Badanie pilotażowe nad zastosowaniem techniki termograficznej w ocenie działania laseroterapii wysokoenergetycznej u koni wyścigowych

MARIA GODLEWSKA, MARIA SOROKO*, PAULINA ZIELIŃSKA, KRZYSZTOF DUDEK**

Katedra i Klinika Chirurgii, Wydział Medycyny Weterynaryjnej,
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Pl. Grunwaldzki 51, 50-366 Wrocław

*Zakład Hodowli i Jeździectwa Wydział Biologii i Hodowli Zwierząt,
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, ul. Kozuchowska 5A, 51-631 Wrocław

**Wydział Mechaniczny, Politechnika Wrocławska, Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław

Otrzymano 06.04.2020

Zaakceptowano 06.05.2020

Godlewska M., Soroko M., Zielińska P., Dudek K.

Use of thermography for assessment of high-intensity laser therapy in racehorses: Pilot study

Summary

The aim of the pilot study was to perform a thermographic assessment of temperature changes on the surface of the fetlock joint of clinically healthy racehorses after high-intensity laser therapy (HILT). The study was conducted on 16 clinically healthy Thoroughbred racehorses aged 3-4 years, trained for racing. Temperature measurements of the left forelimb fetlock joint were taken from a lateral aspect before and after HILT. Temperature was measured with a Vario-Cam HR® InfraTec thermographic camera with a resolution of 640 × 480. A measuring region of the fetlock joint was determined for each thermographic image to calculate the average temperature. The non-parametric Wilcoxon test was used for statistical analysis. The study results indicate a statistically significant increase in the average surface temperature of the fetlock joint (by an average of 3.0°C) after HILT. Thermography offers a simple and precise assessment of temperature changes in the treated region. The results of this pilot study may prove valuable in future research on the use of thermography in monitoring changes as well as short-term and long-term effects of HILT to determine the most effective and optimal parameters of this therapy.

Keywords: thermography, racehorse, high-intensity laser therapy, fetlock joint

Termografia jest metodą diagnostyczną, która opiera się na rejestracji energii promieniowania ciepłego, emitowanego z powierzchni ciała z równoczesnym określeniem rozkładu jej wartości temperaturowych (18). Badana temperatura powierzchni ciała jest wartością wypadkową wpływu czynników mikroklimatycznych, takich jak: temperatura otoczenia, wilgotność, nasłonecznienie (11), ruch powietrza (25) oraz przemian energetycznych zachodzących w organizmie (20). Temperatura powierzchni ciała zależna jest od unaczynienia i od mechanizmu naczyniowo-ruchowego obwodowego i ośrodkowego układu autonomicznego. Znaczny wpływ na jej temperaturę mają powierzchowne sieci żył, które odprowadzają krew z metabolicznie aktywnych obszarów (8, 26).

W medycynie weterynaryjnej koni wykazano przydatność termografii w diagnozowaniu klinicznych stanów patologicznych aparatu ruchu, związanych z ropnym zapaleniem tworzywa kopytowego, ochwa-

tem (4, 21), syndromem trzeczskowym (22, 24), zapaleniem: ścięgna, stawu nadgarstkowego i stępu (1, 2), urazami odcinka piersiowo-lędźwiowego kręgosłupa (5), kontuzją okolicy stawów krzyżowo-biodrowych (8) czy z wczesnym wykryciem odleżyn pod gipsem w obrębie złamanej kończyny (10).

Dokonano oceny efektywności postępowania i monitorowania procesów regeneracyjnych w różnych stadiach klinicznych (3). Potwierdzono również możliwości diagnostyczne termografii w diagnozie wczesnych stanów zapalnych przed wystąpieniem klinicznych oznak schorzeń dalszych odcinków kończyn (19, 21, 23).

Ostatnie badania wykazały przydatność zastosowania termografii do oceny efektywności zabiegów stosowanych w fizjoterapii koni, zarówno z zakresu kinezyterapii stosując ćwiczenia na bieżni wodnej (27), jak i stosowanych metod fizykoterapeutycznych: pozaustrojowej fali uderzeniowej (16) i pola elektromagnetycznego (15).

Dotychczas nie przeprowadzono badań, które określałyby przydatność termografii w ocenie działania laseroterapii wysokoenergetycznej (HILT). HILT to nowoczesna, nieinwazyjna i bezbolesna metoda fizykalna, bazująca na wykorzystaniu promieniowania laserowego w postaci fali elektromagnetycznej o długości 790-1100 nanometrów (28). W terapii HILT następuje rozgrzanie tkanek, co zwiększa intensywność procesów metabolicznych w komórkach, a dzięki odpowiedniej długości fali i wysokiej mocy szczytowej impulsu (do 3 kW) terapia umożliwia głęboką penetrację tkanek i stymulację głęboko leżących struktur (9, 28). Dotychczas nielicznie przeprowadzone badania dowodzą wysokiej skuteczności HILT w terapii schorzeń ortopedycznych koni dotyczących urazów ścięgna mięśnia zginacza powierzchownego i głębokiego palców czy więzadeł przebiegających w okolicy nadgarstka, objawiających się kulawizną, oraz powiększeniem obrysu stawu potwierdzone na podstawie badań ultrasonograficznych i palpacyjnych (12, 14). Parametry HILT w powyższych pracach były jednak ustawione na podstawie ogólnie stosowanej praktyki, dlatego dla wykorzystania w pełni potencjału tej terapii konieczne jest doprecyzowanie optymalnych parametrów zabiegu, takich jak moc, dawka energii czy długość trwania zabiegu na zdrowej tkance. Celem pilotażowych badań była termograficzna ocena zmian temperatury powierzchni stawu pęcinnowego u klinicznie zdrowych koni wyścigowych po zastosowaniu HILT. W badaniu wybrano okolicę stawu pęcinnowego kończyny piersiowej od strony bocznej, gdzie przebiega łatwe do zlokalizowania i zobrazowania w badaniu termograficznym naczynie – żyła palcowa dłoniowa boczna.

Materiał i metody

Badana grupa koni. Badaniami objęto 16 klinicznie zdrowych koni wyścigowych pełnej krwi angielskiej w wieku 3-4 lata, trenowanych do udziału w próbach dzielności

na Wrocławskim Torze Wyścigów Konnych – Partynice we Wrocławiu w 2020 r. Wszystkie badane konie były utrzymywane w tych samych warunkach środowiskowych i poddane podobnemu programowi treningowemu. Badania były zatwierdzone przez Lokalną Komisję Etyczną ds. Doświadczeń na Zwierzętach przy Instytucie Immunologii i Terapii Doświadczalnej PAN we Wrocławiu (nr 003/2020). Wszystkie konie biorące udział w doświadczeniu były wcześniej zbadane przez lekarza medycyny weterynaryjnej w celu wykluczenia kulawizny lub występującego stanu zapalnego w okolicy stawu pęcinnowego kończyny lewej piersiowej.

Badanie termograficzne. Zgodnie z zaleceniami ustalonymi w medycynie weterynaryjnej, dla uniknięcia błędnych wyników pomiary termograficzne były przeprowadzane w kontrolowanych warunkach środowiskowych i u koni w spoczynku (przed treningiem) (7, 13). Pomiar termograficzny stawu pęcinnowego wybranej losowo lewej kończyny piersiowej od strony bocznej był wykonany przed zabiegiem i zaraz po zabiegu HILT (ryc. 1 i 2). Do badań użyto kamery termograficznej Vario-Cam HR®, (InfraTec, Dresden, Niemcy) o rozdzielczości 640 × 480. Zdjęcia wykonano z odległości 0,5 m, z ustawionym współczynnikiem emisyjności 1. Temperatura otoczenia w czasie przeprowadzonych badań wynosiła około 15°C. Analizę termogramów przeprowadzono za pomocą licencjonowanego programu komputerowego IRBIS wersja: 3 Professional firmy InfraTec. Na każdym termogramie wyznaczono region pomiarowy na stawie pęcinnowym w kształcie koła o średnicy 1,5 cm, z którego określono średnią temperaturę (ryc. 1 i 2).

Zabieg HILT. Zabiegi HILT przeprowadzono za pomocą lasera klasy IV Polaris HP S (Astar, Bielsko-Biała, Polska). Jest to aparat dysponujący dwoma modułami laserowymi półprzewodnikowymi o długościach fali: 808 nm (AlGaAs, znamionowa moc optyczna 8 W) i 980 nm (InGaAs/AlGaAs, znamionowa moc optyczna 10 W). Wszystkie konie zostały poddane zabiegowi HILT z zastosowaniem tych samych parametrów terapii (tab. 1). Pole zabiegowe obejmowało boczną powierzchnię stawu pęcinnowego kończyny piersiowej lewej. Terapię przeprowadzono na

Ryc. 1. Zdjęcie termograficzne stawu pęcinnowego lewej kończyny piersiowej od strony bocznej wykonane przed zabiegiem laseroterapii wysokoenergetycznej. Średnia temperatura powierzchni ciała regionu pomiarowego stawu pęcinnowego od strony bocznej (T1) wskazuje 29,1°C

Ryc. 2. Zdjęcie termograficzne stawu pęcinnowego lewej kończyny piersiowej od strony bocznej wykonane po zabiegu laseroterapii wysokoenergetycznej. Średnia temperatura powierzchni ciała regionu pomiarowego stawu pęcinnowego od strony bocznej (T2) wskazuje 32,3°C

Tab. 1. Parametry zabiegowe laseroterapii wysokoenergetycznej

Długość fali [nm]	808	980
Moc [W]	4	4
Tryb pracy	Impulsowy	
Częstotliwość [Hz]	700	2000
Gęstość energii [J/cm ²]	20	15
Energia całkowita zabiegu (J)	600	450
Czas zabiegu (s)	180	

Tab. 2. Zmiana średniej temperatury powierzchni stawu pęcinowego przed i po zastosowaniu laseroterapii wysokoenergetycznej

Laseroterapia wysokoenergetyczna	M ± SD	Me [Q1; Q3]	Min-Max	p
Przed laseroterapią	25,4 ± 2,9	26,5 [23,5; 27,4]	19,0-28,6	< 0,001
Po laseroterapii	29,1 ± 2,0	29,5 [28,5; 30,7]	24,8-31,4	

Objaśnienia: M – średnia; SD – odchylenie standardowe; Me – mediana (50%); Q1 – kwartył dolny (25%); Q3 – kwartył górny (75%); Min – wartość minimalna; Max – wartość maksymalna; p – testowy poziom istotności

końcynie obciążonej bez uprzedniego wygolienia sierści i odłuszczenia powierzchni skóry. W celu ograniczenia strat energii światła laserowego naświetlania dokonano techniką kontaktową, labilną z zachowaniem zasady prostopadłego padania wiązki promieniowania laserowego na tkankę (17). Czas trwania pojedynczego zabiegu HILT wynosił 3 minuty. U wszystkich koni terapię przeprowadziła ta sama osoba.

Analiza statystyczna. Zgodność rozkładów zmierzonych temperatur z rozkładem normalnym weryfikowano za pomocą testu W Shapiro-Wilka. Ponieważ rozkłady te odbiegały od rozkładu gaussowskiego, istotność różnic temperatur średnich przed i po zabiegu u tych samych koni sprawdzono nieparametrycznym testem Wilcoxa dla zmiennych powiązanych. Obliczenia wykonano za pomocą programu Statistica v.13 (StatSoft, Inc., OK., USA).

Wyniki i omówienie

Średnia temperatura badanego regionu stawu pęcinowego wzrosła z 26,5°C do 29,5°C. Różnica 3,0°C jest istotna statystycznie na poziomie $p < 0,001$ (tab. 2).

W niniejszych badaniach, zgodnie z oczekiwaniami, za pomocą termografii wyznaczono znaczący wzrost temperatury w okolicy zabiegowej o około 3,0°C. Podobne wyniki wzrostu temperatury w obrębie stawu nadgarstkowego i stawu ściepu uzyskali Ringer i wsp. (16) badając wpływ pozaustrojowej fali uderzeniowej u zdrowych klinicznie koni. Różnica temperatury nie była istotna statystycznie. Rindler i wsp. (15) za pomocą termografii badali efektywność pola magnetycznego w obrębie grzbietu u kuców, jednak nie wykazali oni istotnych różnic temperatury między grupą kontrolną a badawczą, a nieznaczne podwyższenie temperatury (0,69 K) prawdopodobnie było związane z przykryciem grzbietu derką magnetyczną u obydwu grup. Natomiast w badaniach przeprowadzonych na ludziach z uszkodzeniem znacznego stopnia w obrębie więzadeł oraz ścięgien stawu kolanowego i podudzia,

za pomocą termografii wykazano obniżenie temperatury okolic zmienionych chorobowo po zastosowaniu HILT (6), co związane było z leczniczym działaniem HILT, mającym na celu zmniejszenie stanu zapalnego. Powyższe przykłady dowodzą znacząco wrażliwości i zakresu odbieranych zmian temperatur badania termograficznego, które uznaje się za znacznie bardziej czułe i precyzyjne aniżeli stosowanie oceny dotykowej ciepłoty tkanek za pomocą dłoni. Dowodzi to przydatności zastosowania termografii w ocenie działania HILT w celach profilaktycznych.

Podsumowując, po zastosowaniu termografii do zobrażenia efektów laseroterapii wysokoenergetycznej wykazano istotny statystycznie wzrost temperatury powierzchni okolicy stawu pęcinowego o 3,0°C. Za pomocą termografii można było łatwo i precyzyjnie ocenić zmiany temperatury okolicy zabiegowej, które po zastosowaniu HILT odzwierciedlały aktywność tkanek i toczących się procesów metabolicznych.

Wyniki niniejszych badań pilotażowych dają możliwość rozwinięcia badań w kierunku wykorzystania termografii do monitoringu zmian i efektów, zarówno krótko, jak i długofalowych zachodzących pod wpływem HILT, w celu określenia najbardziej efektywnych i optymalnych parametrów zabiegu, jak i również wskazania parametrów niekorzystnych dla organizmu.

Piśmiennictwo

- Bowman K. F., Purohit R. C., Ganjam V. K., Pechman Jr R. D., Vaughan J. T.: Thermographic evaluation of corticosteroid efficacy in amphotericin B – induced arthritis in ponies. *Am. J. Vet. Res.* 1983, 44, 51-56.
- Cetinkaya M. A., Demirutku A.: Thermography in the assessment of equine lameness. *Turk. J. Vet. Anim. Sci.* 2012, 36, 43-48.
- Ciutacu O., Tanase A., Miclaus I.: Research about evaluation of locomotory system of sport equine through digital infrared thermography. *Buletin USAMV-CN* 2007, 64, 386-390.
- Eddy A. L., van Hoogmoed L. M., Snyder J. R.: The role of thermography in the management of equine lameness. *Vet. J.* 2001, 162, 172-181.
- Fonseca B. P. A., Alves A. L. G., Nicoletti J. L. M., Thornassian A., Hussni C. A., et al.: Thermography and ultrasonography in back pain diagnosis of equine athletes. *J. Equine Vet. Sci.* 2006, 26, 507-516.
- Gabriel J., Popracová C., Tauchmannová H., Nemšák M.: Hilterapia® – high intensity laser therapy in the treatment of severe tendon and ligament injuries. *Energy for Health* 2014, 13, 20-25.
- Head J., Dyson S.: Talking the temperature of equine thermography. *Vet. J.* 2001, 162, 166-167.
- Kold S. E., Chappell K. A.: Use of computerized thermographic image analysis (CTIA) in equine orthopedics: review and presentation of clinical cases. *Equine Vet. Educ.* 1998, 10, 198-204.
- Kwolek A., Zwolińska J., Weres A.: Wpływ dawki terapeutycznej na skuteczność laseroterapii nisko- i wysokoenergetycznej (HILT). *Acta Bio-Opt. Inform. Med.* 2011, 17, 171-178.
- Levet T., Martens A., Devisscher L., Duchateau L., Bogaert L., Vlaminck L.: Distal limb cast sores in horses: risk factors and early detection using thermography. *Equine Vet. J.* 2009, 41, 18-23.
- Mogg K. C., Pollitt C. C.: Hoof and distal limb surface temperature in the normal pony under constant and changing ambient temperatures. *Equine Vet. J.* 1992, 24, 134-139.
- Pluim M., Martens A., Vanderperren K., Sarrazin S., Koene M., Luciani A., van Weeren P. R., Delesalle C.: Short- and long term follow-up of 150 sports horses diagnosed with tendinopathy or desmopathy by ultrasonographic examination and treated with high-power laser therapy. *Res. Vet. Sci.* 2018, 119, 232-238.

13. *Purohit R.*: Standards for thermal imaging in veterinary medicine. 11th European Congress of Thermology, Mannheim, Germany 2009, 99.
14. *Quiney L., Murray R., Dyson S.*: Management of primary injuries of the medial collateral ligament of the carpus in two horses. *J. Equine Vet. Sci.* 2019, 86.
15. *Rindler N., Biermann N. M., Westermann S., Buchner H. H. F.*: The effect of pulsed electromagnetic field therapy on surface temperature of horses' backs. *Wien. Tierarztl. Monat.* 2014, 101, 137-141.
16. *Ringer S. K., Lischer C. J., Ueltschi G.*: Assessment of scintigraphic and thermographic changes after focused extracorporeal shock wave therapy on the origin of the suspensory ligament and the fourth metatarsal bone in horses without lameness. *Am. J. Vet. Res.* 2005, 66, 1836-1842.
17. *Sieroń A., Pasek J., Mucha R.*: Lasery w medycynie i rehabilitacji. *Rehabilitacja w praktyce* 2006, 1, 26-29.
18. *Soroko M., Davies Morel M. C. G.*: *Equine Thermography in Practice*. CABI, United Kingdom 2016.
19. *Soroko M., Henklewski R., Filipowski H., Jodkowska E.*: The effectiveness of thermographic analysis in equine orthopedics. *J. Equine Vet. Sci.* 2013, 33, 760-762.
20. *Soroko M., Howell K.*: Infrared thermography: Current applications in equine medicine. *J. Equine Vet. Sci.* 2018, 60, 90-96.
21. *Turner T. A.*: Thermography as an aid to the clinical lameness evaluation. *Vet. Clin. N. Am. Equine Pract.* 1991, 7, 311-338.
22. *Turner T. A., Fessler J. F., Lamp M., Pearce J. A., Geddes L. A.*: Thermographic evaluation of horses with podotrochlosis. *Am. J. Vet. Res.* 1983, 44, 535-539.
23. *Turner T. A., Pansch J., Wilson J. H.*: Thermographic assessment of racing Thoroughbreds. *Proc. Am. Assoc. Equine Pract.* 2001, 47, 344-346.
24. *Waguespack R., Hanson R. R.*: Navicular syndrome in equine patients anatomy, causes, and diagnosis. *Compend. Contin. Educ. Vet.* 2010, 32.
25. *Westermann S., Stanek C., Schramel J. P., Ion A., Buchner H. H.*: The effect of airflow on thermographically determined temperature of the distal forelimb of the horse. *Equine Vet. J.* 2013, 45, 637-641.
26. *Yanmaz L. E., Okumus Z., Dogan E.*: Instrumentation of thermography and its applications in horses. *J. Anim. Vet. Adv.* 2007, 6, 858-862.
27. *Yarnell K., Fleming J., Stratton T. D., Brassington R.*: Monitoring changes in skin temperature associated with exercise in horses on a water treadmill by use of infrared thermography. *J. Therm. Biol.* 2014, 45, 110-116.
28. *Zielinska P., Kielbowicz Z., Paczuska J.*: High intensity laser therapy (HILT) in the treatment of orthopaedic diseases in horses. *Med. Weter.* 2015, 71, 373-376.

Adres autora: dr hab. Maria Soroko, Zakład Hodowli Koni i Jeździectwa, Instytut Hodowli Zwierząt, Wydział Biologii i Hodowli Zwierząt, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu; e-mail: maria.soroko@upwr.edu.pl