

**Desarrollo de soluciones de formación innovadoras en el campo de la evaluación funcional destinadas a actualizar los planes de estudio de las escuelas de ciencias de la salud**



**MÓDULO DE BIOMECÁNICA: FUNDAMENTOS DE LA BIOMECÁNICA APLICADA AL SISTEMA LOCOMOTOR**

**Unidad Didáctica C: SEÑALES FISIOLÓGICAS Y PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS**



## Índice

1. OBJETIVOS	2
2. QUÉ ES LA ANTROPOMETRÍA Y CÓMO DESCRIBIRLA CON PARÁMETROS CUANTITATIVOS	3
3. SEÑALES FISIOLÓGICAS COMO UNA FORMA BÁSICA NO INVASIVA DE EVALUAR Y MONITOREAR EL ESTADO DEL PACIENTE EN SISTEMAS DE ADQUISICIÓN DE BIOSEÑALES MULTIMODALES, MODERNOS Y EFECTIVOS.	6
Reseña de las señales fisiológicas más comunes y sus significados .....8	
Electrocardiograma - ECG .....8	
Electromiograma – EMG .....8	
Respuesta de piel galvánica (RPG) .....10	
4. IDEAS CLAVE	12
5. REFERENCIAS	13

## 1. Objetivos

---

- Conocer las señales fisiológicas comunes y los parámetros antropométricos para caracterizar al paciente como objeto biológico.
- Conocer el rol del uso de señales fisiológicas y parámetros antropométricos para evaluar de forma no invasiva el estado general del organismo del paciente y de su desarrollo.
- Ser capaz de seleccionar y utilizar señales fisiológicas y parámetros antropométricos escogidos como indicadores de exámenes de detección para un tratamiento más especializado.

## 2. Qué es la antropometría y cómo describirla con parámetros cuantitativos

Las medidas antropométricas son una serie de medidas cuantitativas del músculo, hueso, y tejido adiposo utilizado para evaluar la composición del cuerpo. Los elementos principales de la antropometría con la altura, el peso, el índice de masa corporal (IMC), circunferencias corporales (cintura, caderas y extremidades), y grosor de los pliegues cutáneos.

La antropometría es el método de medición del cuerpo humano o partes individuales del cuerpo que implica la definición cuantitativa de los rasgos morfológicos y la comprensión de una imagen objetiva del estado de crecimiento de la persona examinada. También es una de las técnicas más comunes utilizadas para evaluar la presencia y grado de desnutrición proteico-energética.

La antropometría puede utilizarse para medir a un individuo y determinar si él o ella necesita intervención nutricional o puede utilizarse para medir varios individuos y determinar si la desnutrición es un problema en una población.

Entre las medidas antropométricas más comunes encontramos:

- Altura o talla
- Peso
- Circunferencia del brazo medio superior (MUAC)
- Longitud de los brazos
- Altura de la rodilla
- Altura sentado o sentada
- Espesor del pliegue cutáneo
- Circunferencia de la cabeza

La altura (o talla) y el peso con las medidas antropométricas más comunes utilizadas para indicar el estado de nutrición proteico-energética en emergencias. Las medidas antropométricas se combinan entre ellas o con otros datos para calcular índices antropométricos. Entre los índices más comunes utilizados en emergencias encontramos aquellos listados en la siguiente tabla:

Índice	Problema nutricional medido
Peso por altura	Desnutrición aguda (emaciación)
Altura por edad	Desnutrición crónica (retraso del crecimiento)
Peso por edad	Cualquier desnutrición proteico-energética (bajo peso)

Si se desea medir la prevalencia de la desnutrición proteico-energética aguda se debe utilizar el índice de peso por peso. Sin embargo, en la práctica, los tres índices suelen estar

disponibles. La mayoría de las encuestas de nutrición de emergencia miden el sexo, la altura, el peso y la edad. A partir de estas medidas los tres índices antropométricos pueden ser fácilmente calculados por ordenador.

El índice antropométrico más común utilizado para medir desnutrición proteica-energética aguda (a veces llamado “deficiencia de energía crónica”) en adultos es el índice de masa corporal (IMC).

El IMC es un índice descriptivo habitual del cuerpo que abarca tanto a los obesos como a los delgados y se expresa como **peso corporal dividido entre la altura al cuadrado [kg/m<sup>2</sup>]**.

El punto de corte que define la desnutrición es el mismo para todos los adultos, independientemente su edad, altura o sexo:

Tipo y nivel de desnutrición	IMC intervalo (kg/m <sup>2</sup> )
Obeso	30.0+
Sobre peso	25.0 - 29.9
Normal	18.5 - 24.9
DEC* Leve	17.0 - 18.4
DEC Moderada	16.0 - 16.9
DEC Severa	<16.0

*DEC = Deficiencia energética crónica*

*La circunferencia abdominal como importante índice antropométrico.*

La obesidad es comúnmente asociada con una mayor cantidad de grasa intraabdominal. Un patrón de grasa centralizado se asocia con el depósito de tejido adiposo abdominal tanto intraabdominal como subcutáneo.

El ratio entre la circunferencia abdominal (a menudo incorrectamente llamado circunferencia de la “cintura”) y la circunferencia de cadera es un índice rudimentario para describir distribución de tejido adiposo o un patrón de grasa. Ratios entre abdomen y cadera mayores que 0,85 representan una distribución centralizada de grasa. La mayoría de los hombres con un ratio mayor que 1.0 y mujeres con un ratio mayor que 0.85 tienen un mayor riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares, diabetes y cánceres.

*Análisis de impedancia bioeléctrica (AIB): método de medición biomédico complejo para evaluar medidas antropométricas.*

El análisis de la composición corporal por impedancia bioeléctrica produce estimaciones del agua corporal total (ACT), masa libre de grasa (MLG), y masa grasa midiendo la resistencia del cuerpo como conductor a una corriente eléctrica alterna muy pequeña.

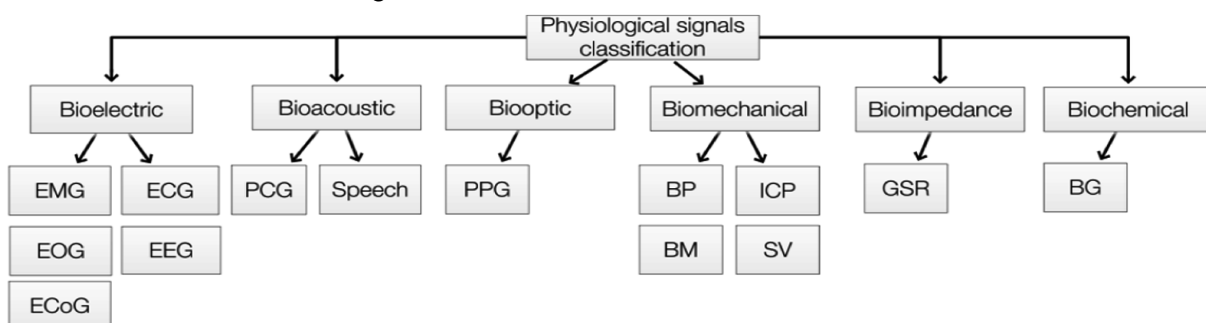
Los analizadores de impedancia bioeléctrica no miden ninguna cantidad biológica ni describen ningún modelo biofísico relacionado con la obesidad. Los analizadores de impedancia bioeléctrica utilizan fórmulas matemáticas para describir asociaciones estadísticas basadas en relaciones biológicas para una población específica y, como tales, las ecuaciones son útiles solo para sujetos que se asemejan mucho a la población de referencia en tamaño y forma corporal. El análisis de impedancia bioeléctrica se ha aplicado a personas con sobrepeso u obesidad y también a personas con peso normal.

### 3. Señales fisiológicas como una forma básica no invasiva de evaluar y monitorear el estado del paciente en sistemas de adquisición de bioseñales multimodales, modernos y efectivos.

Las señales fisiológicas son medidas de varias señales fisiológicas de objetos biológicos como por ejemplo humano, con el fin de evaluar las funciones corporales más básicas, lo que es importante realizar de forma no invasiva. Los signos vitales son una parte esencial tanto para el diagnóstico clínico como para la monitorización de actividades humanas diarias, por medio de avanzados sistemas de biosensores portátiles y móviles. El acto de estimar los signos vitales normalmente implica registrar señales como:

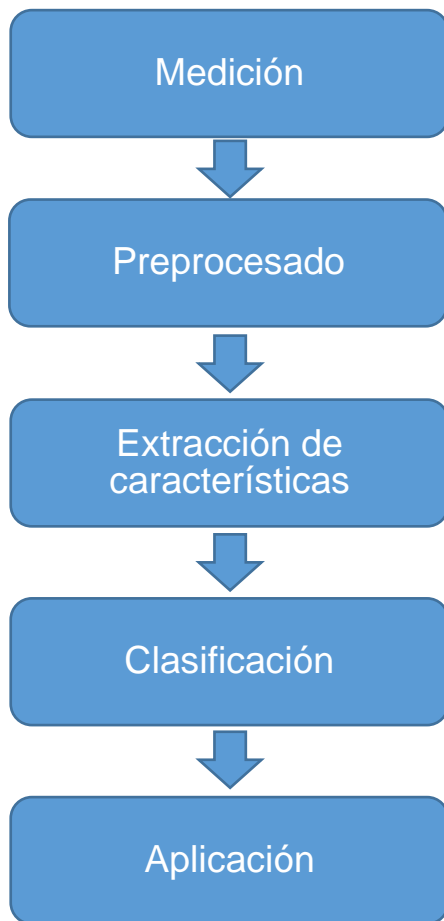
- I. Señales eléctricas:
  - Electrocardiografía - ECG,
  - Electromiografía - EMG,
  - Electroencefalografía - EEG,
  - Electrooculografía - EOG,
  - Respuesta de piel galvánica - GSR,
- II. Señales no eléctricas:
  - Onda de pulso - OP,
  - Temperatura corporal - TC,
  - Presión sanguínea - PS,
  - Frecuencia respiratoria - FR,
  - Posición corporal, señales mecánicas de movimiento corporal.

El análisis de señales fisiológicas es ampliamente utilizado en el desarrollo de herramientas de apoyo al diagnóstico en medicina. El uso de múltiples señales o de medidas fisiológicas como una unidad se ha llevado a cabo utilizando técnicas de fusión de datos comúnmente conocidas como fusión multimodal, que ha demostrado su capacidad de mejorar la precisión de sistemas de atención diagnóstica.



Representación en diagrama de árbol de la clasificación de señales fisiológicas que pueden ser integradas en sistemas de medidas multimodales.

## Procedimiento general del sistema de reconocimiento de señales biológicas.

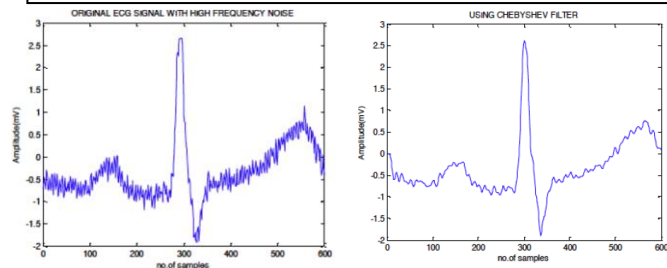


### PREPROCESADO:

Propósito: *Eliminar ruidos comunes como ruido inherente al equipo*

- Sin embargo, las señales pueden verse obstaculizadas por artefactos en movimiento
- ¡Se requieren filtros!

A continuación se presenta un ejemplo del efecto del procedimiento de filtrado en la señal de ECG.



Señales fisiológicas grabadas de forma no invasiva reflejan el estado interno de los órganos, sistemas y procesos, y tienen un papel creciente en las siguientes áreas:

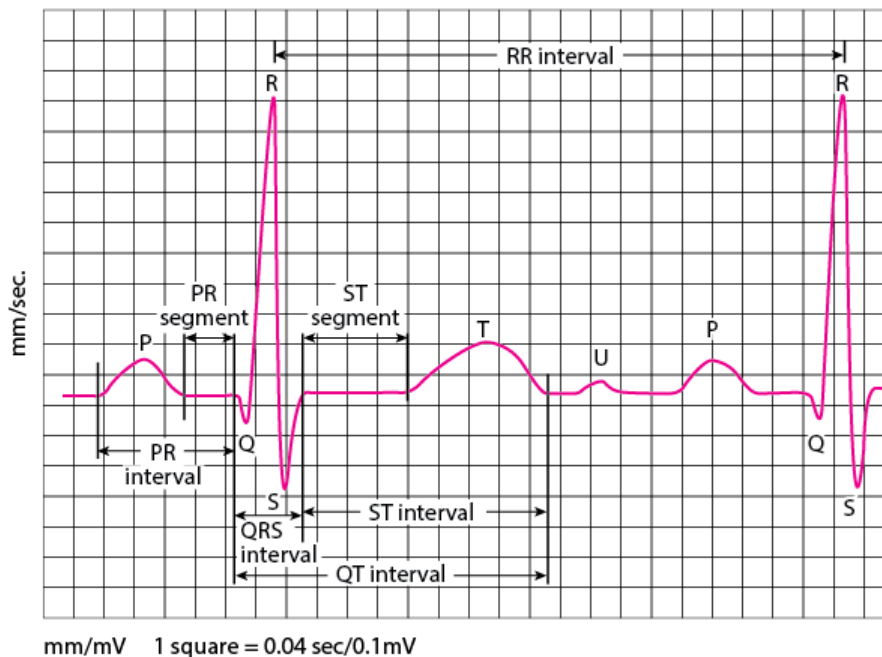
- I. Cuidado de la salud
  - i. Detección de enfermedades
  - ii. Terapia y rehabilitación
  - iii. Interfaz de computadora de cerebro y cuerpo
- II. Estado cognitivo
  - i. Reconocimiento de emociones
  - ii. Influencia musical
- III. Edad digital
  - i. *Gaming*
  - ii. Mano digital



## Reseña de las señales fisiológicas más comunes y sus significados

### Electrocardiograma - ECG

Un electrocardiograma — abreviado como EKG o ECG — es una prueba que refleja y mide la actividad eléctrica del latido cardíaco. Con cada latido, un impulso eléctrico (o “onda”) viaja a través del corazón. Estas ondas hacen que el músculo se contraiga y bombee sangre desde el corazón. Un latido cardíaco normal en el ECG mostrará la sincronización de las cámaras superior e inferior. Es un gráfico de voltaje versus tiempo de la actividad eléctrica del corazón usando electrodos colocados en la piel. Estos electrodos detectan los pequeños cambios eléctricos que son consecuencia de la despolarización del músculo cardíaco seguida de la repolarización durante cada ciclo cardíaco (latido cardíaco). Los cambios en el patrón de ECG normal ocurren en numerosas anomalías cardíacas, que incluyen alteraciones del ritmo cardíaco (como fibrilación auricular y taquicardia ventricular), flujo sanguíneo de arterias coronarias inadecuado (como isquemia de miocardio e infarto de miocardio) y alteraciones de electrolitos (como hipopotasemia e hiperpotasemia).



Las aurículas derecha e izquierda o las cámaras superiores producen la primera onda llamada "onda P", siguiendo una línea plana cuando el impulso eléctrico va a las cámaras inferiores. Las cámaras o los ventrículos inferiores derecho e izquierdo producen la siguiente onda llamada "complejo QRS". La onda final u "onda T" representa la recuperación eléctrica o el retorno a un estado de reposo de los ventrículos.

### Electromiograma – EMG

La electromiografía (EMG) es un procedimiento de diagnóstico para evaluar la salud de los músculos y las células nerviosas que los controlan (neuronas motoras). Los resultados de EMG pueden revelar disfunción nerviosa, disfunción muscular o problemas con la transmisión de señales del nervio al músculo.

Las neuronas motoras transmiten señales eléctricas provocando la contracción del músculo. Una EMG utiliza unos aparatos pequeños denominados electrodos para traducir estas señales en gráficos, sonidos o valores numéricos que luego son interpretados por un especialista. Durante un EMG con aguja, un electrodo aguja insertado directamente en el músculo graba la actividad eléctrica en ese músculo. Un estudio de conducción nerviosa, otra parte de un EMG, utiliza electrodo pegatinas aplicadas sobre la piel (electrodos de superficie) para medir la velocidad y fuerza de señales que viajan entre dos o más puntos.

An EMG examination can be ordered if you have signs or symptoms that may indicate a nerve or muscle disorder. Such symptoms may include e.g.:

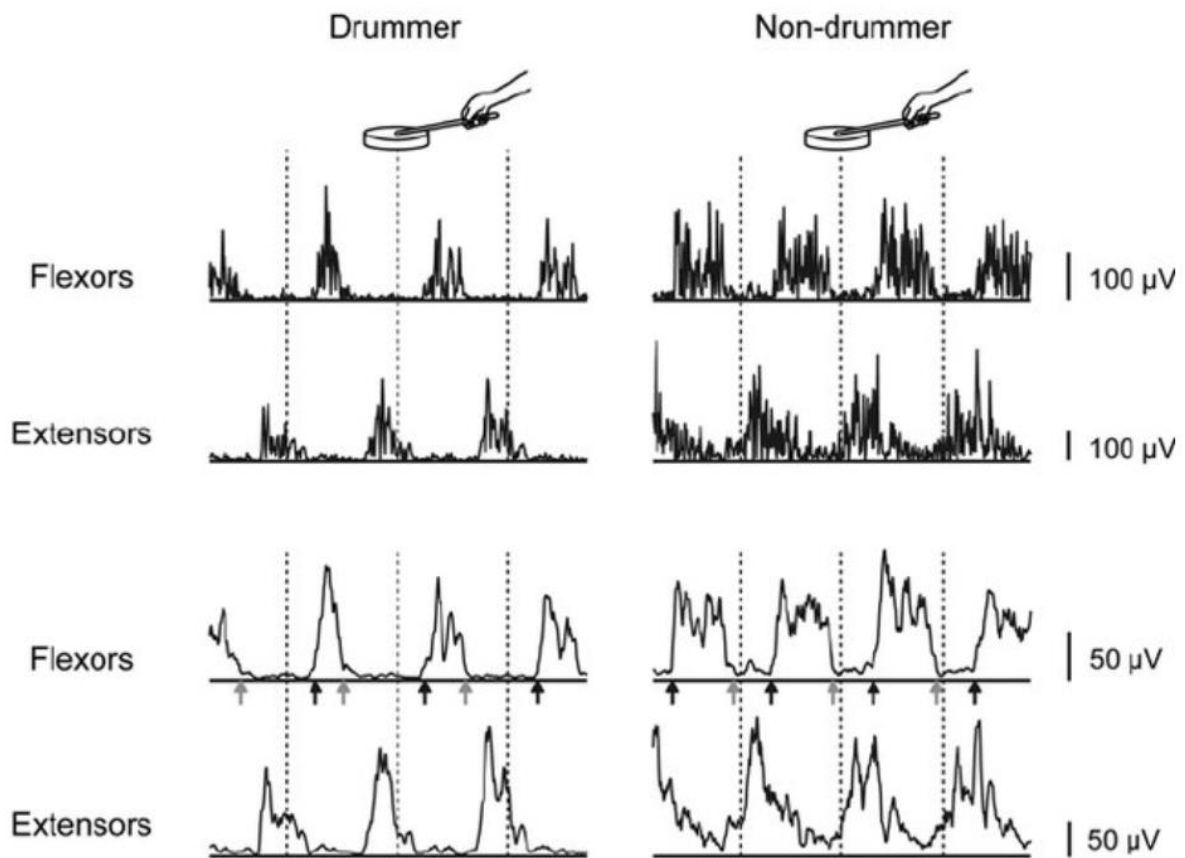
Una examinación EMG se puede pedir si hay señales o síntomas que pueden indicar un trastorno nervioso o muscular. Estos síntomas pueden incluir:

- Hormigueo
- Entumecimiento
- Debilidad muscular
- Calambres o dolor muscular
- Ciertos tipos de dolor en las extremidades

Los resultados de EMG usualmente son necesarios para ayudar a diagnosticar o descartar un número de condiciones como:

- Trastornos musculares. Como distrofia muscular o poliomiositis
- Enfermedades que afectan la conexión entre el nervio y el músculo, como miastenia gravis
- Trastornos de nervios fuera de la médula espinal (nervios periféricos), como el síndrome del túnel carpiano o neuropatías periféricas
- Trastornos que afectan las neuronas motoras del cerebro o la médula espinal, como la esclerosis lateral amiotrófica o la poliomielitis.
- Trastornos que afectan a la raíz nerviosa, como una hernia de disco en la columna
- Más información
- Mielitis flácida aguda (MFA)
- Esclerosis lateral amiotrófica (ELA)
- Dolor de espalda

A continuación se presenta un caso interesante de grabación EMG para bateristas y no bateristas durante la prueba de movimiento del brazo.



### Respuesta de piel galvánica (RPG)

La respuesta de piel galvánica (RPG, también conocida por el término de actividad electrodérmica, o EDA) se refiere a cambios en la actividad de la glándula sudorípara que reflejan la intensidad de nuestro estado emocional, o también conocido como excitación emocional. Nuestro nivel de excitación emocional cambia en respuesta al ambiente en el que estamos – si algo es aterrador, amenazante, alegre o emocionalmente relevante, entonces el cambio subsiguiente en la respuesta emocional que experimentamos también aumenta la actividad ecrina de las glándulas sudoríparas.

Existe un vínculo comprobado entre el estado mental y la actividad de RPG, encontrando una asociación con el nivel de sedación en los pacientes y la resistencia de la piel. Esta conexión de la respuesta emocional a la señal RPG se ha explorado en miles de artículos en los más de 120 años desde este hallazgo seminal [artículo de revisión]. Si bien la secreción de sudor juega un papel importante en la termostatación y la discriminación sensorial, los cambios en la conductancia de la piel también se desencadenan enérgicamente por la estimulación emocional: cuanto mayor es la excitación, mayor es la conductancia de la piel. La conductancia de la piel no está bajo control consciente. En cambio, está modulado de forma autónoma por la actividad simpática que impulsa aspectos del comportamiento humano, así

como estados cognitivos y emocionales. Por lo tanto, la conductancia de la piel ofrece información directa sobre la regulación emocional autónoma. Puede utilizarse como una fuente adicional de información para validar autoinformes, encuestas o entrevistas de los participantes dentro de un estudio.

## 4. Ideas clave

---

- Señales tanto morfométricas y antropométricas como fisiológicas, registrando de forma no invasiva mediante sistemas de registro de bioseñales multimodales, llevan información muy importante sobre el funcionamiento de los sistemas y órganos internos humanos.
- Los conjuntos combinados de parámetros antropométricos y fisiológicos se utilizan cada vez más tanto en las unidades de salud como en el uso diario para respaldar el diagnóstico, el tratamiento y lo que es importante también, el estilo de vida "saludable", supervisado por redes de sensores corporales.

## 5. Referencias

---

- [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.



El apoyo de la Comisión Europea para la producción de esta publicación no constituye una aprobación del contenido, el cual refleja únicamente las opiniones de los autores, y la Comisión no se hace responsable del uso que pueda hacerse de la información contenida en la misma.

