



ZASTOSOWANIE TERMOGRAFII W MEDYCYNIE. CZĘŚĆ I

Application of thermography in medicine.
Part I



Małgorzata Chochowska¹, Dagmara Porada¹, Krzysztof Rujna^{1,2}, Leszek Kubisz²

1. Zakład Fizjoterapii, Akademia Wychowania Fizycznego w Poznaniu, Zamiejscowy Wydział Kultury Fizycznej w Gorzowie Wielkopolskim, Polska
2. Katedra Biofizyki, Zakład Biofizyki, Uniwersytet Medyczny im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu, Polska

Małgorzata Chochowska –  0000-0002-7391-647X

Streszczenie

Termografia to technika obrazowania wykorzystująca rozkład promieniowania cieplnego emitowanego przez dany obiekt. Każde ciało o temperaturze wyższej niż 0 K emituje promieniowanie elektromagnetyczne, którego widmo jest zależne od temperatury i zdolności emisyjnej. Urządzenie termowizyjne (tzw. kamera termowizyjna/detektor promieniowania cieplnego) wykrywa promieniowanie ciepłe emitowane przez badane ciało w oparciu o efekty termiczne lub kwantowe. Wynikiem termografii jest termogram, czyli obraz termiczny, w którym różne temperatury są przedstawione w różnych kolorach lub odcieniach szarości. Termografia pozwala wykryć zmiany temperatur różnych części ciała. Zwiększone ucieplenie zwykle jest powiązane z nasiloną perfuzją naczyniową oraz stanem zapalnym (choroby autoimmunologiczne, zaburzenia hormonalne, urazy ortopedyczne). Jednocześnie termografia pozwala wykryć obszary cechujące się zmniejszonym przepływem krwi. W pierwszej części artykułu przedstawiono podstawy termografii oraz opisano możliwości jej wykorzystania w angiologii, chorobach wewnętrznych, chirurgii estetycznej i rekonstrukcyjnej, dermatologii oraz fizjoterapii i rehabilitacji.

Abstract

Infrared thermography is an imaging technique that utilizes the distribution of infrared radiation emitted by an object. Any body with a temperature higher than 0 K emits electromagnetic radiation, the spectrum of which depends on its temperature and emissivity. A thermal imaging device (thermal imaging camera/infrared radiation detector) detects infrared radiation emitted by the examined body, based on thermal or quantum effects. The result of infrared thermography measurement is referred to as a thermogram, or thermal image, where different temperatures are represented in different colours or shades of grey. Infrared thermography can detect changes in the temperatures of different parts of the body. Increased warmth is usually associated with enhanced vascular perfusion and inflammation (autoimmune diseases, endocrine disorders, orthopedic injuries). At the same time, infrared thermography can also locate areas characterized by reduced blood flow. The first part of the article presents the basics of infrared thermography and describes the possibilities of its use in angiology, internal diseases, aesthetic and reconstructive surgery, dermatology, as well as physiotherapy and rehabilitation.

Słowa kluczowe: termografia, angiologia, choroby wewnętrzne, dermatologia, fizjoterapia i rehabilitacja

Keywords: thermography, angiology, internal diseases, dermatology, physiotherapy and rehabilitation

DOI 10.53301/lw/175039

Praca wpłynęła do Redakcji: 11.10.2023

Zaakceptowano do druku: 09.11.2023

Autor do korespondencji:

Małgorzata Chochowska
Zakład Fizjoterapii, Akademia Wychowania Fizycznego
w Poznaniu, Zamiejscowy Wydział Kultury Fizycznej
w Gorzowie Wielkopolskim, ul. Estkowskiego 13,
66-400 Gorzów Wielkopolski
e-mail: chochowska.malgorzata@gmail.com

Wprowadzenie

Termografia (ang. *infrared thermography*, IRT) to technika obrazowania wykorzystująca rozkład promieniowania cieplnego (ang. *infra red*, IR) emitowanego przez dany obiekt. Każde ciało o temperaturze wyższej niż 0 kelwinów (K) emituje promieniowanie elektromagnetyczne, którego widmo jest zależne od temperatury i jego specyficznych właściwości (zdolności emisyjnej). Ciała o temperaturze poniżej 700°C emitują promieniowanie głównie z zakresu podczerwieni (IR) i mikrofal [1, 2].

Zgodnie z prawem Stefana-Boltzmanna łączna ilość promieniowania generowanego przez obiekt na jednostkę powierzchni jest bezpośrednio związana z jego zdolnością emisyjną oraz czwartą potęgą temperatury. Zatem gdy znana jest zdolność emisyjna i całkowita ilość promieniowania emitowanego przez obiekt, można wyznaczyć jego temperaturę, co wykorzystuje się w IRT.

Urządzenie termowizyjne (tzw. kamera termowizyjna/detektor IR) wykrywa promieniowanie ciepłe emitowane przez badane ciało w oparciu o efekty termiczne lub kwantowe. Wynikiem IRT jest termogram, czyli obraz termiczny, w którym różne temperatury są przedstawione w różnych kolorach lub odcieniach szarości [2]. Współczesne termografy przeznaczone do radiometrycznego (ilościowego) odtwarzania pól temperaturowych badanych obiektów pracują w pasmach 2–5 mikrometrów (μm) (ang. *medium-wave infrared*, MWIR) lub 8–12 μm (ang. *long-wave infrared*, LWIR). Sensor w kamerze termowizyjnej może być wykonany z różnych materiałów. Matryce mikrobolometryczne, składające się z setek tysięcy pikseli, rejestrują IR i przekazują sygnał do procesora, który przetwarza sygnał na termogram. Matryce chłodzone z kolei wykorzystują chłodzenie za pomocą azotu lub helu, co pozwala na uzyskanie wyższej czułości i rozdzielczości [3]. Kamera termowizyjna musi być odpowiednio skalibrowana, aby wyświetlany obraz odzwierciedlał rzeczywiste temperatury. Ponadto warto stosować się do zasad optymalizacji obrazu i brać pod uwagę czynniki, które mogą wpływać na wartość końcowego odczytu zakresu temperaturowego. W tym celu wykorzystuje się źródło kalibracyjne o znanej temperaturze (punkt odniesienia). Ważnym elementem kamery termowizyjnej jest również soczewka, która pozwala na skupienie IR na detektorach. Soczewki termowizyjne wykonuje się z materiałów, które są przepuszczalne dla IR, takich jak german, krzemionka czy poliamid [4].

Cel pracy

Celem pracy było przedstawienie aktualnego stanu wiedzy na temat możliwości zastosowania termografii w różnych działach medycyny.

Metody przeglądu

Do przeglądu wybrano artykuły ($n = 86$) z baz elektronicznych PubMed i Google Scholar, w językach polskim, niemieckim lub angielskim, przy czym zawsze mających streszczenie w języku angielskim. Jako kryteria wyszukiwania przyjęto następujące słowa kluczowe: *thermography*, a następnie *thermography* w zestawieniu z: *angiology*, *internal medicine*, *aesthetic surgery*, *reconstructive*

surgery, *dermatology*, *physiotherapy*, *rehabilitation*, *gynecology*, *obstetrics*, *cardiology*, *cardiac surgery*, *oncology*, *orthopedics*, *paediatrics*, *rheumatology*, *dentistry*, *urology*.

Zastosowanie termografii w medycynie

Związek między chorobą a podwyższoną temperaturą ciała człowieka jest znany od zarania dziejów medycyny (Hipokrates wiele miejsca poświęcił gorączce i podzielił ją na złośliwą, łagodną i ostrą) [1]. Pierwszy, prosty przyrząd do oceny temperatury („termoskop”) zbudował Galileo Galilei w 1595 r., natomiast w 1871 r. Wunderlich skonstruował termometr kliniczny i postulował pomiar temperatury ciała u każdego pacjenta.

Początek historii IRT wyznaczają prace Herschelów (wykrycie IR i uzyskanie termicznego obrazu promieniowania słonecznego – „termogramu”). W 1959 r. po raz pierwszy wykorzystano IRT w medycynie, do badań zwiększonego ucieplenia stawów objętych zapaleniem (urządzenie „Pyroskan”, opracowane w 1942 r., i jego następcę „Pyroskan Mark 2”) Wykonanie każdego termogramu trwało 3–4 minuty, a jego interpretacja była bardzo trudna. Następnie dzięki poprawie warunków obrazowania uzyskiwano stopniowo coraz lepsze termogramy, które są obecnie cennym uzupełnieniem innych badań obrazowych (USG, MRI, TK) [1].

Dzięki IRT można wykryć zmiany temperatur w różnych częściach ciała ludzkiego. Zwiększone ucieplenie danego obszaru jest zwykle powiązane z nasiloną perfuzją naczyń oraz stanem zapalnym [2]. Ma to miejsce w przypadku chorób autoimmunologicznych i zaburzeń hormonalnych, którym towarzyszą zaburzenia termoregulacji (np. choroby tarczycy), a także w przypadku urazów ortopedycznych (złamania i skręcenia, urazy mięśni i ścięgien) – wówczas zmiany temperatury w pobliżu miejsca powstania urazu stanowią czynnik rokowniczy w określeniu jego stopnia zaawansowania i dalszego rozwoju lub procesu zdrowienia [5]. Z drugiej strony, dzięki IRT można wykryć obszary cechujące się zmniejszonym przepływem krwi (np. przepływ nerkowy u osób z cukrzycą lub chorobami serca [6, 7]). Z tego powodu IRT znajduje zastosowanie w diagnostyce chorób (obecnie zawsze jako badanie dodatkowe/uzupełniające) w wielu obszarach medycyny, z których najważniejsze przedstawiono poniżej.

Termografia w angiologii

W angiologii IRT ma wysoki potencjał wykorzystania w przesiewowym wykrywaniu zwężenia tętnicy szyjnej (temperatura na powierzchni skóry jest bowiem wyższa u osób zdrowych i niższa u pacjentów ze zwężeniem) [8]. W tym celu stosuje się także aktywną termografię dynamiczną (ang. *active dynamic thermography*, ADT), podczas której po zadziałaniu zewnętrznego bodźca w postaci zimna rejestruje się wolniejszy powrót prawidłowej temperatury po stronie zwężenia [9]. IRT ma również dużą skuteczność w ocenie funkcjonowania naczyń krwionośnych po alloprzeszczepach (np. kończyny), kontroli skuteczności rewaskularyzacji u pacjentów z cukrzycą lub chorobą tętnic obwodowych [10], obrazowaniu malformacji naczyń obwodowych i ocenie ich zaawansowania, wykrywaniu tętniaków aorty brzusznej (i to wcześniej niż inne techniki) dzięki zaobserwowaniu wzrostu temperatury na skórze

brzucha podczas skurczu serca w porównaniu ze zdrową aortą [11], a także w prognozowaniu stopnia zaawansowania owrzodzenia żylnego (powikłanie przewlekłej choroby żył kończyn dolnych) – nieogojące się i gorzej rokojące rany wykazują większą różnicę temperatur w porównaniu z prawidłową skórą niż płytkie i gojące się owrzodzenia [12].

Termografia w chorobach wewnętrznych

IRT coraz częściej jest wykorzystywana do szybkiego i wygodnego wykrywania gorączki i tym samym ewentualnych infekcji. Przełom w takim zastosowaniu tej metody nastąpił podczas pandemii COVID-19, podczas której konieczne było zmaksymalizowanie bezkontaktowej diagnostyki. Połączenie termografii z zaawansowanymi algorytmami daje nadzieję na proste, nieinwazyjne, zautomatyzowane i bezkontaktowe monitorowanie parametrów życiowych (temperatury skóry i częstości oddechów) w czasie rzeczywistym u pacjentów z OIT, obarczone jest jednak błędem bezwzględny, co może przełożyć się na zafałszowanie wyników [13].

IRT pozwala również na:

- ocenę skuteczności zastosowanego leczenia w postaci zmniejszenia się miejscowego stanu zapalnego w przebiegu infekcji wirusowych lub bakteryjnych (poprzez wykrycie spadku temperatury) [14];
- monitorowanie temperatury u pacjentów z nadczynnością bądź niedoczynnością tarczycy, a tym samym ocenę skuteczności leczenia i odczyt aktywności metabolicznej brunatnej tkanki tłuszczowej (odpowiedzialnej za produkcję ciepła) [15];
- potwierdzenie i zautomatyzowaną klasyfikację reakcji alergicznych (co niweluje ryzyko subiektywizmu lekarza podczas stawiania diagnozy) [16];
- ocenę funkcji nerwów w bólu neuropatycznym (wynikających ze zmian przepływu w mikrokrażeniu) [17];
- wykrywanie i kontrolę powikłań cukrzycy: retinopatii, zaburzeń naczyniowych w stopie cukrzycowej, polineuropatii [18, 19] oraz hipoglikemii u pacjentów chorych na cukrzycę typu 1 (następuje wówczas spadek temperatury skóry) [20].

Termografia daje również nadzieję na trafną diagnostykę (jako badanie obrazowe) zespołu metabolicznego (stan zapalny tkanki tłuszczowej jest odczytywany przez aparat i prezentowany na monitorze w postaci wyższej temperatury w porównaniu ze zdrowymi osobami) oraz kontroli skuteczności leczenia [21].

Termografia w chirurgii estetycznej i rekonstrukcyjnej

IRT w chirurgii estetycznej wykorzystuje się do mapowania przebiegu perforatorów skóry podczas przygotowania do operacji (najczęściej na przednio-bocznej stronie uda oraz ścianie brzucha) [22]. Zwiększa to bezpieczeństwo operacji i wpływa na jej ostateczny efekt, co ma zasadnicze znaczenie w tej specjalności, zwłaszcza w przypadku rekonstrukcji piersi [23].

Termografia w dermatologii

Dermatologia stanowi jedną z najważniejszych dziedzin medycyny, jeśli chodzi o wykorzystanie IRT. Termografia

pozwała skutecznie diagnozować, klasyfikować oraz leczyć wiele chorób skóry [24], w tym:

- łysienie czołowe bliznowaciejące (ang. *frontal fibrosing alopecia*, FFA), poprzez detekcję stanu zapalnego i szybkie wdrożenie leczenia farmakologicznego [25];
- trądzik odwrócony (*acne inversa*, *hidradenitis suppurativa*) [26];
- odleżyny (niższa temperatura na krawędzi rany w porównaniu z jej środkiem lub skórą dookoła niej daje lepsze rokowanie co do gojenia się) [27].

IRT daje także możliwość wykrycia grzybicy u pacjentów z hiperkeratozą podpaźnokciową (wartość temperatury na palcach z grzybicą jest niższa od palców zdrowych) [28] oraz uzyskania pełnego obrazu zmian skórnych w przebiegu półpaśca, co pozwala na wdrożenie prawidłowego leczenia (lub jego zintensyfikowania) i zminimalizowanie ryzyka powikłań [29].

Termografia w fizjoterapii i rehabilitacji

W fizjoterapii IRT wykorzystuje się do kontrolowania temperatury ciała pacjenta podczas stosowania bodźców termicznych (np. laseroterapii wysokoenergetycznej, terapii mikrofalowej oraz elektroterapii) [30], co pozwala na uniknięcie ryzyka poparzenia i innych powikłań związanych z miejscowym podwyższeniem temperatury tkanek [31]. W fizjoterapii sportowej IRT stosuje się w prewencji uszkodzenia mięśni i ścięgien (np. u piłkarzy), a także do ewaluacji skuteczności fizjoterapii oraz jej programowania w okresie po kontuzji, a także podczas przygotowania do wysiłku fizycznego i treningu sportowego [32] (umożliwia identyfikację obszarów, które wymagają dalszego leczenia lub zintensyfikowania terapii [33]). Metoda ta jest pomocna w diagnostyce przesiewowej skoliozy idiopatycznej (zwiększenie ucieplenia tkanek okołokręgosłupowych po stronie wypukłej skrzywienia [34]), a także w fizjoterapii dziecięcej – np. do oceny skuteczności nowych metod usprawniania u dzieci z mózgowym porażeniem dziecięcym [35].

Piśmiennictwo

1. Tattersall GJ. Infrared thermography: A non-invasive window into thermal physiology. *Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol*, 2016; 202: 78–98. doi: 10.1016/j.cbpa.2016.02.022
2. Raiko J, Koskensalo K, Sainio T. Imaging-based internal body temperature measurements: The journal Temperature toolbox. *Temperature (Austin)*, 2020; 7: 363–388. doi: /10.1080/23328940.2020.1769006
3. Sosnowski T, Bieszczad G, Gogler S, et al. Radiation Model of a Housing of Cooled Infrared Detector Array. *Measure Automat Robotics*, 2021; 4: 67–76. doi: 10.14313/PAR_242/67
4. Dziarski K, Hulewicz A, Krawiecki Z. Thermovision measurements of small parts. *Electric Engineer*, 2019; 100: 39–49. <https://doi.org/10.21008/j.1897-0737.2019.100.0004>
5. Kumar P, Gaurav A, Rajnish RK, et al. Applications of thermal imaging with infrared thermography in Orthopaedics. *J Clin Orthop Trauma*, 2021; 24: 101722. doi: 10.1016/j.jcot.2021.101722

6. Pabisiak K, Romanowski M, Myślak M, et al. Variations in temperature of the donor kidney during cold ischemia time and subsequent assessment of reperfusion using the application of thermovision camera. *Transplant Proc*, 2003; 35: 2157–2159. doi: 10.1016/s0041-1345(03)00777-2
7. Saxena A, Saha V, Ng EYK. Skin temperature maps as a measure of carotid artery stenosis. *Comput Biol Med*, 2020; 116: 103548. <https://doi.org/10.1016/j.combiomed.2019.103548>
8. Saxena A, Ng EYK, Lim ST. Active dynamic thermography to detect the presence of stenosis in the carotid artery. *Comput Biol Med.*, 2020; 120: 103718. doi: 10.1016/j.combiomed.2020.103718
9. Ilo A, Romsı P, Pokela M, Mäkelä J. Infrared Thermography Follow-Up After Lower Limb Revascularization. *J Diabetes Sci Technol*, 2021; 15: 807–815. doi: 10.1177/1932296820912311
10. Schmidt VF, Masthoff M, Czihal M, et al. Imaging of peripheral vascular malformations – current concepts and future perspectives. *Mol Cell Pediatr*, 2021; 8: 19. doi: 10.1186/s40348-021-00132-w
11. Ng EYK, Looi LJC. Study of flow, Bioheat transfer and cardiac thermal pulse of aneurysm in the abdominal aortic. *J Therm Biol*, 2023; 113: 103481. doi: 10.1016/j.jtherbio.2023.103481
12. Cwajda-Białasik J, Mościcka P, Jawień A, Szewczyk MT. Infrared thermography to prognose the venous leg ulcer healing process-preliminary results of a 12-week, prospective observational study. *Wound Repair Regen*, 2020; 28: 224–233. doi: 10.1111/wrr.12781
13. Jagadev P, Naik S, Indu Giri L. Contactless monitoring of human respiration using infrared thermography and deep learning. *Physiol Meas*, 2022; 43: 025006. doi: 10.1088/1361-6579/ac57a8
14. Veltri J, Boon R, Böhlting A, et al. A Randomized Exploratory Study to Investigate the Inflammatory Response During an Ultraviolet-Radiation-Induced Cold Sore Episode. *Dermatol Ther (Heidelb)*, 2021; 11: 983–994. doi: 10.1007/s13555-021-00531-x
15. Bjerkreim BA, Hammerstad SS, Gulseth HL, et al. Effect of Liothyronine Treatment on Dermal Temperature and Activation of Brown Adipose Tissue in Female Hypothyroid Patients: A Randomized Crossover Study. *Front Endocrinol (Lausanne)*, 2021; 12: 785175. doi: 10.3389/fendo.2021.785175
16. Neumann Ł, Nowak R, Stępień J, et al. Thermography based skin allergic reaction recognition by convolutional neural networks. *Sci Rep*, 2022; 12: 2648. doi: 10.1038/s41598-022-06460-9
17. Tiago LMP, Santos DFD, Antunes DE, et al. Assessment of neuropathic pain in leprosy patients with relapse or treatment failure by infrared thermography: A cross-sectional study. *PLoS Negl Trop Dis*, 2021; 15: e0009794. doi: 10.1371/journal.pntd.0009794
18. Chandrasekar B, Rao AP, Murugesan M, et al. Ocular surface temperature measurement in diabetic retinopathy. *Exp Eye Res*, 2021; 211: 108749. doi: 10.1016/j.exer.2021.108749
19. Arteaga-Marrero N, Hernández A, Villa E, et al. Segmentation Approaches for Diabetic Foot Disorders. *Sensors (Basel)*, 2021; 21: 934. <https://doi.org/10.3390/s21030934>
20. Sejling AS, Lange KH, Frandsen CS, et al. Infrared thermographic assessment of changes in skin temperature during hypoglycaemia in patients with type 1 diabetes. *Diabetologia*, 2015; 58: 1898–1906. doi: 10.1007/s00125-015-3616-6
21. Mi BH, Zhang WZ, Xiao YH, et al. An exploration of new methods for metabolic syndrome examination by infrared thermography and knowledge mining. *Sci Rep*, 2022; 12: 6377. doi: 10.1038/s41598-022-10422-6
22. Weum S, Mercer JB, de Weerd L. Evaluation of dynamic infrared thermography as an alternative to CT angiography for perforator mapping in breast reconstruction: a clinical study. *BMC Med Imaging*. 2016; 16: 43–50. doi: 10.1186/s12880-016-0144-x
23. Vergilio MM, Gomes G, Aiello LM, et al. Evaluation of skin using infrared thermal imaging for dermatology and aesthetic applications. *J Cosmet Dermatol*, 2022; 21: 895–904. doi: 10.1111/jocd.14748
24. Anzengruber F, Alotaibi F, Kaufmann LS, et al. Thermography: High sensitivity and specificity diagnosing contact dermatitis in patch testing. *Allergol Int*, 2019; 68: 254–258. doi: 10.1016/j.alit.2018.12.001
25. Lis-Święty A, Miziołek B, Ransoz-Janicka I, et al. Thermal imaging and dermoscopy for detecting inflammation in frontal fibrosing alopecia. *J Cosmet Dermatol* 2018; 17: 268–273. doi: 10.1111/jocd.12379
26. Zouboulis CC, Nogueira da Costa A, Jemec GBE, Trebing D. Long-Wave Medical Infrared Thermography: A Clinical Biomarker of Inflammation in Hidradenitis Suppurativa/Acne Inversa. *Dermatology*, 2019; 235: 144–149. doi: 10.1159/000495982
27. Kanazawa T, Kitamura A, Nakagami G, et al. Lower temperature at the wound edge detected by thermography predicts undermining development in pressure ulcers: a pilot study. *Int Wound J*, 2016; 13: 454–460. doi: 10.1111/iwj.12454
28. Miura Y, Takehara K, Nakagami G, et al. Screening for tinea unguium by thermography in older adults with subungual hyperkeratosis. *Geriatr Gerontol Int*, 2015; 15: 991–996. doi: 10.1111/ggi.12380
29. Cojocarui IM, Cojocarui MC, Voiculescu VM, et al. Thermal patterns in zoster. *J Med Life*, 2015; 8: 346–349
30. Clijisen R, Leoni D, Schneebeli A, et al. Does the Application of Tecar Therapy Affect Temperature and Perfusion of Skin and Muscle Microcirculation? A Pilot Feasibility Study on Healthy Subjects. *J Altern Complement Med*, 2020; 26: 147–153. doi: 10.1089/acm.2019.0165
31. Zheng Y, Chang K, Gong X. Effects of Preconditioning With Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation Monitored by Infrared Thermography on the Survival of Pedicled Perforator Flaps in a Rat Model. *Ann Plast Surg*, 2022; 89: 444–450. doi: 10.1097/SAP.0000000000003238
32. Côte AC, Pedrinelli A, Marttos A, et al. Infrared thermography study as a complementary method of screening and prevention of muscle injuries: pilot study. *BMJ Open Sport Exerc Med.*, 2019; 5: e000431. doi: 10.1136/bmjsem-2018-000431
33. Kasprzyk-Kucewicz T, Szurko A, Stanek A, et al. Usefulness in Developing an Optimal Training Program and Distinguishing between Performance Levels of the Athlete's Body by Using of Thermal Imaging. *Int J Environ Res Public Health*, 2020; 17: 5698. doi: 10.3390/ijerph17165698
34. Kwok G, Yip J, Yick KL, et al. Postural Screening for Adolescent Idiopathic Scoliosis with Infrared Thermography. *Sci Rep*, 2017; 7: 14431. doi: 10.1038/s41598-017-14556-w
35. Owen R, Ramlakhan S. Infrared thermography in paediatrics: a narrative review of clinical use. *BMJ Paediatr Open*, 2017; 1: e000080. doi: 10.1136/bmjpo-2017-000080