

# Development of innovative training solutions in the field of functional evaluation aimed at updating of the curricula of health sciences schools



## MODUŁ BIOMECHANIKA:

### PODSTAWY BIOMECHANIKI W ZAKRESIE UKŁADU NARZĄDU RUCHU

### Jednostka dydaktyczna C: SYGNAŁY FIZJOLOGICZNE I PARAMETRY MORFOMETRYCZNE



## Spis treści

1. CELE	2
2. CO TO JEST ANTROPOMETRIA I JAK JEST OPISYWANA PRZEZ PARAMETRY ILOŚCIOWE?	3
3. SYGNAŁY FIZJOLOGICZNE JAKO NIEINWAZYJNY, PODSTAWOWY SPOSÓB OCENY I MONITOROWANIA STANU PACJENTA Z ZASTOSOWANIEM NOWOCZESNYCH, EFEKTYWNYCH, MULTIMODALNYCH SYSTEMÓW AKWIZYCJI BIOSYGNAŁÓW	6
Ogólna procedura systemu rozpoznawania biosygnarów.....	7
Przegląd najczęściej stosowanych sygnałów fizjologicznych i ich znaczenie ....	8
Elektrokardiogram - ECG .....	8
Elektromiogram – EMG .....	8
Reakcja skórno-galwaniczna (GSR) .....	10
4. KLUCZOWE ZAGADNIENIA	11
5. BIBLIOGRAFIA	12

## 1. Cele

---

- Poznanie typowych objawów fizjologicznych i parametrów morfometrycznych charakteryzujące pacjenta jako istoty biologicznej.
- Pozyskanie wiedzy na temat możliwości wykorzystania objawów fizjologicznych i parametrów morfometrycznych do nieinwazyjnej oceny ogólnego stanu zdrowia pacjenta i jego rozwoju funkcjonalnego.
- Nabycie umiejętności w zakresie doboru i wykorzystania wybranych objawów fizjologicznych i parametrów morfometrycznych jako wskaźników badań kontrolnych do dalszego, bardziej specjalistycznego leczenia.

## 2. Co to jest antropometria i jak jest opisywana przez parametry ilościowe?

Parametry antropometryczne stanowią serię pomiarów ilościowych obejmujących mięśnie, kości i tkankę tłuszczową, służąc do oceny składu ciała. Podstawowe pomiary w antropometrii to wzrost, waga, wskaźnik masy ciała (BMI), obwody ciała (talii, bioder i kończyn) oraz grubość fałdu skórniego.

Antropometria jest nauką zajmującą się metodami pomiaru ciała ludzkiego lub poszczególnych jego części, która polega na ilościowym określeniu cech morfologicznych oraz określeniu w sposób obiektywny obrazu zdrowotnego i poziomu rozwoju funkcjonalnego osoby badanej. Jest to również najczęstsza technika stosowana do diagnozowania obecności i stopnia niedożywienia białkowo-energetycznego.

Antropometria może być stosowana indywidualnie w celu określenia potrzeb danej osoby w zakresie interwencji żywieniowej lub w odniesieniu do grupy osób, w celu określenia, czy i jakie problemy natury żywieniowej dotyczą całej populacji.

Najczęściej stosowanymi pomiarami antropometrycznymi są:

- Wysokość lub długość
- Masa ciała
- Obwód śródreńca (MUAC)
- Rozpiętość i długość ramion
- Wysokość kolan
- Wysokość ciała w pozycji siedzącej
- Grubość fałdu skórniego
- Obwód głowy

Wysokość (lub długość) i waga są najczęstszymi miarami antropometrycznymi stosowanymi do określenia stanu odżywienia białkowo-energetycznego w sytuacjach zagrożenia zdrowotnego. Pomiary antropometryczne są łączone ze sobą lub z innymi danymi w celu obliczenia wskaźników antropometrycznych. Najbardziej powszechne wskaźniki stosowane w nagłych wypadkach przedstawione są w poniższej tabeli:

wskaźnik	Rodzaj zaburzenia żywieniowego
Masa w stosunku do wzrostu	Ostre niedożywienie (wyniszczenie)
Wzrost w stosunku do wieku	Przewlekłe niedożywienie (zahamowanie wzrostu)
Masa w stosunku do wieku	Wszelkie niedożywienie białkowo-energetyczne (niedowaga)

W przypadku pomiaru poziomu występowania ostrego niedożywienia białkowo-energetycznego, należy posłużyć się wskaźnikiem masy ciała w stosunku do wzrostu. W praktyce zazwyczaj stosowane są jednak wszystkie trzy wskaźniki. W przypadkach wymagających nagłej interwencji i dotyczących zaburzeń żywieniowych stosuje się badania obejmujące pomiary: płeć, wzrost, waga i wiek. Na podstawie tych pomiarów wszystkie trzy wskaźniki antropometryczne mogą być szybko i łatwo obliczone.

Najczęściej stosowanym wskaźnikiem antropometrycznym używanym do pomiaru ostrego niedożywienia białkowo-energetycznego (czasami nazywanego też "chronicznym niedoborem energii") u dorosłych jest wskaźnik masy ciała (ang. Body Mass Index BMI).

BMI jest opisowym wskaźnikiem anatomii ciała, obejmującym zarówno osoby szczupłe, jak i otyłe, i jest wyrażony jako **masa ciała podzielona przez wzrost podniesiony do kwadratu [kg/m<sup>2</sup>]**.

Punkt odcięcia definiujący niedożywienie jest taki sam dla wszystkich dorosłych, niezależnie od wieku, wzrostu czy płci:

Rodzaj i poziom niedożywienia	BMI range (kg/m <sup>2</sup> )
Otyłość	30.0+
Nadwaga	25.0 - 29.9
Prawidłowa	18.5 - 24.9
CED* Łagodny	17.0 - 18.4
CED Umiarkowany	16.0 - 16.9
CED Ciężki	<16.0

\* CED = *Chroniczny niedobór energii*

#### *Obwód brzucha jako ważny wskaźnik antropometryczny.*

Otyłość jest powszechnie kojarzona ze zwiększoną ilością tłuszczu wewnątrzbrzusznego. Centralizacja tkanki tłuszczowej wiąże się z odkładaniem się zarówno wewnątrzbrzuszej, jak i podskórnej tkanki tłuszczowej.

Stosunek obwodu brzucha (często błędnie określany jako obwód "talii") do obwodu bioder jest podstawowym wskaźnikiem opisującym rozmieszczenie tkanki tłuszczowej lub modelowanie tkanki tłuszczowej. Stosunek obwodu brzucha do obwodu bioder większy niż 0,85 reprezentuje scentralizowaną dystrybucję tłuszczu. Większość mężczyzn ze stosunkiem większym niż 1,0 i kobiet ze stosunkiem większym niż 0,85 znajduje się w grupie zwiększonego ryzyka chorób układu krążenia, cukrzycy i nowotworów.

### *Analiza impedancji bioelektrycznej - kompleksowa biomedyczna metoda pomiarowa do oceny miar antropometrycznych.*

Analiza składu ciała za pomocą impedancji bioelektrycznej (ang. bioelectrical impedance analysis BIA) pozwala na oszacowanie całkowitej wody w organizmie (TBW), masy beztłuszczowej (FFM) i masy tłuszczu poprzez pomiar oporu ciała jako przewodnika dla bardzo małego zmiennego prądu elektrycznego.

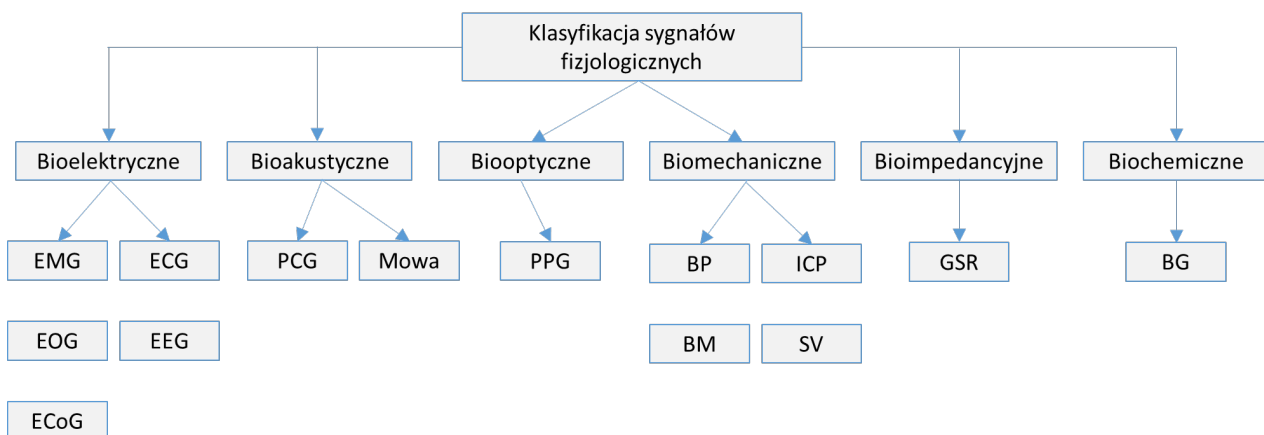
Analizatory impedancji bioelektrycznej nie mierzą żadnej wielkości biologicznej ani nie opisują żadnego modelu biofizycznego związanego z otyłością. Analizatory impedancji bioelektrycznej wykorzystują wzory matematyczne do opisanie statystycznych związków opartych na zależnościach biologicznych dla określonej populacji, i jako takie równania są przydatne tylko dla osób, które ściśle odpowiadają populacji odniesienia w wielkości i kształcie ciała. BIA jest stosowana zarówno u osób z nadwagą lub otyłością, jak i u osób o prawidłowej masie.

### 3. Sygnały fizjologiczne jako nieinwazyjny, podstawowy sposób oceny i monitorowania stanu pacjenta z zastosowaniem nowoczesnych, efektywnych, multimodalnych systemów akwizycji biosygnarów

Sygnały fizjologiczne są miarą różnych sygnałów obiektów biologicznych, takich jak np. człowiek. Sygnały te są stosowane do nieinwazyjnej oceny najbardziej podstawowych funkcji organizmu. Sygnały życiowe są istotną częścią zarówno diagnostyki klinicznej, jak i monitorowania codziennej aktywności człowieka za pomocą zaawansowanych, mobilnych systemów bioczuJNIKÓW. Ocena parametrów życiowych polega na rejestracji takich sygnałów, którymi są w szczególności:

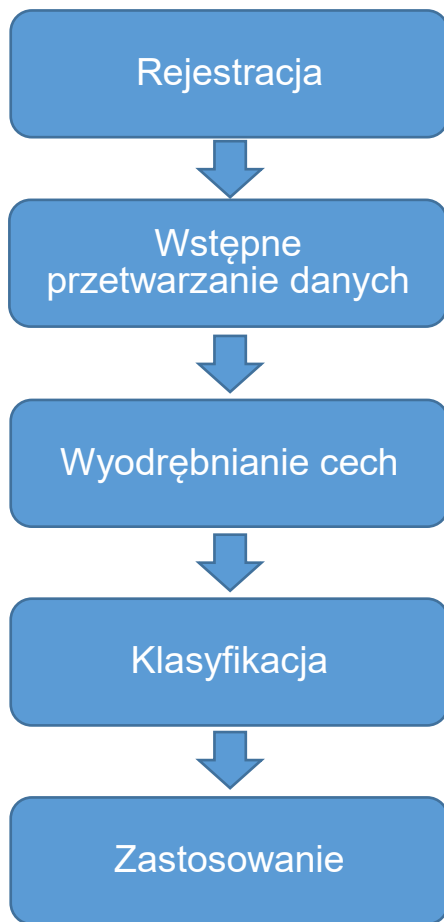
- I. Sygnały elektryczne:
  - Elektrokardiografia - EKG
  - Elektromiografia - EMG
  - Elektroencefalografia - EEG
  - Elektrookulografia - EOG
  - Reakcja skórno-galwaniczna - GSR
- II. Sygnały nieelektryczne:
  - Fala tętna - PW
  - Temperatura ciała - BT
  - Ciśnienie krwi - BP
  - Częstość oddechów - RR
  - Pozycja ciała, sygnały mechaniczne ruchów ciała

Analiza sygnałów fizjologicznych jest szeroko wykorzystywana do rozwoju narzędzi wspomagających diagnostykę w medycynie. Wykorzystanie wielu sygnałów lub pomiarów fizjologicznych jako całości zostało przeprowadzone przy użyciu technik fuzji danych, powszechnie znanych jako fuzja multimodalna, która wykazała swoją zdolność do poprawy dokładności systemów diagnostycznych.



Rysunek 1: Klasyfikacja sygnałów fizjologicznych, które mogą być zintegrowane w multimodalnych systemach pomiarowych

## Ogólna procedura systemu rozpoznawania biosygnalów.

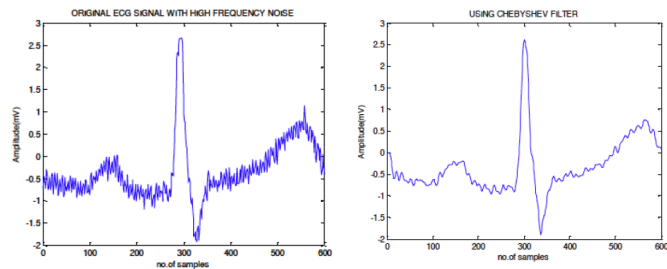


### PRZETWARZANIE WSTĘPNE:

Cel: *Eliminacja typowych hałasów, takich jak szum urządzeń*

- Niemniej jednak sygnały mogą być zakłócone przez artefakty ruchowe.
- Wymagane są filtry.

Poniżej przedstawiono przykład wpływu procedury filtracji na sygnał EKG.



Objawy fizjologiczne rejestrowane w sposób nieinwazyjny odzwierciedlają stan narządów, układów i procesów wewnętrznych i odgrywają coraz większą rolę w następujących dziedzinach:

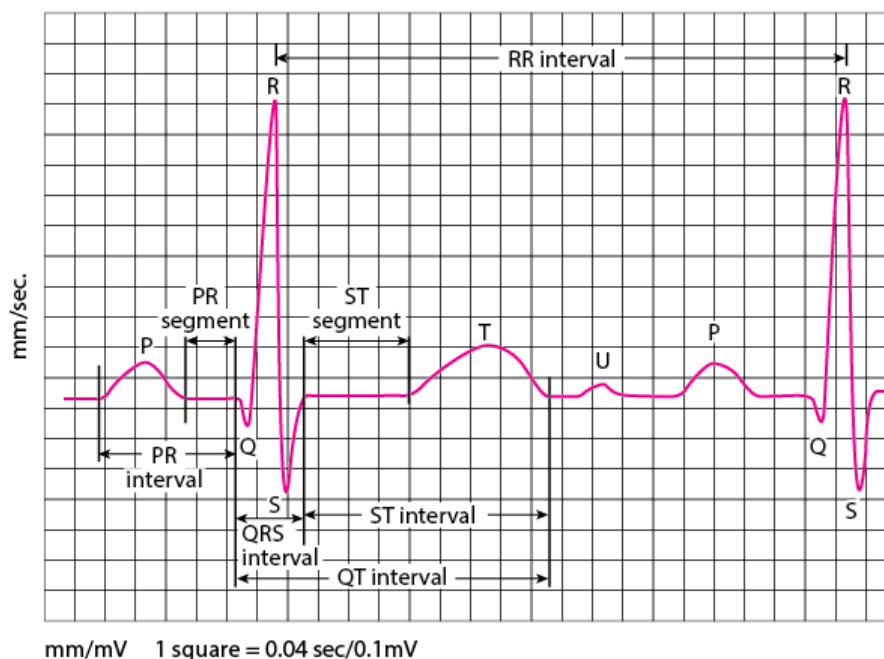
- I. Ochrona zdrowia
  - i. Wykrywanie chorób
  - ii. Terapia i rehabilitacja
  - iii. Komputerowy interfejs mózg i ciało
- II. Kognitywistyka
  - i. Rozpoznawanie emocji
  - ii. Wpływ muzyki
- III. Era cyfrowa
  - i. Gry komputerowe
  - ii. Cyfrowa ręka



## Przegląd najczęściej stosowanych sygnałów fizjologicznych i ich znaczenie

### Elektrokardiogram - ECG

Elektrokardiogram - w skrócie EKG lub ECG - jest badaniem, które odzwierciedla i mierzy aktywność elektryczną bicia serca. Z każdym uderzeniem, impuls elektryczny (lub "fala") przemieszcza się przez serce. Fala ta powoduje, że mięsień ściska się i pompuje krew z serca. Wykres EKG obrazuje wartość napięcia w stosunku do czasu aktywności elektrycznej serca identyfikowaną za pomocą elektrod umieszczonych na skórze. Elektrody wykrywają niewielkie zmiany elektryczne, które są konsekwencją depolaryzacji mięśnia sercowego, po której następuje repolaryzacja podczas każdego cyklu pracy serca (uderzenia serca). Zmiany zidentyfikowane w obrazie EKG odzwierciedlają różne nieprawidłowości pracy serca, w tym zaburzenia rytmu serca (np. migotanie przedsionków i częstoskurcz komorowy), nieodpowiedni przepływ krwi w tętnicach wieńcowych (np. niedokrwienie mięśnia sercowego i zawał mięśnia sercowego) oraz zaburzenia elektrolitowe (np. hipokaliemia i hiperkaliemia).



Prawe i lewe przedsionki lub górne komory serca wytwarzają pierwszą falę zwaną "falą P" - po płaskiej linii, gdy impuls elektryczny przechodzi do komór dolnych. Prawa i lewa komora dolna lub komory tworzą kolejną falę zwaną "zespołem QRS". Fala końcowa lub "fala T" reprezentuje odzyskanie energii elektrycznej lub powrót do stanu spoczynku komór.

### Elektromiogram – EMG

Elektromiografia (EMG) jest procedurą diagnostyczną służącą do oceny stanu zdrowotnego mięśni i komórek nerwowych, które je kontrolują (neurony ruchowe). Wyniki EMG mogą ujawnić dysfunkcję nerwów, dysfunkcję mięśni lub problemy z przekazywaniem sygnału nerwowo-mięśniowego.

Neurony ruchowe przekazują sygnały elektryczne, które powodują skurcz mięśni. EMG wykorzystuje małe urządzenia zwane elektrodami, aby przetłumaczyć te sygnały na wykresy, dźwięki lub wartości liczbowe, które są następnie interpretowane przez specjalistę. Podczas EMG igłowego, elektroda igłowa wprowadzona bezpośrednio do mięśnia rejestruje aktywność elektryczną w tym mięśniu. Badanie przewodnictwa nerwowego, inna część EMG, wykorzystuje naklejki z elektrodami przyłożone do skóry (elektrody powierzchniowe) do pomiaru prędkości i siły sygnałów podróżujących pomiędzy dwoma lub więcej punktami.

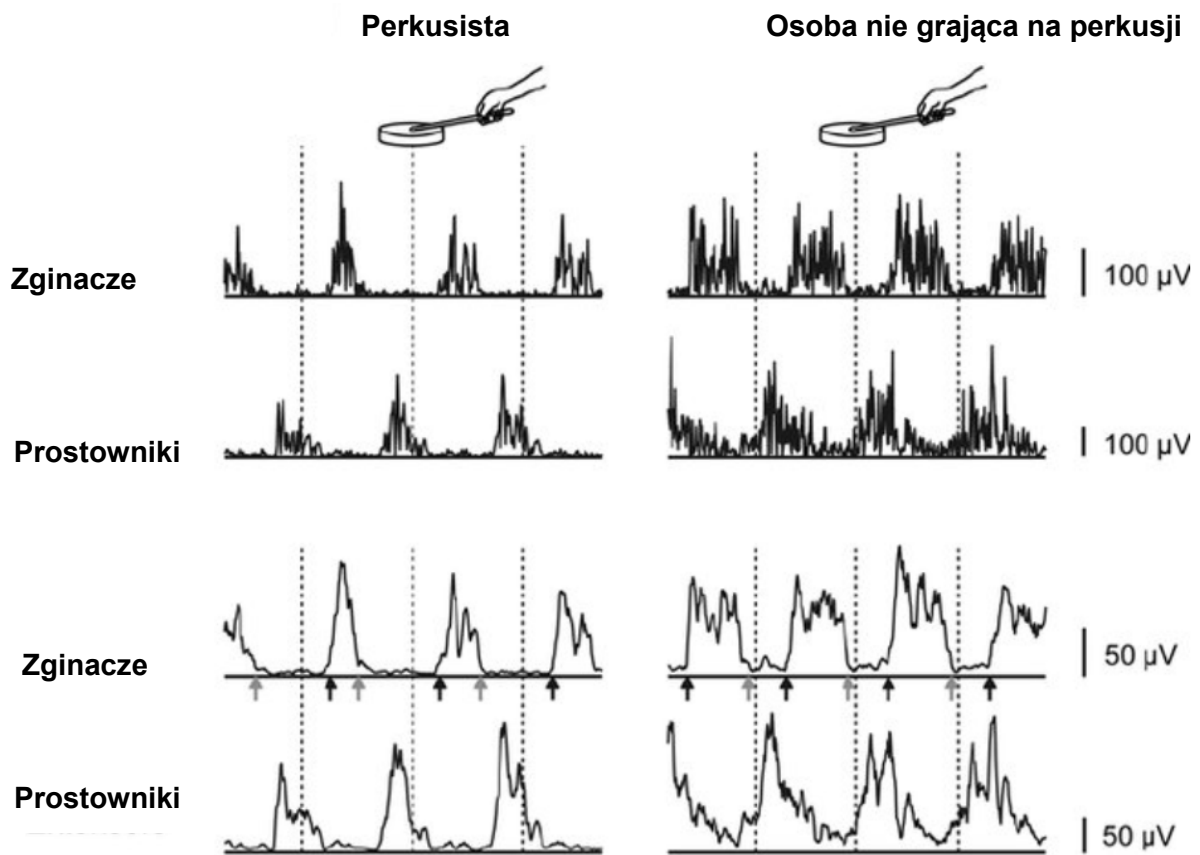
Badanie EMG może być zlecone w przypadku wystąpienia oznak lub objawów, które mogą wskazywać na zaburzenia nerwowe lub mięśniowe. Do takich objawów należą m.in.:

- Mrowienie
- Odrętwienie
- Osłabienie mięśni
- Ból lub skurcze mięśni
- Niektóre rodzaje bólu kończyn

Wyniki EMG są często niezbędne do zdiagnozowania lub wykluczenia schorzeń, m.in.:

- Zaburzenia mięśniowe, takie jak dystrofia mięśniowa lub zapalenie wielomięśniowe
- Choroby mające wpływ na połączenie między nerwem a mięśniem, takie jak miastenia
- Zaburzenia nerwów poza rdzeniem kręgowym (nerwy obwodowe), takie jak zespół cieśni nadgarstka lub neuropatie obwodowe
- Zaburzenia, które wpływają na neurony ruchowe w mózgu lub rdzeniu kręgowym, takie jak stwardnienie zanikowe boczne lub polio
- Zaburzenia, które wpływają na korzeń nerwu, takie jak przepuklina dysku w kręgosłupie
- Ostre wiotkie zapalenie rdzenia kręgowego (AFM)
- Stwardnienie zanikowe boczne (ALS)
- Ból pleców

Poniżej przedstawiono ciekawy przypadek zapisu EMG dla perkusisty i osoby nie grającej na perkusji podczas testu ruchu ramienia.



### Reakcja skórno-galwaniczna (GSR)

Reakcja skórno-galwaniczna (GSR), znana również pod nazwą aktywności elektrodermalnej lub EDA) odnosi się do zmian w aktywności gruczołów potowych, które odzwierciedlają intensywność naszego stanu emocjonalnego, inaczej zwanego pobudzeniem emocjonalnym. Nasz poziom pobudzenia emocjonalnego zmienia się w odpowiedzi na otoczenie, w którym się znajdujemy - jeśli coś jest przerażające, zagrażające, radosne lub w inny sposób emocjonalnie istotne, to następująca po tym zmiana reakcji emocjonalnej, którą doświadczamy, również zwiększa aktywność ekrynowych gruczołów potowych.

Udowodniono związek pomiędzy stanem psychicznym a aktywnością GSR, określony powiązaniem poziomu uspokojenia u pacjentów i opornością skóry. Podczas gdy wydzielanie potu odgrywa główną rolę w termoregulacji i dyskryminacji sensorycznej, zmiany w przewodnictwie skóry są również wywoływane przez stymulację emocjonalną: im wyższe pobudzenie, tym wyższe przewodnictwo skóry.

Przewodnictwo skóry nie podlega świadomej kontroli. Zamiast tego, jest autonomicznie modulowane przez aktywność współczulną, która wzbudza określone zachowania ludzkie, jak również stany poznawcze i emocjonalne. Przewodnictwo skórne oferuje zatem bezpośredni wgląd w autonomiczną regulację emocjonalną.

## 4. Kluczowe zagadnienia

---

- Zarówno parametry morfometryczne i antropometryczne, jak i fizjologiczne, rejestrowane w sposób nieinwazyjny za pomocą wielomodalnych systemów rejestracji biosygnali, niosą ze sobą bardzo ważne informacje o funkcjonowaniu układów i narządów wewnętrznych człowieka.
- Połączone zestawy parametrów antropometrycznych i fizjologicznych są coraz częściej wykorzystywane zarówno w ochronie zdrowia, jak i w codziennym życiu do wspomagania diagnostyki, leczenia i co ważne również prowadzenia "zdrowego" stylu życia poprzez monitorowanie z użyciem zestawu czujników, tzw. Body Sensor Network (BSN) wbudowanych w przedmioty powszechnego użytku, np. zegarki typu smartwatch.

## 5. Bibliografia

---

- [1] Frisard MI, Greenway FL, Delany JP. Comparison of methods to assess body composition changes during a period of weight loss. *Obes Res.* 2005;13(5):845-54.
- [2] Lohman T, Martorell R, Roche AF. Anthropometric standardization reference manual. Champaign, IL: Human Kinetics Books; 1988.
- [3] de Onis M., W. O.W.A., Van den Broeck J., Chumlea WC, Martorell R. Measurement and standardization protocols for anthropometry used in the construction of a new international growth reference. *Food Nutr Bull.* 2004;25(1 Suppl):S27-36.
- [4] Sebo P, Herrmann FR, Haller DM. Accuracy of anthropometric measurements by general practitioners in overweight and obese patients. *BMC Obes.* 2017;4:23.
- [5] Gabbett T, Georgieff B. Physiological and anthropometric characteristics of Australian junior national, state, and novice volleyball players. *J Strength Cond Res.* 2007 Aug;21(3):902-8.
- [6] Vasconcelos AP, Cardozo DC, Lucchetti AL, Lucchetti G. Comparison of the effect of different modalities of physical exercise on functionality and anthropometric measurements in community-dwelling older women. *J Bodyw Mov Ther.* 2016 Oct;20(4):851-856.
- [7] Kidy FF, Dhalwani N, Harrington DM, Gray LJ, Bodicoat DH, Webb D, Davies MJ, Khunti K. Associations Between Anthropometric Measurements and Cardiometabolic Risk Factors in White European and South Asian Adults in the United Kingdom. *Mayo Clin Proc.* 2017 Jun;92(6):925-933.
- [8] Pryzbek M, Liu J. Association between upper leg length and metabolic syndrome among US elderly participants-results from the NHANES (2009-2010). *J Geriatr Cardiol.* 2016 Jan;13(1):58-63.
- [9] Smits MM, Boyko EJ, Utzschneider KM, Leonetti DL, McNeely MJ, Suvag S, Wright LA, Fujimoto WY, Kahn SE. Arm length is associated with type 2 diabetes mellitus in Japanese-Americans. *Diabetologia.* 2012 Jun;55(6):1679-84.
- [10] Ververs MT, Antierens A, Sackl A, Staderini N, Captier V. Which anthropometric indicators identify a pregnant woman as acutely malnourished and predict adverse birth outcomes in the humanitarian context? *PLoS Curr.* 2013 Jun 07;5
- [11] Hiremath R, Ibrahim J, Prasanthi K, Reddy HT, Shah RS, Haritha C. Comparative Study of Ultrasonographic and Anthropometric Measurements of Regional Adiposity in Metabolic Syndrome. *J Clin Diagn Res.* 2017 Aug;11(8):TC01-TC05.
- [12] Brouse, Andrew. "A Young Person's Guide to Brainwave Music: Forty years of audio from the human EEG." *eContact! 14.2 — Biotechnological Performance Practice / Pratiques de performance biotechnologique* (July 2012). Montréal: CEC.
- [13] Ortiz, Miguel. "A Brief History of Biosignal-Driven Art: From biofeedback to biophysical performance." *eContact! 14.2 — Biotechnological Performance Practice / Pratiques de performance biotechnologique* (July 2012). Montréal: CEC.
- [14] Tanaka, Atau. "The Use of Electromyogram Signals (EMG) in Musical Performance: A Personal survey of two decades of practice." *eContact! 14.2 — Biotechnological Performance Practice / Pratiques de performance biotechnologique* (July 2012). Montréal: CEC.
- [15] "Definition of EKG by Lexico". *Lexico Dictionaries*. Retrieved 20 January 2020.
- [16] "15.3.1 Electrocardiographic Terms", *AMA Manual of Style*, American Medical Association

- [17] Kamen, Gary. Electromyographic Kinesiology. In Robertson, DGE et al. Research Methods in Biomechanics. Champaign, IL: Human Kinetics Publ., 2004.
- [18] Electromyography at the US National Library of Medicine Medical Subject Headings (MeSH)
- [19] Kobylarz, Jhonatan; Bird, Jordan J.; Faria, Diego R.; Ribeiro, Eduardo Parente; Ekárt, Anikó (2020-03-07). "Thumbs up, thumbs down: non-verbal human-robot interaction through real-time EMG classification via inductive and supervised transductive transfer learning". Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing. Springer Science and Business Media LLC. doi:10.1007/s12652-020-01852-z. ISSN 1868-5137.
- [20] Harvey AM, Masland RL: Actions of durarizing preparations in the human. Journal of Pharmacology And Experimental Therapeutics, Vol. 73, Issue 3, 304-311, 1941
- [21] Botelho, Stella Y. (1955). "Comparison of simultaneously recorded electrical and mechanical activity in myasthenia gravis patients and in partially curarized normal humans". The American Journal of Medicine. 19 (5): 693–6. doi:10.1016/S0002-9343(55)80010-1. PMID 13268466.
- [22] Christie, T.H.; Churchill-Davidson, H.C. (1958). "The St. Thomas's Hospital nerve stimulator in the diagnosis of prolonged apnoea". Lancet. 1 (7024): 776. doi:10.1016/S0140-6736(58)91583-6. PMID 13526270.
- [23] Engbaek, J.; Ostergaard, D.; Viby-Mogensen, J. (1989). "Double burst stimulation (DBS): A new pattern of nerve stimulation to identify residual neuromuscular block". British Journal of Anaesthesia. 62 (3): 274–8. doi:10.1093/bja/62.3.274. PMID 2522790. S2CID 32733775.
- [24] Boucsein, W. (2012). Electrodermal Activity. New York, Berlin: Springer, 2nd edition
- [25] Salimpoor, V.N., Benovoy, M., Longo, G., Cooperstock, J.R. & Zatorre, R.J. (2009). The rewarding aspects of music listening are related to degree of emotional arousal. PLoS ONE 4, e7487
- [26] Critchley, H. D. (2002). Electrodermal responses: What happens in the brain. Neuroscientist, 8, 132-142
- [27] Newman, E., Blanton, R., 1968. The early history of electrodermal research. Psychophysiology 6, 453–475
- [28] Vigouroux, R, De la resistance Electrique comme signe clinique, Progres Medicate, 1879, No. 7, 336
- [29] Naït-Ali, Amine, ed. (2009). Advanced Biosignal Processing. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. doi:10.1007/978-3-540-89506-0. ISBN 978-3-540-89505-3.



Wsparcie Komisji Europejskiej dla produkcji tej publikacji nie stanowi poparcia dla treści, które odzwierciedlają jedynie poglądy autorów, a Komisja nie może zostać pociągnięta do odpowiedzialności za jakiegokolwiek wykorzystanie informacji w niej zawartych.