

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



Modul Biomechanik des Gehens

Didaktische Einheit D: Instrumentierte Analyse der Gangart

D.1 Welche Protokolle für die biomechanische instrumentelle Ganguntersuchung gibt es?



Index

1. ZIELE	3
2. VIDEO-PRÄSENTATION TEIL 1: FOTOGRAMMETRIE.....	1
3. VIDEO-VORSTELLUNG TEIL 2: BESCHLEUNIGUNGSMESSGERÄTE.....	2
4. VIDEOPRÄSENTATION TEIL 3: DYNAMOMETRISCHE PLATFORMEN.	3
5. VIDEO-VORSTELLUNG TEIL 4: INSTRUMENTIERTE INSOLEN.....	4
6. SCHLÜSSELIDEEN	4
7. HAUPTREFERENZEN	6

1. Ziele

In dieser didaktischen Einheit werden wir die wichtigsten biomechanischen Techniken, die für die Bewertung des Gangs verwendet werden, anhand von instrumentellen Techniken überprüfen. Die Ziele dieser didaktischen Einheit sind:

1. Definition der wichtigsten biomechanischen Bewertungstechniken für die Beurteilung des Gangs.
2. Überprüfung der Methoden und Protokolle, die für die Gangbewertung verwendet werden, mit den am häufigsten verwendeten instrumentellen Techniken im klinischen und Forschungsbereich.
3. Überprüfung der wichtigsten Ergebnisse / Resultate, die aus der Gangbeurteilung mit den wichtigsten biomechanischen Instrumentaltechniken extrahiert werden können.

2. Wichtige Ideen

- Der menschliche Gang kann mit verschiedenen biomechanischen Bewertungsinstrumenten beurteilt werden, die es uns ermöglichen, seine Leistung und Defizite zu objektivieren.
- Die Photogrammetrie ist eine Technik zur Messung kinematischer Größen aus Bildern, entweder von Foto- oder Videokameras.
- Um eine Ganganalyse mit Photogrammetrie durchzuführen, ist es notwendig, die untersuchte Person mit einem biomechanischen Modell zu instrumentieren, das aus Markern besteht, die die Punkte anzeigen, aus denen die Körpersegmente bestehen, die die Bewegung ausführen.
- Das am häufigsten verwendete biomechanische Modell zur Messung des Gangs ist die Calibrated Anatomical System Technique (CAST), die es ermöglicht, den Gang in den drei Bewegungsebenen zu analysieren.
- Zu den klinischen Gangvariablen, die mit der Photogrammetrie gemessen werden können, gehören der Bereich der Flexions-Extensions-Bewegung, die Innen- und Außenrotation, die Abduktion-Adduktion in jedem Gelenk des biomechanischen Modells und der Peak-Winkel, der sich auf den maximalen Bewegungsgrad bezieht, der in der analysierten Kurve erreicht wird.
- Die lineare Beschleunigung während des Gangs kann mit einem Beschleunigungsmessersystem gemessen werden und bezieht sich auf die Änderung der linearen Geschwindigkeit über aufeinanderfolgende Zeitintervalle. Die Einheit der Beschleunigung ist im internationalen Einheitensystem Meter pro Sekunde zum Quadrat (m/s^2), obwohl sie oft auch in der Schwerkraft (g) ausgedrückt wird. Positive Beschleunigungen haben einen positiven Wert, während ein negativer Wert eine Verlangsamung darstellt.
- Das Protokoll zur Verwendung von Beschleunigungsmessern in der Ganganalyse besteht typischerweise aus der Anbringung eines Beschleunigungsmessers am Rumpf, am Kopf und am Tibiassegment. Einer der wichtigsten Punkte des Protokolls ist die Fixierung des Beschleunigungsmessers auf der Haut, die die relative Bewegung des Beschleunigungsmessers verhindern muss, um die Beschleunigung des zu messenden Segments getreu darzustellen.
- Eine Kraftplattform oder Kraftmessplatte ist ein Gerät zur Messung von Bodenreaktionskräften (GRF) und deren Angriffspunkt, bekannt als Druckpunkt (COP). Sie ist ein weit verbreitetes Element bei der Bewertung des menschlichen Gangs und Gleichgewichts sowie bei verschiedenen menschlichen Aktivitäten und Funktionen.
- Die registrierten Kräfte hängen, wie wir bereits gesagt haben, von der Geschwindigkeit, aber auch vom Gewicht der zu bewertenden Person ab. Deshalb

müssen wir, um Vergleiche zwischen Individuen anstellen zu können, die erhaltenen Kräfte durch das Gewicht der Person dividieren und so einen vergleichbaren dimensionslosen Parameter zwischen den Probanden erhalten. Andererseits ist die Kontrolle der Ganggeschwindigkeit auch zwischen Gangversuchen der gleichen Bedingung notwendig.

- Der Bodenreaktionskraftvektor hat drei Komponenten in den drei Raumachsen: a) Vertikale Kraftkomponente in der Z-Achse, b) Anterior-posteriore Kraft in der Y-Achse und c) Medial-laterale Komponente in der X-Achse.
- Die instrumentierten Einlagen für den Plantardruck sind eine kinetische Analysetechnik, bei der im Inneren der Einlagen mehrere Drucksensoren strategisch verteilt sind, um den statischen und dynamischen Plantardruck zu messen. Diese Einlegesohlen befinden sich im Schuhwerk der zu untersuchenden Person, so dass es sich um ein tragbares Gerät handelt, das die Bewertung des Gangs unter funktionellen Bedingungen ermöglicht, d.h. mit Schuhwerk und in Bewegung. Die Bedeutung der Messung des Plantardrucks liegt darin, dass übermäßige Drücke Gewebeschäden verursachen können.
- Bei der Analyse der plantaren Drücke ist es sinnvoller, die Parameter für jeden Bereich des Fußes zu untersuchen. In der Regel erlauben die Geräte die Analyse der Ergebnisse des Plantardrucks aufgeteilt in Ferse, Mittelfuß, Vorfuß und Innen- und Außenbereich des Fußes.

3. Hauptreferenzen

Teil 1: Photogrammetrie

- [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.

Teil 2: Beschleunigungsaufnehmer

- [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.

Teil 3: Dynamometrische Plattformen

- [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.

Teil 4: Instrumentierte Einlagen

- [1] Béseler M.R., Grao C.M., Gil Á. und Martínez Lozano M.D.. Bewertung des Gangs unter Verwendung von instrumentierten Einlagen bei Patienten mit Spastizität der unteren Gliedmaßen nach Botulinumtoxin-Infiltration. *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.



Die Unterstützung der Europäischen Kommission für die Erstellung dieser Veröffentlichung stellt keine Billigung des Inhalts dar, welcher nur die Ansichten der Verfasser wiedergibt, und die Kommission kann nicht für eine etwaige Verwendung der darin enthaltenen Informationen haftbar gemacht werden.