

[PID 6174](#)

Análisis objetivo de la evolución de la descarga de peso mediante el registro de parámetros biomecánicos y electrofisiológicos

ATUM, Yanina Verónica

Autor: Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Entre Ríos. Ruta provincial 11, km 10, Oro Verde, Entre Ríos, Argentina

Contacto: yatum@ingenieria.uner.edu.ar

Resumen

En el ámbito de la rehabilitación motora la descarga del peso corporal durante el apoyo bipodal es crucial en el periodo de recuperación de pacientes ortopédicos que presentan distintas patologías en los miembros inferiores. Durante el proceso de rehabilitación se producen cambios en el sistema osteoartromuscular y en el sistema nervioso central, ya que es este último el que tiene que reentrenar o reaprender las funcionalidades que se perdieron o comprometieron. Las técnicas para la medición de la descarga de peso que se utilizan en la actualidad en el ámbito clínico de la región son muy subjetivas y las alternativas del ámbito de investigación son costosas. Esta situación es contemplada por este proyecto en el que se desarrolló un prototipo de herramienta que registra en forma síncrona y confiable, a través de una interface de control, señales biomecánicas utilizando la plataforma Wii de Nintendo y señales electrofisiológicas empleando el amplificador de biopotenciales BioAmp. Además, posee una interfaz de procesamiento y visualización para obtener parámetros relevantes de las señales registradas. La herramienta fue testeada en sujetos sanos y está siendo utilizada en pacientes amputados y con fibromialgia, gracias a la colaboración de distintos actores del ámbito académico y social.

Palabras clave: descarga de peso, señales biomecánicas y señales electrofisiológicas.

Objetivo General

Diseñar y desarrollar una herramienta que permita registrar y analizar simultáneamente señales biomecánicas y electrofisiológicas para estudiar la evolución de la descarga de peso en pacientes durante el proceso de rehabilitación.

Objetivos particulares

- Diseñar la herramienta para el estudio de la descarga de peso.
- Desarrollar un prototipo de la herramienta mencionada.
- Evaluar la herramienta con sujetos sanos.
- Evaluar la herramienta con un grupo de pacientes.
- Compartir el conocimiento adquirido con los distintos actores de la comunidad académica y la sociedad, a través de medios de comunicación adecuados para cada caso.
- Fortalecer la formación de los participantes del proyecto de investigación.

Marco teórico

En el ámbito de la rehabilitación motora la descarga del peso corporal durante el apoyo bipodal es crucial en el periodo de recuperación de pacientes ortopédicos que presentan distintas patologías en los miembros inferiores como artroplastia total de cadera no cementada, osteotomías, fracturas en las piernas o amputaciones. Dependiendo de la patología, la inmovilización, la falta de descarga de peso o la excesiva carga pueden llevar a complicaciones en el proceso de rehabilitación [1][2][3][4]. La medición de la descarga de peso es también importante durante el proceso de rehabilitación de pacientes que presentan patologías neurológicas, tales como accidentes cerebrovasculares, Parkinson, hemiplejía y pacientes con diabetes y neoropatologías periféricas [5][6][7][8]. En estos pacientes es relevante evaluar la simetría en la descarga de peso y la habilidad de transferir la carga de peso de una extremidad a la otra, para lograr una adecuada descarga en la caminata. Anker y sus colaboradores mostraron que el incremento en la asimetría en la descarga de peso produce un incremento en la inestabilidad acompañada de una reducción de la eficiencia en la carga y descarga de la cadera y un incremento compensatorio en el momento del tobillo [9]. Por otra parte, se han realizado estudios que muestran que la realización de ejercicios de descarga de peso mejora el estado de los huesos y músculos de las extremidades, además de favorecer el balance [10][11]. Existen diferentes técnicas para medir la descarga de peso que varían según el campo en el que se esté trabajando. Siguiendo la clasificación propuesta por Hurkmans [1], estos campos corresponden al área clínica, donde se entrena a los pacientes para que aprendan a descargar correctamente el peso y puedan controlar descargas parciales, o al área de investigación científica. Dentro del área de mediciones clínicas se las puede dividir en: técnicas de examen clínico, balanzas de peso corporal comerciales y sistemas de realimentación biológica. En el examen clínico del sujeto, que se define como la observación y/o el examen físico realizado por el terapeuta durante la bipedestación y la caminata, la estimación de la descarga de peso se realiza por observación, palpación del músculo tríceps braquial o mediante el posicionamiento de la mano del terapeuta bajo el pie de la extremidad afectada del sujeto. Los sistemas de realimentación biológica consisten principalmente en monitores de descarga de peso que proveen al sujeto de una realimentación en tiempo real teniendo en cuenta un nivel establecido [1]. En el área de investigación, las mediciones de descarga de peso se realizan mediante plataformas, que son instrumentos fijados al piso que miden la fuerza de reacción de la tierra en uno o varios planos, o bien mediante instrumentos portátiles que poseen sensores que se colocan en el sujeto para tener una medición continua [12]. Las técnicas de examen clínico son subjetivas.

vas y muy dependientes de la experiencia y entrenamiento del terapeuta. Las balanzas que muestran el peso en kilogramos son menos subjetivas pero la falta de precisión y la medición estática son características negativas. Los sistemas de realimentación biológica permiten hacer una medición en situaciones dinámicas, pero la calibración y correcta colocación de los sensores son factores determinantes para su buen funcionamiento. Para este último caso, los costos de los mismos limitan su acceso. El rendimiento de los dispositivos utilizados en las técnicas de mediciones del área de investigación es muy bueno, pero este rendimiento conlleva costos muy elevados y para el caso de las plataformas de fuerza, la infraestructura necesaria es una condicionante adicional importante. Lograr la simetría en la descarga de peso y la transferencia del peso corporal de una extremidad a la otra controlando la postura y el balance, son habilidades que se encuentran disminuidas o ausentes en personas que padecen de patologías como las antes mencionadas. El reentrenamiento o reaprendizaje de las mismas es un proceso complejo que involucra al sistema nervioso central. La actividad nerviosa que se produce durante el proceso de rehabilitación debería poder ser relevada y estudiada a partir del registro del electroencefalograma. Existe evidencia reportada por distintos trabajos de que hay variaciones en la actividad cortical atribuible al aprendizaje motor [13][14][15][16]. También se han encontrado cambios en la modulación de la actividad cortical ante distintas posturas corporales que involucran variaciones en la descarga de peso [17][18][19][20].

Metodología

Haciendo uso de los conocimientos en biomecánica, registro y procesamiento de señales biológicas, electrónica e informática, de los integrantes del equipo de investigación, sumados a los avances en el estado del arte de la temática abordada en el presente proyecto, se procedió con el diseño de una herramienta constituida con el objetivo de poder estudiar la evolución de la descarga de peso de personas que presenten distintos tipos de patologías que afecten la variable en estudio. La herramienta cuenta con una interface, desarrollada con el programa VisualStudio, que es la encargada de controlar los sistemas de adquisición de las señales biomecánicas y electrofisiológicas para obtener los registros y mostrar información obtenida de los mismos, tal como se puede observar en la figura 1.

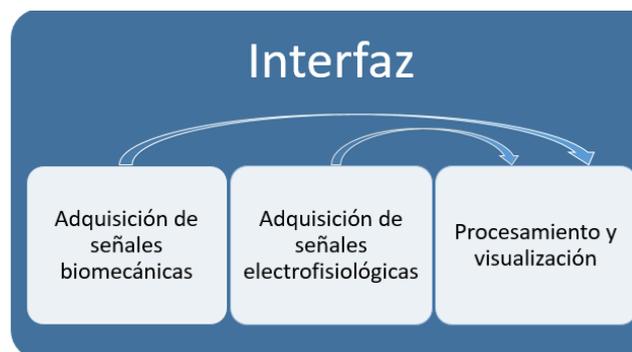


Figura 1: bloques de la herramienta.

En relación a los parámetros biomecánicos, se puede medir en forma continua el centro de presión (COP) y calcular sus variables derivadas (por ejemplo, desvío estándar anteroposterior, desvío estándar medial-lateral, velocidad del COP [21][22], para lo cual se utiliza una plataforma denominada Wii Balance Board, que es un accesorio para la consola Wii de marca Nintendo. Esta plataforma tiene la ventaja de tener un bajo costo, es inalámbrica y dadas sus dimensiones y peso permite su portabilidad. La desventaja que presenta es la baja frecuencia de muestreo y precisión con respecto a una plataforma de fuerza convencional. Varios estudios de comparación de las plataformas Wii con plataformas de fuerza convencionales han demostrado que las Wii son aptas para aplicaciones clínicas [23][24][25][26][27].

Con respecto a las señales electrofisiológicas, se registra el electroencefalograma y el electromiograma de músculos seleccionados. Todas las señales analizadas pueden ser observadas y analizadas en la interface de procesamiento y visualización. Para el registro de las señales electrofisiológicas se utiliza el amplificador de biopotenciales denominado BioAmp desarrollado por el Laboratorio de Prototipado e Impresión 3D de la Facultad de Ingeniería de la UNER. Posteriormente, con el prototipo implementado de la herramienta se generó un protocolo en el que los sujetos debían realizar distintas posturas de balance estático como: postura bipodal con una separación cómoda entre los miembros, unipodal, en punta de pies, etc. Los registros se repitieron sobre el mismo sujeto en dos series el mismo día con algunos minutos de descanso entre ellas y a la semana, ya que se pensó que en su futuro ámbito de utilización sería bueno contar con un relevamiento semanal de las variables registradas de manera de ver la evolución del paciente. Este protocolo fue evaluado y aprobado por el Comité Central de Bioética en la Práctica y en la Investigación Biomédica de la provincia de Entre Ríos.

Para todas las variables cuantitativas obtenidas de los datos generados por la plataforma, se evaluó la confiabilidad intrasesión e inter-sesión. La confiabilidad intrasesión (también llamada consistencia interna) se estima para determinar la repetitividad de las mediciones en un mismo día, comúnmente entre el principio y al final de un experimento. La confiabilidad intersesión (o estabilidad en el tiempo) se mide para establecer cuán estable es una medida pasadas 24 horas o más, pudiendo ser días, semanas o meses, dependiendo del período de tiempo en el que se planea monitorear la evolución de las variables a medir. Existen dos tipos de confiabilidad: la confiabilidad relativa y la confiabilidad absoluta. La confiabilidad relativa se evalúa mediante el coeficiente de correlación intraclase (intraclass correlation coefficient, ICC). El ICC mide el error de medición relativo a la variación (heterogeneidad) entre sujetos [28]. En relación a la confiabilidad absoluta, se mide mediante el coeficiente de variación (coefficient of variation, CV) y el análisis de Bland-Altman. El CV representa el desvío estándar intra-sujeto, (esto es, el desvío estándar de mediciones repetidas sucesivas sobre el mismo sujeto), expresado como un porcentaje de la medida media de dicho sujeto [29]. Por otra parte, el análisis de Bland-Altman está basado en la evaluación de la media contra la diferencia de dos mediciones repetidas en el mismo sujeto. Del análisis normalmente se derivan los límites de concordancia (limits of agreement, LoA), calculados como la diferencia media (llamada sesgo) ± 1.96 veces el desvío estándar de las diferencias entre mediciones. Los LoA delimitan el rango dentro del cual se encuentran el 95% de las diferencias entre mediciones en condiciones normales, lo cual pueden interpretarse como la máxima diferencia esperable entre mediciones debido al error de medición, en ausencia de otros factores [30]. El análisis de confiabilidad realizado sobre las variables obtenidas mostró que era confiable para el propósito que cumple en el proyecto. Los resultados obtenidos en el proyecto hasta la etapa de evaluación de la herramienta con sujetos sanos se presentaron en un congreso [31]. Así mismo, los registros con sujetos sanos se emplearon para realizar actividades prácticas con estudiantes del primer año de las carreras de la FIUNER.

Dado que se logró el registro de señales biomecánicas y electrofisiológicas en forma sincrónica y confiable se continuó con las gestiones necesarias para las pruebas con pacientes. Se trabaja con dos grupos de pacientes que presentan anomalías en los patrones de descarga de peso debidas a las patologías que presentan. El primer grupo es el de los amputados de miembro inferior, que por carecer de algunos o ambos miembros en forma total o parcial, realizan una descarga de peso despareja en el proceso de adaptación a la prótesis que deben utilizar. Con estos pacientes se está trabajando bajo el protocolo presentado y aprobado del proyecto de investigación denominado "Evaluación de la fuerza muscular con y sin prótesis en pacientes con amputación transfemoral", que se desarrolla en el Centro Universitario de Asistencia, Docencia e Investigación dependiente del Instituto Universitario del Gran Rosario (IUGR) bajo la dirección del docente e investigador kinesiólogo Leonardo Intelangelo. El presente proyecto colabora con el proyecto del IUGR brindando una forma alternativa y más integral de medir la descarga de pesos de los pacientes que participan del proyecto. Se realizaron viajes a la ciudad de

Rosario para conocer el Centro donde se desarrolla el proyecto, se realizaron algunas pruebas piloto de la herramienta en el lugar y en una segunda visita se registraron pacientes. Se planean realizar más visitas para continuar con el registro de más pacientes.

El segundo grupo de pacientes con el que se trabaja son los pacientes con fibromialgia, de los cuales se han registrado dificultades en el equilibrio y balance provocadas por esta afección clínica [32][33][34]. El equipo de investigación del presente proyecto colabora con el proyecto PID N° 6190 de la FIUNER en la evaluación de estos pacientes en lo referente a la descarga de peso de los mismos. Distintas instituciones colaboran con el proyecto PID N° 6190 como son el Hospital de la Baxada "Dra. Teresa Ratto", la fundación Centro de Medicina Nuclear de Entre Ríos y la ONG Fibromialgia Entre Ríos Asociación Civil. El protocolo elaborado por personal de las distintas instituciones, evaluado y aprobado por el Comité Central de Bioética en la Práctica y en la Investigación Biomédica de la provincia de Entre Ríos, plantea la evaluación de la descarga de peso en estos pacientes. Próximamente se comenzará con la ejecución de los procesos experimentales propuestos.

En el marco del proyecto y en colaboración también con el proyecto PID N° 6190, se estudió la posibilidad de utilizar la herramienta diseñada para la evaluación de la fuerza de pinzamiento, que presenta valores muy por debajo a los de la descarga de peso. Se realizaron experimentos aplicando fuerzas del orden de los 2kgf mediante algometría manual y a través de un actuador mecánico automatizado, en distintas posiciones de la plataforma Wii y se concluyó que es confiable para la evaluación de este tipo de fuerza. Estos resultados serán presentados en marzo del presente año en el marco del XXII Congreso Argentino de Bioingeniería y XI Jornadas de Ingeniería Clínica.

Resultados

Como resultados de este proyecto se puede establecer que se logró diseñar e implementar una herramienta para el estudio de la descarga de peso que permite el registro de diferentes señales biomecánicas y electrofisiológicas. Esta herramienta fue construida con aporte de los distintos integrantes del equipo de investigación y empleando otros desarrollos de la FIUNER. Se realizaron registros con la herramienta en sujetos sanos respetando el protocolo establecido y aprobado (Figura 2).



Figura 2: evaluación de la herramienta en sujetos sanos.

En las figuras 3, 4 y 5 se muestran ejemplos de los resultados obtenidos de los registros de sujetos sanos para señales biomecánicas como son el centro de presión y las variables derivadas, señales electrofisiológicas como el electroencefalograma y el electromiograma, visualizados a través de la interfaz de procesamiento y visualización de la herramienta implementada.

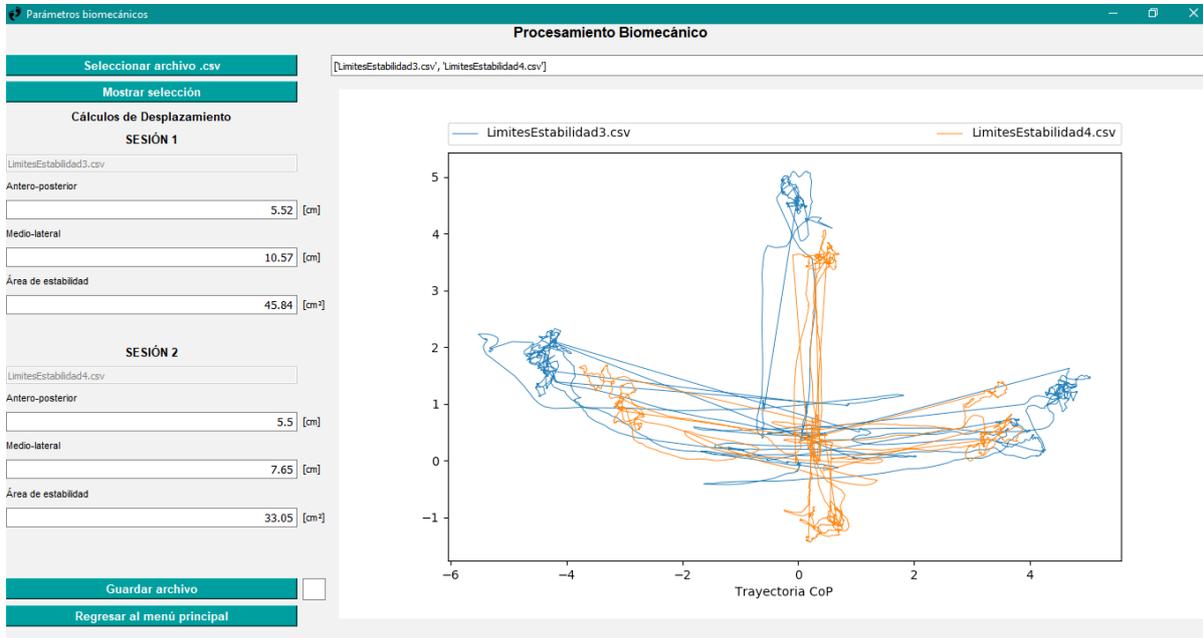


Figura 3: ejemplo de procesamiento y visualización de parámetros biomecánicos.

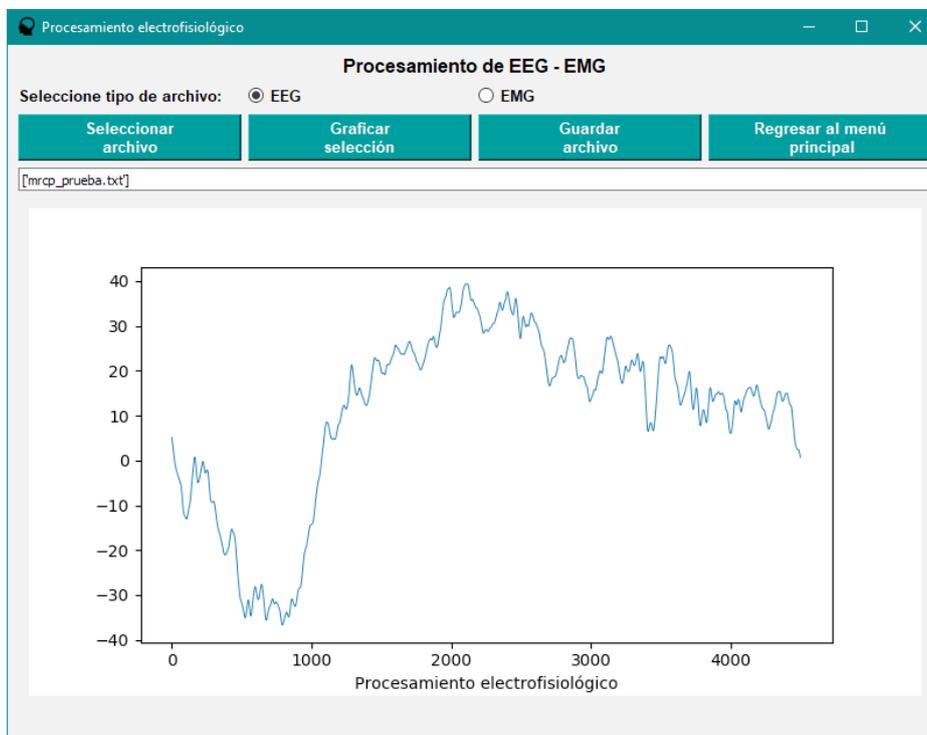


Figura 4: ejemplo de procesamiento y visualización de parámetros derivados de EEG, como son los potenciales corticales lentos relacionados al movimiento.

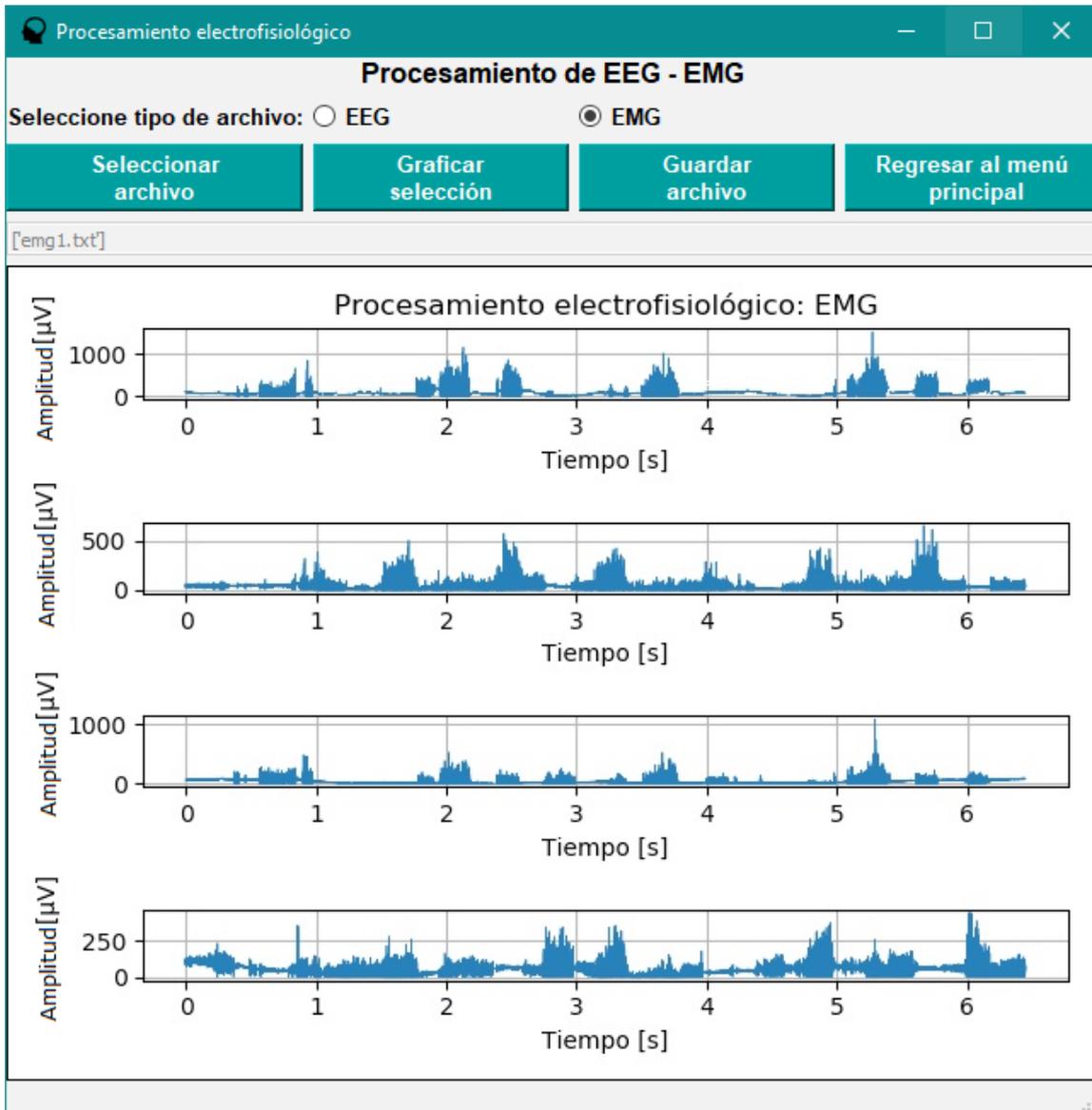


Figura 5: ejemplo de procesamiento y visualización de parámetros derivados de EMG del tibial anterior y del soleo.

La experiencia con los sujetos sanos mostró la potencialidad de la herramienta para su uso con pacientes por lo que se realizaron las gestiones necesarias para dar este paso. La colaboración con el proyecto del IUGR permite el trabajo con pacientes amputados en la evaluación de la descarga de peso. En la figura 6 se muestra un ejemplo de resultados obtenidos con uno de los cuatro pacientes que fueron evaluados hasta el momento, dónde se puede observar la dificultad del paciente para descargar el peso corporal en la extremidad protésica.

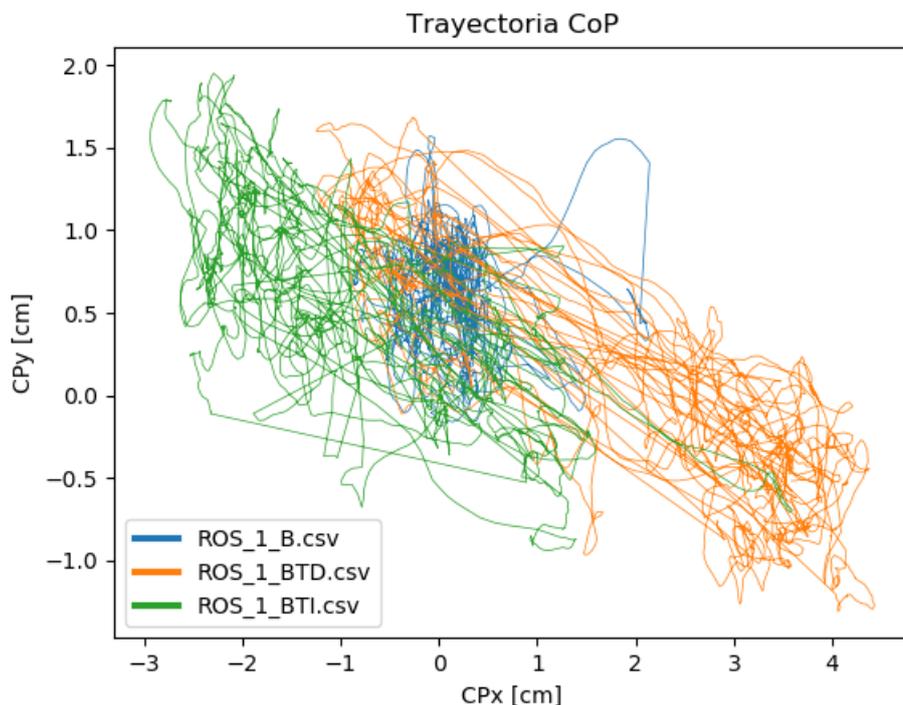


Figura 6: ejemplo de trayectoria del centro de presión de un paciente con amputación de extremidad inferior izquierda con uso de prótesis. B: posición bipodal, BTD: posición bipodal con descarga de peso en pierna derecha, BTI: posición bipodal con descarga de peso en pierna izquierda.

El trabajo conjunto con los integrantes del PID N° 6190 permite utilizar la herramienta en dos líneas de trabajos que son: la evaluación de pacientes con fibromialgia respecto de la descarga de peso y balance, y la cuantificación de la fuerza de pinzamiento abriendo la posibilidad de emplear la herramienta para el seguimiento de procesos de rehabilitación del tren superior. En la primera línea el grado de avance es el protocolo aprobado y en la segunda los resultados obtenidos y prontos a presentar de la evaluación de la herramienta ante fuerzas de poca magnitud.

Por una cuestión de tiempos los resultados obtenidos de la experimentación con pacientes no podrán ser reportados en este proyecto, pero serán parte de lo alcanzado por los proyectos de investigación con los que se está colaborando y se reflejarán y analizarán en publicaciones científicas.

Conclusiones

Este proyecto dio origen a una herramienta de medición de la descarga de peso desde un enfoque más integral considerando diversas señales que genera nuestro organismo y que además trabaja con elementos de costo razonable pensando en su utilización en el ámbito clínico. Aunque se encuentra en una fase de prototipo cuenta con todas las funcionalidades que se plantearon en un origen y las mismas fueron evaluadas en sujetos sanos y están siendo testeadas en pacientes. Se sortearon inconvenientes en lo referente a lo presupuestario provenientes de la situación económica fluctuante y adversa en la que se encuentra nuestro país, con el esfuerzo conjunto de otros dos proyectos de investigación de la FIUNER. La evaluación de la herramienta con pacientes sería imposible sin el trabajo conjunto de distintas instituciones y grupos de investigación que aportan su conocimiento desde su área de experticia y sus recursos en pos de la evaluación de estos pacientes respecto del proceso patológico que los aqueja. Este proyecto constituyó el primer paso de una idea que seguirá su curso a través de los trabajos a futuro que se consignan a continuación.

Trabajos a futuro derivados del proyecto

Se realizarán más visitas al Centro del IUGR para continuar con la evaluación de pacientes amputados. Posteriormente se analizarán los resultados obtenidos que se publicarán con las conclusiones obtenidas.

Se continuará colaborando con el PID N° 6190 en las dos líneas planteadas y se difundirán los resultados alcanzados.

Se continuará con la formación de posgrado con los conocimientos y resultados experimentales obtenidos en el desarrollo del proyecto.

Se escribirán artículos de difusión para compartir el conocimiento adquirido y los hallazgos del proyecto con la comunidad, principalmente con la porción que no tiene acceso al ámbito científico y tecnológico.

Bibliografía

- HURKMANS, H. L. P., Bussmann, J. B. J., Benda, E., Verhaar, J. A. N., y Stam, H. J. (2003). Techniques for measuring weight bearing during standing and walking. *Clinical Biomechanics*, 18(7), 576-589.
- BRIGGS, R. A., Houck, J. R., Drummond, M. J., Fritz, J. M., LaStayo, P. C., y Marcus, R. L. (2017). Asymmetries Identified in Sit-to-Stand Task Explain Physical Function After Hip Fracture. *Journal of Geriatric Physical Therapy*.
- VRIELING, A. H., Van Keeken, H. G., Schoppen, T., Otten, E., Hof, A. L., Halbertsma, J. P. K., y Postema, K. (2008). Balance control on a moving platform in unilateral lower limb amputees. *Gait & posture*, 28(2), 222-228.
- KU, P. X., Osman, N. A. A., & Abas, W. A. B. W. (2014). Balance control in lower extremity amputees during quiet standing: a systematic review. *Gait & posture*, 39(2), 672-682.
- MARIGOLD, D. S., Eng, J. J., y Inglis, J. T. (2004). Modulation of ankle muscle postural reflexes in stroke: influence of weight-bearing load. *Clinical neurophysiology*, 115(12), 2789-2797.
- SACKLEY, C. M., Baguley, B. I., Gent, S., y Hodgson, P. (1992). The use of a balance performance monitor in the treatment of weight-bearing and weighttransference problems after stroke. *Physiotherapy*, 78(12), 907-913.
- CHENG, P. T., Wu, S. H., Liaw, M. Y., Wong, A. M., y Tang, F. T. (2001). Symmetrical body-weight distribution training in stroke patients and its effect on fall prevention. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 82(12), 1650-1654.
- ENG, J. J., y Chu, K. S. (2002). Reliability and comparison of weight-bearing ability during standing tasks for individuals with chronic stroke. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 83(8), 1138-1144.
- ANKER, L. C., Weerdesteyn, V., van Nes, I. J., Nienhuis, B., Straatman, H., y Geurts, A. C. (2008). The relation between postural stability and weight distribution in healthy subjects. *Gait & posture*, 27(3), 471-477.
- HIND, K., y Burrows, M. (2007). Weight-bearing exercise and bone mineral accrual in children and adolescents: a review of controlled trials. *Bone*, 40(1), 14-27.
- TAAFFE, D. R., Snow-Harter, C., Connolly, D. A., Robinson, T. L., Brown, M. D., y Marcus, R. (1995). Differential effects of swimming versus weight-bearing activity on bone mineral status of eumenorrhic athletes. *Journal of Bone and Mineral Research*, 10(4), 586-593.
- NORTH, K., Kubiak, E. N., Rothberg, D. L., Lajevardi-Khosh, A., Petelenz, T. J., Hitchcock, R. W., y Stuart, A. R. (2017). Longitudinal monitoring of patient limb loading throughout ankle fracture rehabilitation using an insole load monitoring system: a case series. *Current Orthopaedic Practice*, 28(2), 223-230
- DEL PERCIO, C., Brancucci, A., Bergami, F., Marzano, N., Fiore, A., Di Ciolo, E., ... y Gallamini, M. (2007). Cortical alpha rhythms are correlated with body sway during quiet open-eyes standing in athletes: a high-resolution EEG study. *Neuroimage*, 36(3), 822-829.

- MA, L., Narayana, S., Robin, D. A., Fox, P. T., & Xiong, J. (2011). Changes occur in resting state network of motor system during 4weeks of motor skill learning. *Neuroimage*, 58(1), 226-233.
- WU, J., Srinivasan, R., Kaur, A., & Cramer, S. C. (2014). Resting-state cortical connectivity predicts motor skill acquisition. *NeuroImage*, 91, 84-90.
- HALSBAND, U., & Lange, R. K. (2006). Motor learning in man: a review of functional and clinical studies. *Journal of Physiology-Paris*, 99(4), 414-424.
- PETROFSKY, J. S., y Khowailed, I. A. (2014). Postural sway and motor control in trans-tibial amputees as assessed by electroencephalography during eight balance training tasks. *Medical science monitor: international medical journal of experimental and clinical research*, 20, 2695.
- OUCHI, Y., Okada, H., Yoshikawa, E., Nobezawa, S., y Futatsubashi, M. (1999). Brain activation during maintenance of standing postures in humans. *Brain*, 122(2), 329-338.
- SLOBOUNOV, S., Hallett, M., Cao, C., y Newell, K. (2008). Modulation of cortical activity as a result of voluntary postural sway direction: an EEG study. *Neuroscience letters*, 442(3), 309-313.
- TSE, Y. Y. F., Petrofsky, J. S., Berk, L., Daher, N., Lohman, E., Laymon, M. S., y Cavalcanti, P. (2013). Postural sway and rhythmic electroencephalography analysis of cortical activation during eight balance training tasks. *Medical Science Monitor*, 19, 176-186.
- PALMIERI, R. M., Ingersoll, C. D., Stone, M. B., & Krause, B. A. (2002). Center-ofpressure parameters used in the assessment of postural control. *Journal of Sport Rehabilitation*, 11(1), 51-66.
- SALAVATI, M., Hadian, M. R., Mazaheri, M., Negahban, H., Ebrahimi, I., Talebian, S., y Parnianpour, M. (2009). Test-retest reliability of center of pressure measures of postural stability during quiet standing in a group with musculoskeletal disorders consisting of low back pain, anterior cruciate ligament injury and functional ankle instability. *Gait & posture*, 29(3), 460-464.
- CASTELLI, L., Stocchi, L., Patrignani, M., Sellitto, G., Giuliani, M., y Prosperini, L. (2015). We-Measure: Toward a low-cost portable posturography for patients with multiple sclerosis using the commercial Wii balance board. *Journal of the neurological sciences*, 359(1), 440-444.
- BONNECHÈRE, B., Jansen, B., Omelina, L., Rooze, M., y Jan, S. V. S. (2014, May). Validation of the Balance Board™ for Clinical Evaluation of Balance Through Different Conditions. En *International Workshop on ICTs for Improving Patients Rehabilitation Research Techniques* (pp. 11-23). Springer Berlin Heidelberg.
- BARTLETT, H. L., Ting, L. H., y Bingham, J. T. (2014). Accuracy of force and center of pressure measures of the Wii Balance Board. *Gait & posture*, 39(1), 224-228.
- LEACH, J. M., Mancini, M., Peterka, R. J., Hayes, T. L., y Horak, F. B. (2014). Validating and calibrating the Nintendo Wii balance board to derive reliable center of pressure measures. *Sensors*, 14(10), 18244-18267.
- CLARK, R. A., Bryant, A. L., Pua, Y., McCrory, P., Bennell, K., y Hunt, M. (2010). Validity and reliability of the Nintendo Wii Balance Board for assessment of standing balance. *Gait & posture*, 31(3), 307-310.
- Weir, J. P. (2005). Quantifying test-retest reliability using the intraclass correlation coefficient and the SEM. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 19(1), 231-240.
- ATKINSON G, Nevill A M (1998) Statistical methods for assessing measurement error (reliability) in variables relevant to sports medicine. *Sports Med* 26: 217- 238.
- BLAND JM, Altman DG (1999) Measuring agreement in method comparison studies. *Stat Methods Med Res* 8: 135-160.
- ATUM, Y., Rettore, R., Godoy, C., Rettore, F., Catalfamo, P., Biurrun, J.(2018). Análisis objetivo de la evolución de la descarga de peso mediante el registro de parámetros biomecánicos y electrofisiológicos: resultados preliminares. En *IV Congreso Argentino de Ingeniería – X Congreso Argentino de Enseñanza de la Ingeniería*. Córdoba. Argentina.
- MUTO, L. H., Sauer, J. F., Yuan, S. L., Sousa, A., Mango, P. C., & Marques, A. P. (2015). Postural control and ba-

lance self-efficacy in women with fibromyalgia: are there differences?. *European journal of physical and rehabilitation medicine*, 51(2), 149-154.

JONES, K. D., Horak, F. B., Winters, K. S., Morea, J. M., & Bennett, R. M. (2009). Fibromyalgia is associated with impaired balance and falls. *Journal of clinical rheumatology: practical reports on rheumatic & musculoskeletal diseases*, 15(1), 16.

SEMPERE-RUBIO, N., López-Pascual, J., Aguilar-Rodríguez, M., Cortés-Amador, S., Espí-López, G., Villarrasa-Sapiña, I., & Serra-Añó, P. (2018). Characterization of postural control impairment in women with fibromyalgia. *PloS one*, 13(5), e0196575.

Indicadores de producción

Presentaciones a Congresos Nacionales

Yanina Atum, Ricardo Rettore, José Biurrún Manresa, and C. Mista “Can the Wii Balance Board be used for rehabilitation assessment and scientific purposes?”

V Congreso Argentino de Ingeniería – X Congreso Argentino de Enseñanza de la Ingeniería en septiembre de 2018. Disponible en: https://cadi.org.ar/wpcontent/uploads/2018/09/4_CADI_y_10_CAEDI_paper_218.pdf.

22 Congreso de Bioingeniería (SABI 2020) http://www.nib.fmed.edu.uy/sitio_nib/Noticias/2021/Abril/SABI2020-Proceedings-todos-los-papers.pdf Numero: 146

Otras actividades

Incorporación de registros del proyecto en actividades de la Cátedra de Fundamentos de programación

PID 6174

Denominación del Proyecto

Análisis objetivo de la evolución de la descarga de peso mediante el registro de parámetros bio-mecánicos y electrofisiológicos.

Director

Mg. Bioing. ATUM, Yanina Verónica

Unidad de Ejecución

Universidad Nacional de Entre Ríos

Dependencia

Facultad de Ingeniería

Área o disciplina científica

Área Temática: Ingenierías y Tecnologías. Disciplina: Otras Ingenierías y tecnologías.

Contacto

yatum@ingenieria.uner.edu.ar

Integrantes del proyecto

José Biurrun Manresa, Paola Catalfamo Formento, Ricardo Rettore y Fabricio Rettore, todos docentes de la FIUNER.

Fechas de iniciación y de finalización efectivas

29 de agosto de 2017 y 28 de febrero de 2020.

Aprobación del Informe Final por Resolución C.S. N° 479/20 (17/12/2021)