



MODIFICACIÓN DEL EXAMEN DEL PÉNDULO PARA LA ARTICULACIÓN DEL CODO SIN EL USO DE DISPOSITIVOS DIFERENTES A LOS COMÚNMENTE UTILIZADOS

Derian D. Espinosa, Luis E. Rodríguez

Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito
Bogotá, Colombia

Resumen

La espasticidad es un desorden común en diferentes enfermedades especialmente aquellas de origen nervios o cerebral, con un amplio impacto poblacional que puede desarrollarse en cualquier extremidad, por lo que se requiere un nuevo método para cuantificar el desarrollo de la espasticidad en cualquiera de estas. Este proyecto propone el uso del examen del péndulo (una prueba solo creada para miembros inferiores) como un método cuantitativo para medir espasticidad en los miembros superiores, con tan solo el uso de dispositivos de uso común en aplicaciones biomecánica y utilizados para este examen en los miembros inferiores. En este artículo, presentamos un protocolo experimental con 20 sujetos sanos, a los cuales se les realizó el examen del péndulo para miembros superiores en 3 diferentes posiciones, en ambos brazos, adquiriendo goniometría de flexo-extensión de codo y la electromiografía (EMG por sus siglas en inglés) de bíceps y tríceps del brazo en el que se realizó la prueba. A los sujetos participantes se les pidió en una encuesta realizada al final de la adquisición, que organizaran de la más cómoda a la menos cómoda, las 3 posiciones en las que se les realizó el examen, dejando a la posición 1 en primer lugar y a la posición 3 en segundo lugar. Estos resultados sugieren que para realizar el examen del péndulo en los miembros superiores en pacientes espásticos deberían utilizarse las posiciones 1 o la 3.

Palabras clave: espasticidad; examen del péndulo; comodidad

Abstract

The spasticity is a common disorder in different disease, especially in those that have a cerebral or nervous origin, with a big demographic impact that can be developed in any extremity, so a new method is required to quantify the development of spasticity in any of those. This paper propose the use of the pendulum test (a test created only to lower limbs) as a quantitative method to measure the spasticity level in the upper limbs, only using normal used devices in biomechanical applications and in this test in the lower limbs. In this paper we present an experimental protocol with 20 healthy subjects, who was made the pendulum test for upper limbs in 3 different positions, in both arms, gaining the data of elbow flexo-extention goniometry and the electromyography (EMG) from the biceps and triceps of the tested arm. The participants were asked in a poll at the end of data acquisition, to rate from the highest to the lowest the comfort of the test postures, leaving the position 1 in first place and 3 in second place. These results suggest that to perform the pendulum test for upper limbs in spastic patients, should be used the position 1 or the 3.

Keywords: *spasticity; pendulum test; comfort*

1. Introducción

La espasticidad es un desorden de control motor y sensorial de los músculos, donde se evidencia una actividad muscular involuntaria continua en el tiempo (Fleuren, 2009). El método clínico más utilizado para medir el progreso de este desorden es a través una manipulación manual de la extremidad afectada utilizando la escala Ashwoth modificada (MAS por sus siglas en inglés) (Bhimani, Peden-McAlpine, Gaugler, & Anderson, 2016; Fleuren, 2009; Fleuren et al., 2011; K. S. Kim, Seo, & Song, 2011; Yeh, Hung, Wang, & Hsu, 2016). Al tratarse de un trabajo manual y personal, los resultados son altamente subjetivos (Bhimani et al., 2016; Fleuren, 2009; J. Kim, Park, & Damiano, 2011; K. S. Kim et al., 2011; Yeh et al., 2016), por esta razón es necesario un método cuantitativo para lograr adquirir mediciones más objetivas, el examen del péndulo es uno de estos métodos. Este consiste en levantar la pierna de un paciente en posición supina, con la rodilla de esta misma pierna en el borde de la camilla, pedir al paciente que se relaje y liberar la pierna dejándola balancear libremente (Bajd & Vodovnik, 1984), normalmente se adquieren registros de goniometría de rodilla y electromiografía (EMG por su sigla en inglés) de los flexores y extensores de la rodilla (Bajd & Vodovnik, 1984; Fleuren, 2009; Nordmark & Andersson, 2002; Yeh et al., 2016). Pero la espasticidad tiene efectos en los miembros inferiores y superiores (Bajd & Vodovnik, 1984), por lo tanto el examen del péndulo en esencia no es suficiente. Chou y Ming proponen en (Lin, Ju, & Lin, 2003) el uso de un dispositivo anclado a una camilla, que permite realizar el examen del péndulo en la articulación del codo, abriendo la posibilidad de utilizar esta prueba en los miembros superiores, pero sugiriendo el uso de un dispositivo volumétrico distinto a los normalmente utilizado para este examen, dando complicaciones adicionales a los especialistas de la salud para realizar este procedimiento.

Este trabajo propone la posibilidad de realizar el examen del péndulo en los miembros superior sin el uso de dispositivos diferentes a los comúnmente implementados. Por otra parte, este estudio permite identificar una óptima posición del paciente para obtener los mejores resultados, las variables biomecánicas más óptimas y sus valores normales.

2. Métodos

Este estudio piloto incluyó tres experimentos para determinar la mejor posición del paciente y las variables biomecánicas a medir en el examen del péndulo para la articulación del codo. En este estudio participaron 20 personas voluntarias saludables con una edad media de 27.1 años y con una variación del 5%, distribuidos de la siguiente manera: 50% mujeres y 50% hombres. El montaje experimental consistió en una camilla y una silla para realizar diferentes posiciones, un electrogoniómetro puesto en la parte lateral del codo y electrodos activos de EMG puestos en bíceps y los tríceps.

Con los sujetos en cada una de las tres posiciones, se levantó el antebrazo del paciente produciendo una posición totalmente horizontal del brazo donde se estaba realizando la prueba, posteriormente le pidió al paciente que se relajara lo más posible, pues la efectividad del examen del péndulo está directamente relacionada con la relajación del paciente (K. S. Kim et al., 2011). Se inicializó la adquisición de datos y posteriormente se liberó el brazo dejándolo balancear libremente hasta llegar al reposo.

Para cada registro se propone medir las siguientes variables, basándose en el modelo del examen del péndulo para la articulación de la rodilla: número de oscilaciones, tiempo de balanceo, $R1$, $R2$ (determinadas con las ecuaciones expuestas en (Nordmark & Andersson, 2002)), velocidad angular máxima, valor medio de EMG, energía de las señales de EMG, valores máximos y mínimos de la raíz cuadrada media (RMS por sus siglas en inglés).

Adicionalmente al final de cada prueba con los voluntarios, se les realizó una encuesta a cada uno, en la que daban su percepción de comodidad para las tres posiciones, la descripción de estas pruebas se encuentran a continuación:

Posición 1: El sujeto está en posición prona sobre una camilla con el hombro del brazo en el que se está realizando la prueba en el borde de la camilla, rotando el mismo hasta que el codo quede a la altura de los hombros, dejando el antebrazo colgando. Esta posición se puede apreciar en la figura 1.



Figura 1: Posición 1

Position 2: El sujeto se sienta en una silla con espaldar a la orilla de la misma, de tal manera que exista una distancia entre el espaldar y la espalda del voluntario. Se rota el hombro del brazo que se evaluará de tal manera que el sujeto recueste el bíceps en el espaldar y el antebrazo quede descolgando. Esta posición se puede ver en la figura 2.



Figura 2: Posición 2

Posición 3: El sujeto se ubica en posición supina sobre una camilla de tal manera que el brazo que será estudiado quede fuera de la camilla y el codo del mismo a la altura de su pecho, al borde de la camilla dejando el antebrazo colgando. Esta posición puede ser vista en la figura 3.



Figura 3: Posición 3

3. Resultados y Discusión

De los tres experimentos se obtuvieron alrededor de 300 registros de EMG y goniómetro, haciendo pruebas en ambos brazos de los voluntarios, cambiando el orden en el que fueron realizadas con respecto a las diferentes posturas y ambos brazos de manera aleatoria.

En la tabla 1 se puede ver la percepción de comodidad de las tres posiciones para cada uno de los participantes del estudio.

Tabla 1: Comodidad de las posiciones en orden decreciente

Sujeto de estudio	Más cómodo	Medianamente cómodo	Incomodo
Sujeto 1	3	1	2
Sujeto 2	3	2	1
Sujeto 3	3	1	2
Sujeto 4	1	3	2
Sujeto 5	3	1	2
Sujeto 6	3	1	2
Sujeto 7	1	3	2
Sujeto 8	1	3	2
Sujeto 9	2	3	1
Sujeto 10	3	1	2
Sujeto 11	3	1	2
Sujeto 12	1	3	2
Sujeto 13	1	3	2
Sujeto 14	1	3	2
Sujeto 15	3	1	2
Sujeto 16	1	3	2
Sujeto 17	1	3	2
Sujeto 18	1	3	2
Sujeto 19	1	3	2
Sujeto 20	1	3	2

Los resultados de la percepción de comodidad generalmente muestran como la más cómoda a la posición 1, como moderadamente cómoda a la posición 3 y como incomoda a la posición 2, esto se puede apreciar mejor en el diagrama de barras de la figura 4.

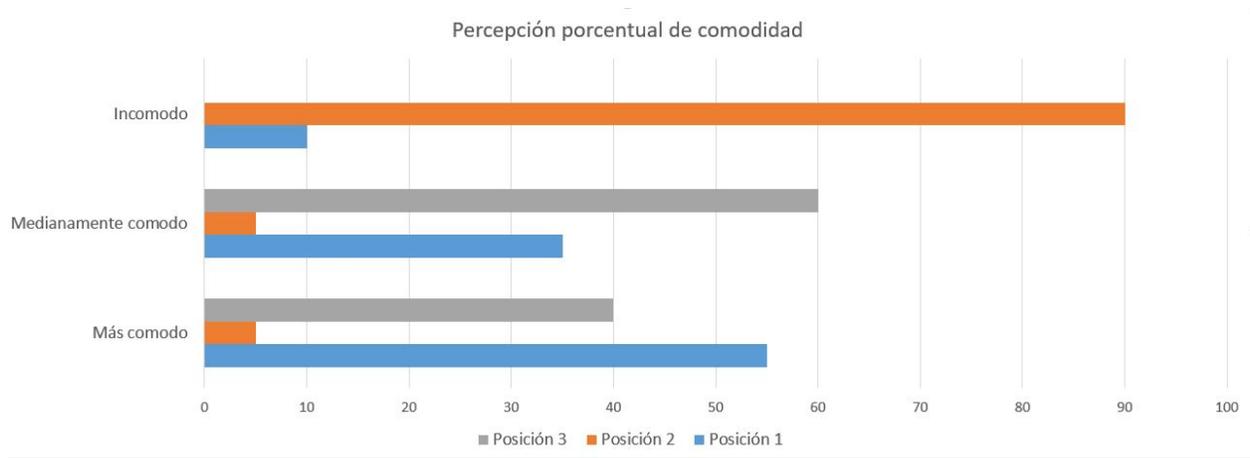


Figura 4: Diagrama de barras de percepción de comodidad

Para determinar cuál de las tres posiciones y variables probadas serán las mejores para realizar pruebas con pacientes espásticos, se buscará: una posición simétrica respecto a los brazos, percibida como cómoda y variables independientes respecto a las posiciones. Por estas razones y con los resultados ya obtenidos, lo más probable es que la posición seleccionada para pruebas con pacientes espásticos sea la posición 1 y 3.

4. Conclusiones

La conclusión principal es que es posible realizar el examen del péndulo en miembros superiores, especialmente en la articulación del codo, sin dispositivos adicionales a los normalmente utilizados. Además, para realizar esta prueba con pacientes espásticos es probable que las mejores posiciones sean la 1 o la 3.

5. Referencias

- Bajd, T., & Vodovnik, L. (1984). Pendulum testing of spasticity. *Journal of Biomedical Engineering*, 6(1), 9–16. [https://doi.org/10.1016/0141-5425\(84\)90003-7](https://doi.org/10.1016/0141-5425(84)90003-7)
- Bhimani, R. H., Peden-McAlpine, C., Gaugler, J., & Anderson, L. C. (2016). Spasticity over time during acute rehabilitation: A study of patient and clinician scores. *Applied Nursing Research*, 30, 16–23. <https://doi.org/10.1016/j.apnr.2015.08.007>
- Fleuren, J. F. M. (2009). *ASSESSMENT OF SPASTICITY FROM EMG TO PATIENTS' PERCEPTION*. Enschede.
- Fleuren, J. F. M., Voerman, G. E., Erren-wolters, C. V., Snoek, J., Rietman, J. S., Hermens, H. J., ... Snoek, G. J. (2011). Stop using the Ashworth Scale for the assessment of spasticity To cite this version : *HAL Archives-Ouvertes*.
- Kim, J., Park, H., & Damiano, D. L. (2011). Accuracy and Reliability of Haptic Spasticity Assessment Using HESS (Haptic Elbow Spasticity Simulator). *33rd*

Annual International Conference of the IEEE EMBS, 8527–8530.

- Kim, K. S., Seo, J. H., & Song, C. G. (2011). Portable measurement system for the objective evaluation of the spasticity of hemiplegic patients based on the tonic stretch reflex threshold. *Medical Engineering and Physics*, 33(1), 62–69. <https://doi.org/10.1016/j.medengphy.2010.09.002>
- Lin, C., Ju, M., & Lin, C. (2003). The Pendulum Test for Evaluating Spasticity of the Elbow Joint. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 84, 69–74. <https://doi.org/10.1053/apmr.2003.50066>
- Nordmark, E., & Andersson, G. (2002). Wartenberg pendulum test: objective quantification of muscle tone in children with spastic diplegia undergoing selective dorsal rhizotomy. *Developmental Medicine & Child Neurology*. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8749.2002.tb00255.x>
- Yeh, C., Hung, C., Wang, Y., & Hsu, W. (2016). Novel application of a Wii remote to measure spasticity with the pendulum test: Proof of concept. *Gait & Posture*, 43, 70–75. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2015.10.025>

Sobre los Autores

- **Derian D. Espinosa**, Ingeniero Biomédico, Asistente de decanatura de Ingeniería Biomédica derian.espinosa@escuelainq.edu.co
- **Luis E. Rodríguez**, Ingeniero Eléctrico, Máster en Ingeniería Electrónica, Doctor en Ingeniería Biomédica Universidad Politécnica de Cataluña. Decano de Ingeniería Biomédica. luis.rodriquez@escuelainq.edu

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2017 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)