEWORSKI, JOANNA GŁODEK, ZBIGNIEW ADAMIAK

Katedra Chirurgii i Rentgenologii z Kliniką, Wydział Medycyny Weterynaryjnej,
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, ul. Oczapowskiego 14, 10-719 Olsztyn

Otrzymano 03.04.2017

Zaakceptowano 23.05.2017

Przeworski A., Głodek J., Adamiak Z.

Tibial plateau angle: methods of measurement, value, applicability

Summary

The tibial plateau angle measurement and its applicability have been reviewed based on the literature. The measurement was made on radiographs of the stifle joint with superimposition of the femoral condyles (with maximum tolerance of 2.0-4.0 mm). Due to great variation among dog populations (size, breed), mean tibial plateau angles were found to be between 16.9° and 34°, but an excessive angle was described as >35°. An appropriate measurement of the tibial plateau angle can be made at about 108 days of age. The influence on the magnitude of the measured tibial plateau angle were the limb position during radiographic examination, the measurement technique (with modifications) and the experience level of the observer. Differences in magnitudes of the tibial plateau angles in dogs with and without cranial cruciate ligament rupture were not observed. The tibial plateau angle is commonly used in osteotomy of the tibia and its magnitude in order to select the proper surgical technique. The significance of the tibial plateau angle on the aetiopathogenesis of cranial cruciate ligament disease is questionable. Other measurements of the proximal tibia were attained to determine the risk factor of cranial cruciate ligament insufficiency. Knowledge of the tibial plateau angle and factors influencing measurement errors have great clinical importance.

Keywords: stifle joint, imaging, cranial cruciate ligament, dog

Uszkodzenie więzadła krzyżowego doczaszkowego stawu kolanowego jest częstą przyczyną występowania kulawizny kończyny miednicznej u psów (19, 34, 68). Jedną z funkcji tego więzadła jest biernie przeciwstawianie się sile powodującej doczaszkowe wysunięcie kości piszczelowej wobec kości udowej podczas obarczania kończyny (3). Koncepcję tego mechanizmu zaprezentowali w 1978 r. Henderson i Milton, a w 1983 r. Slocum i Devine przedstawili hipotezę sił działających na staw kolanowy (31, 59). Wśród nich zaprezentowano siłę określaną „piszczelową siłą wypychającą” (cranial tibial thrust CTT) oraz zauważono wpływ doogonowego nachylenia plateau kości piszczelowej na jej wartość. Ta dodatnia korelacja została potwierdzona w badaniu *ex vivo*. Określono również, że wyższe wartości kąta nachylenia powodują bezpośrednio wzrost naprężenia więzadła krzyżowego doczaszkowego (28, 48, 65). W wielu badaniach poszukiwano wartości kąta nachylenia plateau kości piszczelowej, przy którym wzrasta ryzyko uszkodzenia więzadła krzyżowego doczaszkowego (22, 40, 49, 64, 67), jednakże żadne z nich definitywnie i jednoznacznie nie pozwoliły tego określić (10, 69).

Celem pracy jest charakterystyka parametru kąta nachylenia plateau kości piszczelowej, metody jego pomiaru oraz jego zastosowania.

Metoda pomiaru

W celu obiektywnego wyznaczenia stopnia nachylenia plateau kości piszczelowej zaczęto określać na podstawie badania radiologicznego wartość kąta nachylenia plateau kości piszczelowej (tibial plateau angle – TPA) (59, 60). Oznaczano go na radiogramach literą Φ (13, 21, 39, 40, 67), ale także jako β (4) czy α (69). Wartość tego kąta nie zmienia się od 56. dnia życia, jednakże jego określenie powinno następować nie wcześniej niż w wieku 90 dni (najlepiej po 108. dniu życia). Zamknięcie punktu wzrostu w proksymalnej części kości piszczelowej następuje między 236. dniem (8. miesiącem) a 393. dniem (13. miesiącem) życia (44).

Wcześniej ze względu na dostępną technologię dokonywano pomiaru, nanosząc linie na kliszę (radiogram), obecnie pomiary najczęściej wykonuje się w oprogramowaniu radiografii cyfrowej. Oba sposoby zostały ocenione jako adekwatne, a wartości statystycznie nie różnią się (38, 57).

Pierwotnie pomiaru kąta nachylenia plateau kości piszczelowej dokonywano, używając radiogramów całej kończyny miednicznej psa w ułożeniu bocznym, projekcji przyśrodkowo-bocznej. Obecnie nie jest konieczne obrazowanie całej kości udowej (59). Ze względu na używaną projekcję, uzyskana wartość odpowiada przyśrodkowej jej części. Wykazano, że różnica między wartością bocznego i przyśrodkowego TPA (na modelu anatomicznym) jest istotna statystycznie, jednak ze względu na anatomiczne uwarunkowania powierzchni kłykcia bocznego kości piszczelowej (wkłęśła i krótsza od kłykcia przyśrodkowego) pomiar jego nachylenia na podstawie zdjęcia radiologicznego nie jest możliwy (43, 53).

Dużo uwagi poświęcano odpowiedniemu ułożeniu kończyny, tak aby podczas ekspozycji takie punkty anatomiczne, jak: kostka boczna oraz głowa kości strzałkowej dotykały bezpośrednio kasety radiograficznej (40), a staw kolanowy i staw stępowy znajdowały się w zgięciu 90° (14, 49, 59). Ostatnie doniesienia wskazują, że kąt zgięcia stawu kolanowego nie ma wpływu na wartość mierzonego TPA (4). Wykorzystywano różne miejsca padania wiązki centralnej promieniowania X. Umieszczano ją na środku trzonu kości piszczelowej (13, 40), w innych kierowano promieniowanie na staw kolanowy (6, 47, 49, 65). Reif i wsp. (47) określili wpływ umiejscowienia stawu kolanowego w stosunku do wiązki promieniowania (centralnej), uzyskując wyższe wartości TPA w ułożeniu doczaszkowo-bliższym, zaś niższe w doogonowo-dalszym względem wiązki centralnej (nawet o $3,6^\circ$ - $5,7^\circ$). W innej metodzie stosowano podwójną ekspozycję jednej kasety, umieszczając promień centralny nad stawem kolanowym, a następnie nad stawem stępowym (30).

W przypadku bardzo długich kości piszczelowych u dużych i olbrzymich ras (ponad 40 kg) uzyskanie zdjęcia zawierającego staw kolanowy, całą kość piszczelową oraz staw stępowy jest trudne bądź niemożliwe (1, 14, 30). Hazenfield i wsp. (29) określili, że dostępna w oprogramowaniach komputerowych funkcja łączenia ze sobą dwóch zdjęć pozwalała określić TPA w sposób równoważny do standardowej projekcji.

Istnieją różne kryteria charakteryzujące przydatność projekcji do

oceny TPA. Według niektórych autorów, do pomiaru należy używać zdjęcia w idealnie bocznej pozycji, co oznaczało, że na zdjęciu zarówno kłykcie kości udowej, jak i kłykcie kości piszczelowej nakładały się na siebie (4, 49) bądź nakładały się tylko w przypadku kości udowej (5, 9). Tolerowane niedokładności różniły się, dopuszczając przemieszczenie kłykcia kości udowej (przyśrodkowego i bocznego) względem siebie o wartość mniejszą lub równą 2 mm (5-7, 9, 15, 47), w innych zaś przemieszczenie do 4 mm (21, 33, 61).

W klasycznej metodzie TPA określany jest jako kąt zawarty pomiędzy linią wyznaczającą nachylenie plateau kości piszczelowej a linią prostą do mechanicznej osi kości piszczelowej (ryc. 1) (5, 18, 40, 41, 45, 60).

Mechaniczną oś kości piszczelowej wyznacza się, łącząc linią środek pomiędzy przyśrodkową i boczną wyniosłością międzykłykciową kości piszczelowej

Ryc. 1. A: Wartość kąta TPA (Φ) określa się na podstawie radiogramu w projekcji przyśrodkowo-bocznej stawu kolanowego. Jest to kąt między linią wyznaczającą nachylenie plateau kości piszczelowej (a) a linią prostą (c) do osi mechanicznej kości piszczelowej (b). B: W okręgach przedstawiono miejsca doczaszkowego i doogonowego punktu używanego do wyznaczenia linii a oraz środek pomiędzy przyśrodkową i boczną wyniosłością międzykłykciową kości piszczelowej służący do wyznaczenia osi mechanicznej. C: Dalszy punkt linii b przebiega przez środek stawu stępowego, określanego za pomocą okręgu.

a środkiem stawu stawowego, określanego za pomocą okręgu (16). Podejmowano próby określenia TPA bez konieczności wyznaczania osi mechanicznej kości, a pomiar uzależniony był od umiejscowienia bliższej części guzowatości kości piszczelowej, ale według autorów nie odpowiadało to wartości kąta nachylenia plateau mierzonego tradycyjnie (33). Poszukiwano również metody określania TPA w sytuacji, gdy dokładna oś mechaniczna kości nie może zostać wyznaczona ze względu na nieujęty w projekcji staw stawowy. Wykorzystywano do tego 3 inne osie, o długości odpowiadającej szerokości bliższej części kości piszczelowej oraz jej wielokrotności ($1,5 \times$ i $2 \times$), przechodzące przez bliższy punkt plateau oraz środek kości. Otrzymane wartości różniły się od tych uzyskiwanych w sposób klasyczny, jednakże zauważono, że wraz ze wzrostem długości używanych osi różnica była mniejsza (1).

Kolejną składową pomiaru jest linia określająca nachylenie proksymalnej powierzchni stawowej kości piszczelowej. Przebiega ona przez doczaszkową granicę plateau kości, będącą miejscem przyczepu więzadła krzyżowego doczaszkowego (6, 13, 15, 21, 40, 42, 47, 48, 60, 65) oraz w części doogonowej przez miejsce przyczepu więzadła krzyżowego doogonowego. Doogonowy punkt wyznaczano również w miejscu głowy kości strzałkowej (46, 66) lub najbardziej wysuniętej doogonowo części przyśrodkowego kłykcia kości piszczelowej (1). Ostatnio określono wpływ wyboru doogonowego punktu przebiegu linii podczas pomiaru nachylenia plateau kości piszczelowej. Ze względu na istniejące różnice anatomiczne w morfologii tego obszaru istnieją problemy z jego właściwym wyznaczeniem. Używając jako punktu orientacyjnego miejsca przyczepu więzadła krzyżowego doogonowego, wartość TPA była większa nawet o 6° (zakres od 0° do 6° , poniżej 2° u 65,9% badanych) w stosunku do tej określonej za pomocą najbardziej doogonowego punktu powierzchni stawowej przyśrodkowego kłykcia kości piszczelowej (42).

Przeszkodą we właściwym określeniu wartości TPA (w klasycznej metodzie) mogą być pojawiające się w tym obszarze osteofity, będące jednym z radiologicznych objawów choroby zwyrodnieniowej. Ritter i wsp. (51) zaproponowali „metodę przedłużania” (extension method), która może ułatwić pomiar. Przedłużali za pomocą linii doogonową granicę przyśrodkowej części kości piszczelowej (rysując ją od dalszej do bliżej części kości) ponad powierzchnię stawową, drugą zaś linię prowadzili wzdłuż przyśrodkowej powierzchni stawowej. Miejsce przecięcia się tych dwóch linii stanowiło doogonowy punkt orientacyjny do wyznaczenia TPA. Wpływ zmian zwyrodnieniowych w stawie kolanowym na pomiar TPA nie jest jednak jednoznaczny (21, 32, 51).

Wartość TPA uzyskana na podstawie metody klasycznej (na radiogramie) była znacząco niższa (nawet

o 7°) w porównaniu z wartością obliczoną na modelu anatomicznym. Stąd alternatywna metoda wyznaczania linii określającej nachylenie plateau kości piszczelowej, która jest styczna do powierzchni stawowej w miejscu kontaktowania się kości piszczelowej i udowej. Określenie jej tą metodą jest znacznie trudniejsze, przez co wartość charakteryzuje się większą zmiennością między oceniaczami (47), a podwichnięcie występujące po uszkodzeniu więzadła krzyżowego doczaszkowego sprawia, że pomiar nie jest możliwy (6, 45). Dopiero opisana w 2006 r. metoda pozwoliła na łatwiejsze i dokładniejsze określanie punktu kontaktowania się kości piszczelowej i udowej. Wykorzystuje ona dwa okręgi wyznaczające, odpowiednio, udowy (dalszy) oraz piszczelowy (bliższy) koniec kości. Środki tych okręgów łączy się linią, zaś kolejna, poprowadzona prostopadle do niej linia wyznacza wspólną styczną obu kości (15, 55). Boudrieau (8) zasugerował, że w przedstawionej metodzie morfologia kłykcia kości udowej może wpływać na wartość pomiaru nachylenia plateau kości piszczelowej.

Pomiaru TPA dokonywano również na podstawie radiogramów uzyskanych na stojących, zdrowych psach. Ze względów technicznych wykonywano projekcje boczno-przyśrodkowe, zaś kąt nachylenia określano względem linii równoległej do podłoża (67).

Wartości TPA

Średnią wartość kąta nachylenia plateau kości piszczelowej u zdrowych psów określano u ras dużych (> 20 kg) między $16,9^\circ$ a $27,97^\circ$, zaś u ras małych (< 13 kg) między 26° a 34° (49, 59, 63, 64, 67). Różnica pomiędzy wartościami TPA u osobników z przerwanym więzadłem krzyżowym doczaszkowym a zdrowymi wynosiła $5,66^\circ$. Pozwoliło to przypuszczać, że zwierzęta z kątem inklinacji $21,2^\circ$ są bardziej narażone na jego uszkodzenie (40). Wcześniej Slocum i Slocum (60) oszacowali tę wartość na $22,6^\circ$. W wielu pracach nie obserwowano istotnej różnicy między pomiarami zdrowych i chorych psów (4, 13, 14, 22, 49, 64, 67). Ponadto uzyskano u zdrowych osobników wartość o $2,42^\circ$ większą niż u chorych (67).

Większa część prac dotyczących wartości średniego TPA u psów z przerwanym więzadłem krzyżowym dotyczyła ras dużych, wśród których kształtowała się między $23,5^\circ$ a 28° (osiągając wartości od 12° do 59°) (10, 18, 21, 38, 49, 52, 61, 67). W tej grupie najczęściej występowała rasa labrador retriever, u którego średnia wartość TPA wynosiła 25° (26, 49, 52, 63, 67). Ostatnio przedstawiono dane dotyczące średnich wartości TPA dla psów ras małych, dla których wartości znajdowały się między $27,4^\circ$ a $29,2^\circ$ (osiągając wartości od $16,8^\circ$ do $46,2^\circ$) (2, 39, 61).

Nadmierny stopień nachylenia plateau kości piszczelowej określany był powyżej 28° , 32° , a także 35° (8, 18, 41). Przedstawiono różne przyczyny nadmiernej inklinacji bliżej powierzchni stawowej kości

piszczelowej, do których należą: opóźniony wzrost doogonowej części bliższej nasady kości piszczelowej, uraz, nieodpowiednie ukrwienie tej okolicy, wzajemny wpływ mięśnia czworogłowego uda i brzuchatego łydki, a także zbyt wcześnie przeprowadzona kastracja lub sterylizacja (przed osiągnięciem 6. miesiąca życia) (18, 25, 39, 45, 46, 56).

Doświadczenie radiologa oceniającego pozytywnie wpływało na dokładność pomiaru (6, 13, 54). Wartości różniły się w zależności od badania od $0,8^\circ$ do $4,8^\circ$ pomiędzy ocenianymi (w przypadku kotów $5,3^\circ$), zaś średnia różnica między pomiarem wykonanym przez jednego ocenającego wynosiła maksymalnie $3,4^\circ$ (2, 13, 21, 47, 54). W większości wypadków różnica nie była istotna statystycznie (4). Grierson i wsp. (24) stwierdzili, że gdy wartość kąta nachylenia plateau kości piszczelowej (na modelu anatomicznym) jest niewielka, to oceniający mieli tendencje do przeszacowywania tej wartości (na radiogramie), odwrotnie w przypadku dużych wartości TPA, chociaż rozbieżność pomiędzy pomiarem anatomicznym a pomiarem na zdjęciu rentgenowskim nie była znacząca.

W większości prac nie określono istotnych różnic pomiędzy TPA prawego i lewego stawu kolanowego, zarówno u psów zdrowych, jak i z jednostronnym lub obustronnym przerwaniem więzadła krzyżowego doczaszkowego (11, 13, 44, 51), choć istnieją również prace prezentujące różnice w wartości TPA dla lewego i prawego stawu kolanowego (10, 51). Określono wyższą wartość TPA u osobników kastrowanych bądź sterylizowanych, jak również u psów, u których dochodziło do obustronnego przerwania więzadła krzyżowego doczaszkowego (61). W dwóch badaniach przedstawiono wyższą wartość TPA u samic niż samców (2, 53), w jednym zaś nie obserwowano tej różnicy (64).

Ponadto nie wykazano związku między wartością TPA a uszkodzeniem łątki przysrodkowej (26), jednakże po uszkodzeniu więzadła krzyżowego doczaszkowego osobniki z wyższą wartością TPA wykazywały poważniejsze zmiany zwyrodnieniowe obserwowane podczas badania radiologicznego (22).

Zastosowanie pomiaru

Bliższa część kości piszczelowej stanowi przedmiot zainteresowania wielu badaczy. Spowodowało to powstawanie nowych bądź udoskonalanie istniejących technik operacyjnego leczenia stawu kolanowego w przypadku przerwania więzadła krzyżowego doczaszkowego (62). W 1993 r. przedstawiono metodę TPLO, zaś w 2002 r. TTA, dwie najczęściej używane metody stabilizacji dynamicznej stawu kolanowego (8, 62). Niezależnie od rodzaju wykonywanej procedury prawidłowe wyznaczenie osi plateau kości piszczelowej jest niezbędne (5, 36).

Założeniem osteotomii poziomującej plateau kości piszczelowej (TPLO) jest uzyskanie TPA o wartości

$5-6,5^\circ$, przy której doczaszkowa siła, działając na staw kolanowy, zostanie wyeliminowana (59, 60). Wyliczenia na podstawie trójwymiarowego modelu matematycznego stawu kolanowego wykazują, że zmiana TPA do wartości 5° zmniejsza ją tylko o 25-40%, nie eliminując doczaszkowego podwichnięcia podczas obarczania kończyny (35). Zmiana TPA do wartości 14° pozwalała na uzyskanie dobrych wyników klinicznych (porównywalne do zalecanych) (52), podczas gdy większa korekcja, do wartości mniejszych niż 5° powoduje zwiększone obciążanie więzadła krzyżowego doogonowego (58, 60, 65).

Rzeczywisty przebieg plateau kości piszczelowej ma ogromne znaczenie podczas określania kąta inklinacji więzadła prostego rzepki (patellar tendon angle – PTA), wykorzystywanego w procedurze wysunięcia guzowatości kości piszczelowej (TTA – tibial tuberosity advancement) oraz jej modyfikacjach (TTA Rapid) (7, 12, 15, 17, 37), a wartość TPA wyższa niż 30° sprawia, że metoda nie jest odpowiednio skuteczna (8, 20).

Wartość TPA nie miała wpływu na kliniczne wyniki pooperacyjne uzyskane po stabilizacji zewnątrztorbkowej u dużych psów, choć większość badanych osobników nie wykazywała nadmiernie nachylnego plateau kości piszczelowej (27).

Inne pomiary

Ze względu na nie w pełni zrozumiały wpływ kąta nachylenia plateau na uszkodzenie więzadła krzyżowego doczaszkowego dokonywano kolejnych pomiarów, określając nowe wartości charakteryzujące bliższą część kości piszczelowej, do których należą: długość plateau kości piszczelowej, kąt nachylenia więzadła prostego rzepki w stosunku do plateau kości piszczelowej (patella tendon angle – PTA), szerokość względna guzowatości kości piszczelowej (relative tibial tuberosity width – rTTW), kąt nachylenia osi bliższego końca kości piszczelowej (distal tibial axis/proximal tibial axis angle DPA, kąt Z (Z angle). Wykorzystywano również do pomiarów linię Blumensaata (5, 7, 12, 23, 33, 43, 45, 50, 63).

Podsumowanie

Plateau kości piszczelowej stanowiło przedmiot zainteresowania naukowego wielu badaczy. Ponadto wartość jego inklinacji ma ważne znaczenie kliniczne, ponieważ znaczna część procedur operacyjnych opiera o nią swoje obliczenia, a właściwe jego oszacowanie jest niezbędne do osiągnięcia pozytywnych wyników pooperacyjnych. Skuteczność operacyjnego leczenia uszkodzenia więzadła krzyżowego doczaszkowego za pomocą osteotomii kości piszczelowej pozwala przypuszczać, że kąt nachylenia stanowić może element składowy mechanizmu powodujący uszkodzenie tego więzadła. Kolejne badania dotyczące morfologii bliższego końca kości piszczelowej są niezbędne w celu dokładniejszego zrozumienia tego mechanizmu.

Piśmiennictwo

1. Abel S. B., Hammer D. L., Shott S.: Use of the proximal portion of the tibia for measurement of the tibial plateau angle in dogs. *Am. J. Vet. Res.* 2003, 64, 1117-1123.
2. Aertsens A., Rincon Alvarez J., Poncet C. M., Beaufre H., Ragetly G. R.: Comparison of the tibia plateau angle between small and large dogs with cranial cruciate ligament disease. *Vet. Comp. Orthop. Traumatol.* 2015, 28, 385-390.
3. Arnoczky S. P., Marshall J. L.: The cruciate ligaments of the canine stifle: an anatomical and functional analysis. *Am. J. Vet. Res.* 1977, 38, 1807-1814.
4. Aulakh K. S., Harper T. A. M., Lanz O. I., Daniel G. B., Werre S. R.: Effect of stifle angle on the magnitude of the tibial plateau angle measurement in dogs with intact and transected cranial cruciate ligament. A cadaveric study. *Vet. Comp. Orthop. Traumatol.* 2011, 24, 272-278.
5. Barnes D. C., Owen M. R.: Indirect assessment of stifle angle for improved accuracy of preoperative planning of tibial osteotomy procedures in dogs. *Vet. Rec.* 2015, 177, 99.
6. Baroni E., Matthias R. R., Marcellin-Little D. J., Vezzoni A., Stebbins M. E.: Comparison of radiographic assessments of the tibial plateau slope in dogs. *Am. J. Vet. Res.* 2003, 64, 586-589.
7. Bismuth C., Ferrand F. X., Millet M., Labrunie A., Marin B., Pillard P., Deroy C., Fau D., Carozzo C., Cachon T., Viguier E.: Comparison of radiographic measurements of the patellar tendon-tibial plateau angle with anatomical measurements in dogs. *Comp. Orthop. Traumatol.* 2014, 27, 222-229.
8. Boudrieau R. J.: Tibial plateau leveling osteotomy or tibial tuberosity advancement? *Vet. Surg.* 2009, 38, 1-22.
9. Bruce W. J., Rose A., Tuke J., Robins G. M.: Evaluation of the Triple Tibial Osteotomy (TTO). A new technique for the management of the canine cruciate-deficient stifle. *Vet. Comp. Orthop. Traumatol.* 2007, 20, 159-168.
10. Buote N., Fusco J., Radasch R.: Age, tibial plateau angle, sex, and weight as risk factors for contralateral rupture of the cranial cruciate ligament in Labradors. *Vet. Surg.* 2009, 38, 481-489.
11. Cabrera S. Y., Owen T. J., Mueller M. G., Kass P. H.: Comparison of tibial plateau angles in dogs with unilateral versus bilateral cranial cruciate ligament rupture: 150 cases (2000-2006). *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 2008, 232, 889-892.
12. Cadmus J., Palmer R. H., Duncan C.: The effect of preoperative planning method on recommended tibial tuberosity advancement cage size. *Vet. Surg.* 2014, 43, 995-1000.
13. Caylor K. B., Zumpano C. A., Evans L. M., Moore R. W.: Intra- and interobserver measurement variability of tibial plateau slope from lateral radiographs in dogs. *J. Am. Anim. Hosp. Assoc.* 2001, 37, 263-268.
14. Chuang C., Ramaker M. A., Kaur S., Csomos R. A., Kroner K. T., Bleedorn J. A., Schaefer S. L., Muir P.: Radiographic risk factors for contralateral rupture in dogs with unilateral cranial cruciate ligament rupture. *PLoS One* 2014, 9.
15. Demmler R., Kipfer N. M., Tepic S., Hassig M., Montavon P. M.: Inclination of the patellar ligament in relation to flexion angle in stifle joints of dogs without degenerative joint disease. *Am. J. Vet. Res.* 2006, 67, 1849-1854.
16. Dismukes D. I., Tomlinson J. L., Fox D. B., Cook J. L., Witsberger T. H.: Radiographic measurement of canine tibial angles in the sagittal plane. *Vet. Surg.* 2008, 37, 300-305.
17. Drygas K. A., Pozzi A., Goring R. L., Horodyski M., Lewis D. D.: Effect of tibial plateau leveling osteotomy on patellar tendon angle: a radiographic cadaveric study. *Vet. Surg.* 2010, 39, 418-424.
18. Duerr F. M., Duncan C. G., Savicky R. S., Park R. D., Egger E. L., Palmer R. H.: Risk factors for excessive tibial plateau angle in large-breed dogs with cranial cruciate ligament disease. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 2007, 231, 1688-1691.
19. Egenvall A., Bonnett B. N., Olson P., Hedhammar A.: Gender, age and breed pattern of diagnoses for veterinary care in insured dogs in Sweden during 1996. *Vet. Rec.* 2000, 146, 551-557.
20. Etchepareborde S., Mills J., Busoni V., Brunel L., Balligand M.: Theoretical discrepancy between cage size and efficient tibial tuberosity advancement in dogs treated for cranial cruciate ligament rupture. *Vet. Comp. Orthop. Traumatol.* 2011, 24, 27-31.
21. Fettig A. A., Rand W. M., Sato A. F., Solano M., McCarthy R. J., Boudrieau R. J.: Observer variability of tibial plateau slope measurement in 40 dogs with cranial cruciate ligament-deficient stifle joints. *Vet. Surg.* 2003, 32, 471-478.
22. Fujita Y., Hara Y., Ochi H., Nezu Y., Harada Y., Yogo T., Orima H., Tagawa M.: The possible role of the tibial plateau angle for the severity of osteoarthritis in dogs with cranial cruciate ligament rupture. *J. Vet. Med. Sci.* 2006, 68, 675-679.
23. Glassman M., Hofmeister E., Weh J. M., Roach W., Torres B., Johnston S., Budberg S.: Radiographic quantitative assessment of caudal proximal tibial angulation in 100 dogs with cranial cruciate ligament rupture. *Vet. Surg.* 2011, 40, 830-838.
24. Grierson J., Sanders M., Guitan J., Pead M.: Comparison of anatomical tibial plateau angle versus observer measurement from lateral radiographs in dogs. *Vet. Comp. Orthop. Traumatol.* 2005, 18, 215-219.
25. Griffon D. J.: A review of the pathogenesis of canine cranial cruciate ligament disease as a basis for future preventive strategies. *Vet. Surg.* 2010, 39, 399-409.
26. Guastella D. B., Fox D. B., Cook J. L.: Tibial plateau angle in four common canine breeds with cranial cruciate ligament rupture, and its relationship to meniscal tears. *Vet. Comp. Orthop. Traumatol.* 2008, 21, 125-128.
27. Havig M. E., Dyce J., Kowaleski M. P., Reynolds L. R., Budberg S. C.: Relationship of tibial plateau slope to limb function in dogs treated with a lateral suture technique for stabilization of cranial cruciate ligament deficient stifles. *Vet. Surg.* 2007, 36, 245-251.
28. Haynes K. H., Biskup J., Freeman A., Conzemius M. G.: Effect of tibial plateau angle on cranial cruciate ligament strain: an ex vivo study in the dog. *Vet. Surg.* 2015, 44, 46-49.
29. Hazenfield K. M., Nyhond A., Valdes-Martinez A., Griffin L., Goh C., MacKay C., Duncan C., Palmer R., Duerr F.: Accuracy of a radiographic stitching technique to measure tibial plateau angle in large and giant breed dogs. *Vet. Comp. Orthop. Traumatol.* 2014, 27, 230-235.
30. Headrick J., Cook J., Helphrey M., Crouch D., Fox D., Schultz L., Cook C., Kunkel J.: A novel radiographic method to facilitate measurement of the tibial plateau angle in dogs. A prospective clinical study. *Vet. Comp. Orthop. Traumatol.* 2007, 20, 24-28.
31. Henderson R. M. J.: The tibial compression mechanism. A diagnostic aid in stifle injuries. *J. Am. Anim. Hosp. Assoc.* 1978, 14, 474-478.
32. Hurley C. R., Hammer D. L., Shott S.: Progression of radiographic evidence of osteoarthritis following tibial plateau leveling osteotomy in dogs with cranial cruciate ligament rupture: 295 cases (2001-2005). *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 2007, 230, 1674-1679.
33. Inauen R., Koch D., Bass M., Haessig M.: Tibial tuberosity conformation as a risk factor for cranial cruciate ligament rupture in the dog. *Vet. Comp. Orthop. Traumatol.* 2009, 22, 16-20.
34. Johnson J. A., Austin C., Breur G. J.: Incidence of canine appendicular musculoskeletal disorders in 16 veterinary teaching hospitals from 1980 through 1989. *Vet. Comp. Orthop. Traumatol.* 1994, 7, 56-69.
35. Kim S. E., Lewis D. D., Pozzi A.: Effect of tibial plateau leveling osteotomy on femorotibial subluxation: in vivo analysis during standing. *Vet. Surg.* 2012, 41, 465-470.
36. Kim S. E., Pozzi A., Kowaleski M. P., Lewis D. D.: Tibial osteotomies for cranial cruciate ligament insufficiency in dogs. *Vet. Surg.* 2008, 37, 111-125.
37. Lafaver S., Miller N. A., Stubbs W. P., Taylor R. A., Boudrieau R. J.: Tibial tuberosity advancement for stabilization of the canine cranial cruciate ligament-deficient stifle joint: surgical technique, early results, and complications in 101 dogs. *Vet. Surg.* 2007, 36, 573-586.
38. Lister S. A., Roush J. K., Renberg W. C.: Digital measurement of radiographic tibial plateau angle. A comparison to measurement on printed digital images. *Vet. Comp. Orthop. Traumatol.* 2008, 21, 129-132.
39. Macias C., McKee W. M., May C.: Caudal proximal tibial deformity and cranial cruciate ligament rupture in small-breed dogs. *J. Small. Anim. Pract.* 2002, 43, 433-438.
40. Morris E., Lipowitz A. J.: Comparison of tibial plateau angles in dogs with and without cranial cruciate ligament injuries. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 2001, 218, 363-366.
41. Muir P.: Advances in the canine cranial cruciate ligament. Wiley-Blackwell, Iowa, USA 2010.
42. Ocal M. K., Sabanci S. S.: Effect of anatomic variation in caudal tibial plateau on the tibial plateau angle in dogs: a cadaveric study. *J. Small Anim. Pract.* 2013, 54, 537-540.
43. Ocal M. K., Sabanci S. S., Onar V.: Variation of tibial plateau geometry and cruciate ligament coordinates in six breeds of dogs. *Vet. Comp. Orthop. Traumatol.* 2013, 26, 110-116.
44. Odders J. W., Jessen C. R., Lipowitz A. J.: Sequential measurements of the tibial plateau angle in large-breed, growing dogs. *Am. J. Vet. Res.* 2004, 65, 513-518.
45. Osmond C. S., Marcellin-Little D. J., Harrysson O. L., Kidd L. B.: Morphometric assessment of the proximal portion of the tibia in dogs with and without cranial cruciate ligament rupture. *Vet. Radiol. Ultrasound* 2006, 47, 136-141.
46. Read R. A., Robins G. M.: Deformity of the proximal tibia in dogs. *Vet. Rec.* 1982, 111, 295-298.
47. Reif U., DeJardin L. M., Probst C. W., DeCamp C. E., Flo G. L., Johnson A. L.: Influence of limb positioning and measurement method on the magnitude of the tibial plateau angle. *Vet. Surg.* 2004, 33, 368-375.
48. Reif U., Hulse D. A., Hauptman J. G.: Effect of tibial plateau leveling on stability of the canine cranial cruciate-deficient stifle joint: an in vitro study. *Vet. Surg.* 2002, 31, 147-154.

49. Reif U., Probst C. W.: Comparison of tibial plateau angles in normal and cranial cruciate deficient stifles of Labrador retrievers. *Vet. Surg.* 2003, 32, 385-389.
50. Renwick A. I., McKee W. M., Emmerson T. D., House A. K.: Preliminary experiences of the triple tibial osteotomy procedure: tibial morphology and complications. *J. Small Anim. Pract.* 2009, 50, 212-221.
51. Ritter M. J., Perry R. L., Olivier N. B., Kim S. Y., Dejardin L. M.: Tibial plateau symmetry and the effect of osteophytosis on tibial plateau angle measurements. *J. Am. Anim. Hosp. Assoc.* 2007, 43, 93-98.
52. Robinson D. A., Mason D. R., Evans R., Conzemius M. G.: The effect of tibial plateau angle on ground reaction forces 4-17 months after tibial plateau leveling osteotomy in Labrador Retrievers. *Vet. Surg.* 2006, 35, 294-299.
53. Sabanci S. S., Ocal M. K.: Lateral and medial tibial plateau angles in normal dogs. An osteological study. *Vet. Comp. Orthop. Traumatol.* 2014, 27, 135-140.
54. Schnabl E., Reese S., Lorinson K., Lorinson D.: Measurement of the tibial plateau angle in cats with and without cranial cruciate ligament rupture. *Vet. Comp. Orthop. Traumatol.* 2009, 22, 83-86.
55. Schwandt C. S., Bohorquez-Vanelli A., Tepic S., Hassig M., Dennler R., Vezzoni A., Montavon P. M.: Angle between the patellar ligament and tibial plateau in dogs with partial rupture of the cranial cruciate ligament. *Am. J. Vet. Res.* 2006, 67, 1855-1860.
56. Selmi A. L., Padilha Filho J. G.: Rupture of the cranial cruciate ligament associated with deformity of the proximal tibia in five dogs. *J. Small Anim. Pract.* 2001, 42, 390-393.
57. Serwa D., Lorinson K., Lorinson D., Skalicky M.: Comparison of conventional and digital measurements of tibial plateau angle in dogs. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 2009, 234, 622-624.
58. Shahr R., Milgram J.: Biomechanics of tibial plateau leveling of the canine cruciate-deficient stifle joint: a theoretical model. *Vet. Surg.* 2006, 35, 144-149.
59. Slocum B., Devine T.: Cranial tibial thrust: a primary force in the canine stifle. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 1983, 183, 456-459.
60. Slocum B., Slocum T. D.: Tibial plateau leveling osteotomy for repair of cranial cruciate ligament rupture in the canine. *Vet. Clin. North. Am. Small. Anim. Pract.* 1993, 23, 777-795.
61. Su L., Townsend K. L., Au J., Wittum T. E.: Comparison of tibial plateau angles in small and large breed dogs. *Can. Vet. J.* 2015, 56, 610-614.
62. Vaughan L. C.: The history of canine cruciate ligament surgery from 1952-2005. *Vet. Comp. Orthop. Traumatol.* 2010, 23, 379-384.
63. Vedrine B., Guillemot A., Fontaine D., Ragetly G. R., Etchepareborde S.: Comparative anatomy of the proximal tibia in healthy Labrador Retrievers and Yorkshire Terriers. *Vet. Comp. Orthop. Traumatol.* 2013, 26, 266-270.
64. Venzin C., Howard J., Rytz U., Spreng D., Schawwalder P., Doherr M., Schmökel H.: Tibial plateau angles with and without cranial cruciate ligament rupture. *Vet. Comp. Orthop. Traumatol.* 2004, 17, 232.
65. Warzee C. C., Dejardin L. M., Arnoczky S. P., Perry R. L.: Effect of tibial plateau leveling on cranial and caudal tibial thrusts in canine cranial cruciate-deficient stifles: an in vitro experimental study. *Vet. Surg.* 2001, 30, 278-286.
66. Watt P.: Tibial plateau levelling. *Aust. Vet. J.* 2000, 78, 385-386.
67. Wilke V. L., Conzemius M. G., Besancon M. F., Evans R. B., Ritter M.: Comparison of tibial plateau angle between clinically normal Greyhounds and Labrador Retrievers with and without rupture of the cranial cruciate ligament. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 2002, 221, 1426-1429.
68. Wilke V. L., Robinson D. A., Evans R. B., Rothschild M. F., Conzemius M. G.: Estimate of the annual economic impact of treatment of cranial cruciate ligament injury in dogs in the United States. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 2005, 227, 1604-1607.
69. Zeltzman P. A., Pare B., Johnson G. M., Zeltzman V., Robbins M. A., Gendreau C. L.: Relationship between age and tibial plateau angle in dogs with cranial cruciate rupture. *J. Am. Anim. Hosp. Assoc.* 2005, 41, 117-120.

Adres autora: lek. wet. Adam Przeworski, ul. Murzynowskiego 2/23, 10-684 Olsztyn; e-mail: przeworskiadam@gmail.com