



WOJCIECH ŻYŁKA<sup>1</sup>, MARTA ŻYŁKA<sup>2</sup>

## Biomedyczny system pomiarowy K-720 oraz termowizja w kształceniu studentów studiów inżynierskich

---

### Biomedical KL-720 measurement system and thermovision in students educating of engineering studies

<sup>1</sup> Doktor inżynier, Uniwersytet Rzeszowski, Wydział Matematyczno-Przyrodniczy, Katedra Mechatroniki i Automatyki, Polska

<sup>2</sup> Magister inżynier, Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza, Wydział Budowy Maszyn i Lotnictwa, Zakład Termodynamiki i Mechaniki Płynów, Polska

#### Streszczenie

W artykule omówiono zagadnienia dotyczące badań termowizyjnych oraz badań biomedycznych z wykorzystaniem zestawu edukacyjnego KL-720. Wykorzystano moduł fotopletyzmograficzny do oceny krążenia w naczyniach włosowatych opuszków palców oraz badano temperaturę mięśnia dwugłowego ramienia podczas wysiłku fizycznego.

**Słowa kluczowe:** badania termowizyjne, kamera termowizyjna, moduł fotopletyzmograficzny.

#### Abstract

In the article issues concerning of thermovision research and the biomedical research with the educational KL 720. A fotopletyzmografic module was exploited for the evaluation of circulating in capillaries of fingers and a temperature of the biceps was being checked during a physical effort.

**Key words:** thermovision research, thermovision camera, module fotopletyzmografic.

---

#### Wstęp

Termografia jest całkowicie bezinwazyjną i bezpieczną dla badającego i badacza metodą diagnostyczną. Natężenie promieniowania podczerwonego emitowanego przez badane tkanki jest wprost proporcjonalne do przemian metabolicznych w nich zachodzących, związanych z równoczesnym wzrostem ukrwienia danej okolicy, co pozwala określić ich stan fizjologiczny [Fita i in. 2007]. W artykule przedstawiono badania różnic temperatur mięśnia dwugłowego ramienia oraz napięć detekcji objętości krwi w naczyniach włosowatych opuszków

palców uzyskanych w trakcie serii ćwiczeń fizycznych osoby aktywnej i nieaktywnej fizycznie. Badania termowizyjne wykonano kamerą InfRecR300SR, zaś krążenie żyłne wraz z oceną objętości krwi w naczyniach włosowatych za pomocą zestawu do badań biomedycznych KL-720 wraz z modułem fotopletyzmo graficznym.

Studenci studiów inżynierskich w ramach kształcenia mają możliwość zapoznania się z właściwościami i zastosowaniem światła podczerwonego m.in. w badaniach termowizyjnych oraz aparaturą edukacyjną do badań biomedycznych. Zestaw KL-720 pozwala studentom zapoznać się z zasadami detekcji podstawowych sygnałów fizjologicznych, elektrycznymi charakterystykami stosowanych czujników i przetworników oraz projektowania odpowiednich obwodów. Zestaw składa się z 9 modułów ćwiczeniowych do pomiarów: elektrokardiograficznych, elektromiograficznych, elektrookulograficznych, elektroencefalograficznych, fotopletyzmo graficznych, ciśnienia krwi, tętna, wentylacji układu oddechowego oraz impedancji ciała ludzkiego. Podstawowy moduł wyposażony jest w wyświetlacz graficzny LCD o rozdzielczości 128x64 piksela, który odpowiedzialny jest za odczyt wyników badań w czasie rzeczywistym, takich jak częstotliwość oddechu. Zestaw posiada wbudowane 10-bitowe przetworniki A/C, które przeobrażają badany sygnał fizjologiczny na sygnał cyfrowy. Możliwe jest przesłanie wyniku w czasie rzeczywistym, za pomocą portu szeregowego RS-232. Można zapisać wynik badania w pamięci urządzenia oraz ukazać go na ekranie. Do czujników i przetworników wykorzystywanych w ćwiczeniach należą: przetwornik ciśnienia, przetwornik fotoelektryczna na podczerwień (nadajnik-odbiornik), czujnik tensometryczny, czujnik temperatury i elektrody powierzchniowe. Każdy moduł ma wiele punktów pomiarowych, w których zmianie ulega pasmo przenoszenia i wzmocnienie wzmacniaczy, co pozwala ćwiczącym na zrozumienie korelacji między sygnałem fizjologicznym i każdym stopniem obwodu pomiarowego [Instrukcja produktu].

### **Wpływ aktywności fizycznej na mięśnie człowieka**

Człowiek zbudowany jest z 450–500 mięśni. Mięśnie mają za zadanie stabilizować stawy, są bardzo elastyczne i wytrzymałe. W więzadłach umieszczone są receptory, które optymalizują skurcz mięśni. Podczas wzmożonej aktywności fizycznej człowiek potrzebuje ok. 120 razy więcej energii niż podczas odpoczynku. W trakcie wykonywania ćwiczeń praca serca wzrasta (przy intensywnej aktywności fizycznej nawet dwukrotnie). Serce osoby wysportowanej jest wydajniejsze (nawet dwukrotnie) niż u osoby nieaktywnej fizycznie. Organizm ludzki ma duże zapotrzebowanie na przepływ krwi oraz płuca mają zwiększone zapotrzebowanie na tlen [Brzozowski, Konturek 2014; Tejszerska i in. 2011].

## Termowizja

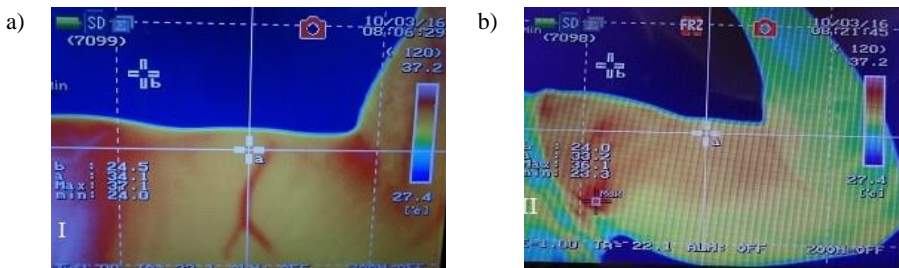
Termowizja obejmuje metody badawcze polegające na zdalnej i bezdotykowej ocenie rozkładu temperatury na powierzchni badanego ciała. Metody te są oparte na obserwacji i zapisie rozkładu promieniowania podczerwonego wysyłanego przez każde ciało, którego temperatura jest wyższa od zera bezwzględnego i przekształceniu tego promieniowania na światło widzialne. Kamera termowizyjna jest urządzeniem mierzącym temperaturę bezkontaktowo. Badania wykonywane kamerą termowizyjną są dwuwymiarowe oraz skanowane w czasie rzeczywistym. Wynikiem jest informacja o rozkładzie temperatury [www.polskiinstalator.com.pl].

Kamera InfRec R300SR wyprodukowana przez firmę NEC posiada detektor o rozdzielczości 320x240 pikseli oraz niechłodzoną matrycę mikrobolometryczną, która została wykonana w nowoczesnej technologii. Pole widzenia rejestratora z obiektywem standardowym wynosi 22°x17°. Urządzenie wyposażone jest w zoom cyfrowy ciągły od x1 do x4. Kamera jest przeznaczona dla jednostek naukowych, laboratoryjnych i przemysłowych [www.testtherm.pl].

## Część badawcza

Badano temperaturę mięśnia dwugłowego ramienia kamerą termowizyjną oraz krążenie żyłne w naczyniach włosowatych opuszków palców podczas serii ćwiczeń fizycznych. Ćwiczenia polegały na podnoszeniu ciężaru 5 kg poprzez uginanie przedramienia z hantłą trzymaną podchwytym w trzech seriach 10, 20 i 30 powtórzeń.

Badania temperatury mięśnia wykonano kamerą termowizyjną InfRecR300SR, do oceny krążenia żylnego użyto modułu fotopletyzmoграфicznego. Badaniom poddana była osoba aktywna fizycznie, wysportowana oraz osoba prowadząca siedzący tryb życia, nieaktywna fizycznie. Przed rozpoczęciem serii ćwiczeń stymulujących pracę mięśnia dwugłowego ramienia zbadano temperaturę bicepsa, ciśnienie krwi oraz wartości napięcia odczytanego z sygnału generowanego przez czujnik fotopletyzmoграфiczny z opuszków palców.

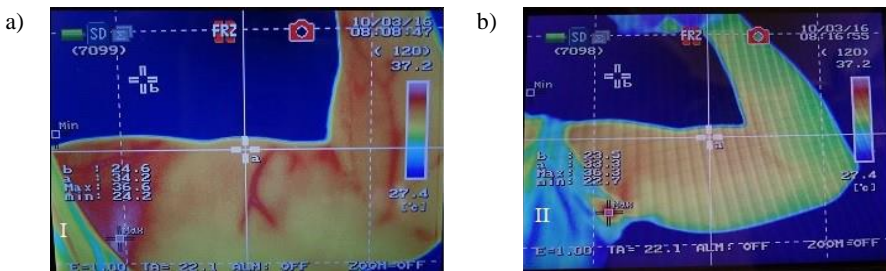


**Rys. 1. Pomiar temperatury mięśnia dwugłowego ramienia kamerą termowizyjną InfRec R300SR: a) osoba aktywnie fizycznie, b) osoba nieaktywnie fizycznie**

Źródło: opracowanie własne.

Przed rozpoczęciem serii ćwiczeń temperatura mięśnia osoby aktywnej fizycznie wynosiła 34,1 °C, u osoby nieaktywnie fizycznie 33,2°C; ciśnienie skurczowe pierwszej osoby 120, rozkurczowe 70, u osoby nieaktywnej – 115/60; częstotliwość bicia serca osoby aktywnej fizycznie 1,214 [Hz], osoby nieaktywnej fizycznie 1,176 [Hz]; odczytane na oscyloskopie napięcie z sygnału generowanego przez moduł fotopletyzmoğraficzny dla pierwszej osoby 2,20 [V], u nieaktywnej 1,52 [V].

Następnie rozpoczęto ćwiczenia fizyczne i obserwowano zmiany przedstawionych wyżej parametrów. Bezpośrednio po wysiłku fizycznym (podnoszono hantle 5-kilogramowe, 10 powtórzeń) zanotowano wartości uzyskanych parametrów.

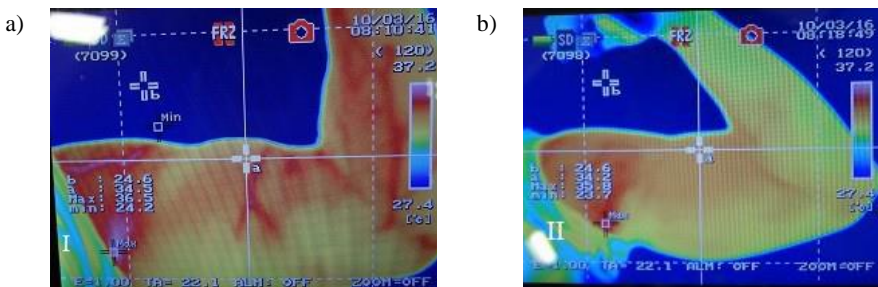


**Rys. 2. Pomiar temperatury kamerą termowizyjną InfRec R300SR mięśnia dwugłowego ramienia po wykonaniu pierwszej serii ćwiczeń: a) osoba aktywnie fizycznie, b) osoba nieaktywnie fizycznie**

Źródło: opracownie własne.

Temperatura bicepsa osoby aktywnej po wysiłku wzrosła do 34,2°C, natomiast u osoby nieaktywnej do 33,3°C. Częstotliwość bicia serca pierwszej osoby wzrosła do wartości 1,382 [Hz], dla drugiej wynosiła 1,287 [Hz]. Napięcie u pierwszej osoby zmalało do 1,96 [V], u drugiej wzrosło do 1,88 [V].

Drugim etapem badań było podnoszenie ciężaru 5-kilogramowego 20 razy.

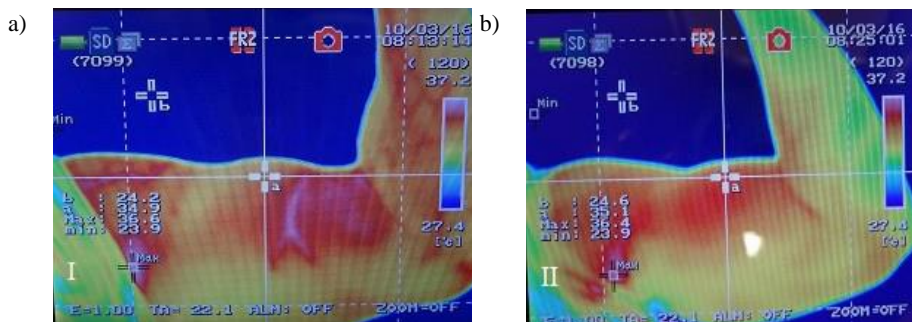


**Rys. 3. Pomiar temperatury kamerą termowizyjną InfRec R300SR mięśnia dwugłowego ramienia po wykonaniu drugiej serii ćwiczeń: a) osoba aktywnie fizycznie, b) osoba nieaktywnie fizycznie**

Źródło: opracownie własne.

Temperatura u obu badanych osób wzrasta. U osoby aktywnej fizycznie wynosi  $34,5^{\circ}\text{C}$ , u osoby nieaktywnej –  $34,2^{\circ}\text{C}$ . Zanotowano również wzrost częstotliwości: osoba aktywna 1,471 [Hz], osoba nieaktywna 1,348 [Hz], napięcie u pierwszej osoby wyniosło 2,40 [V], u drugiej – 1,56 [V].

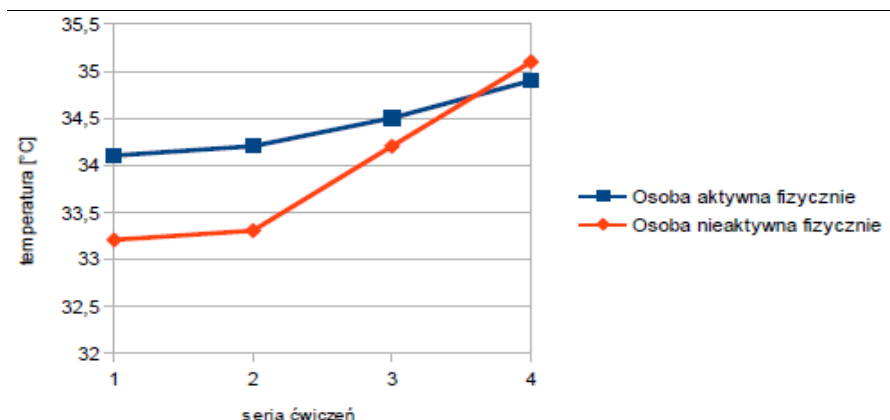
Ostatni etap badań to podnoszenie ciężaru 5-kilogramowego 30 razy.



**Rys. 4. Pomiar temperatury kamerą termowizyjną InfRec R300SR mięśnia dwugłowego ramienia po wykonaniu trzeciej serii ćwiczeń: a) osoba aktywna fizycznie, b) osoba nieaktywna fizycznie**

Źródło: opracowanie własne.

Po trzeciej serii ćwiczeń u obu osób odnotowano wzrost temperatury badanego mięśnia. Temperatura mięśnia u osoby aktywnej po trzeciej serii ćwiczeń wynosiła  $34,9^{\circ}\text{C}$ , u nieaktywnej fizycznie –  $35,1^{\circ}\text{C}$ .

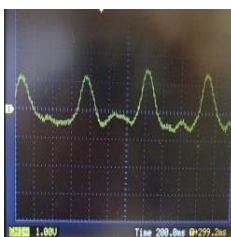


**Rys. 5. Zależność temperatury mięśnia dwugłowego ramienia od ćwiczeń fizycznych**

Źródło: opracowanie własne.

U osoby aktywnej fizycznie w trakcie ćwiczeń temperatura mięśnia dwugłowego ramiennego wzrosła o  $0,8^{\circ}\text{C}$ , u osoby nieaktywnej o  $1,9^{\circ}\text{C}$ .

Po trzech seriach ćwiczeń u osoby aktywnej odnotowano tendencję stabilizacji parametrów fizjologicznych, natomiast u osoby nieaktywnej odnotowano przyspieszony rytm serca. Częstotliwość rytmu serca pierwszej osoby wynosi 1,429 [Hz], drugiej osoby 1,524 [Hz]. Najwyższy odczyt napięcia z naczynia włosowatego po trzeciej serii u pierwszej osoby wyniósł 1,56 [V], u drugiej – 1,56 [V]. Ciśnienie skurczowe i rozkurczowe u obu pacjentów po wysiłku fizycznym wzrosło z 120/70 do 125/75 dla pierwszej osoby, a dla osoby nieaktywnej fizycznie z 115/60 do 135/85. Poniżej przedstawiono sygnały uzyskane w trakcie pomiarów czujnikiem fotopletyzmo graficznym przed wysiłkiem i po wysiłku obu badanych osób.



**Rys. 6. Pomiar krążenia żylnego przed rozpoczęciem aktywności fizycznej:**  
**a) osoba aktywnie fizycznie,**  
**b) osoba nieaktywnie fizycznie**

Źródło: opracownie własne.

**Rys. 7. Pomiar krążenia żylnego po trzeciej serii ćwiczeń: a) osoba aktywnie fizycznie,**  
**b) osoba nieaktywnie fizycznie**

Źródło: opracownie własne.

## Wnioski

Stalocieplność organizmu ludzkiego oraz emisyjność tkanek w zakresie podczerwieni powoduje, że organizm ludzki jest dobrym obiektem w badaniach termowizyjnych. Wizualizacja rozkładu temperatury na powierzchni ciała ludzkiego może stanowić cenną informację diagnostyczną i w większości jest odzwierciedleniem procesów fizjologicznych i patologicznych zachodzących wewnątrz organizmu. W artykule pokazano przykładowe użycie kamery termowizyjnej w badaniach temperatury mięśnia dwugłowego ramienia podczas wysiłku fizycznego oraz wykorzystano jeden z modułów zestawu edukacyjnego KL-720. Dzięki opisanej w artykule aparaturze studenci mają możliwość prowadzenia pomiarów termowizyjnych oraz badań biomedycznych. Niniejszy artykuł jest jedynie przykładem jednej z możliwości wykorzystania zestawu. Oprócz wykorzystanego modułu fotopletyzmo graficznego studenci mogą m.in. prowadzić badania potencjału czynnościowego pracy serca, określać ruch mięśni szkieletowych, badać pracę mięśnia oka podczas ruchu, zapoznać się z elektryczną pracą mózgu, mierzyć ciśnienie krwi, badać wentylację układu oddechowego, mierzyć tętno oraz impedancję ludzkiego ciała.

## **Literatura**

Brzozowski T., Konturek S. (2014), *Fizjologia człowieka*, t. I: *Fizjologia ogólna, krew i mięśnie*, Kraków.

Fita K., Dobrzyński M., Całkosiński I., Dudek K., Bader-Orłowska D. (2007), *Przydatność termografii w diagnostyce lekarsko-stomatologicznej – doświadczenia własne*, „Roczniki Pomorskiej Akademii Medycznej w Szczecinie” nr 53, SUPPL. 3.

Instrukcja produktu firmy K&H Product, Biomedical measurement system KL-720, Taiwan.

Tejszerska D. Świtoński E., Gzik M. (2011), *Biomechanika narządu ruchu człowieka*, Radom.

[www.polskiinstalator.com.pl](http://www.polskiinstalator.com.pl).

[www.testtherm.pl](http://www.testtherm.pl).