

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



Moduł Biomechanika chodu

Jednostka dydaktyczna D: Oprzyrządowana analiza chodu

D.1 Jakie istnieją protokoły instrumentalnej oceny biomechaniki chodu?



SPIS TREŚCI

1. CELE	
2. PREZENTACJA WIDEO CZĘŚĆ 1: FOTOGRAMETRI (video 1)	
3. PREZENTACJA WIDEO CZĘŚĆ 2: AKCELEROMETRY (video 2)	
4. PREZENTACJA WIDEO CZĘŚĆ 3: PLATFORMY DYNAMOMETRYCZNE (video 3)	
5. PREZENTACJA WIDEO CZĘŚĆ 4: WKŁADKI UCISKOWE Z OPRZYRZĄDOWANIEM (video 4)	
6. KLUCZOWE IDEE.....	4
7. GŁÓWNE ODNOSNIKI.....	6

1. Cele

W tej jednostce dydaktycznej dokonamy przeglądu głównych technik biomechanicznych stosowanych do oceny chodu za pomocą technik instrumentalnych. Celami tej jednostki dydaktycznej są:

1. Zdefiniowanie głównych technik oceny biomechanicznej dla oceny chodu.
2. Przegląd metodologii i protokołów stosowanych do oceny chodu z wykorzystaniem najczęściej używanych technik instrumentalnych w dziedzinie klinicznej i badawczej.
3. Przegląd głównych wyników / rezultatów, które mogą być uzyskane z oceny chodu przy użyciu głównych biomechanicznych technik instrumentalnych.

2. Kluczowe idee

- Chód człowieka może być oceniany za pomocą różnych instrumentów oceny biomechanicznej, które pozwalają na obiektywizację jego sprawności i deficytów.
- Fotogrametria jest techniką pomiaru zmiennych kinematycznych z obrazów, zarówno z aparatów fotograficznych jak i kamer wideo.
- Aby przeprowadzić analizę chodu za pomocą fotogrametrii, konieczne jest oprzyrządowanie osoby ocenianej w model biomechaniczny składający się z markerów, które wskażą punkty tworzące segmenty ciała wykonujące ruch.
- Najczęściej stosowanym modelem biomechanicznym do pomiaru chodu jest Calibrated Anatomical System Technique (CAST), który pozwala na analizę marszu w trzech płaszczyznach ruchu.
- Wśród klinicznych zmiennych chodu, które mogą być mierzone za pomocą fotogrametrii są zakres ruchu zgięcia-wyprostu, rotacji wewnętrznej-zewnętrznej, abdukcji-addukcji w każdym stawie modelu biomechanicznego oraz kąty Peak, które odnoszą się do maksymalnego stopnia ruchu osiągniętego w analizowanym łuku.
- Przyspieszenie liniowe podczas chodu jest możliwe do zmierzenia za pomocą systemu akcelerometrycznego i odnosi się do zmiany prędkości liniowej w kolejnych przedziałach czasowych. Jednostką przyspieszenia, w Międzynarodowym Układzie Jednostek, jest metr na sekundę do kwadratu (m/s^2), chociaż często można je znaleźć wyrażone we współczynniku grawitacji (g). Przyspieszenie dodatnie ma wartość dodatnią, natomiast wartość ujemna oznacza spowolnienie.
- Protokół wykorzystujący akcelerometry w analizie chodu zazwyczaj składa się z przymocowania akcelerometru do tułowia, głowy i segmentu piszczelowego. Jednym z najważniejszych punktów protokołu jest zamocowanie akcelerometru na skórze, co musi zapobiegać względnym ruchom akcelerometru, aby wiernie odwzorować przyspieszenie mierzonego segmentu.
- Platforma siłowa lub płyta siłowa jest urządzeniem służącym do pomiaru sił reakcji podłoża (GRF) oraz ich punktu przyłożenia, znanego jako środek nacisku (COP). Jest to element szeroko stosowany w ocenie chodu i równowagi człowieka, a także w wielu czynnościach i funkcjach życiowych.
- Zarejestrowane siły będą zależały, jak już powiedzieliśmy, od prędkości, ale także od wagi osoby ocenianej. Dlatego też, aby dokonać porównań pomiędzy osobami, musimy podzielić uzyskane siły przez wagę osoby i w ten sposób uzyskać porównywalny bezwymiarowy parametr pomiędzy badanymi. Z drugiej strony, kontrola prędkości chodu jest również konieczna pomiędzy próbami chodu w tym samym stanie.

- Wektor siły reakcji podłoża ma trzy składowe, w trzech osiach przestrzeni: a) Pionowa składowa siły w osi Z, b) Przednio-tylna składowa siły w osi Y, oraz, c) Przyśrodkowo-boczna składowa w osi X.
- Oprzyrządowane wkładki do pomiaru nacisku na stopę są techniką analizy kinetycznej, która wewnątrz wkładki posiada kilka czujników ciśnienia rozmieszczonych strategicznie, w celu pomiaru statycznego i dynamicznego nacisku na stopę. Te wkładki są umieszczone wewnątrz obuwia osoby ocenianej, więc jest to przenośny sprzęt i pozwalają na ocenę chodu w warunkach funkcjonalnych, to znaczy, z obuwem i w ruchu. Znaczenie pomiaru nacisku podszwowego polega na tym, że nadmierne naciski mogą powodować uszkodzenia tkanek.
- W analizie nacisków na stopę, bardziej przydatne jest badanie parametrów dla każdego obszaru stopy. Zazwyczaj urządzenia pozwalają na analizę wyników nacisku podszwowego w rozbiciu na piętę, śródstopie, przodostopie oraz wewnętrzny i zewnętrzny obszar stopy.

3. Bibliografia

Część 1: Fotogrametria

- [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.

Część 2: Przyspieszeniomierze - Akcelerometry

- [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, N° 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.

Część 3: Platformy dynamometryczne

- [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.

Część 4: Wkładki z uciskowe oprzyrządowaniem

- [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 Carsib, 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.



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.

