

Desarrollo de soluciones de formación innovadoras en el campo de la evaluación funcional dirigidas a la actualización de los planes de estudio de las escuelas de ciencias de la salud



MÓDULO BIOMECÁNICA DE LA MARCHA

Unidad Didáctica D: Análisis instrumentado de la marcha

D.1 ¿Qué protocolos de evaluación biomecánica instrumentada de la marcha existen?



Index

1. OBJECTIVES.....	3
2. VIDEO PRESENTATION PART 1: PHOTOGRAMMETRY.....	video
3. VIDEO PRESENTATION PART 2: ACCELEROMETERS	video
4. VIDEO PRESENTATION PART 3: DYNAMOMETRIC PLATFORMS	video
5. VIDEO PRESENTATION PART 4: INSTRUMENTED INSOLES	video
6. KEY IDEAS	4
7. MAIN REFERENCES	6

1. Objetivos

En esta Unidad Didáctica revisaremos las principales técnicas biomecánicas utilizadas para la evaluación de la marcha a través de técnicas instrumentales. Los objetivos de esta unidad didáctica son:

1. Definir las principales técnicas de evaluación biomecánica para la evaluación de la marcha.
2. Revisar las metodologías y protocolos utilizados para la evaluación de la marcha con las técnicas instrumentales más utilizadas en el campo clínico y de investigación.
3. Revisar los principales resultados que se pueden extraer de la evaluación de la marcha con las principales técnicas instrumentales biomecánicas..

2. Ideas principales

- La marcha humana se puede evaluar con diferentes instrumentos de evaluación biomecánica, que nos permiten objetivar su desempeño y sus déficits.
- La fotogrametría es una técnica para medir variables cinemáticas a partir de imágenes, ya sea de cámaras fotográficas o de video.
- Para realizar un análisis de la marcha con fotogrametría, es necesario instrumentar a la persona evaluada con un modelo biomecánico compuesto por marcadores que indicarán los puntos que componen los segmentos corporales que realizan el movimiento.
- El modelo biomecánico más utilizado para medir la marcha es la Técnica del Sistema Anatómico Calibrado (CAST), que permite analizar la marcha en los tres planos de movimiento.
- Entre las variables clínicas de la marcha que se pueden medir con fotogrametría se encuentran Rango de movimiento de flexión-extensión, rotación interna-externa, abducción-aducción en cada articulación del modelo biomecánico y Ángulos pico, que se refiere al grado máximo de movimiento alcanzado en el curva analizada.
- La aceleración lineal durante la marcha se puede medir con un sistema de acelerómetros y se refiere al cambio en la velocidad lineal en intervalos de tiempo sucesivos. La unidad de aceleración, en el Sistema Internacional de Unidades, es metros por segundo cuadrado (m / s^2), aunque a menudo se puede encontrar expresada en relación de gravedad (g). La aceleración positiva tiene un valor positivo, pero un valor negativo representa una desaceleración.
- El protocolo que utiliza acelerómetros en el análisis de la marcha normalmente consiste en colocar un acelerómetro en el tronco, la cabeza y el segmento tibial. Uno de los puntos más importantes del protocolo es la fijación del acelerómetro en la piel, que debe evitar el movimiento relativo del acelerómetro para representar fielmente la aceleración del segmento a medir.
- Una plataforma de fuerza o una plataforma de fuerza es un equipo para medir las fuerzas de reacción del suelo (GRF) y su punto de aplicación conocido como centro de presión (COP). Es un elemento ampliamente utilizado en la evaluación de la marcha y el equilibrio humanos, así como en varias actividades y funciones humanas.
- Las fuerzas registradas dependerán, como ya hemos dicho, de la velocidad, pero también del peso de la persona valorada. Por eso, para hacer comparaciones entre individuos necesitamos dividir las fuerzas obtenidas por el peso de la persona y así obtener un parámetro adimensional comparable entre sujetos. Por otro lado, el control de la velocidad de la marcha también es necesario entre las pruebas de marcha de la misma condición.

- El vector de fuerza de reacción del suelo tiene tres componentes, en los tres ejes del espacio: a) Componente de fuerza vertical en el eje Z, b) Fuerza anteroposterior en el eje Y, y c) Componente medio-lateral en el eje X .
- Las plantillas instrumentadas para presión plantar son una técnica de análisis cinético que, dentro de las plantillas, cuentan con varios sensores de presión distribuidos estratégicamente, para medir la presión plantar estática y dinámica. Estas plantillas se ubican dentro del calzado de la persona evaluada, por lo que es un equipo portátil y permiten la evaluación de la marcha en condiciones funcionales, es decir, con calzado y en movimiento. La importancia de medir la presión plantar es que las presiones excesivas pueden causar daño tisular.
- En el análisis de las presiones plantares, es más útil estudiar los parámetros para cada zona del pie. Normalmente los dispositivos permiten analizar los resultados de la presión plantar dividida en el talón, mediopié, antepié y zona interna y externa del pie.

3. Referencias principales

Parte 1: Fotogrametría

1. Ali Salah A., Gevers T., Editors. Compute Analysis of Human Behavior. 1st ed. London (England): Springer, 2011.
2. Armand, S., Decoulon, G., Bonnefoy-Mazure, A. (2016) Gait analysis in children with cerebral palsy. EFORT Open Rev, 1.
3. Bauer, JJ., Pavol, MJ., Snow, CM., Hayes, WC. (2007) MRI-derived body segment parameters of children differ from age-based estimates derived using photogrammetry. Journal of Biomechanics, 40, 2904-2910. doi:10.1016/j.jbiomech.2007.03.006.
4. Cappozzo, A., Croce, U. D., Leardini, A., Chiari, L. (2005). Human movement analysis using stereophotogrammetry Part 1: theoretical background. Gait & Posture, 21(2), 186–196. doi:10.1016/j.gaitpost.2004.01.010
5. Chiari, L., Croce, U. D., Leardini, A., Cappozzo, A. (2005). Human movement analysis using stereophotogrammetry Part 2: Instrumental errors. Gait & posture, 21(2), 197-211. doi:10.1016/j.gaitpost.2004.04.004
6. Croce, U. D., Leardini, A., Chiari, L., Cappozzo, A. (2005). Human movement analysis using stereophotogrammetry Part 4: assessment of anatomical landmark misplacement and its effects on joint kinematics. Gait & posture, 21(2), 226-237. doi:10.1016/j.gaitpost.2004.05.003.
7. Leardini, A., Chiari, L., Croce, U. D., & Cappozzo, A. (2005). Human movement analysis using stereophotogrammetry Part 3. Soft tissue artifact assessment and compensation. Gait & Posture, 21(2), 212-225. doi:10.1016/j.gaitpost.2004.05.002
8. Lee, EH., Goh, JC., Bse K. (1992) Value of gait analysis in the assessment of surgery in cerebral palsy. Arch Phys Med Rehabil, 73(7), 642-6.
9. Lu, T.-W., & Chang, C.-F. (2012). Biomechanics of human movement and its clinical applications. The Kaohsiung Journal of Medical Sciences, 28(2), S13–S25. doi:10.1016/j.kjms.2011.08.004
10. Monk A. P. , Van Oldernrijk J. , Riley Nicholas D. , Gill H.S., Murray D. W. (2016). Biomechanics of the lower limb. Surgery, 34(9), 427-435. doi:10.1016/j.mpsur.2016.06.007
11. Pueo, B., Jimenez-Olmedo JM. (2017). Application of motion capture technology for sport performance analysis. El uso de la tecnología de captura de movimiento para el análisis del rendimiento deportivo. Retos, 32(2), 241-247.

12. Pantzar-Castilla, E., Cereatti, A., Figari, G., Valeri, N., Paolini, G., Della Croce, U., Magnuson, A., Riad, J. (2018) Knee joint sagittal plane movement in cerebral palsy: a comparative study of 2-dimensional markerless video and 3-dimensional gait analysis. *Acta Orthopaedica*, 89(6), 656-661. DOI 10.1080/17453674.2018.1525195.
13. Richards J., Editor. *The Comprehensive Textbook of Clinical Biomechanics*. 2nd ed. Preston (UK): Elsevier, 2018.
14. Sandau, M., Koblauch, H., Moeslund, T. B., Aanæs, H., Alkjær, T., & Simonsen, E. B. (2014). Markerless motion capture can provide reliable 3D gait kinematics in the sagittal and frontal plane. *Medical Engineering & Physics*, 36(9), 1168–1175. doi:10.1016/j.medengphy.2014.07.007
15. Schenk, T. (2005). *Introduction to photogrammetry*. The Ohio State University, Columbus, 106.
16. Zuk, M., Pezowicz, C. (2015) Kinematic Analysis of a Six-Degrees-of-Freedom Model Based on ISB Recommendation: A Repeatability Analysis and Comparison with Conventional Gait Model. *Applied Bionics and Biomechanics*, 503713. doi: 10.1155/2015/503713.

Parte 2: Acelerometría

1. Brodie M., Beijer T., Canning C. and Lord S. Head and pelvis stride-to-stride oscillations in gait: validation and interpretation of measurements from wearable accelerometers. *Physiol. Meas.* 36 (2015) 857–872.
2. Godfrey A., Del Din S., Barry G., Mathers J.C., and Rochester L. Instrumenting gait with an accelerometer: A system and algorithm examination. *Med Eng Phys.* 2015 Apr; 37(4): 400–407.
3. Jarchi D., Pope J., Lee T.K. M., Tamjidi L., Mirzaei A. and Sanei S. A review on accelerometry based gait analysis and emerging clinical applications. *EEE Rev. Biomed. Eng.*, vol. 11, pp. 177–194,2018.
4. Lafortune M. Three-dimensional acceleration of the tibia during walking and running. *J. Biomechanics* Vol. 24, Nº 10, pp. 877-886, 1991.
5. Richards J., Editor. *The Comprehensive Textbook of Clinical Biomechanics*. 2nd ed. Preston (UK): Elsevier, 2018.
6. Salah A., Gevers T., Editors. *Compute Analysis of Human Behavior*. 1st ed. London (England): Springer, 2011.
7. Sant'Anna A., Wickstrin N. Developing a Motion Language: Gait Analysis from accelerometers sensor systems. 3rd International Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare, London, 1-3 April, 2009, pp. 1-8. 108 (2012) 715-723

8. Sinclair J., Hobbs S., Protheroe L., Edmundson C., Greenhalgh A. Determination of gait events using an externally mounted shank accelerometer. *Journal of Applied Biomechanics*, 2013, 29, 118-122.
9. Woodford, Chris. Accelerometers. [cited 2020 January]. Web site available: <https://www.explainthatstuff.com/accelerometers.html>.
10. Tao W., Liu T., Zheng R., Feng H. Gait Analysis Using Wearable Sensors. *Sensors* 2012, 12(2), 2255-2283.
11. Yang M., Zheng H., Wang H. McClean S., Newell D. iGait: An interactive accelerometer based gait analysis system. *Compute methods and programs in biomedicine* 108 (2012) 715-723.

Parte 3:Plataforma dinamométricas

1. Ali Salah A., Gevers T., Editors. *Compute Analysis of Human Behavior*. 1st ed. London (England): Springer, 2011.
2. Azadian E., Majlesi M., Jafarnezhadgero A.A. The effect of working memory intervention on the gait patterns of the elderly. *Journal of Bodywork & Movement Therapies* 22 (2018) 881e887.
3. Claudiane Arakaki Fukuchi, Reginaldo Kisho Fukuchi and Marcos Duarte. Effects of walking speed on gait biomechanics in healthy participants: a systematic review and meta-analysis. *Systematic Reviews* (2019) 8:153.
4. G. Ryckewaert, A. Delval, S. Bleuse, J.-L. Blatt, L. defebvre. Biomechanical mechanisms and centre of pressure trajectory during planned gait termination. *Neurophysiologie Clinique/Clinical Neurophysiology* (2014) 44, 227—233.
5. Hadar Shauliana, Deborah Solomonow-Avnona, Amir Hermanb, Nimrod Rozenc, Amir Haima, Alon Wolfa. The effect of center of pressure alteration on the ground reaction force during gait: A statistical model. *Gait & Posture* 66 (2018) 107–113.
6. Lucia Bizovska, Zdenek Svoboda, Patrik Kutilek, Miroslav Janura, Ales Gaba. Variability of centre of pressure movement during gait in young and middle-aged women. *Gait & Posture* 40 (2014) 399–402.
7. Moon-Seok Kwon, Yu-Ri Kwon, Yang-Sun Park, Ji-Won. Comparison of gait patterns in elderly fallers and non-fallers. *Technology and Health Care* 26 (2018) S427–S436.
8. Richards J., Editor. *The Comprehensive Textbook of Clinical Biomechanics*. 2nd ed. Preston (UK): Elsevier, 2018.
9. Sánchez J., Prat J., Hoyos J., Viosca E., Soler C., Comín M., Lafuente R., Cortés A., Vera P. *Biomecánica de la marcha normal y patológica*. Valencia, España: Instituto de Biomecánica de Valencia, 1993.

10. Sławomir Winiarski, Alicja Rutkowska-Kucharska. Estimated ground reaction force in normal and pathological gait. Acta of Bioengineering and Biomechanics Vol. 11, No. 1, 2009.
11. Todd C. Pataky, Mark A. Robinson, Jos Vanrenterghem, Russell Savage, Karl T. Bates, Robin H. Crompton. Vector field statistics for objective center-of-pressure trajectory analysis during gait, with evidence of scalar sensitivity to small coordinate system rotations. Gait & Posture 40 (2014) 255–258.
12. Vipul Lugade and Kenton Kaufman. Center of Pressure Trajectory during Gait: A Comparison of Four Foot Positions. Gait Posture. 2014 May ; 40(1): 252–254.
13. Zdenek Svoboda, Lucia Bizovska, Miroslav Janura, Eliska Kubonova, Katerina Janurova, Nicolas Vuillerme. Variability of spatial temporal gait parameters and center of pressure displacements during gait in elderly fallers and nonfallers: A 6-month prospective study. PLoS One. 2017 Feb 27;12(2):e0171997.

Parte 4: Plantillas Instrumentadas

1. Béseler M.R., Grao C.M., Gil Á. y Martínez Lozano M.D.. Valoración de la marcha mediante plantillas instrumentadas en pacientes con espasticidad de miembros inferiores tras infiltración con toxina botulínica. Neurología. 2012;27(9):519–530.
2. Brus S.A, Waaijman R. The value of reporting pressure–time integral data in addition to peak pressure data in studies on the diabetic foot: A systematic review. Clin Biomech (Bristol, Avon). 2013 Feb;28(2):117-21.
3. Dyer Philip S. and Morris Stacy J. Bamberg. Instrumented Insole vs. Force Plate: A Comparison of Center of Plantar Pressure. Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc. 2011;2011:6805-9.
4. Instituto de Biomecánica de Valencia (IBV). Biofoot/IBV Manual de Usuario. Séptima versión. Valencia, España: Instituto de Biomecánica de Valencia, 2012.
5. Lin Shu, Tao Hua, Yangyong Wang, Qiao Li, David Dagan Feng, and Xiaoming Tao. In-Shoe Plantar Pressure Measurement and Analysis System Based on Fabric Pressure Sensing Array. IEEE Trans Inf Technol Biomed. 2010 May;14(3):767-75.
6. Martínez A., Sánchez Ruiza, M. Barrés Carsíb, C. Pérez Lahuerta, A. Guerrero Alonsoc y C. Soler Gracia. A new diagnostic and therapeutic diagnostic method of the foot disease based on biofoot/ibv instrumented insoles. Rehabilitación Vol. 37. Núm. 5. Páginas 240-251 (Enero 2003).
7. Martínez-Nova A., Sánchez-Rodríguez R., Cuevas García J.C. Patrón de presiones plantares en el pie normal: Análisis mediante sistema Biofoot de plantillas instrumentadas. El Peu 2006;26(4):190-194.
8. Martínez-Novaa A., Cuevas-Garcíaa J.C., Sánchez-Rodrígueza R., Pascual-Huertab J., Sánchez-Barrado E. Study of plantar pressure patterns by means of instrumented insoles in subjects with hallux valgus. Revista Española de Cirugía Ortopédica y

Traumatología (English Edition). Volume 52, Issue 2, March–April 2008, Pages 94-98.

9. Martínez-Nova A., Sánchez-Rodríguez R., Leal-Muro A., Pedrera-Zamorano J.D. Dynamic Plantar Pressure Analysis and Midterm Outcomes in Percutaneous Correction for Mild Hallux Valgus. *J. Orthop Res.* 2011 Nov;29(11):1700-6.
10. Nurul Amziah, Yunus, Izhal Abdul Halin, Nasri Sulaiman, Noor Faezah Ismail, Ong Kai Sheng. Valuation on MEMS Pressure Sensors and Device Applications. *World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Electronics and Communication Engineering* Vol:9, No:8, 2015.
11. Richards J., Editor. *The Comprehensive Textbook of Clinical Biomechanics*. 2nd ed. Preston (UK): Elsevier, 2018.
12. Wertsch J., Webster J., Tompkins W. A portable insole plantar pressure measurement system. *Journal of Rehabilitation Research and Development* Vol. 29 No. 1, 1992 Pages 13-18.



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.

