

Sebastian Karczmarczyk, Magdalena Gryzińska
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Użyteczność identyfikacyjna sierści psa (*Canis lupus familiaris*) i kota (*Felis catus*) na podstawie wybranych cech budowy morfologicznej w aspekcie badań kryminalistycznych

Streszczenie

Teoretyczne założenia tematu pracy przedstawiają zakres wybranych cech morfologicznych sierści psa (*Canis lupus familiaris*) i kota (*Felis catus*). W ramach części praktycznej dokonano analizy morfologicznej 270 próbek sierści psa i kota zabezpieczonych podczas śledztwa prowadzonego na terytorium Krakowa przez miejscową prokuraturę. W tym celu sporządzono preparaty mikroskopowe i za pomocą mikroskopu optycznego analizowano je pod kątem: barwy, fazy cyklu życiowego, kształtu rdzenia oraz zakończenia. Analiza wyników z części badawczej pozwala odpowiedzieć na pytanie, czy analiza mikroskopowa sierści psa i kota oparta na wybranych cechach morfologicznych umożliwia jej identyfikację gatunkową.

Słowa kluczowe: sierść, morfologia, kryminalistyka

Wstęp

We Francji w 1857 r. opublikowano jeden z pierwszych raportów kryminalistycznych, który dotyczył naukowej analizy włosów na potrzeby wymiaru sprawiedliwości (Sachs, 1997). Ten rok można uznać za początek do dziś ciągle rozwijanej dziedziny wiedzy dotyczącej kryminalistycznej użyteczności włosów. W trakcie trwania dochodzenia naukowcy na potrzeby kryminalistyki pracują z różnymi materiałami, w tym także ze śladami biologicznymi. Dodatkowo sierść znalazła zastosowanie w sprawach archiwalnych, gdyż jest odporna na działanie wielu czynników destrukcyjnych, a także proces rozkładu ciała. Ponadto na podstawie jej analizy morfologicznej przeprowadza się identyfikację rodzajową i gatunkową zwierząt w sprawach dotyczących: kłusownictwa, przemytu gatunków i nielegalnego posiadania wyrobów odzwierzęcych chronionych konwencją CITES. Jedno z najistotniejszych krajowych opracowań w tym zakresie poświęcono systemom zarządzania jakością podczas badania włosów (Włodarczyk i in., 2009). Także Europejska Sieć Instytutów Kryminalistycznych (ENFSI) w 2015 r. wydała rekomendacje dotyczące badań mikroskopowych i porównawczych włosów ludzkich i zwierzęcych (ENFSI, 2015).

Do pracy nad włosami wykorzystuje się nowoczesne techniki badawcze, takie jak skaningową mikroskopię elektronową (SEM), spektrometrię ruchliwości jonów (IMS) czy technikę FISH, to znaczy fluorescencyjną hybrydyzację *in situ* (Mańczuk, 2014). Z punktu

widzenia tematyki niniejszego artykułu na szczególne podkreślenie zasługuje mikroskopia skaningowa dostarczająca narzędzi dokładnej analizy morfologicznej włosa, a także zdefiniowania zmian w obrębie struktury włosa i jego składu chemicznego.

Cel pracy i hipoteza

Celem niniejszej pracy było określenie, czy na podstawie wybranych przez autorów cech budowy morfologicznej sierści możliwa jest jej identyfikacja rodzajowa w odniesieniu do psa i kota. W związku z tym przyjęto następującą hipotezę badawczą: analizy morfologiczne długości, kształtu, barwy, fazy cyklu życiowego, kształtu rdzenia oraz zakończenia sierści psa (*Canis lupus familiaris*) i kota (*Felis catus*) umożliwiają jej identyfikację gatunkową.

Sierść w badaniach identyfikacyjnych

Sierść jest biologicznym śladem kryminalistycznym. Z przeglądu piśmiennictwa wynika, że identyfikację zwierząt zdecydowanie najczęściej rozpoczyna się na podstawie cech morfologicznych. Niewiele jest źródeł dotyczących szczegółowej analizy sierści psa i kota, co być może wynika z faktu, że szczegółowa identyfikacja gatunkowa sierści często wymaga powołania znawców z zakresu zoologii (Moore, 1998). Jak wynika z literatury, założeniem podstawowym dla identyfikacji rodzajowej zwierząt (opartej na badaniach morfologicznych sierści) jest fakt, że poszczególne gatunki ssaków

(np. kot, pies lub lis) różnią się między sobą pigmentacją sierści, grubością rdzenia bądź wzorem otoczki włosa (Venkatesan, 2006). Siła dyskryminacji dowodu z analiz morfologii włosów lub sierści jest niska, dlatego dopiero zgodność w zakresie kilku cech może być wystarczającym dowodem na rzeczywiście słuszne określenie przynależności rodzajowej (Bhat i in., 2014).

Na podstawie opracowań krajowych autorów wykazać można, że sierść oraz włosy są wytworem naskórka i tak jak pazury czy paznokcie należą do śladów biologicznych najczęściej znajdowanych na miejscu zdarzenia. Włodarczyk (2007) podaje, co istotne z kryminalistycznego punktu widzenia, że wytwory naskórka, a zwłaszcza sierść oraz włosy, cechuje szczególnie odporność na działanie destrukcyjnych czynników środowiskowych, w tym także na wpływ fauny mikrobiologicznej. Lekkość oraz duża ilość sierści sprawia, że praktycznie niemożliwe jest jej usunięcie z miejsca, w którym przebywało zwierzę. Niewielki ciężar sprzyja jednak przenoszeniu wraz z wiatrem, co istotnie utrudnia powiązanie podejrzanego z ofiarą lub dokładnym miejscem popełnienia przestępstwa (Włodarczyk, 2007). Badania porównawcze sierści są przydatne podczas prób identyfikacji zwierzęcia, np. w sprawach związanych z ich przemytem czy kłusownictwem (Dębska, 2013). Piśmiennictwo donosi także o użyteczności analiz kryminalistycznych sierści w kierunku ustalenia tożsamości człowieka lub rzeczy będących prawdopodobnym narzędziem popełnienia przestępstwa (Kędzierska, Kędziński, 2011).

Znalezienie jakichkolwiek wytworów naskórka powinno prowadzić do podjęcia działań mających na celu zachowanie śladów w jak najlepszym stanie i użyteczności diagnostycznej, zwłaszcza obecnie, w dobie gwałtownego postępu, gdy obserwuje się zwiększenie nacisku na *wildlife forensic* (z ang. „kryminalistykę dzikiej przyrody”) (Dębska, 2013). Sytuacje naruszania prawa związanego z ochroną dzikiej przyrody często dotyczą miejsc będących obszarami odległymi i mało zaludnionymi (Brunner, Coman, 1974). W celu zabezpieczenia śladu sierść oraz włosy należy umieszczać w specjalnych pakietach wykonanych z papieru (ma to chronić je przed zawilgoceniem mogącym obniżyć wartość dowodową śladu; Miller-Coyle, 2008).

Sierść jako ślad kryminalistyczny

Powszechność występowania sierści zwierząt domowych (takich jak pies czy kot) jest oczywista. Nie inaczej jest także z obecnością sierści na miejscu zbrodni (Verma, Joshi, 2012). Odmienność sierści zwierząt od włosów człowieka, choć wykazują one pewne podobieństwa, jest możliwa do zaobserwowania (Priyanka i in., 2017). Wykazanie wspólnych cech sierści zabezpieczonej od podejrzanego (lub zebranej na miejscu popełnienia przestępstwa) i tej ujawnionej w ramach gromadzenia materiału porównawczego może wskazywać na ich kontakt lub dostarczyć cennych informacji o jednej ze stron postępowania: czy ma ona zwierzę

oraz jakie ono jest. Identyfikacja włosów i sierści może być pomocna ponadto w:

- doprowadzeniu do miejsca popełnienia przestępstwa,
- powiązaniu miejsca z osobą podejrzaną lub ofiarą,
- ustaleniu przebiegu zdarzenia.

Transfer sierści może odbywać się w następujących kierunkach: z osoby na osobę, z osoby na miejsce popełnienia przestępstwa lub z miejsca na osobę. W dwóch pierwszych przypadkach sprawca lub ofiara może być właścicielem zwierzęcia – nanoszenie śladów biologicznych jest wówczas wzajemne (Verma, Joshi, 2012). Do transferu sierści w trzecim kierunku dochodzi najczęściej wtedy, gdy przestępstwo popełniono w miejscu, w którym trzymane było zwierzę. Jak wylicza Boehme, chodzi o pomieszczenia i budynki takie jak: piwnice, kojce, stodoły czy stajnie (Boehme i in., 2009). Analizowanie sierści na potrzeby wymiaru sprawiedliwości jest naukową metodą badania śladów kryminalistycznych z miejsca popełnienia przestępstwa. Zgodnie z dobrą techniką laboratoryjną badanie włosów powinno rozpocząć się od próby określenia, czy jest to włos ludzki czy zwierzęcy (Verma, Joshi, 2012). Gdy zostanie on uznany za sierść, należy podjąć próbę zdefiniowania jego przynależności rodzajowej, a mając do dyspozycji dużą wiedzę z przedmiotowego zagadnienia oraz sprzęt o wysokiej klasie rozdzielczości – także identyfikacji gatunkowej (Bisbing, 2001).

Utrudnieniem jest fakt, że zwierzęta wytwarzają w poszczególnych częściach swojego ciała różne włosy. Na przykład większość zwierząt na ogonie lub grzywie ma zdecydowanie dłuższe włosy niż w okolicy tułowia. Z uwagi na zróżnicowanie gatunku psa na liczne rasy (aktualnie wyróżnia się ich około 400) w obrębie tego gatunku występują znaczne różnice w wyglądzie ich włosów. Źródłem wielu informacji w tym zakresie jest artykuł Wandhare’a i Bhosale’a, w którym autorzy analizowali kolekcję włosów pobranych ze środkowej części grzbietu piętnastu ras psów (Wandhare, Bhosale, 2017). Pracujący z próbką włosów analizę danej partii materiału powinien rozpocząć od ustalenia zakresu zmienności w próbce oraz porównania, czy badane włosy mieszczą się w wyznaczonym zakresie (Deedrick, Koch, 2004). Z powodu braku ekspertów przeszkolonych w zakresie analiz morfologicznych włosów zwierząt ten rodzaj identyfikacji może być nierozstrzygujący w stosunku do identyfikacji gatunkowej, wówczas dopiero badania materiału genetycznego pozwalają najczęściej zyskać pewność (Pilli, 2012). Analiza kryminalistyczna włosów skupia się na dokonywanej pod powiększeniem obserwacji morfologicznej z zastosowaniem mikroskopu optycznego podłączonego do zewnętrznego urządzenia komputerowego za pośrednictwem narzędzia rejestrującego obraz (np. kamery). W budowie samego włosa (niezależnie od jego przynależności) z punktu widzenia metodyki istotne są trzy jego warstwy: otoczka, kora oraz rdzeń (Zafarina, Panneerchelvam, 2009).

Praca nad identyfikacją sierści jest łatwiejsza w sytuacji, gdy analizowane ślady wykazują typowe cechy danego rodzaju zwierzęcia (Barksdale, Humrich, 2017), a ponadto nie są objęte procesem chorobowym lub zanieczyszczeniami. Podczas badań, mając do dyspozycji tego typu ślad kryminalistyczny, należy zastosować środki ochronne, m.in.: pracować w fartuchu, maseczce i czepku ochronnym na włosy. Nadto istotne jest, aby nie rozmawiać nad próbkami. Należy także wystrzegać się przeciągów w pomieszczeniu pracy czy innych sytuacji generujących podmuch powietrza, ponieważ z uwagi na jego lekkość bardzo łatwo zgubić ślad.

Wybrane cechy morfologiczne sierści

Duże znaczenie podczas identyfikacji sierści ma wzór łusek pokrywających otoczkę włosa, rodzaj i średnica rdzenia oraz barwa (Yasser i in., 2018). Badanie przez porównywanie tych cech pozwala nie tylko na odróżnienie pomiędzy sobą sierści zwierząt, lecz także na wskazanie, czy dany ślad pochodzi od zwierzęcia (jest sierścią), czy od człowieka (jest włosem). Opublikowany w 2019 r. artykuł włoskich badaczy pod kierunkiem Alessi Mariacher zawiera metodykę identyfikacji włosów nakierowaną na potrzeby przestrzegania

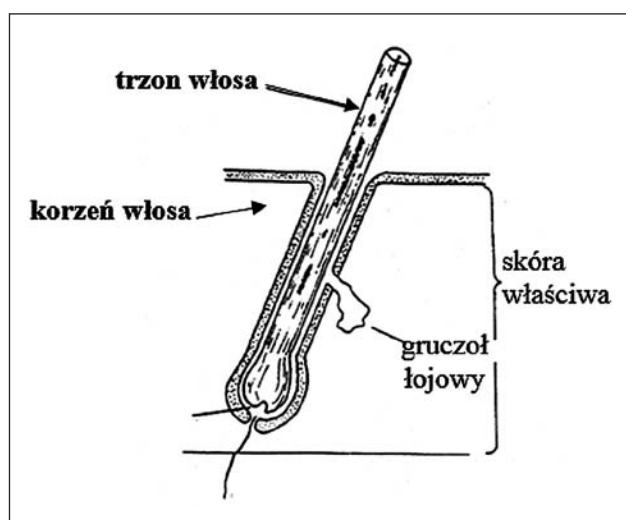
przepisów prawa unijnego zakazującego handlu futrami psów i kotów (Mariacher i in., 2019). Do identyfikacji można zastosować co najmniej jedną metodę analityczną, w tym omawianą w niniejszym artykule analizę morfologiczną sierści. Dodatkowo do tych celów może posłużyć analiza materiału genetycznego oraz spektrometria masowa MALDI-TOF (Mariacher i in., 2019). Według zespołu włoskich badaczy identyfikacja gatunków, co do których istnieje zakaz dystrybucji ich futer, nie jest łatwa, ponieważ wiele zwierząt docelowo wykorzystywanych w przemyśle futrzarskim wykazuje znaczne podobieństwa fenotypowe do tych, co do których istnieją obostrzenia w handlu.

Włos składa się z łodygi i korzenia. Trzon, często nazywany także łodygą, to ta część włosa, która wystaje ponad powierzchnię skóry właściwej i naskórka. Przybiera on bardzo zróżnicowane kształty. W przekroju poprzecznym natomiast ma najczęściej kształt walca. Pod powierzchnią skóry znajduje się korzeń włosa, popularnie zwany cebulką (Yasser i in., 2018).

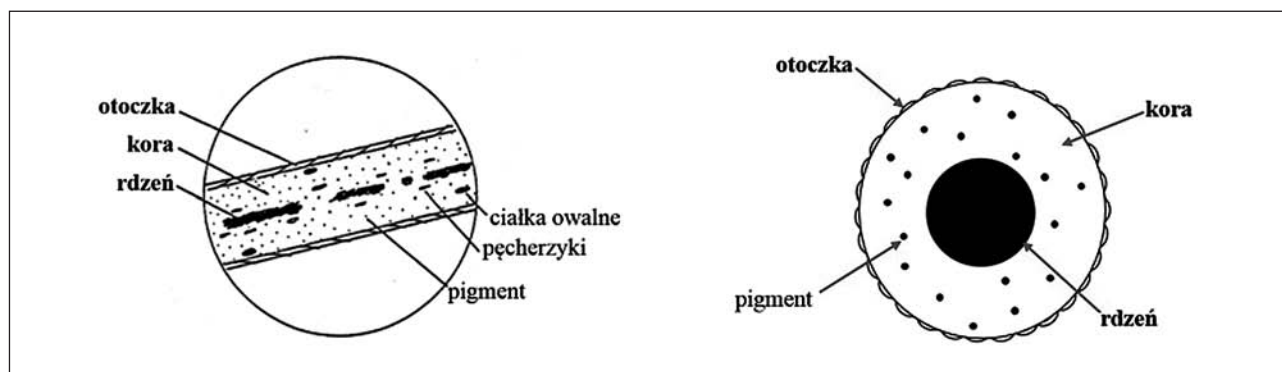
W budowie trzonu włosa można wyróżnić następujące elementy składowe: otoczkę (kutikulę), korę oraz rdzeń. Spośród nich największe znaczenie diagnostyczne w aspekcie badań kryminalistycznych ma otoczka oraz rdzeń włosa (Knecht, 2012). Ryciny 2 i 3 przedstawiają przekrój podłużny oraz poprzeczny wykonany w obrębie łodygi włosa.

W obrębie kutikuli włosa występuje największa ilość keratyny nadającej mu mechaniczną wytrzymałość. Ten element składowy jest najbardziej zewnętrzną warstwą budowy i przyjmuje różnorodne wzory, które odgrywają bardzo ważną rolę podczas identyfikacji (Gharu, Trivedi 2015). Wzory otoczki włosa (układ łusek), które w sposób schematyczny klasyfikuje i przedstawia rycina 3, zmieniają się wraz z długością włosa (Gharu, Trivedi 2015).

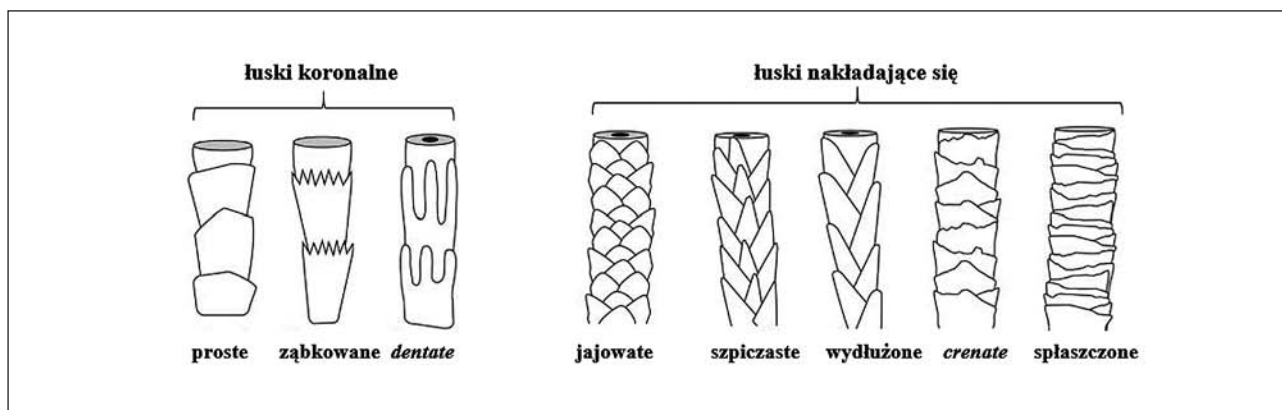
Rdzeń jest kolejnym ważnym elementem budowy włosów. Doniesienia literaturowe podają, że u większości zwierząt rdzeń jest ciągły i w stosunku do ogólnej średnicy trzonu szeroki. Struktura ta jest najbardziej wewnętrzną warstwą włosa. W celach identyfikacyjnych i porównawczych znaczenie ma nie tylko wygląd rdzenia, lecz także jego średnica (Wandhare, Bhosale, 2017).



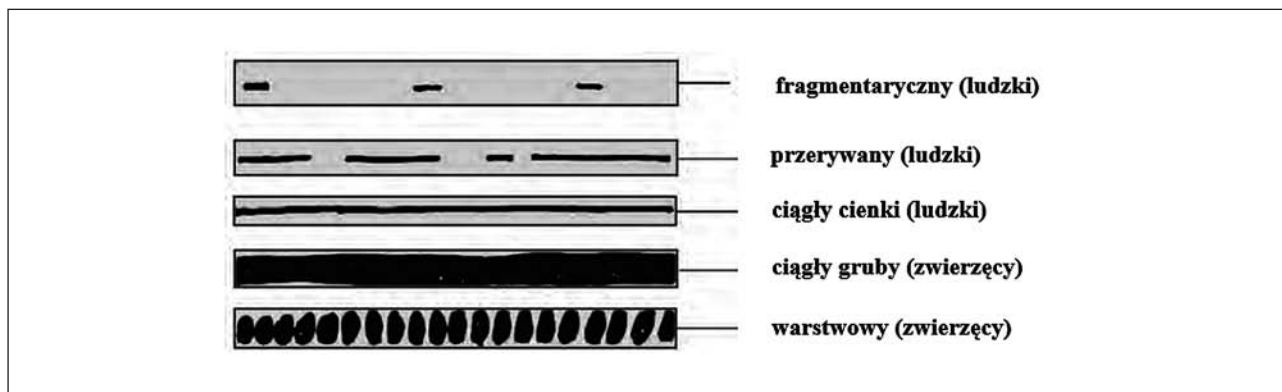
Ryc. 1. Trzon i korzeń włosa.



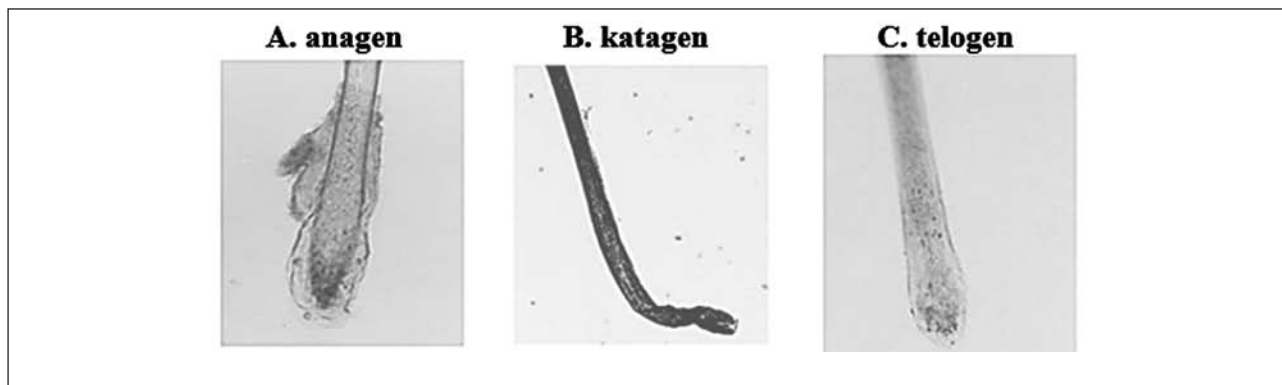
Ryc. 2. Przekrój podłużny i poprzeczny łodygi włosa.



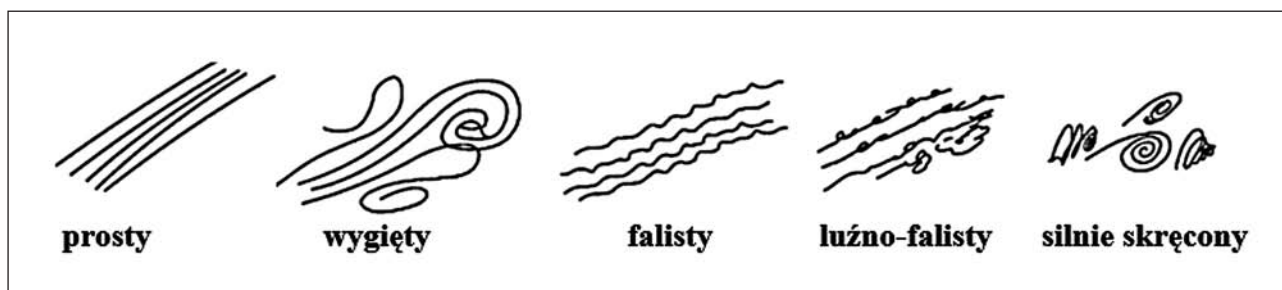
Ryc. 3. Rodzaje i możliwy wygląd otoczki sierści.



Ryc. 4. Zakres cech dla rdzenia włosa i ich występowanie.



Ryc. 5. Wygląd korzenia włosa w poszczególnych fazach jego cyklu życiowego.



Ryc. 6. Przykładowe kształty włosa.

Tab. 1. Wybrane cechy budowy morfologicznej sierści i przykładowy zakres.

| Lp. | Cecha | Zakres cechy |
|-----|------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| 1. | źródło śladu | włos ludzki włos zwierzęcy (sierść) |
| 2. | otoczka | prosta szpiczasta spłaszczona |
| 3. | barwa/ pigmentacja | brak barwy (siwy) brązowy czarny |
| 4. | rdzeń | ciągły przerywany fragmentaryczny brak przystłonięty warstwowy |
| 5. | faza cyklu życiowego | anagen katagen telogen |
| 6. | kształt zakończenia (korzeń) | szpiczastego stożka kwadratowy ucięty zaokrąglony złamany |
| 7. | kształt | prosty wygięty falisty luźno-falisty silnie skręcony |

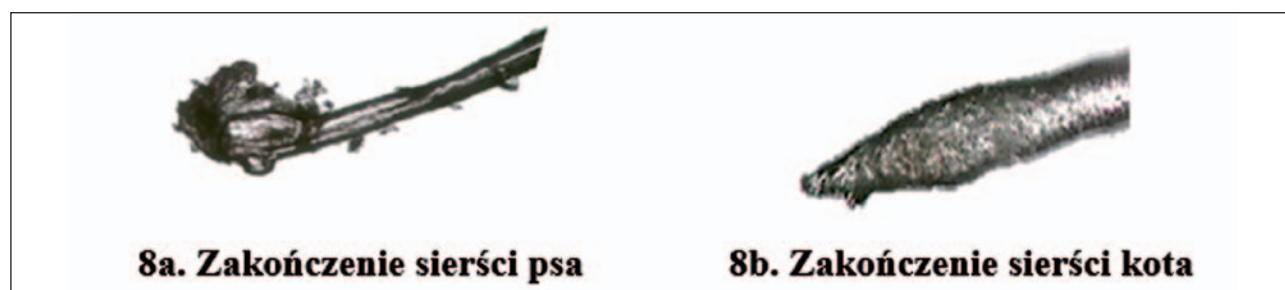
W cyklu życiowym włosa można wyróżnić następujące po sobie fazy: anagen, katagen i telogen. W każdej z tych faz korzeń włosa (tzw. cebulka) wygląda inaczej (Gharu, Trivedi, 2015). Znajomość tych różnic pozwala określić m.in., czy włos wypadł czy został wyrwany. Rycina 5 przedstawia wygląd korzenia włosa na każdym etapie jego cyklu życiowego. Obecność włosów w fazie anagenu oraz katagenu świadczy o ich wyrwaniu siłą, ponieważ naturalnie wypadają one tylko w fazie telogenu (Brunner, Coman, 1974).

Ostatnią cechą morfologiczną sierści wybraną na potrzeby metodyki dla części praktycznej artykułu jest kształt zakończenia włosa.

Cechy charakterystyczne sierści psa i kota

Pokrywa włosowa to stały element budowy morfologicznej zwierząt, który zapewnia poprawne funkcjonowanie w środowisku, a także umożliwia adaptację do zmieniających się warunków w ekosystemie (Nabożny, 2015). Pokrywa włosowa bierze udział w procesach termoregulacji, chroni przed czynnikami środowiska (np. promieniowaniem UV) oraz spełnia funkcję obronną, chociażby w postaci stroszenia włosów (Kondo i in., 2004). W identyfikacji gatunkowej zwierząt najistotniejsza jest sierść pełniąca funkcje obronne (Knecht, 2012; Tridico, 2005).

Kshirsagar i in. w swojej pracy podają, że średnica trzonu włosa u psów wynosi 25 μm , natomiast dla kota wartość ta równa jest około 30 μm (Kshirsagar i in., 2009). Autorzy ci starali się znaleźć parametr, który w sposób ilościowy byłby najbardziej przydatny do odróżnienia włosów ludzkich od sierści zwierząt. Ponadto z ich badań wynika, że dla wybranych przez nich



Ryc. 7. Kształt zakończenia korzenia sierści: a – psa, b – kota.



Ryc. 8. Wygląd rdzenia włosa, a – psa, b – kota.

gatunków zwierząt indeks rdzenia wahał się od 0,44 do 0,70. Inne badania, tym razem włoskiego zespołu naukowców pod kierownictwem dr Venusii Cortellini, przedstawiają zakres cech charakterystycznych włosów człowieka oraz sierści sześciu wybranych gatunków zwierząt, w tym psa (*Canis lupus familiaris*) oraz kota (*Felis catus*). W świetle tych badań należy stwierdzić, że korzeń sierści psa najczęściej przybiera kształt buławkowaty, u kota zaś zwęża się ku końcowi, na kształt stożka (Cortellini i in., 2019).

Średnica rdzenia w sierści psa najczęściej wynosi $1/2$, natomiast rdzeń u kota jest grubszy (zajmuje ponad $1/2$ szerokości) (Yasser i in., 2018). Ponadto rdzeń w sierści psa często jest niewidoczny (amorficzny), inaczej niż w sierści kota, gdzie jest on dobrze zauważalny. Dodatkowo rdzeń w sierści psa jest ciągły i przyjmuje wygląd warstwowy (Cortellini i in., 2019; Houck, Budowle, 2002). Należy zauważyć, że pomiędzy opisami rdzenia psa u różnych autorów mogą pojawiać się rozbieżności. Zaobserwowany przez autorów tego artykułu w trakcie analiz morfologicznych rdzeń w sierści psa odpowiadał opisowi przedstawionemu w publikacji: Yasser i in., 2018, natomiast różnił się od opisu zawartego w: Mukherjee i in., 2016; ostatni autorzy podają, że w tym zakresie rdzeń w sierści psa był przerywany lub, jak to określają, „wakuolowany” (Mukherjee i in., 2016).

Otoczka włosa u *Canis lupus familiaris* może być niewyraźna, jeśli natomiast uda się ją zaobserwować, to wśród cech szczególnych warto podkreślić obecność łusek w typie *imbricate*. Określenie to należy interpretować w tym kontekście jako łuski przypominające bruk, spłaszczone i złożone z nakładających się elementów z wąskimi marginesami (Deedrick, Koch, 2004). U kota domowego łuski przyjmują kształt szpiczasty (Cortellini i in., 2019).

Materiał i metody

Materiał badawczy wybrano po dokonaniu analizy 3986 próbek włosów ludzkich i sierści zabezpieczonych w toku archiwalnego śledztwa prowadzonego w związku z zabójstwem ze szczególnym okrucieństwem studentki, której zwłoki zostały ujawnione na terytorium Krakowa. Do dalszych badań wybrano 270 próbek sierści. Analizy przeprowadzono na podstawie materiału w postaci zabezpieczonych śladów, wytypowanych po dokonaniu poszerzonej diagnostyki morfologicznej, to znaczy uwzględniającej poza użytymi na potrzeby tej pracy cechami dodatkowo typ łusek.

Podczas badań sierść, umieszczoną w papierowych pakietach, wyjmowano za pomocą pęsety i umieszczano na kontrastującym podłożu (czarnym dla jasnej sierści i białym dla ciemnej) i po przyłożeniu trzydziestocentymetrowej linijki utrwalało fotograficznie. Jednocześnie w ten sposób mierzono jej długość (w centymetrach). Po wykonaniu zdjęcia i zmierzeniu materiał analizowano pod kątem kształtu. Następnie umieszczano go na odtłuszczonym szkiełku podstawowym mikroskopu i nakładano szkiełko nakrywkowe, po czym tak przygotowany preparat wkładano pod mikroskop Delta Optical, model Evolution 300, i obserwowano pod obiektywem o powiększeniu: 10- 20- oraz 40-krotnym. Widok z obiektywu, dzięki zamontowanej kamerze micro-QUCMOS03100KPA, był transmitowany do programu komputerowego umożliwiającego szczegółową analizę wybranych cech morfologicznych sierści (tj. jej barwy, fazy cyklu życiowego, kształtu rdzenia oraz zakończenia). Informacje na temat każdego preparatu wpisywano w specjalnie przygotowany arkusz przygotowany w programie Microsoft Excel 2007. Po wypełnieniu formularza wyjmowano preparat spod obiektywu, a znajdującą się na nim sierść umieszczano powtórnie w papierowym pakiecie, przenosząc ją za pomocą pęsety.

Tab. 2. Statystyki opisowe dla długości sierści psa i kota oraz wynik analizy porównawczej testem U Manna–Whitneya.

| | | <i>M</i> | <i>SD</i> | <i>Me</i> | <i>Z</i> | <i>p</i> | <i>r</i> |
|-----------------|------|----------|-----------|-----------|----------|----------|----------|
| Długość sierści | pies | 3,28 | 1,62 | 3 | 2,08 | 0,038 | 0,13 |
| | kot | 2,93 | 1,28 | 2,5 | | | |

M – średnia, *SD* – odchylenie standardowe, *Me* – mediana, *Z* – statystyka U Manna–Whitneya, *p* – poziom istotności statystycznej, *r* – siła różnic

Tab. 3. Wyniki analiz testami Chi-kwadrat niezależności dla związku kształtu, koloru, rdzenia, cebulek i końcówek sierści u psa i kota.

| | χ^2 | <i>df</i> | <i>p</i> | <i>V</i> |
|----------|----------|-----------|----------|----------|
| Kształt | 3,56 | 3 | 0,313 | 0,12 |
| Kolor | 16,06 | 10 | 0,098 | 0,24 |
| Rdzeń | 5,45 | 3 | 0,142 | 0,14 |
| Cebulki | 4,56 | 2 | 0,102 | 0,13 |
| Końcówki | 8,99 | 4 | 0,061 | 0,18 |

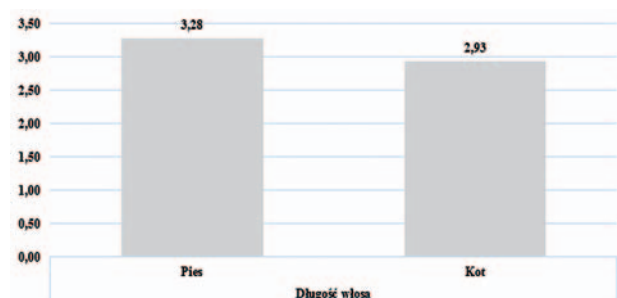
χ^2 – statystyka Chi-kwadrat, *df* – liczba stopni swobody, *p* – poziom istotności statystycznej, *V* – siła zależności V Cramera

Wyniki badań

W celu porównania długości sierści psa i kota wykonana została analiza porównawcza testem U Manna-Whitneya. Wynik tej analizy wraz ze statystykami opisanymi przedstawiono w tabeli 2.

Wynik analizy testem U Manna-Whitneya okazał się istotny statystycznie: $Z = 2,08$; $p < 0,05$; $r = 0,13$. Wykazano, że większą długość miały włosy psa niż kota ($M = 3,28$; $SD = 1,62$ vs $M = 2,93$; $SD = 1,28$). Różnice te nie były jednak bardzo silne.

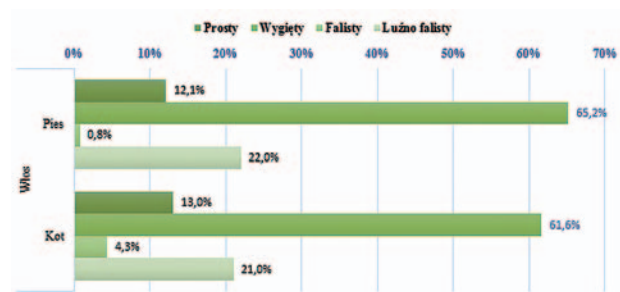
Kolejne analizy porównywały parametry sierści, jej koloru, rdzenia, korzenia (cebulek) i końcówek pomiędzy próbkami od psów i kotów. W tym celu wykonano serię analiz testami Chi-kwadrat niezależności, których wyniki przedstawiono w tabeli 3.



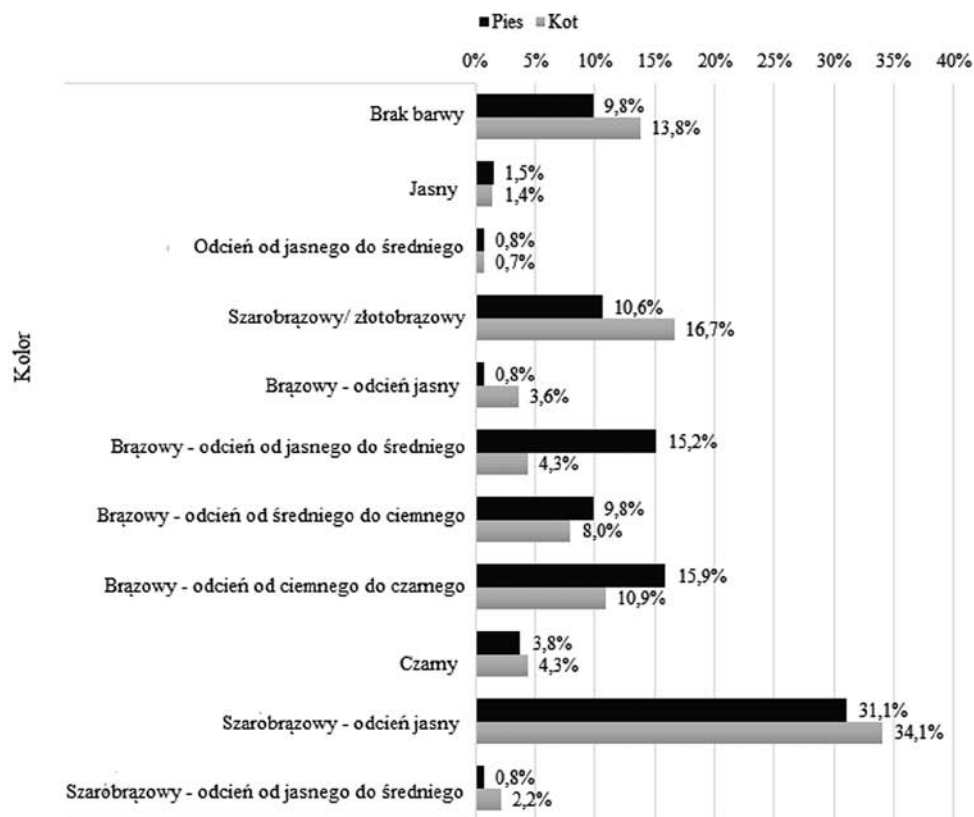
Ryc. 9. Długość sierści psa i kota – wartość średnia (w centymetrach).

Wyniki analiz okazały się nieistotne statystycznie: $p > 0,05$, co oznacza, że nie wykazano różnic między kotem i psem pod względem: kształtu sierści: $\chi^2(3) = 3,56$; $p = 0,313$; $V = 0,12$, koloru: $\chi^2(10) = 16,06$; $p = 0,098$; $V = 0,24$, wyglądu rdzenia: $\chi^2(3) = 5,45$; $p = 0,142$; $V = 0,14$, cebulek: $\chi^2(2) = 4,56$; $p = 0,102$; $V = 0,13$ i końcówek: $\chi^2(4) = 8,99$; $p = 0,061$; $V = 0,18$. Zarówno u psa, jak i kota najczęściej sierść była wygięta lub luźno falista, przeważała ta o kolorze szarobrązowym lub brązowym, rdzeń był ciągły, korzeń w fazie telogenu, a końcówki – postrzępione lub w formie szpiczastego stożka.

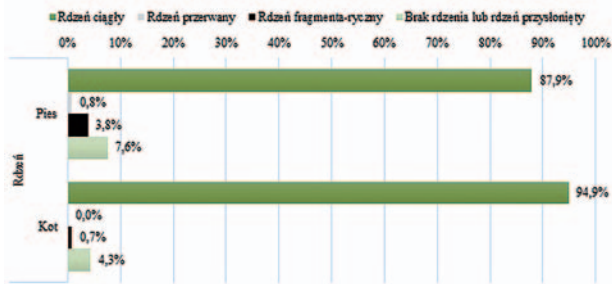
W następnej kolejności zbadano zależności między poszczególnymi cechami sierści psa i kota. Dla związku cech włosów z ich długością wykonano serię analiz testami Kruskala-Wallisa, których wyniki przedstawiono w tabeli 4.



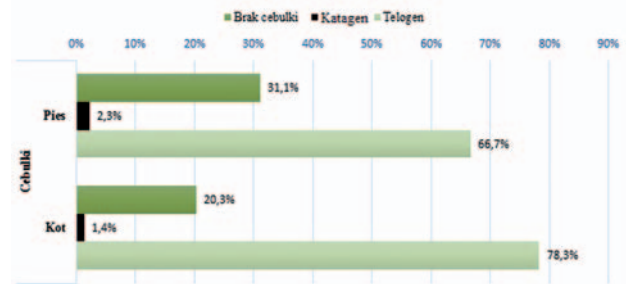
Ryc. 10. Rozkład kształtu sierści psa i kota.



Ryc. 11. Rozkład koloru sierści psa i kota.



Ryc. 12. Rozkład rdzenia sierści psa i kota.



Ryc. 13. Rozkład cebulki sierści psa i kota.

Tab. 4. Statystyki opisowe dla długości sierści psa i kota z podziałem na kształt sierści oraz wynik analiz porównawczych testami Kruskala–Wallisa.

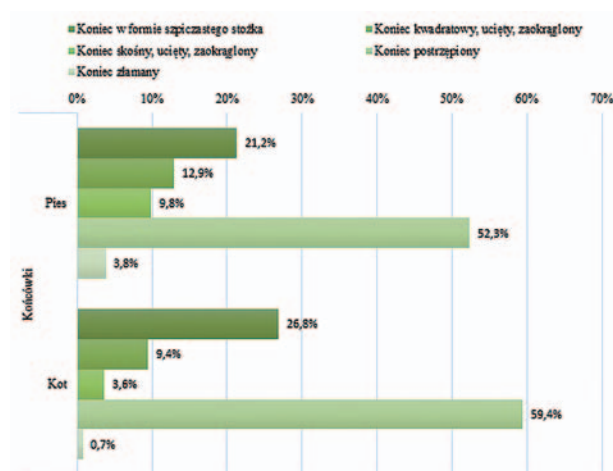
| | | Pies | | | χ^2 | df | p | Kot | | | χ^2 | df | p |
|-----------------|-----------------------------------------------|------|------|------|----------|----|-------|------|------|------|----------|----|-------|
| | | M | SD | Me | | | | M | SD | Me | | | |
| Sierść, kształt | Prosty | 2,47 | 0,67 | 2,5 | 8,15 | 3 | 0,043 | 2,17 | 0,69 | 2 | 12,66 | 3 | 0,005 |
| | Wygięty | 3,43 | 1,73 | 3 | | | | 2,88 | 1,03 | 3 | | | |
| | Falisty | 5,00 | 0,00 | 5 | | | | 3,25 | 1,57 | 2,5 | | | |
| | Luźno falisty | 3,22 | 1,56 | 3 | | | | 3,50 | 1,83 | 3 | | | |
| Kolor | Brak barwy | 3,96 | 1,70 | 3,5 | 15,44 | 10 | 0,117 | 2,87 | 0,72 | 2,5 | 10,02 | 10 | 0,438 |
| | Jasny | 6,50 | 0,71 | 6,5 | | | | 3,50 | 2,12 | 3,5 | | | |
| | Odcień od jasnego do średniego | 1,00 | 0,00 | 1 | | | | 5,50 | 0,00 | 5,5 | | | |
| | Szarobrązowy/złotobrązowy | 3,96 | 2,94 | 3 | | | | 3,41 | 2,04 | 3 | | | |
| | Brązowy – odcień jasny | 4,00 | 0,00 | 4 | | | | 3,60 | 1,71 | 3 | | | |
| | Brązowy – odcień od jasnego do średniego | 2,93 | 1,05 | 3 | | | | 2,83 | 0,75 | 3 | | | |
| | Brązowy – odcień od średniego do ciemnego | 3,17 | 1,80 | 3 | | | | 2,59 | 1,24 | 2,5 | | | |
| | Brązowy – odcień od ciemnego do czarnego | 2,79 | 0,96 | 2,5 | | | | 2,73 | 1,00 | 2,5 | | | |
| | Czarny | 3,50 | 0,94 | 3,5 | | | | 2,25 | 0,52 | 2,25 | | | |
| | Szarobrązowy – odcień jasny | 3,15 | 1,30 | 3 | | | | 2,82 | 1,07 | 2,5 | | | |
| | Szarobrązowy – odcień od jasnego do średniego | 3,50 | 0,00 | 3,5 | | | | 2,83 | 0,29 | 3 | | | |
| Rdzeń | Rdzeń ciągły | 3,25 | 1,61 | 3 | 3,03 | 3 | 0,387 | 2,93 | 1,29 | 2,5 | 3,25 | 2 | 0,197 |
| | Rdzeń przzerwany | 4,50 | 0,00 | 4,5 | | | | | | | | | |
| | Rdzeń fragmentaryczny | 4,50 | 2,45 | 3,5 | | | | 5,50 | 0,00 | 5,5 | | | |
| | Brak rdzenia lub rdzeń przysłonięty | 2,95 | 1,21 | 3,25 | | | | 2,50 | 0,55 | 2,5 | | | |
| Cebulki | Brak cebulki | 3,29 | 1,68 | 3 | 0,16 | 2 | 0,922 | 3,39 | 1,93 | 3 | 0,95 | 2 | 0,623 |
| | Katagen | 2,83 | 0,58 | 2,5 | | | | 2,50 | 0,71 | 2,5 | | | |
| | Telogen | 3,30 | 1,62 | 3 | | | | 2,82 | 1,04 | 2,5 | | | |
| Końcówki | Koniec w formie szpiczastego stożka | 3,25 | 1,59 | 3 | 1,00 | 4 | 0,909 | 2,88 | 1,36 | 2,5 | 4,26 | 4 | 0,372 |
| | Koniec kwadratowy, ucięty, zaokrąglony | 2,94 | 1,10 | 3 | | | | 3,12 | 1,52 | 2,5 | | | |
| | Koniec skośny, ucięty, zaokrąglony | 2,94 | 1,29 | 2,5 | | | | 3,90 | 1,39 | 4 | | | |
| | Koniec postrzępiony | 3,42 | 1,78 | 3 | | | | 2,86 | 1,20 | 3 | | | |
| | Koniec złamany | 3,60 | 1,95 | 2,5 | | | | 3,50 | 0,00 | 3,5 | | | |

M – średnia, SD – odchylenie standardowe, Me – mediana, χ^2 – statystyka Kruskala–Wallisa, df – liczba stopni swobody, p – poziom istotności statystycznej

Tab. 5. Wyniki analiz testami Chi-kwadrat niezależności dla cech włosa psa i kota.

| | | | χ^2 | <i>df</i> | <i>p</i> | <i>V</i> |
|---------|----------|------|--------------|-----------|--------------|-------------|
| Kształt | Kolor | Pies | 22,95 | 30 | 0,817 | 0,24 |
| | | Kot | 42,32 | 30 | 0,067 | 0,32 |
| | Rdzeń | Pies | 4,63 | 9 | 0,865 | 0,11 |
| | | Kot | 24,21 | 6 | 0,000 | 0,30 |
| | Cebulki | Pies | 9,10 | 6 | 0,168 | 0,19 |
| | | Kot | 13,36 | 6 | 0,038 | 0,22 |
| | Końcówki | Pies | 14,93 | 12 | 0,245 | 0,19 |
| | | Kot | 23,85 | 12 | 0,021 | 0,24 |
| Kolor | Rdzeń | Pies | 72,95 | 30 | 0,000 | 0,43 |
| | | Kot | 46,86 | 20 | 0,001 | 0,41 |
| | Cebulki | Pies | 45,11 | 20 | 0,001 | 0,41 |
| | | Kot | 33,45 | 20 | 0,030 | 0,35 |
| | Końcówki | Pies | 51,61 | 40 | 0,103 | 0,31 |
| | | Kot | 92,26 | 40 | 0,000 | 0,41 |
| Rdzeń | Cebulki | Pies | 5,69 | 6 | 0,459 | 0,15 |
| | | Kot | 4,09 | 4 | 0,393 | 0,12 |
| | Końcówki | Pies | 11,72 | 12 | 0,469 | 0,17 |
| | | Kot | 14,82 | 8 | 0,063 | 0,23 |
| Cebulki | Końcówki | Pies | 22,74 | 8 | 0,004 | 0,29 |
| | | Kot | 31,91 | 8 | 0,000 | 0,34 |

χ^2 – statystyka Chi-kwadrat, *df* – liczba stopni swobody, *p* – poziom istotności statystycznej, *V* – siła zależności V Cramera



Ryc. 14. Rozkład kształtu zakończenia sierści psa i kota.

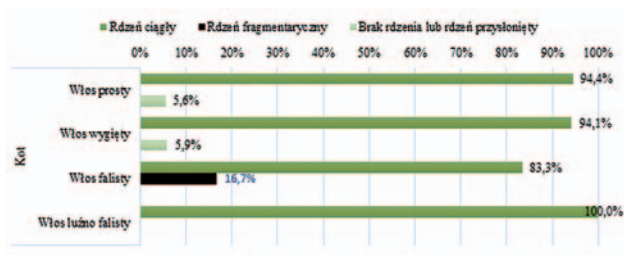
Wyniki analiz testami Kruskala–Wallisa wykazały, że długość sierści była powiązana z jej rodzajem zarówno u psów: $\chi^2(3) = 8,15$; $p < 0,05$, jak i kotów: $\chi^2(3) = 12,66$; $p < 0,01$. Zauważono, że u psa najdłuższa sierść była w przypadku włosa falistego, a u kotów w przypadku włosa luźno falistego, najkrótsze były zaś włosy proste, niezależnie od rodzaju zwierzęcia. Nie wykazano, by długość sierści kota i psa powiązana była z jej kolorem, rdzeniem, korzeniem i kształtem końca (wyniki nieistotne statystycznie: $p > 0,05$).



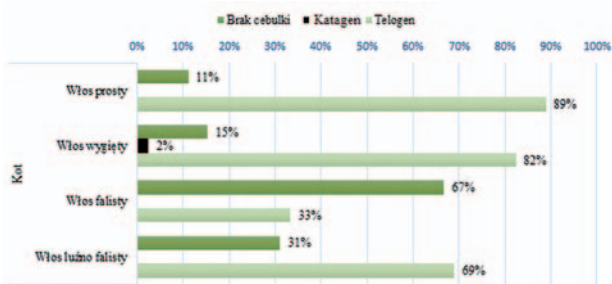
Ryc. 15. Średnie dla długości sierści psa i kota z podziałem na kształt (w centymetrach).

Następnie ponownie wykorzystano serię analiz testami Chi-kwadrat niezależności dla związku poszczególnych cech sierści kota i psa. Wyniki wszystkich analiz przedstawiono w tabeli 5, a ze względu na mnogość wyników **opisane zostały tylko te istotne statystycznie**.

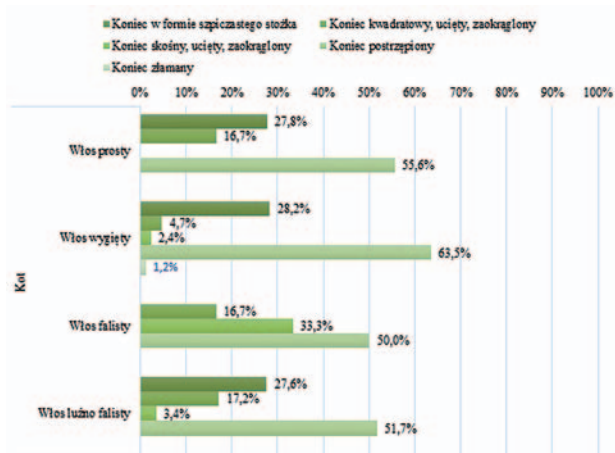
Wyniki analiz testami Chi-kwadrat niezależności wykazały, że w przypadku kota występowała istotna statystycznie zależność między kształtem sierści a jej rdzeniem: $\chi^2(6) = 24,21$; $p < 0,001$; $V = 0,30$, cebulkami $\chi^2(6) = 13,36$; $p < 0,05$; $V = 0,22$ i końcówkami: $\chi^2(12) = 23,85$; $p < 0,01$; $V = 0,24$. Sierść falista miała zdecydowanie częściej rdzeń fragmentaryczny, brak cebulki, koniec włosów był skośny lub kwadratowy. Wśród pozostałych kształtów sierści przeważały rdzenie ciągłe, cebulki w fazie telogenu, a końce były postrzępione.



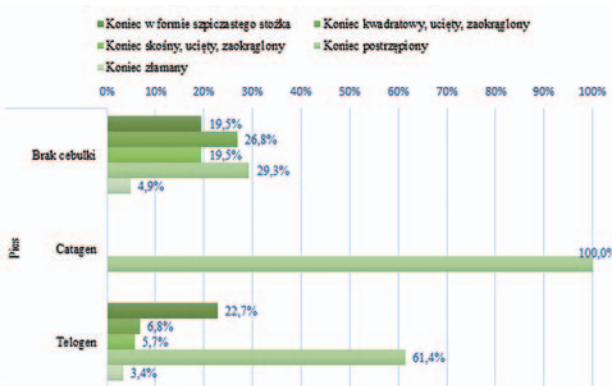
Ryc. 16. Związek kształtu sierści i jej rdzenia u kota.



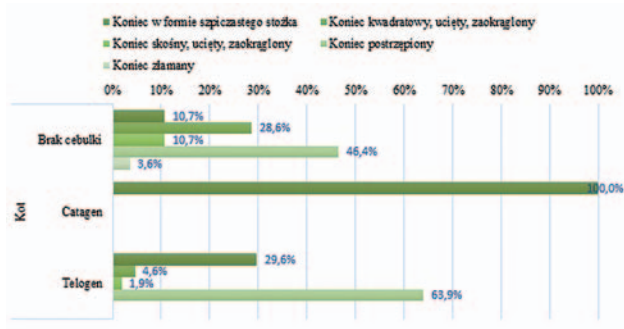
Ryc. 17. Związek kształtu sierści i cebulek u kota.



Ryc. 18. Związek kształtu sierści i jej zakończenia u kota.



Ryc. 19. Związek cebulek i zakończenia sierści u psa.



Ryc. 20. Związek cebulek i zakończenia sierści u kota.

Wykazano też, że kolor sierści psa i kota powiązany był z rdzeniem, cebulkami i końcówkami włosów. Rdzeń inny niż ciągły miała najczęściej sierść koloru czarnego i ciemnobrązowego. Brak cebulek występował najczęściej w sierści koloru brązowego i szarobrązowego. Sierść szarobrązowa najczęściej miała postrzępione końcówki, natomiast ta w kolorze brązowym końcówki kwadratowe i skośne.

Dowodzono również, że rodzaj cebulki powiązany był z rodzajem końcówek zarówno u psa: $\chi^2(8) = 22,74$; $p < 0,01$; $V = 0,24$, jak i kota: $\chi^2(8) = 31,91$; $p < 0,001$; $V = 0,34$. W cebulkach w fazie katagenu występowały tylko końcówki postrzępione i w formie szpiczastego

stożka, w przypadku telogenu dominowały końcówki w formie szpiczastego stożka, a w sierści pozbawionej cebulek było więcej końcówek skośnych i kwadratowych.

Podsumowanie

Analizy morfologiczne długości, kształtu, barwy, fazy cyklu życiowego, kształtu rdzenia oraz zakończenia sierści psa i kota nie umożliwiają w pełni jej identyfikacji gatunkowej. W przypadku sierści kota wykazano jednak silniejsze powiązania poszczególnych zmiennych morfologicznych. Na podstawie informacji przedstawionych w części teoretycznej oraz metodyki przyjętej na potrzeby wykonania części praktycznej należy wnioskować, że analiza morfologiczna sierści powinna zostać poszerzona o identyfikację wzoru łusek kutikuli włosa. Porównanie sierści psa i kota w świetle wybranych i przedstawionych w tym artykule cech morfologicznych może być niewystarczające do ich odróżnienia. Odrzucenie postawionej hipotezy rozumiane jako fakt, że analizy morfologiczne wybranych cech sierści nie są wystarczające do identyfikacji gatunkowej, podkreśla użyteczność analiz DNA. W związku z tym takie właśnie badania mogą mieć zastosowanie jako element selekcji materiału dowodowego.

Źródła rycin i tabel

Ryciny 1–2: Deedrick, Koch, 2004; Yasser i in., 2018

Rycina 3: De Marinis, Asprea, 2006; Zafarina, Panneerchelvam, 2009

Rycina 4: autorzy, na podstawie: De Marinis, Asprea, 2006

Rycina 5: autorzy, na podstawie: Erdoğan, 2017

Rycina 6: Seta i in., 1988

Ryciny 7–8: Cortellini i in., 2019

Ryciny 9–20: autorzy

Tabele 1–5: autorzy

Bibliografia

- Barksdale, L., Humrich J. (2017). Random distribution of cat/dog hair in motor vehicles. *Journal of Forensic Science and Criminal Investigation*, 5.
- Bhat, A.M., Shrivastav, B.A., Dar, A.A., Bari, W.S. (2014). Studies on hair of some wild animals for species identification as an aid to wildlife forensics. *International Journal for Agro Veterinary and Medical Sciences*, 8.
- Bisbing, R.E. (2001). *Finding Traces Evidence. Trace Evidence Analysis*. San Diego, California: Academic Press.
- Boehme, A., Brooks, E., McNaught, I. (2009). The persistence of animal hairs in a forensic context. *Australian Journal of Forensic Sciences*, 41.
- Brunner, H., Coman, B. (1974). *The Identification of Mammalian Hair*. Melbourne: Inkata Press.
- Cortellini, V., Carobbio, A., Brescia, G., Cerri, N., Verzeletti, A. (2019). A comparative study of human and animal hairs: Microscopic hair comparison and cytochrome c oxidase I species identification. *Journal of Forensic Science and Medicine*, 5.
- De Marinis, A.M., Asprea, A. (2006). Hair identification key of wild and domestic ungulates from southern Europe. *Wildlife Biology*, 12.
- Deedrick, W.D., Koch, L.S. (2004). Microscopy of hairs, part 1: Practical guide and manual for human hair. *Forensic Science Communications*, 6.
- Dębska, M. (2013). Bieżące kierunki w kryminalistycznych badaniach dotyczących identyfikacji zwierząt należących do gatunków zagrożonych wyginięciem. *Problemy Kryminalistyki*, 280.
- ENFSI, European Network of Forensic Sciences Institutes (2015). *Best Practice Manual for the Microscopic Examination and Comparison of Human and Animal Hair*. ENFSI-BPM-THG-03.
- Erdoğan, B. (2017). Anatomy and histology of hair. *Hair and Scalp Disorders*, 22.
- Gharu, G., Trivedi, S. (2015). Hair cuticle scale patterns, medulla and pigment in Equidae. *Journal of Chemical, Biological and Physical Sciences*, 5(2).
- Houck, M.M., Budowle, B. (2002). Correlation of microscopic and mitochondrial DNA hair comparisons. *Journal of Forensic Sciences*, 47.
- Kędzierska, G., Kędzierski, W. (2011). *Kryminalistyka. Wybrane zagadnienia techniki*. Szczepno: Wydawnictwo Wyższej Szkoły Policji.
- Knecht, L. (2012). The use of hair morphology in the identification of mammals. W: J.E. Huffman, J.R. Wallace (red.), *Wildlife Forensics: Methods and Applications*. Chichester, UK: Wiley.
- Kondo, K., Ninomiya, Y., Ischikawa, H., Kato, M., Fukunaga, S., Hosaka, A.K. (2004). Hair density and morphology of medulla in Mustelidae. *Proceedings of Xth International Scientific Congress in Fur Animal Production. Scientifur*, 28(3).
- Kshirsagar, S.V., Singh, B., Fulari, S.P. (2009). Comparative study of human and animal hair in relation with diameter and medullary index. *Indian Journal of Forensic Medicine and Pathology*, 2.
- Mańczuk, M. (2014). Wykorzystanie nowoczesnych technologii do badania włosów celem uzyskania informacji o popełnionym przestępstwie. W: M. Szostak, I. Dembowska (red.), *Innowacyjne metody wykrywania sprawców przestępstw*. Wrocław: Uniwersytet Wrocławski.
- Mariacher, A., Garofalo, L., Fanelli R., Lorenzini R., Fico R. (2019). A combined morphological and molecular approach for hair identification to comply with the European ban on dog and cat fur trade. *PeerJ. The Journal of Life and Environmental Sciences*, 2.
- Miller-Coyle, H. (2008). *Nonhuman DNA Typing. Theory and Casework Applications* (International Forensic Science and Investigation Series). Boca Raton: CRC Press.
- Moore, J.E. (1998). A key for identification of animal hairs. *Journal of the Forensic Science Society*, 28.
- Mukherjee, P., ChhayaPasi, Patel, S., Dhurwey, S. (2016). Comparative trichological analysis of common domestic mammals of Jabalpur district. *International Journal of Advanced Research in Biological Sciences*, 3(2).
- Nabożny, M. (2015). Charakterystyka organizacji korzeni włosowych w skórze zwierząt futerkowych z uwzględnieniem gęstości okrywy włosowej. *Wiadomości Zootechniczne*, 2.
- Pilli, E. (2012). Human and animal hair in forensic evidence: Problems, troubleshooting and workarounds. *Forensic Science*, 8.
- Priyanka, N., Anupam, B., Komal, Y., Mahipal, S., Singh, R. (2017). Comparison of different animal species hairs with respect to their Medullary Index for the Individual Identification and comparison from the animals of local village of Palam Vihar, Gurgaon, Haryana. *International Journal of Recent Research and Applied Studies*, 4.
- Sachs, H. (1997). History of hair analysis. *Forensic Science International*, 84.
- Seta, S., Sato, H., Miyake, B. (1988). Forensic hair investigation. *Forensic Science Progress*, 2.

28. Tridico, S. (2005). Examination, analysis, and application of hair in forensic science – animal hair. *Forensic Science Review*, 17.
29. Venkatesan, G. (2006). *Gross and Microscopic Study of Hair of Native Animals for Species Identification*. Jabalpur: JNKVV.
30. Verma, K., Joshi, B. (2012). Different animal species hairs as biological tool for the forensic assessment of individual identification characteristics from animals of zoological park, Pragti Maidan, New Delhi, India. *Journal of Forensic Research*, 3(7).
31. Wandhare, P., Bhosale, M. (2017). Trichology: A science of hair examination in identification of dog breeds. *International Journal of Applied and Pure Science and Agriculture*, 3(6).
32. Włodarczyk, R. (2007). *Historia, terażniejszość i perspektywy kryminalistycznych badań włosów ludzkich*. Szczytno: Wydawnictwo Wyższej Szkoły Policji.
33. Włodarczyk, R., Rzczyc, E., Sołtyszewski, I. (2009). System zarządzania jakością a kryminalistyczne badania włosów. *Problemy Kryminalistyki*, 263.
34. Yasser, A.A., Safwat, A., Ghallab, A. (2018). Hair histology as a tool for forensic identification of some domestic animal species. *EXCLI Journal. Experimental and Clinical Sciences*, 17.
35. Zafarina, Z., Panneerchelvam, S. (2009). Analysis of hair samples using microscopical and molecular techniques to ascertain claims of rare animal species. *The Malaysian Journal of Medical Sciences*, 16(3).