



Zastosowanie termowizji w diagnostyce ssaków z rodziny żyrafowatych – praca pilotażowa

The use of infrared thermography in the diagnosis of mammals from the giraffe family – pilot work

Aleksandra Mrowiec¹, Agnieszka Szurko¹, Krzysztof Jagła¹, Oliwia Dyrda¹,
Olga Zawarczyńska¹, Marek Mitrenga², Andrzej Malec², Alina Kloska², Armand Cholewka¹

¹ Wydział Nauk Ścisłych i Technicznych, Instytut Inżynierii Biomedycznej, Uniwersytet Śląski w Katowicach, ul. Bankowa 12, 40-007 Katowice

² Śląski Ogród Zoologiczny, Promenada Gen. Jerzego Ziętka 7, 41-501 Chorzów

Wprowadzenie

Termowizja w podczerwieni, jako metoda nieinwazyjna, bezdotykowa, szybka i stosunkowo niedroga, znalazła szerokie zastosowanie w weterynarii, gdzie jej uniwersalność pozwoliła na badania nie tylko zwierząt gospodarczych, ale i wykorzystywanych do różnego rodzaju zawodów sportowych. W przypadku badania zwierząt, bez względu na ich rodzaj, musimy stawiać duży nacisk na komfort psychiczny i fizyczny zwierzęcia. Obrazowanie termiczne wykonujemy z pewnej odległości, nie jest wymagane unieruchomienie zwierzęcia, a dzięki braku skutków ubocznych

badania, jak to ma miejsce np. przy promieniowaniu jonizującym, metoda ta wydaje się być idealnym narzędziem do diagnostyki weterynaryjnej. W znaczącym stopniu ograniczamy bowiem stres występujący u zwierząt podczas badania. Dodatkowym atutem wykorzystania termografii w diagnostyce zwierząt jest możliwość wczesnego wykrycia niektórych problemów zdrowotnych – szczególnie tych, związanych z niesymetrycznym napięciem mięśniowym lub zmianami włośniczkowego ukrwienia w tkankach powierzchniowych. Podobnie jak w przypadku wykorzystania termowizji u ludzi, gdzie możliwe jest diagnozowanie chorób naczyń żylnych kończyn dolnych czy też układu ruchu [1–3].

174

Streszczenie

Celem pracy były badania termograficzne dzikich zwierząt przebywających w Śląskim Ogródzie Zoologicznym. Termiczną analizę powłok brzusznych oraz stawów kończyn u ciężarnych żyraf prowadzono cyklicznie, na przestrzeni sześciu miesięcy, w okresie jesienno-zimowym.

Otrzymane rezultaty prowadzonych badań wskazały, iż średnia temperatura powłok brzusznych u dwóch z trzech badanych żyraf wzrosła o niemal 2°C w okresie prowadzonych badań. Zakładając powtarzalność warunków, w których prowadzono badania, można przypuszczać, iż wystąpił wzrost ukrwienia i metabolizmu tej części ciała, co z kolei może być związane z rozwojem płodu u ciężarnych zwierząt. Z kolei przeprowadzone badanie termowizyjne stawów kończyn pokazało asymetrię termalną w pierwszym okresie badań, która z czasem uległa znaczącemu zmniejszeniu. To z kolei może wskazywać na zmianę obciążenia odpowiedniej części ciała, wskutek ułożenia i rozwoju płodu u badanych żyraf.

Słowa kluczowe: termowizja, zwierzęta, żyrafa, diagnostyka zwierząt w ciąży

Abstract

The aim of the work was the thermographic research of wild animals kept in the Silesian Zoological Garden. Thermal analysis of abdominal integuments and limb joints in pregnant giraffes was carried out cyclically, over the course of six months, in the autumn and winter.

The obtained results of the research showed that the average temperature of the abdominal integuments in two of the three giraffes studied increased by almost 2°C during the research period. Assuming the repeatability of the conditions in which the research was conducted, it can be assumed that there was an increase in blood supply and metabolism in this part of the body, which in turn may be related to the development of the fetus in pregnant animals. In turn, the thermal imaging examination of the joints of the limbs showed thermal asymmetry in the first period of the study, which significantly decreased over time. This, in turn, may indicate a change in the load on the relevant part of the body due to the positioning and development of the fetus in the studied giraffes.

Kew words: thermal imaging, animals, giraffe, diagnostics of pregnant animals

otrzymano / received:

30.03.2023

poprawiono / corrected:

04.04.2023

zaakceptowano / accepted:

07.04.2023



Na temperaturę powierzchni ciała, mierzoną poprzez termowizję w podczerwieni, wpływają procesy fizjologiczne zachodzące w tkankach, poprzez regulację przepływu krwi. W zdrowym organizmie mamy wysoki stopień symetrii rozkładu temperatur pomiędzy odpowiednimi częściami ciała. Tym samym możliwe jest zaobserwowanie toczących się w organizmie procesów patologicznych, które często wiążą się ze zwiększonym przepływem kapilarnym w danym miejscu, obserwowanym np. podczas procesów zapalnych, powodujących zwiększone wydzielanie ciepła [4].

Termografia zadebiutowała w weterynarii jako wspomagająca metoda diagnostyczna problemów związanych z układem ruchu u koni. Pierwsze badania termograficzne u koni pozwoliły lokalizować miejsce występowania bólu i wykrywać stany zapalne aparatu ruchowego [5–8]. Za pomocą termowizji diagnozuje się problemy ze ścięgnami i więzadłami, choroby trzespki, ochwatu czy zmiany chorobowe w obrębie kręgosłupa [10–14]. Konie badane były termowizją także pod kątem stopnia dopasowania siodła. Sprawdzone rozkład temperatury na grzbiecie i siodle, aby w ten sposób lokalizować miejsca nieprawidłowego przylegania [15]. W innym badaniu wykazano, że trening wyścigowy intensywnie obciąża przednie nogi koni [16, 17]. Badania termowizyjne wykorzystuje się również do kontroli stanu zdrowia zwierząt gospodarskich czy też warunków ich hodowli, np. w pracy Nikkha i in. monitorowano zmiany temperatury racic krów we wczesnej laktacji, albowiem w tym okresie jest wysokie

ryzyko wystąpienia kulawizny [17, 18, 19, 20, 21]. W badaniach weterynaryjnych termowizja jest wykorzystywana do kontroli procesów związanych z ruią, ciążą czy procesami spermatogenezy i ejakulacji. Wymienione procesy, potrzebują zwiększonego wydatkowania energii przez organizm, przez co ten wymaga dostarczenia poprzez krew większych ilości składników odżywczych oraz tlenu. W badaniach Hurnik i in. potwierdzono za pomocą termowizji charakterystyczne zmiany temperatury ciała krów podczas rui, choć metoda ta nie została zarekomendowana jako rutynowa metoda badania [17, 22].

W prowadzonych badaniach skupiono się na ciężarnych żyrfach i wpływie rozwoju płodu na parametry termiczne wybranych części ciała, dlatego należy przedstawić tu kilka istotnych faktów dotyczących metabolizmu i termoregulacji badanych ssaków.

Naturalnym środowiskiem żyrafy są strefy klimatów gorących. Do przetrwania w takim środowisku żyrafa wytworzyła mechanizmy termoregulacyjne, które są zależne od cech anatomicznych oraz mechanizmów behawioralnych i fizjologicznych. Przystosowaniem się żyrafy do środowiska jest optymalizacja procesów cieplnych i termoregulacyjnych. Pomagają w tym długie i smukłe kończyny żyrafy. Ssaki o krótkich włosach i cienkich nogach, takie jak na przykład żyrafa, mają chłodniejsze nogi niż resztę ciała. Wewnętrzna strona nóg ssaków wykazuje większe promieniowanie cieplne niż zewnętrzna ze względu na bardziej powierzchniowe położenie naczyń krwionośnych [23, 24].

Utratę ciepła wspomaga także zwiększona powierzchnia ciała, bez proporcjonalnego zwiększania masy metabolicznej. Głównym mechanizmem termoregulacyjnym u żyraf jest parowanie. W pozbywaniu się nadmiaru ciepła pomaga im anatomia nosa i ich unikalny układ oddechowy, który umożliwia pozbycie się największej ilości ciepła [23, 25, 26]. Kolejnym mechanizmem termoregulacyjnym u żyrafy jest wydzielanie potu. W badaniach wykazano, że powierzchnia skóry żyraf posiada wiele gruczolotów potowych, a największe z nich znajdują się w miejscach cętek.

Ackerman wykazał, że pod płatem skórnym żyraf znajdują się dwa główne sploty naczyń krwionośnych. Jeden głęboki, który leży około 20–30 mm pod powierzchnią skóry i składa się z małej tętnicy i dużej żyły. Drugi, bardziej powierzchniowy, leżący około 10 do 15 mm pod powierzchnią skóry, składa się z dużej tętnicy oraz sieci małych żył i tętniczek skórnych, które mogą być zaopatrywane w krew ze splotu głębokiego oraz tętnicy w splocie środkowym [23, 27]. Cętki na skórze żyrafy są także miejscami silnie unaczynionymi i przepływa przez nie większa ilość krwi, są to zatem miejsca cieplejsze od reszty powierzchni ciała. Można wysunąć tezę, że cętki będą doskonale widoczne w kamerze termowizyjnej [23, 27, 28].

Celem pracy było pokazanie termografii jako metody przydatnej w kontroli stanu zdrowia zwierząt żyjących w ogrodach zoologicznych. Jako że jest to metoda szybka, bezpieczna i bezinwazyjna oraz wykonuje się ją zdalnie, z pewnej odległości od zwierząt, może być wykonywana cyklicznie w badaniach diagnostycznych, jak również u zwierząt w ciąży, gdyż nie powoduje u zwierząt stresu, a temperaturowe informacje diagnostyczne otrzymujemy w czasie rzeczywistym.

reklama

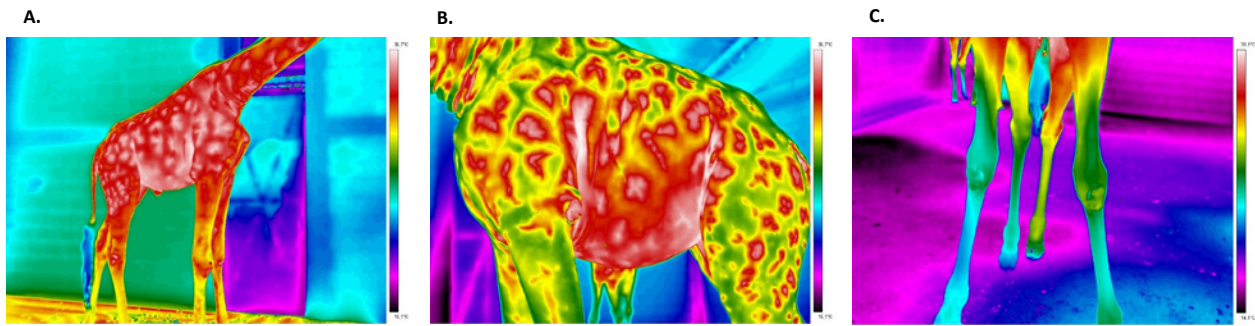
KONTROLA DAWEK

http://dawki.ifj.edu.pl

copyright © LADIS

**LABORATORIUM DOZYMETRII
INDYWIDUALNEJ I ŚRODOWISKOWEJ**

ul. Radzikowskiego 152 tel.: 12 662 84 57
31-342 Kraków fax: 12 662 81 58
e-mail: ladis@ifj.edu.pl



Ryc. 1 Obrazy termiczne uzyskane dla jednej z badanych żyraf: całe ciało (A), powłoki brzuszne (B), stawy kończyn (C)
Źródło: Badania własne.

Materiał i metoda

Badania przeprowadzono w Śląskim Ogrodzie Zoologicznym, dzięki uprzejmości i zaangażowaniu Dyrektora Marka Mitrengi i jego pracowników. Badania zostały wykonane na trzech żyrafach. Dwie samice były podejrzewane o ciążę. Dla każdej żyrafy wykonano następujące zdjęcia termiczne: kończyny ze szczególnym ujęciem stawów kolanowych i łokciowych oraz powłoki brzuszne.

Niniejsza praca stanowi pilotażowe badania zwierząt żyjących w Śląskim Ogrodzie Zoologicznym w Chorzowie i stanowi początek współpracy między Instytutem Inżynierii Biomedycznej UŚ a Śląskim Ogrodem Zoologicznym.

Badania zostały wykonane przy zachowaniu odległości kamery od żyraf, wynoszącej około 2–3 m, w pomieszczeniu przeznaczonym tylko dla żyraf – jest to specjalnie zaprojektowane i wybudowane pomieszczenie, w którym żyrafy każdego dnia odpoczywają i z którego mogą wyjść na swój wybieg. Temperatura otoczenia, w jakiej wykonywano badania, wynosiła między 19 a 20°C. Do pomiarów wykorzystano kamerę termowizyjną FLIR T1020, której czułość termiczna wynosiła < 0,02°C przy +30°C, rozdzielczość to 1024 x 768 pikseli/30 Hz, wyposażoną w obiektyw 28° oraz FLIR THERMAL STUDIO.

W analizie termicznej obrazów pomocny był program ThermaCAM Researcher Pro 2.10.

Wyniki i dyskusja

Na termogramach uwidocznionych na rycinie 1 zaprezentowano obrazy termiczne całej żyrafy (A), powłok brzusznych (B) oraz kolan (C).

Zauważalne są wyraźne nieciągłości w rozkładzie temperatur na ciele żyrafy. Obszary odpowiadające cętkom występującym na skórze charakteryzują się znacznie wyższą temperaturą niż reszta ciała. Cętki na skórze żyrafy są miejscami silniej unaczynionymi i przepływa przez nie większa ilość krwi, są to zatem miejsca cieplejsze od reszty powierzchni ciała.

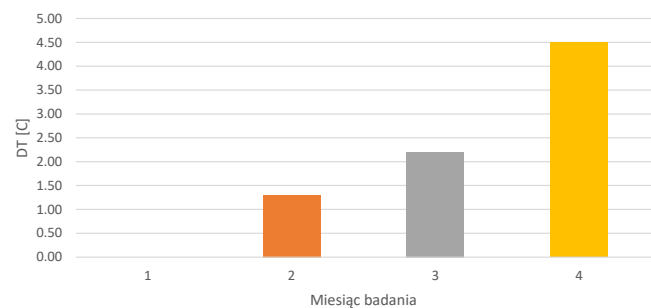
Jednocześnie cętki oddają więcej ciepła niż reszta powierzchni skóry. Zatem współczynnik emisyjności tych miejsc najprawdopodobniej będzie wyższy (w porównaniu do skóry bez cętek). Dlatego w literaturze można spotkać określenie, że cętki są „oknami termicznymi” żyrafy i biorą udział w procesach

termoregulacyjnych. Ackerman (1976) i Mitchell (2004) wysuwali przypuszczenia, że to cętki odgrywają największą rolę w procesie termoregulacji u żyraf.

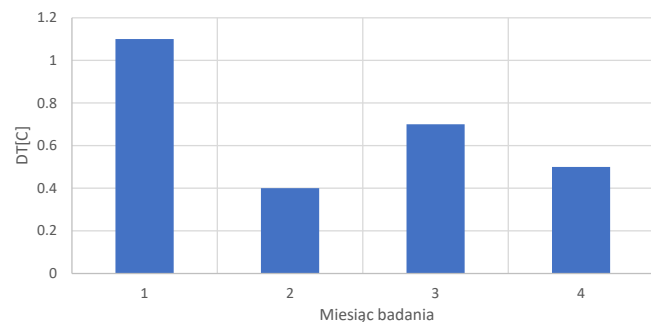
Na podstawie otrzymanych termogramów przeprowadzono głębszą analizę zmian temperatur wybranych części ciała, a przykładowe wyniki zebrano w formie wykresów słupkowych dla poszczególnych części ciała (ryciny 2–4).

Dla wszystkich trzech żyraf zaobserwowano wzrost temperatur średnich powłok brzusznych, a różnica tych temperatur wynosiła nawet kilka °C.

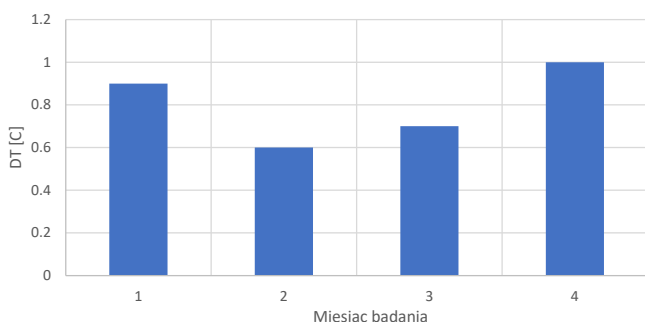
Analizując otrzymane różnice średnich temperatur występujące na kończynach żyrafy, możemy zauważyć różnicę



Ryc. 2 Zmiana temperatury powłok brzusznych obserwowana dla ciężarnej żyrafy w okresach prowadzonych badań termowizyjnych, gdzie DT (różnica temperatury) = T_0 (temperatura średnia powłok brzusznych podczas pierwszego badania) – $T_{1=1,2,..,4}$ (temperatura średnia powłok brzusznych w kolejnych badaniach)
Źródło: Opracowanie własne.



Ryc. 3 Zmiana różnicy średniej temperatury liczonej pomiędzy kończynami przednimi, obserwowana dla ciężarnej żyrafy w okresach prowadzonych badań termowizyjnych, gdzie DT (różnica temperatury) = T_l (temperatura średnia okolicy stawu dla lewej kończyny) – T_p (temperatura średnia okolicy stawu dla prawej kończyny)
Źródło: Opracowanie własne.



Ryc. 4 Zmiana różnicy średniej temperatury liczonej pomiędzy kończynami tylnymi, obserwowana dla ciężarnej żyrafy w okresach prowadzonych badań termowizyjnych, gdzie DT (różnica temperatury) = T_L (temperatura średnia okolicy stawu dla lewej kończyny) – T_P (temperatura średnia okolicy stawu dla prawej kończyny)

Źródło: Opracowanie własne.

temperatury sięgającą w poszczególnych okresach nawet $1,1^{\circ}\text{C}$ (Ryc. 3). Ponadto na rycinach 3 i 4 widać, iż różnica ta zmienia się z czasem, co może wynikać ze zmian np. w obciążeniu danej strony ciała, być może w związku ze zmianą ułożenia płodu.

Wnioski

Otrzymane rezultaty prowadzonych badań wskazały, iż średnia temperatura powłok brzusznych u ciężarnych żyraf wzrosła nawet o 4°C w okresie prowadzonych badań. Przyjmując powtarzalne warunki prowadzonych badań, może to wskazywać na wzrost ukrwienia i metabolizmu tej części ciała.

Z kolei przeprowadzone badanie termowizyjne stawów kolanowych i łokciowych u badanych ssaków ujawniło występowanie asymetrii termalnej, widocznej wyraźnie w pierwszym okresie badań. Ponadto wyraźnie widać, iż asymetria termalna ulega zmianom wraz z rozwojem ciąży. Może to wskazywać na zmianę obciążenia odpowiedniej części ciała żyraf, spowodowanej rozwojem płodu i jego ułożeniem.

Niniejsza praca zawiera wyniki wstępnych badań prowadzonych w ramach rozpoczętej współpracy między grupą naukowców i studentów prowadzących badania w zakresie fizyki medycznej z Instytutu Inżynierii Biomedycznej a Śląskim Ogrodem Zoologicznym. Otrzymane wyniki wymagają potwierdzenia oraz prowadzenia dalszych pomiarów na opisywanych w niniejszej pracy zwierzętach.

Piśmiennictwo

1. A.L. Eddy, L.M. Van Hoogmoed, J.R. Snyder: *The role of thermography in the management of equine lameness*, The Veterinary Journal, 162(3), 2001, 172–181.
2. A. Szurko, T. Kasprzyk-Kucewicz, A. Cholewka, M. Kazior, K. Sieroń, A. Stanek, T. Morawiec: *Thermovision as a tool for athletes to verify the symmetry of work of individual muscle segments*, International Journal of Environmental Research and Public Health, 19(14), 2022, 8490.
3. J. Kajewska, A. Stanek, K. Sieroń, A. Cholewka: *May thermal imaging be useful in early diagnosis of lower extremities chronic venous disease?*, Polish Journal of Medical Physics and Engineering, 29(1), 2023, 73–84.
4. I. Knizkova, P. Kunc, G.A.K. Gurdil, Y. Pinar, K.C. Selvi: *Applications of infrared thermography in animal production*, J. of Fac. of Agric., 22(3), 2007, 329–336.
5. B. Strömberg: *Thermography of the superficial flexor tendon in race horses*, Acta Radiologica. Diagnosis, 13(319_suppl), 1972, 295–297.
6. H.A. Nelson, D.L. Osheim: *Soring in Tennessee walking horses: Detection by thermography*, IA: APHIS Veterinary Services Laboratory, Ames 1975, 1–8.
7. R.C. Purohit: *History and Research Review of Thermology in Veterinary Medicine at Auburn University*, Thermology International, 17, 2007, 127–132.
8. M.F. Vaden, R.C. Purohit, M.D. McCoy, J.T. Vaughan: *Thermography: a technique for subclinical diagnosis of osteoarthritis*, American Journal of Veterinary Research, 41(8), 1980, 1175–1179.
9. D.G. Von Schweinitz: *Thermographic diagnosis in equine back pain*, Vet. Clin. North Am. Equine Pract., 15, 1999, 161–177.
10. A.L. Eddy, L.M. Van Hoogmoed, J.R. Snyder: *The role of thermography in the management of equine lameness*, The Veterinary Journal, 162(3), 2001, 172–181.
11. D.M. Hood, I.P. Wagner, G.W. Brumbaugh: *Evaluation of hoof wall surface temperature as an index of digital vascular perfusion during the prodromal and acute phases of carbohydrate-induced laminitis in horses*, American Journal of Veterinary Research, 62(7), 2001, 1167–1172.
12. B.P.A. Fonseca, A.L.G. Alves, J.L.M. Nicoletti, A. Thomassian, C.A. Hussni, S. Mikail: *Thermography and ultrasonography in back pain diagnosis of equine athletes*, Journal of Equine Veterinary Science, 26(11), 2006, 507–516.
13. R. Waguespack, R.R. Hanson: *Navicular syndrome in equine patients anatomy, causes, and diagnosis*, Compendium (Yardley, PA), 32(12), 2010, E7.
14. M. Soroko, R. Henklewski, H. Filipowski, E. Jodkowska: *The effectiveness of thermographic analysis in equine orthopedics*, Journal of Equine Veterinary Science, 33(9), 2013, 760–762.
15. T.Z. Arruda, K.E. Brass, F.D. De La Corte: *Thermographic assessment of saddles used on jumping horses*, Journal of Equine Veterinary Science, 31(11), 2011, 625–629.
16. E. Jodkowska: *Temperatura powierzchni ciała jako kryterium predyspozycji wysiłkowych konia*, Zeszyty Nauk. AR Wroc. Zootech., 511, 2005, 7–114.
17. J. Cilulko, P. Janiszewski: *Praktyczne zastosowanie termowizji u zwierząt*, Przegląd Hodowlany, 1, 2013, 6–7.
18. A. Nikkiah, J.C. Plaizier, M.S. Einarson, R.J. Berry, S.L. Scott, A.D. Kennedy: *Infrared thermography and visual examination of hooves of dairy cows in two stages of lactation*, Journal of Dairy Science, 88(8), 2005, 2749–2753.
19. T.M. Brown-Brandl, R.A. Eigenberg, J.L. Purswell: *Using thermal imaging as a method of investigating thermal thresholds in finishing pigs*, Biosystems Engineering, 114(3), 2013, 327–333.
20. D. Godyń: *Zastosowanie kamery termograficznej w ocenie termoregulacji u zwierząt gospodarskich*, Wiadomości Zootechniczne, 4, 2013, 91–95.
21. D.d.S. Daltro, V. Fischer, E.P.M. Alfonso, V.C. Dalcin, M.T. Stumpf, G.J. Kolling, M.V. G.B. d. Silva, C. McManus: *Infrared thermography as a method for evaluating the heat tolerance in dairy cows*, Revista Brasileira de Zootecnia, 46(5), 2017, 374–383.
22. J.F. Hurnik, A.B. Webster, S. DeBoer: *An investigation of skin temperature differentials in relation to estrus in dairy cattle using a thermal infrared scanning technique*, Journal of Animal Science, 61(5), 1985, 1095–1102.
23. G. Mitchell, J. Skinner: *Giraffe Thermoregulation: A review*, Transactions of the Royal Society of South Africa, 59(2), 2004, 109–118.
24. G. Mitchell, S. van Sittert, D. Roberts, D. Mitchell: *Body surface area and thermoregulation in giraffes*, Journal of Arid Environments, 145, 2017, 35–42.
25. V.A. Langman, G.M.O. Maloiy: *Passive obligatory heterothermy of the giraffe*, Journal of Physiology, UK 1989.
26. G. Mitchell, J.D. Skinner: *How giraffe adapt to their extraordinary shape*, Transactions of the Royal Society of South Africa, 48(2), 1993, 207–218.
27. E. Ackerman: *The histogenesis of hair follicles in the zebra and giraffe with special reference to pigmentation and cutaneous vasculature*, MSc Dissertation, University of Pretoria 1976.
28. F. Sathar, N.L. Badlangana, P.R. Manger: *Variations in the thickness and composition of the skin of the giraffe*, The Anatomical Record: Advances in Integrative Anatomy and Evolutionary Biology, 293(9), 2010, 1615–1627.