

Desarrollo de soluciones formativas innovadoras en el campo de la valoración funcional centrada en la actualización del currículo de las facultades de ciencias de la salud



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

Unidad didáctica E: TÉCNICAS PARA EL ANÁLISIS INSTRUMENTAL DE SEÑALES FISIOLÓGICAS Y PARÁMETROS ANTROPOMÉTRICOS Y MORFOMÉTRICOS

E.3. ¿Cómo se pueden medir los parámetros morfométricos y antropométricos?



Índice

1. OBJETIVOS	2
2. ¿QUÉ SON LAS MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS?	3
3. ¿CUÁLES SON LOS MÉTODOS PARA LAS MEDICIONES ANTROPOMÉTRICAS?	5
Enfoque clásico mediante herramientas de medición manuales.....5	
<i>Puntos característicos para las mediciones. Indicadores geométricos6</i>	
Unidades de medición inercial (IMU) modernas e innovadoras para evaluar signos antropométricos de la postura y movimientos de partes del cuerpo..... 10	
Antropometría digital: revisión de los métodos electrónicos y sistemas de medición modernos con registro de datos por ordenador 13	
Tipos de sistemas de adquisición de datos 14	
Comparación de la tecnología de escaneado..... 14	
Conclusiones comparativas de los sistemas de medición clásicos y modernos: importancia de la precisión, la fiabilidad y la validez de los datos antropométricos..... 15	
4. IDEAS CLAVE	16
5. REFERENCIAS	17

1. Objetivos

- Conocer el significado de la medición de parámetros morfométricos y antropométricos.
- Conocer los principales tipos de parámetros morfométricos y antropométricos, así como sus procedimientos de medición.
- Ser capaz de utilizar métodos de medición para calcular los parámetros antropométricos elegidos mediante el enfoque clásico manual y el moderno con el uso de biosensores avanzados y sistemas electrónicos de medición automatizados.

2. ¿Qué son las medidas antropométricas?

Las medidas antropométricas son una serie de medidas cuantitativas del tejido muscular, óseo y adiposo que se utilizan para evaluar la composición del cuerpo. Los elementos principales de la antropometría son la altura, el peso, el índice de masa corporal (IMC), las circunferencias del cuerpo (cintura, cadera y extremidades) y el grosor de los pliegues cutáneos. Son medidas importantes porque representan criterios de diagnóstico para la obesidad, la cual aumenta significativamente el riesgo de enfermedades cardiovasculares, hipertensión, diabetes mellitus y muchas otras enfermedades.

Asimismo, se utilizan para medir el estado nutricional en niños y mujeres embarazadas. Además, las mediciones antropométricas pueden servir de punto de referencia para la forma física y para medir sus progresos.

Las medidas antropométricas habituales incluyen:

- Altura o longitud
- Peso
- Circunferencia del brazo medio superior (MUAC)
- Media envergadura o envergadura de brazo
- Altura de la rodilla
- Altura sentado
- Espesor de pliegues cutáneos
- Circunferencia de la cabeza

La altura (o longitud) y el peso son las medidas antropométricas que más habitualmente se utilizan para indicar el estado nutricional proteico-energético en situaciones de emergencia.

Las medidas antropométricas se combinan entre sí o con otros datos para calcular índices antropométricos. Los índices que más suelen usarse en emergencias incluyen los de la siguiente tabla:

Índice	Problema nutricional medido
<i>Peso-para-la-estatura</i>	<i>Malnutrición grave (emaciación)</i>
<i>Estatura-para-la-edad</i>	<i>Malnutrición crónica (retraso del crecimiento)</i>
<i>Peso-para-la-edad</i>	<i>Cualquier malnutrición proteico-energética (peso inferior)</i>

Si se desea medir la prevalencia de la malnutrición proteico-energética grave, hay que usar el peso para la estatura. Sin embargo, en la práctica, los tres índices suelen estar disponibles. La mayoría de las encuestas sobre nutrición en situaciones de emergencia consideran el sexo, la altura, el peso y la edad. A partir de estas mediciones, los tres índices antropométricos pueden calcularse fácilmente con un ordenador.

3. ¿Cuáles son los métodos para las mediciones antropométricas?

Enfoque clásico mediante herramientas de medición manuales.

Equipo:

Balanza

Pesas de calibración

Cajón sobre el que sentarse

Estadiómetro

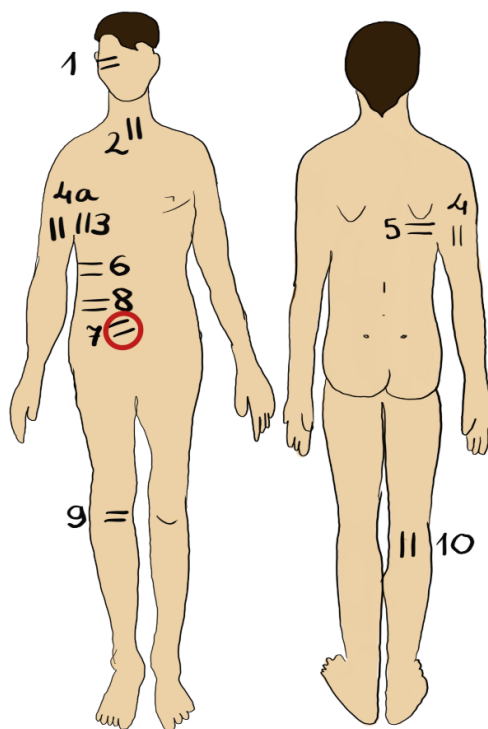
Calibre para la rodilla

Plicómetro

Cinta métrica

Infantometro para medir la estatura acostado

Puntos característicos para las mediciones. Indicadores geométricos



Medición del grosor de los pliegues cutáneos

El pliegue cutáneo se sujeta firmemente entre el pulgar y el índice de la mano izquierda, se eleva 1 cm y se registra con el plicómetro que se sujeta con la mano derecha. Mientras se registra la medición, se debe mantener el pliegue elevado. La medición del pliegue se hace 4 segundos después de haber soltado la presión del calibre.

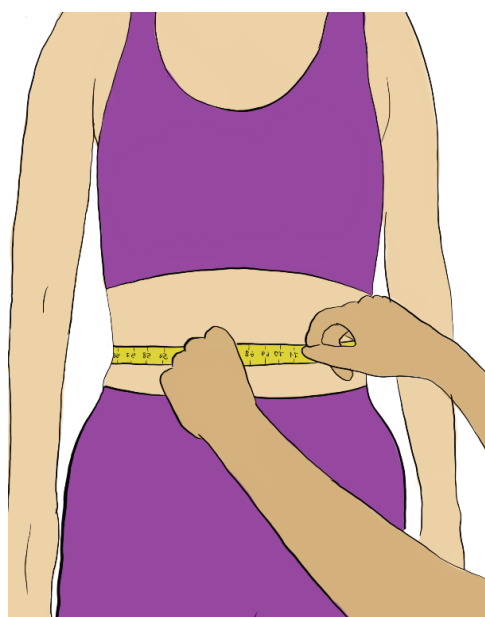
Los plicómetros de precisión para el grosor de los pliegues se utilizan para medir el doble pliegue de piel y tejido adiposo subcutáneo; la medida se lee en el milímetro más cercano. Los sitios habituales de medición del grosor del pliegue cutáneo son el tríceps (PCT), el punto medio de la cara posterior de la parte superior del brazo; el bíceps al mismo nivel que el PCT, pero en la cara anterior de la parte superior del brazo izquierdo; el pliegue subescapular (PCS) justo debajo y de forma lateral al omóplato izquierdo, y el suprailíaco (PCSI) oblicuamente justo por encima de la cresta ilíaca izquierda. El grosor de los pliegues cutáneos también se puede medir en la mitad del muslo, mitad de la pantorrilla y el abdomen.

El grosor de los pliegues cutáneos es una medida difícil de tomar con precisión y exactitud sin la adecuada formación y práctica. Es difícil coger un pliegue consistente de piel y tejido adiposo subcutáneo; en las personas muy obesas, el pliegue cutáneo puede ser más grande de lo que pueden medir las pinzas. El pliegue de piel y grasa se comprime con las mediciones repetidas, y si el plicómetro no se maneja con cuidado, puede causar dolor, hematomas y daños en la piel. Por tanto, es probable que exista un error considerable interobservador e intraobservador en las mediciones.



La **circunferencia de la cabeza (CC)** es la medida de la cabeza alrededor de su área más grande. Suele medirse en bebés y niños hasta la edad de cinco años como parte de los cuidados infantiles rutinarios. Mide la distancia por encima de las cejas y las orejas girando por detrás de la cabeza.

El **índice cintura-cadera (ICC)** es la relación adimensional entre la circunferencia de la cintura y la de las caderas. Se calcula dividiendo la medida de la cintura por la medida de la cadera (Cintura/Cadera). Por ejemplo, una persona con 76 cm de cintura y 97 cm de cadera tiene un índice cintura-cadera de aproximadamente 0,78.

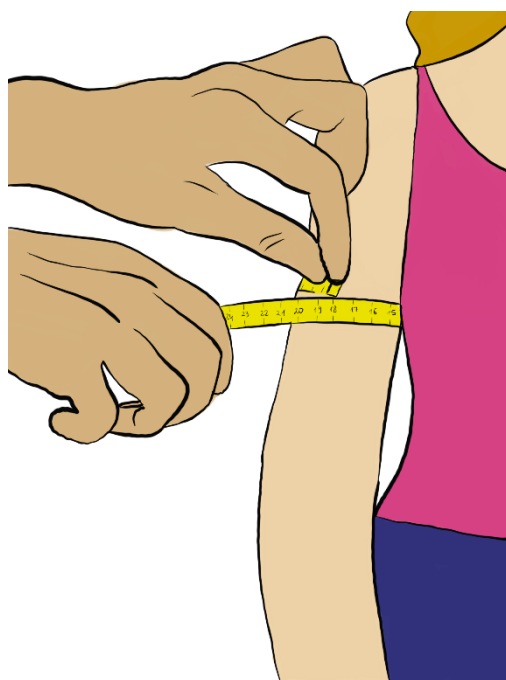


El ICC se ha utilizado como indicador o medida de la salud, la fertilidad y el riesgo de desarrollar enfermedades graves. El ICC también se relaciona con las percepciones del atractivo físico.

Según el protocolo de recopilación de datos de la Organización Mundial de la Salud, la circunferencia de la cintura debe medirse en el punto medio entre el margen inferior de las últimas costillas palpables y la parte superior de la cresta ilíaca, utilizando una cinta reflexible no elástica que proporcione una tensión constante de 100 g. La circunferencia de la cadera se ha de medir alrededor de la parte más ancha de las nalgas, con la cinta paralela al suelo [3]. Otras organizaciones utilizan estándares ligeramente diferentes. Los Institutos Nacionales de Salud de Estados Unidos y la Encuesta Nacional sobre Salud y Nutrición utilizan resultados que se obtienen midiendo en la parte superior de la cresta ilíaca. Normalmente, la gente suele medir la cintura a la altura del ombligo, pero las investigaciones han demostrado que estas medidas pueden subestimar la verdadera circunferencia de la cintura [3].

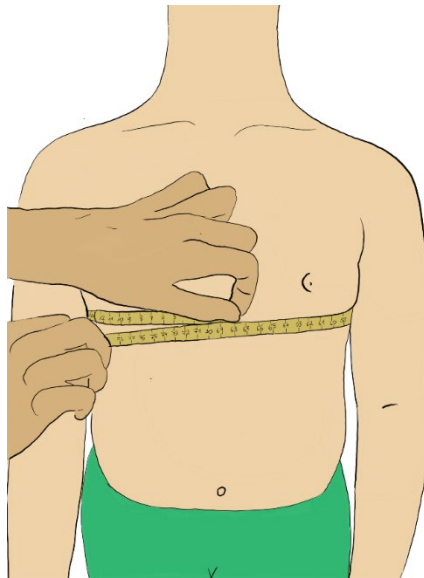
En ambas mediciones, el individuo debe estar de pie con los pies juntos, los brazos a los lados y el peso corporal distribuido de manera uniforme. Debe llevar poca ropa. La persona ha de estar relajada y las medidas deben tomarse al final de una respiración normal. Cada medición debe repetirse dos veces. Si la diferencia entre las dos mediciones es inferior a 1 cm, se debe calcular la media, pero si la diferencia es de más de 1 cm, deben repetirse las dos mediciones.

Circunferencia del brazo



El punto de medición se encuentra a medio camino entre la apófisis olécranon del cúbito y la apófisis acromion de la escápula. La circunferencia del brazo es la circunferencia en el punto medio del brazo, medida con una cinta métrica flexible no elástica o bandas imprimibles 3D.

Circunferencia de pecho

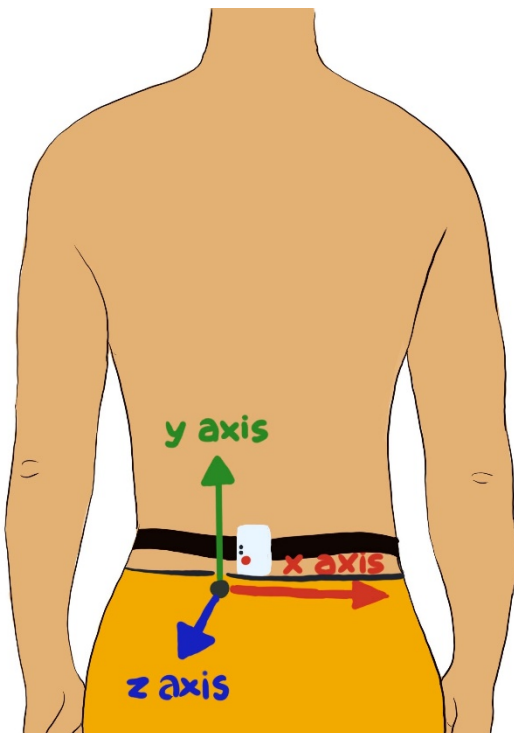
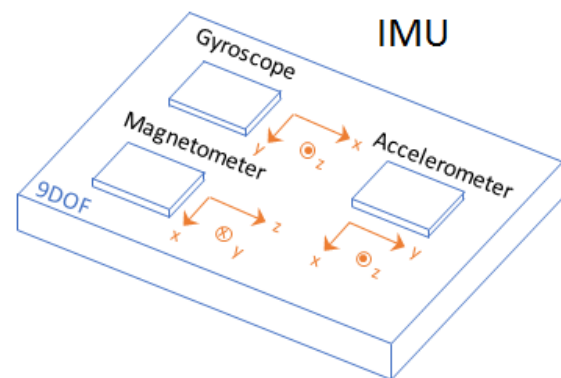
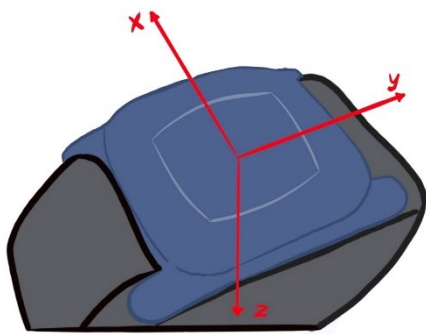


La circunferencia de pecho se mide a la altura del pezón, al final de la espiración. Se utiliza una cinta de fibra de vidrio flexible no elástica y la medida se lee en el 0,1 cm más cercano.

Unidades de medición inercial (IMU) modernas e innovadoras para evaluar signos antropométricos de la postura y movimientos de partes del cuerpo

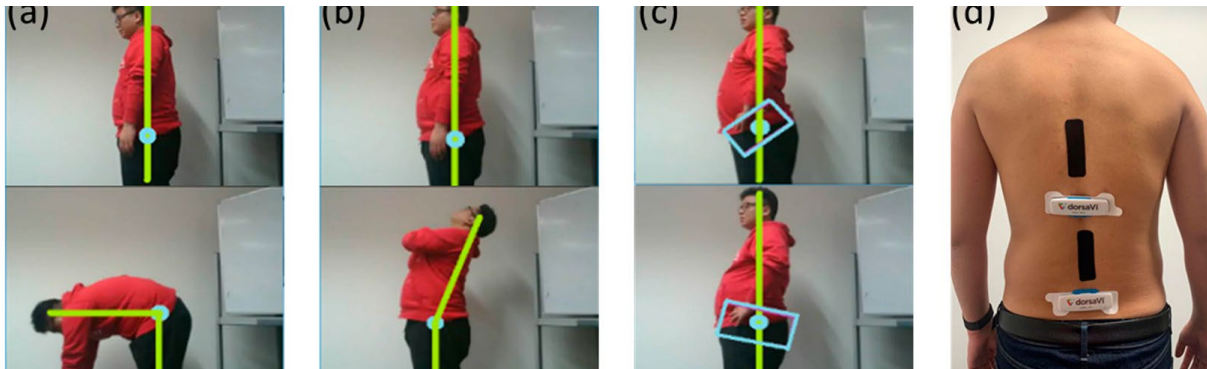
Una unidad de medición inercial, también conocida como IMU, es un dispositivo electrónico que mide e informa sobre la aceleración, la orientación, las velocidades angulares y otras fuerzas gravitacionales. Se compone de 3 acelerómetros, 3 giroscopios y, según los requisitos de rumbo, 3 magnetómetros. Es decir, uno por cada uno de los tres ejes del vehículo: cabeceo, alabeo y guiñada.

Existen diferentes tipos de sensores IMU: los que se basan en FOG (giroscopios de fibra óptica), en RLG (giroscopios láser de anillo) y en tecnología MEMS (sistemas microelectromecánicos).



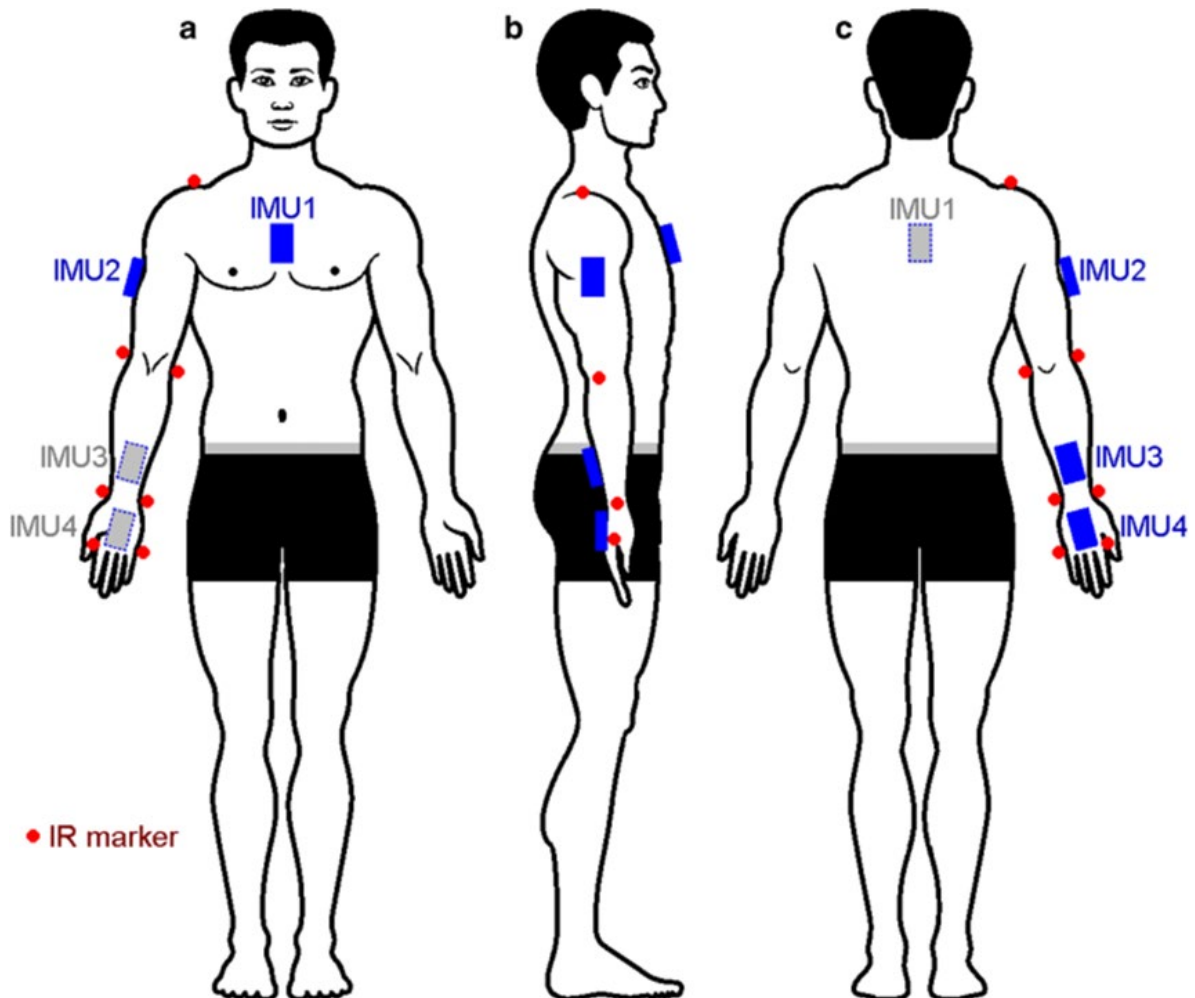
Una característica común de los sistemas para la detección de ángulos anatómicos es que calculan el ángulo detectando las coordenadas de diferentes puntos del cuerpo humano en un espacio tridimensional. Estos datos también se pueden utilizar para calcular la velocidad, la aceleración y la dirección del ángulo.

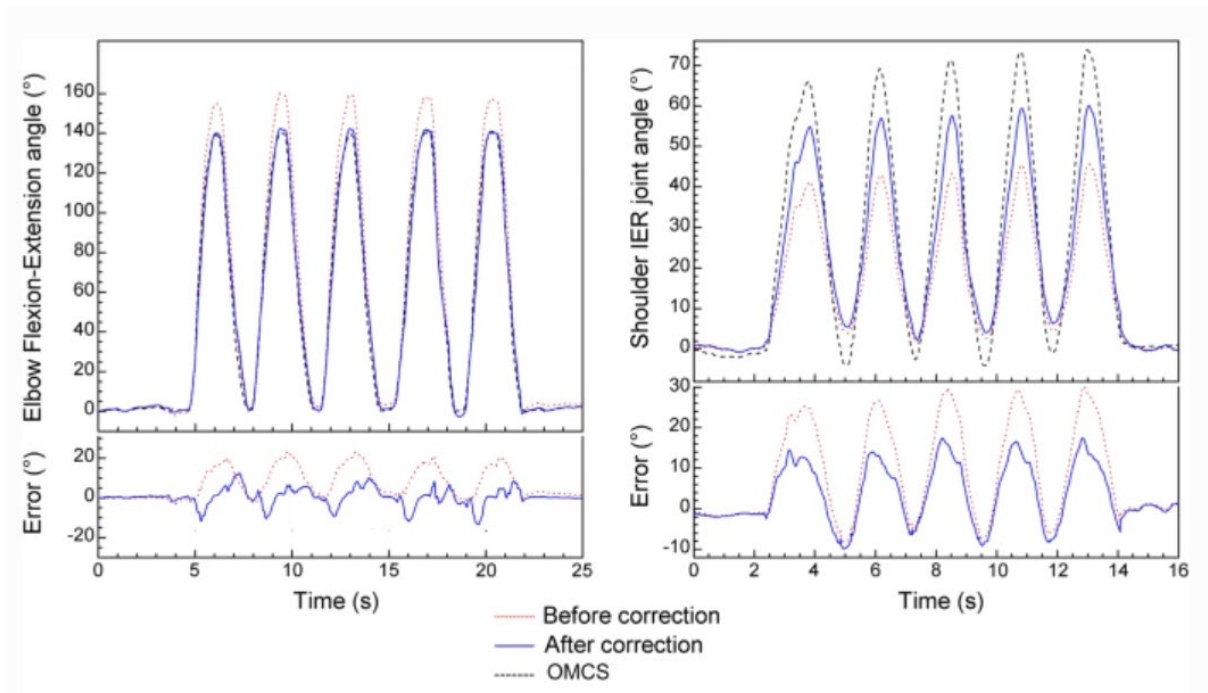
Sensor IMU para detectar el ángulo de la pelvis



Calibración múltiple con un sensor IMU por segmento para la medición del ángulo de la articulación de la extremidad superior

La red de sensores IMU se puede utilizar para registrar y analizar de forma sincrónica el movimiento y la cooperación de la parte del cuerpo.



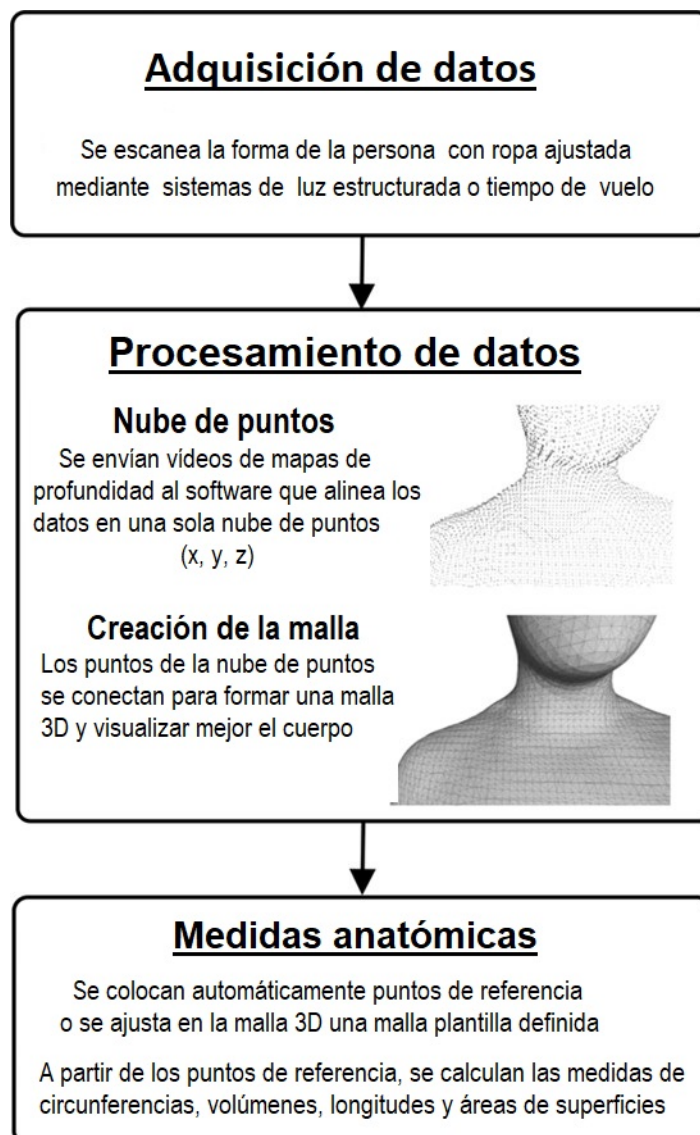


Ejemplo de evaluación de la mejora de la articulación del codo mediante la monitorización con una red de sensores IMU.

Antropometría digital: revisión de los métodos electrónicos y sistemas de medición modernos con registro de datos por ordenador

Los escáneres tridimensionales tienen como objetivo crear una representación de alta calidad de toda la superficie del cuerpo humano mediante métodos ópticos no invasivos. Puesto que dependen de la luz visible o la infrarroja (IR), los escáneres 3D solo capturan información de la superficie del cuerpo. Este tipo de escáner es económico y no implica radiación ionizante, a diferencia de otros métodos de imágenes de todo el cuerpo, como la tomografía computarizada (TC) y la absorciometría con rayos X de doble energía (DXA). Para muchas aplicaciones del día a día, como la estimación del porcentaje de grasa, los escáneres 3D tienen ventajas significativas sobre otras tecnologías más costosas o invasivas.

Desde un punto de vista técnico, la obtención de información útil a partir de escaneados 3D consta de tres pasos: **adquisición de datos**, **procesamiento de datos** y **medición anatómica**.



Tipos de sistemas de adquisición de datos

Escáneres de luz estructurada. Estos sistemas utilizan patrones controlados de luz IR o visible proyectados a través del campo de visión de la imagen. Una o más cámaras miden las deformaciones que se producen en el patrón de luz sobre los objetos (por ejemplo, un cuerpo humano). Esta información sobre la deformación se puede utilizar para calcular la distancia por píxel entre la cámara y el objeto y de ese modo crear una imagen de profundidad mediante triangulación geométrica.

Escáneres de tiempo de vuelo (ToF). Estos sistemas también emplean luz (visible o IR) y la grabación de imágenes mediante un dispositivo de carga acoplada o sensores semiconductores complementarios de óxido metálico (CCD y CMOS). Sin embargo, en lugar de medir las deformaciones del patrón, los escáneres ToF cuantifican el tiempo de ida y vuelta (RTT) que tardan los fotones reflejados en llegar al sensor de imagen para calcular la profundidad. La tecnología ToF se utilizaba principalmente con fines arquitectónicos y topográficos, pero ahora se ha vuelto más accesible con la introducción de la segunda generación de Microsoft Kinect. Esta tecnología también se utiliza en el escáner Styku S100 (Styku, LLC, Los Angeles, CA).

Comparación de la tecnología de escaneado

En general, los sensores de luz estructurada han experimentado un mayor desarrollo debido a que utilizan componentes relativamente económicos (es decir, fuente de luz IR, sensores de imagen rojo-verde-azul convencionales). Varios fabricantes ofrecen sensores de luz IR estructurada por varios cientos de dólares. La técnica está bien caracterizada y ha demostrado ser altamente fiable. Una desventaja de los sensores de luz estructurada es el desafío que supone la interferencia de múltiples dispositivos cuando se utilizan muchos sensores en paralelo. La superposición entre los patrones de luz de cada sensor introduce ruido en las mediciones de profundidad.

Históricamente, la tecnología ToF ha sido menos accesible por la necesidad de circuitos especializados de alta velocidad. Los sensores ToF suelen ofrecer una tasa alta de fotogramas y una medición de la profundidad real en cada píxel, mientras que los escáneres de luz estructurada pueden requerir cierto grado de interpolación en áreas que no cubra el patrón de luz. Sin embargo, los sensores ToF suelen tener una resolución espacial significativamente más baja que los sensores de luz estructurada de precio similar debido a que necesitan una velocidad de lectura de datos mucho más elevada.

Existen otras tecnologías que también se han aplicado para escanear la superficie corporal en 3D, incluido el escáner de láser de línea y el de ondas milimétricas. Estas tecnologías se han adoptado principalmente en aplicaciones industriales y de seguridad, ya que su coste más elevado impide su uso generalizado en entornos orientados a la salud.

Conclusiones comparativas de los sistemas de medición clásicos y modernos: importancia de la precisión, la fiabilidad y la validez de los datos antropométricos

Cuando los estudios requieren recopilar datos antropométricos para el diseño de nuevos productos es muy importante asegurar que los resultados reflejen adecuadamente las características de la población que se estudia. A pesar de la importancia de la precisión, la fiabilidad y la validez de los datos antropométricos, los informes sobre mediciones físicas en poblaciones de personas no suelen incluir estimaciones de los errores de medición. La fiabilidad y la representación adecuada de la realidad también son cruciales cuando se utilizan nuevas técnicas y equipos de medición. En este caso es muy importante que los resultados obtenidos se acerquen al valor real y sean similares a los métodos ya probados. Lo más importante es que, sea cual sea la aplicación o el método utilizado, la medición de la forma humana debe ser práctica y precisa.

Hasta hace poco, las mediciones antropométricas se limitaban a las técnicas manuales tradicionales que utilizan antropómetros, calibres y cintas métricas. Estas técnicas son sencillas de usar y económicas, pero también presentan algunas limitaciones inherentes, entre las que se encuentran la necesidad de observadores capacitados y de una cuidadosa calibración del equipo, la lentitud de la adquisición de mediciones múltiples y la cooperación de los participantes.

Según estudios recientes, la antropometría tradicional suele ser más propensa a errores y presenta coeficientes de correlación más bajos en comparación con otras técnicas de medición.

4. Ideas clave

- Existen estándares para los parámetros y los procedimientos de las mediciones antropométricas.
- El desarrollo de la tecnología facilita las mediciones antropométricas con sistemas electrónicos que permiten el registro automático de datos en sistemas informáticos.
- La introducción de nuevos dispositivos y sistemas de medición debe tener en cuenta ante todo la importancia de la precisión, la fiabilidad y la validez de los datos antropométricos medidos.

5. Referencias

- [1] Babiarczyk B, Turbiarz A. Body Mass Index in elderly people: Do the reference ranges matter? *Prog Health Sci.* 2012;2(1):58–67. 21. Vague J. A determinant factor of the forms of obesity. *Obesity.* 1996;4:201–203.
- [2] Bray GA. Medical consequences of obesity. *J Clin Endocrinol Metab.* 2004;89(6): 2583–2589. <http://press.endocrine.org/doi/full/10.1210/jc.2004-0535>.
- [3] Lee JS, Aoki K, Kawakubo K, Gunji A. A study on indices of body fat distribution for screening for obesity. *J Occup Health.* 1995;37:9–18.
- [4] Hsieh SD, Yoshinaga H. Abdominal fat distribution and coronary heart disease risk factors in men-waist/height ratio as a simple and useful predictor. *Int J Obes Relat Metab Disord.* 1995;19(8):585–589.
- [5] Ashwell M, Lejeune S, McPherson K. Ratio of waist circumference to height may be better indicator of need for weight management. *BMJ.* 1996;312(7027):377.
- [6] Browning LM, Hsieh SD, Ashwell M. A systematic review of waist-to-height ratio as a screening tool for the prediction of cardiovascular disease and diabetes: 0.5 could be a suitable global boundary value. *Nutr Res Rev.* 2010;23(2):247–269.
- [7] Ashwell M, Hsieh SD. Six reasons why the waist-to-height ratio is a rapid and effective global indicator for health risks of obesity and how its use could simplify the international public health
- [8] Borrell LN, Dallo FJ & White K (2006): Education and diabetes in a racially and ethnically diverse population. *Am J Public Health* 96: 1637– 1642.
- [9] Jones PRM, Rioux M. Three-dimensional surface anthropometry: Applications to the human body. *Opt Laser Eng* 1997; 28(2): 89–117.
- [10] Lerch T, MacGillivray M, Domina T. 3D Laser Scanning: A Model of Multidisciplinary Research. *Journal of Textile and Apparel, Technology and Management* 2007; 5(4): 1–22.
- [11] Scharstein D, Szeliski R. High-accuracy stereo depth maps using structured light. 2003 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2003.
- [12] Zhang ZY. Microsoft Kinect Sensor and Its Effect. *IEEE Multimedia* 2012; 19(2): 4–10.
- [13] Cui Y, Schuon S, Chan D, Thrun S, Theobalt C. 3D shape scanning with a time-of-flight camera 2010 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR); 6 2010; San Francisco, CA, USA IEEE, 2010.
- [14] Salvi J, Fernandez S, Pribanic T, Llado X. A state of the art in structured light patterns for surface profilometry. *Pattern Recogn* 2010; 43(8): 2666–2680.
- [15] Sarbolandi H, Lefloch D, Kolb A. Kinect range sensing: Structured-light versus Time-of-Flight Kinect. *Comput Vis Image Und* 2015; 139: 1–20.
- [16] Horaud R, Hansard M, Evangelidis G, Menier C. An overview of depth cameras and range scanners based on time-of-flight technologies. *Mach Vision Appl* 2016; 27(7): 1005–1020.
- [17] Congdon NG, Youlin Q, Quigley H, Hung PT, Wang TH, Ho TC & Tielsch JM (1997): Biometry and primary angle-closure glaucoma among Chinese, white, and black populations. *Ophthalmology* 104: 1489– 1495.

- [18] Eysteinnsson T, Jonasson F, Arnarsson A, Sasaki H & Sasaki K (2005): Relationships between ocular dimensions and adult stature among participants in the Reykjavik Eye Study. *Acta Ophthalmol Scand* 83: 734– 738.
- [19] Jonas JB, Xu L & Wang YX (2009): The Beijing Eye Study. *Acta Ophthalmol* 87: 247– 261.
- [20] Lee KE, Klein BE, Klein R, Quandt Z & Wong TY (2009): Association of age, stature, and education with ocular dimensions in an older white population. *Arch Ophthalmol* 127: 88– 93.
- [21] Lim MC, Lim LS, Gazzard G, Husain R, Chan YH, Seah SK & Aung T (2006): Lens opacity, thickness, and position in subjects with acute primary angle closure. *J Glaucoma* 15: 260– 263.
- [22] Mohan V, Shanthirani CS & Deepa R (2003): Glucose intolerance (diabetes and IGT) in a selected South Indian population with special reference to family history, obesity and lifestyle factors – the Chennai Urban Population Study (CUPS 14). *J Assoc Physicians India* 51: 771– 777.
- [23] Ramrattan RS, Wolfs RC, Hofmann A, Jonas JB & de Jong PTVM (1999): Determinants of optic disk characteristics in a general population. *The Rotterdam Study. Ophthalmology* 106: 1588– 1596.
- [24] Saw SM, Chua WH, Hong CY, Wu HM, Chia KS, Stone RA & Tan D (2002): Height and its relationship to refraction and biometry parameters in Singapore Chinese children. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 43: 1408– 1413.
- [25] Tomidokoro A, Araie M, Iwase A & Tajimi Study Group (2007): Corneal thickness and relating factors in a population-based study in Japan: the Tajimi study. *Am J Ophthalmol* 144: 152– 154.
- [26] Wang YX, Xu L, Jonas JB, Li JJ & Yang H (2008): Non-glaucomatous optic nerve damage and mortality associated in the Beijing Eye Study. *Acta Ophthalmol* 86: 923– 924.
- [27] Wong TY, Foster PJ, Johnson GJ, Klein BE & Seah SK (2001): The relationship between ocular dimensions and refraction with adult stature: the Tanjong Pagar Survey. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 42: 1237– 1242.
- [28] Wu HM, Gupta A, Newland HS, Selva D, Aung T & Casson RJ (2007): Association between stature, ocular biometry and refraction in an adult population in rural Myanmar: the Meiktila eye study. *Clin Experiment Ophthalmol* 35: 834– 839.
- [29] Xu L, Li J, Wang Y & Jonas JB (2007): Anthropomorphic differences between angle-closure and open-angle glaucoma: the Beijing Eye Study. *Acta Ophthalmol Scand* 85: 914– 915.
- [30] "STEPwise approach to surveillance (STEPS)". World Health Organization. 2012.
- [31] "Waist Circumference and Waist-Hip Ratio, Report of a WHO Expert Consultation" (PDF). World Health Organization. 8–11 December 2008.



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.

