

**TENDENCIAS ACTUALES DE GONIOMETRÍA PARA MEDIR RANGOS DE
MOVILIDAD PERÍODO ARTICULAR 2014-2019: REVISIÓN DE LA LITERATURA**

**CURRENT TRENDS OF GONIOMETRY TO MEASURE RANGES OF MOBILITY
ARTICLE PERIOD 2014-2019: REVIEW OF THE LITERATURE**

Gina Marcela Garcia Molina

*Estudiante de pregrado del programa de fisioterapia, Fundación Universitaria María
Cano, e.mail (ginamarcelagarciamolina@fumc.edu.co)*

Andrés Fernando Montero Mosquera

*Estudiante de pregrado del programa de fisioterapia, Fundación Universitaria María
Cano, e.mail (andresfernandomonteromosquera@fumc.edu.co)*

Kevin David Vélez Vivas

*Estudiante de pregrado del programa de fisioterapia, Fundación Universitaria María
Cano, e.mail (kevindavidvelezvivas@fumc.edu.co)*

Resumen

Introducción: La Goniometría es la disciplina que se encarga de estudiar la medición de los ángulos de movilidad articular, siendo parte integral de la evaluación del sistema musculoesquelético, siendo requerida en diferentes condiciones de salud y patológicas, siendo objetiva a la hora de los resultados, siendo una técnica muy empleada desde la antigüedad, y en medida del tiempo se han ido desarrollando nuevos instrumentos y protocolos de goniometría para evaluar rangos de movilidad articular. **Objetivo:** Determinar las tendencias actuales de goniometría para medir rangos de movilidad articular en América. **Métodos:** Investigación de enfoque cualitativo, tipo revisión de la literatura de diseño observacional, con una muestra total de 20 artículos. Resultados: las tendencias más usadas para medir rango de movilidad son los sensores inerciales con incidencia de (n=6), en segundo lugar, los electrogoniómetros y fotogrametría, son instrumentos con una incidencia de (n=5), para cada uno de ellos, mostrando viabilidad en la goniometría. **Conclusiones:** El rango de movilidad articular es una medida usada como criterio fundamental de la evaluación física, este permite y facilita el diagnóstico de patologías musculoesqueléticas, una alteración en el resultado obtenido de la medición de esta; permite identificar limitaciones articulares; además que es de utilidad para la progresión del tratamiento y los instrumentos usados con mayor frecuencia en América, fueron los sensores inerciales, los cuales está compuesto por los sistemas Microsoft Kinect de Xbox, el sistema 3D Investigator, el sistema de interfaz MULTIELGON, el sistema de goniometría sensorial HALO.

Palabras clave: Medición, Goniometría, Goniómetro, Electrogoniómetro, Rango de movimiento.

Abstract

Introduction: The Goniometry is the discipline that is responsible for the study measuring the angles of joint mobility, being an integral part of the evaluation of the musculoskeletal system, being required in different conditions of health and pathological, objective being at the time of the results, being a technique used since ancient times, and measurement of time have developed new instruments and protocols for assessing goniometria ranges of joint mobility. **Objective:** Determine current

goniometry trends to measure ranges of joint mobility in America. **Methods:** Qualitative approach, type literature review of observational design, with a total sample of 20 articles. Results: The latest trends used to measure range of mobility are the inertial sensors with incidence of (n=6), secondly, electrogoniometry and photogrammetry, are instruments with an incidence of (n=5), for each one of them, showing viability in the goniometry. **Conclusions:** The range of joint mobility is a measure used as a fundamental criterion of physical evaluation, this allows and facilitates the diagnosis of musculoskeletal pathologies, an alteration in the result obtained from the measurement of this; allows to identify joint limitations; Besides that it is useful for the progression of the treatment and the most frequently used instruments in America, were the inertial sensors, which is composed of the Microsoft Kinect Xbox systems, the 3D Investigator system, the MULTIELGON interface system, the system of sensory goniometry HALO.

Key words: Measurement, Goniometry, Goniometer, Electrogoniometry, Range of motion.

Introducción

La Goniometría es la disciplina que se encarga de estudiar la medición de los ángulos, la técnica consiste en la medición de los ángulos creados por la intersección de los ejes longitudinales de los huesos a nivel de las articulaciones” (Taboladela, 2007, pág. 1); esta permite estimar las medidas angulares o rangos de movilidad articular de las múltiples articulaciones del cuerpo humano como parte integral de una evaluación.

En el campo clínico la evaluación del rango de movimiento (ROM) es parte integral de la evaluación del sistema musculoesquelético, se requiere en condiciones de salud y patológicas, y se usa como una medida de resultado objetiva. (Alawna , Yuksel , & Unver , 2019).

En los últimos años, la popularidad de los dispositivos de seguimiento de movimiento disponibles comercialmente ha aumentado, en el estudio de (Roldán-Jiménez, Martín-Martin , & Cuesta-Vargas, 2017) afirman que “existen sistemas basados en la goniometría digital que pueden utilizarse para evaluar el rango de movimiento con mayor precisión y eliminar posibles déficits de protocolo. Haciendo referencia a los

sensores inerciales o (IMU) por sus siglas en inglés, estos combinan acelerómetros, giróscopos, y magnetómetros (brújulas) los cuales pueden ser usados directamente sobre el cuerpo en segmentos específicos para deducir la cinemática de las articulaciones. (Gómez Echeverry, y otros, 2018). Este tipo de tecnología proporciona una precisión y confiabilidad comparable con la goniometría convencional sin embargo representan una opción muy costosa y aun es controversial la validación y uso de estos en el campo clínico.

Materiales y método

Este estudio correspondió a una revisión de la literatura de la temática tendencias actuales de la goniometría para medir rangos de movilidad articular en America, en el periodo de 2014-2019. Se realizo una búsqueda de artículos publicados en las bases de datos de Pubmed, Scielo, Scopus, ProQuest, ScienceDirect, ResearchGate, Medigrafic, Cochrane y Taylor & Francis. Los términos utilizados para la búsqueda fueron: Goniometry AND Goniometer AND Inclinator AND Rank of movement OR Measurement, en los idiomas de español, ingles y portugués.

Los criterios de inclusión fueron: estudios publicados en revistas indexadas en el periodo comprendido entre enero del 2014 y junio 2019 con información relevante sobre: medición, evaluación, técnicas e instrumentos de medición de rangos de movilidad articular realizados América, con la participación de un profesional en rehabilitación (Fisioterapeuta, terapeutas físicos, kinesiólogos, asistentes de rehabilitación física) y que contaran con la participación de mínimo 3 voluntarios. No se incluyeron estudios de casos, artículos de reflexión, protocolos o literatura gris, estudios no concluyentes o con acceso restringido, estudios con población de menores de edad y en patologías o situaciones específicas.

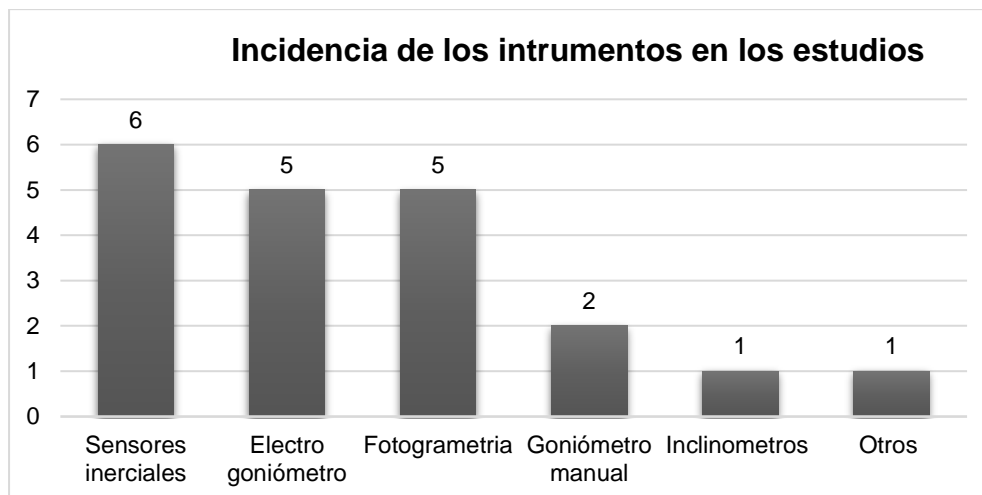
La búsqueda inicialmente arrojó un total de 65 artículos, potencialmente elegibles de los cuales: 23 eran PubMed, 10 de Scielo, 6 de ScienceDirect, 3 de Medigrafic, 3 de ProQuest, 11 de ResearchGate, 6 de Cochrane, 1 de Taylor and Francis, 2 de Scopus. Se descartaron 42 artículos ya que no cumplían con los criterios de inclusión y 3 por duplicidad.

Resultados

Frecuencia de uso de instrumento o técnica de goniometría

Se encontró que el instrumento o técnica de goniometría para medir rangos de movilidad más frecuente correspondía a los sensores inerciales, siendo un total de 6 artículos publicados cuyo instrumento usado eran los sensores inerciales, los cuales está compuesto por los sistemas Microsoft Kinect de Xbox, el sistema 3D Investigator, el sistema de interfaz MULTIELGON, el sistema de goniometría sensorial HALO, entre otros; basados en la evidencia es la tendencia que promete ser instrumentos con alta precisión y menor posibilidad de sesgo.

FIGURA 1. INCIDENCIA DE LOS INSTRUMENTOS EN AMÉRICA 2014-2019



Fuente: Elaboración propia

Por otra parte, se identifica que los electrogoniómetros y fotogrametría son instrumentos de importancia y prevalencia de uso. Los electrogoniómetros se incluyeron instrumentos como: las aplicaciones para teléfonos inteligentes (iPhone y Android) y electrogoniómetros asistidos por celulares; así mismo, se implementa la fotogrametría la cual se basa en mediciones a través de fotografías digitales tomadas por cámaras de distintas referencia y sistemas de cámaras que capturan el movimiento.

Por último, el uso de la goniometría manual o convencional representa menor incidencia de uso para las mediciones en la práctica clínica, los artículos revisados se enfocaban en realizar evaluaciones utilizando el goniómetro convencional comparando estos

resultados intra-evaluadores, en los cuales concluían que los resultados de las mediciones pueden variar según la experiencia y experticia del evaluador. También se encontró que otro tipo de instrumento es la inclinómetra con menor incidencia de uso, un solo estudio realizó investigación sobre esta tendencia para evaluar el rango de movilidad del codo y asociar los resultados de las muestras si variaban por el sexo; aunque en una investigación incluida en el estudio menciona que algunas aplicaciones de medición para teléfonos inteligentes estaban basadas en la inclinometría.

Producción científica según el país de estudio

De acuerdo con los 20 artículos seleccionados en la revisión de la literatura, el país con más producción en América fue Estados Unidos ($n=12$), el cual representa el 60% de los estudios incluidos de la revisión, seguido de México ($n=3$), el 15% de los estudios, seguido de Brasil ($n=2$) y Colombia ($n=2$) que corresponden al 10% cada uno y por último Chile ($n=1$) el 5% de los estudios seleccionados.

Se encontró que en Estados Unidos la producción de las nuevas tendencias se basaba en implementar la goniometría a través de la tecnología, con la creación de aplicaciones para celulares, sistemas de captura del movimiento óptico como el Kinect de Xbox y fotografía digital.

Los métodos de evaluación goniométrica que resaltó Estados Unidos fueron la implementación de los sensores inerciales a través de equipos con la capacidad de captar el movimiento como el Kinect. De los estudios seleccionados resaltaban el método de los sensores con el fin de validar distintos métodos de evaluación, expuesto por Hullfish, et al (2019), utilizaron sensores de bajo costo para evaluar el rango de movilidad y sin necesidad de equipo de apoyo para realizar la medición, solo el asistencial, los datos se recolectaron en la universidad de Pennsylvania, en donde utilizaron 12 sensores de movimiento para capturar las actividades de los evaluados en diferentes puntos anatómicos, evaluando diversos movimientos en miembro inferior por medio de actividades específicas.

México es el segundo país de América con mayor producción científica relacionadas con la medición del ROM, representando el 15% de los estudios incluidos, donde

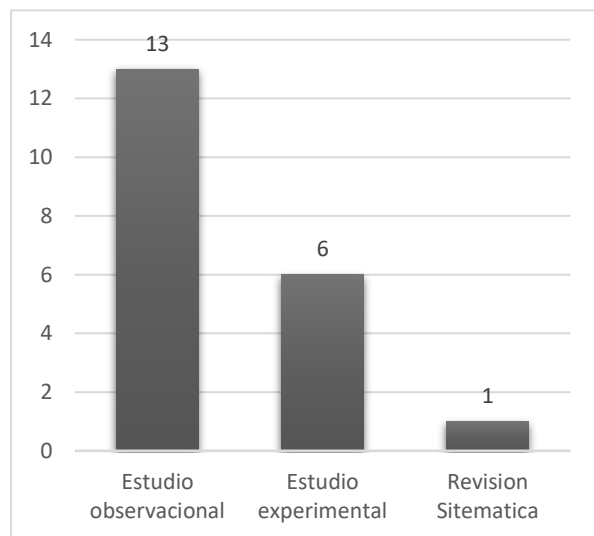
distintos autores realizaron sus investigaciones basados en la aplicación de diferentes instrumentos para la evaluación del ROM, según, Gutiérrez Martínez J., Ortiz Espinosa, Hernández Rodríguez, & Núñez Gaona, (2014), en el cual presentan un sistema de interfaz llamado MULTIELGON el cual permite obtener los ángulos de las articulaciones más pequeñas de la mano sosteniéndolo a una abrazadera PVC, y después comparar con el goniómetro universal, el cual establecieron diferencias de 1,4° a 1,7° entre ambos instrumentos mostrando una confiabilidad del 95%.

En Latinoamérica se evidenció poca producción de estudios relacionados con la evaluación goniométrica; solo Brasil, Colombia y Chile, realizaron investigaciones relacionadas con el tema, la tendencia más utilizada fue la goniometría universal, aplicación de teléfonos y la electrogoniometría.

Tipo de estudio

De acuerdo con los artículos incluidos 13 estudios observacionales (65%), 6 estudios fueron experimentales (30%) y 1 revisión sistemática (5%).

FIGURA 2. DISTRIBUCIÓN DE ARTÍCULOS SEGÚN EL TIPO DE ESTUDIO



Fuente: Elaboración propia.

Discusión

Esta investigación tuvo como propósito identificar las nuevas tendencias de goniometría para medir rango de movilidad a nivel de América, examinando cuales son los instrumentos que más uso presentaron. De acuerdo con los resultados obtenidos, se

identificó una tendencia importante por el uso de los sensores inerciales para la medición de rango de movilidad articular representando un 30% de uso a nivel de América.

Esta revisión destaca la existencia de numerosos estudios sobre la validez y fiabilidad del uso de nuevos instrumentos para medir rangos de movilidad en la práctica clínica como el uso de aplicaciones de teléfonos inteligentes, fotogrametría e inclinometría, entre otros, pero no se encontraron muchos estudios previos al presente que investigue cual es la tendencia de uso de nuevos instrumentos de medición para goniometría, solo se hayo un estudio realizado en 2018 por Gómez Echeverry, y otros; el cual se enfocaba más en los sistemas de captura de movimiento ópticos, magnéticos e inerciales, mientras que la presente revisión abarca todo tipo de instrumento y técnica de medición que pueda ser implementada para la evaluación goniométrica.

Por otro lado, si comparamos los resultados con los resultados de Gómez Echeverry, et al. (2018); los resultados para Colombia se asemejan puesto que sigue siendo un país con poca producción científica en el uso de nuevas tendencias de instrumentos para la medición de ROM en especial en el uso de sensores inerciales, como se menciona en el estudio son pocas las instituciones que cuentan con un sistema inercial debido al alto costo de estas nuevas tecnologías.

Conclusión

El rango de movilidad articular es una medida usada como criterio fundamental de la evaluación física, este permite y facilita el diagnostico de patologías musculoesqueléticas, una alteración en el resultado obtenido de la medición de esta; permite identificar limitaciones articulares; además que es de utilidad para la progresión del tratamiento. Para la medición de ROM se realiza mediante goniometría en la cual se puede realizar por diversos instrumentos. De acuerdo con esta investigación la evidencia bibliográfica sobre los instrumentos usados con mayor frecuencia en América; se encontró que son los sensores inerciales, los cuales está compuesto por los sistemas Microsoft Kinect de Xbox, el sistema 3D Investigator, el sistema de interfaz MULTIELGON, el sistema de goniometría sensorial HALO. Además, se encontró que el goniómetro convencional pese a ser el instrumento más antiguo sigue siendo usado

para las evaluaciones clínica del rango de movilidad articular, también es usado con otro fin, que es validar los nuevos instrumentos para esta medición para identificar si son fiables y eficaces para su uso.

Además, se puede concluir que el país con mayores investigaciones relacionadas con medición goniometría y uso de nuevos instrumentos para esta, es Estados Unidos, el cual ha realizado estudios para validar la eficacia y fiabilidad de los nuevos instrumentos basados en tecnología siendo las más frecuentes el uso de sensores inerciales y las aplicaciones de teléfonos inteligentes (iPhone y Android), las cuales han causado gran auge para el uso en las evaluaciones clínicas. En cuanto a Colombia, se encontraron pocos estudios que involucren el uso de nuevos instrumentos basados en tecnología.

Referencias

1. de Medeiros Barbosa, G., de Figueirêdo Dantas, G. A., Rodrigues da Silva, B., Marisa Pinheiro, S., Honorato dos Santos, H., & de Brito Vieira, W. H. Intra-rater and Inter-instrument Reliability on Range of Movement of Active Knee Extension. *Rev. educ. fis.*, 2017; 23(1): 53-59. doi:<http://dx.doi.org/10.1590/s1980-6574201700010008>
2. Dos Santos, R. A., Derhon, V., Brandalize, M., Brandalize, D., & Pavan Rossi, L. Evaluation of knee range of motion: Correlation between measurements using a universal goniometer and a smartphone goniometric application. *Journal of Bodywork & Movement Therapies*. 2017; 21(3): 699-703. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2016.11.008>
3. Gómez Echeverry, L. L., Jaramillo Henao, A. M., Ruiz Molina, M. A., Velásquez Restrepo, S., Páramo Velásquez, C., & Silva Bolívar, G. J. Sistemas de captura y análisis de movimiento cinemático humano: una revisión sistemática. *PROSPECTIVA*. 2018; 16(2): 24 - 34. doi:<https://doi.org/10.15665/rp.v16i2.1587>
4. J.Hullfish, T., Qu, F., D.Stoeckl, B., Gebhard, P., L.Mauck, R., & R.Baxter, J. Measuring clinically relevant knee motion with a self-calibrated wearable sensor. *journal of biomechanics*. 2019; 89(21): 105-109. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2019.04.003>
5. Jin Seo, N., F. Fathi, M., Hur, P., & Crocher, V. Modifying Kinect placement to improve upper limb joint angle measurement accuracy. *J Hand Ther*. 2016 octubre - diciembre; 29 (4): 465-473. doi: 10.1016 / j.jht.2016.06.010. Epub 2016 Oct 18.

6. K. Trehan, S., Rancy,, S., Johnsen, P., Hillstrom, H., Lee, S., & Wolfe, S. At Home Photography-Based Method for Measuring Wrist Range of Motion. *Wrist surgery*. 2017; 6 (4): 280-284. doi: 10.1055 / s-0037-1599830
7. Meals, C., Saunders, R., Desale, S., & Means, K. Viability of Hand and Wrist Photogoniometry. *Int J Sports Phys Ther*. 2018 agosto; 13 (4): 707-714.
8. Moura dos Santos, J. D., de Oliveira, M. A., Freitas da Silveira, N. J., de Souza Carvalho, S., & Gonçalves Oliveira, A. Confiabilidade inter e intraexaminadores nas mensurações angulares por fotogrametria digital e goniometria. *Fisioter Mov*. 2011; 24(3): 389-400.
9. Rigoni, M., Gill, S., Babazadeh, S., Elsewaisy, O., Gillies, H., Nguyen, N., Page, R. Assessment of Shoulder Range of Motion Using a Wireless Inertial Motion Capture Device—A Validation Study. *Sensors (Basel)*. 2019; 19(8): 1781. doi:10.3390/s19081781
10. Ruiz Olaya, A., Callejas Cuervo, M., & Lara Herrera, C. Wearable low-cost inertial sensor-based electrogoniometer for measuring joint range of motion. *Journal DYNA*. 2017; 84 (201):180-185. doi: 10.15446 / dyna.v84n201.59054
11. Scott, K., Skotak, C., & Renfree, K. Remote Assessment of Wrist Range of Motion: Inter- and Intra-Observer Agreement of Provider Estimation and Direct Measurement With Photographs and Tracings. *J Surg Am*. 2019 noviembre; 44 (11): 954-965. doi: 10.1016 / j.jhsa.2019.05.017.
12. Alawna , M., Yuksel , E., & Unver , B. La confiabilidad de una aplicación de goniómetro para teléfono inteligente en comparación con un goniómetro

- tradicional para medir el rango de movimiento de la articulación del tobillo. *J Am Podiatr Med Assoc.* 2019 enero; 109 (1): 22-29. doi: 10.7547 / 16-128.
13. Bruyneel, A.-V., & Bridon, F. Inclinométrie du genou: comparaison de la reproductibilité d'un outil mécanique et d'une application sur smartphon*Kinésithérapie, La Revue.* 2015; 15(158): 38.
doi:10.1016/j.kine.2014.11.044
14. Correll, S., Field, J., Hutchinson, H., Gabby , M., Fitzsimmons, A., & Betty , S. Reliability and validity of the Halo goniometer for shoulder range of motion in healthy subjects. *Revista sports and physical therapy.* 2018; 13(4): 707-714.
15. de la Garza Galvan , G. Laser goniometer: smartphone goniometer with laser guidance for range of motion measurement in musculo- skeletal medicine. *Revista Internacional de Investigación Científica y Publicaciones.* 2019; 9(5): 633-656. doi: 10.29322/IJSRP.9.05.2019.p8978
16. Godoy Cumillaf, A., Valdés Badilla, P., García Sandoval, A., Grandón Fuentes, M., Lagos Del Canto, L., Aravena Turra, R., Durán Agüero, S. Somatotipo y rangos de movilidad articular de cadera y rodilla en estudiantes universitarios. *Nutrición Hospitalaria.* 2015; 32(6): 2903-2909.
doi:http://dx.doi.org/10.3305/nh.2015.32.6.9808.
17. Gutiérrez Martínez, J., Ortiz Espinosa, A., Hernández Rodríguez, P. R., & Núñez Gaona, M. A. System to measure the range of motion of the joints of the human hand. *Revista de investigación clínica.* 2014; 66(1): 122-130.

18. Hullfish, T., Qu, F., Stoeckl, B., Gebhard, P., Mauck, R., & Baxter, J. Measuring clinically relevant knee motion with a self-calibrated wearable sensor. *Journal of Biomechanics*, 2019; 85: 105-109.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2019.04.003>
19. Matsen, F., Lauder, A., Rector, K., Keeling, P., & Cheronas, A. Measurement of active shoulder motion using the Kinect, a commercially available infrared position detection system. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*. *J Shoulder Elbow Surg.* 2016 Feb;25(2):216-23. doi: 10.1016/j.jse.2015.07.011.
20. Mitchell, K., Bakshi Gutierrez, S., Sutton, S., Morton, S., & Morgenthaler, A. Reliability and validity of goniometric iPhone applications for the assessment of active shoulder external rotation. *Physiother Theory Pract.* 2014 Oct;30(7):521-5. doi: 10.3109/09593985.2014.900593.
21. Peña Ayala, L. E., Gómez Bull, K. G., Vargas Salgado, M. M., Ibarra Mejía, G., & Máñez Guaderrama, A. I. Determinación de rangos de movimiento del miembro superior en una muestra de estudiantes universitarios mexicanos. *Revista Ciencias de la Salud.* 2018; 16(Especial), 64-74.
doi:<http://dx.doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/revsalud/a.6845>
22. Roldán-Jiménez, C., Martín-Martín, J., & Cuesta-Vargas, A. Reliability of a Smartphone Compared With an Inertial Sensor to Measure Shoulder Mobility: Cross-Sectional Study. *JMIR Mhealth Uhealth.* 2019; 7(9).
23. Russo, R., Burn, M., Ismaily, S., Gerri, B., Han, S., Alexander, J., McCulloch, P. Is digital photography an accurate and precise method for measuring range of

motion of the shoulder and elbow? *Journal of Orthopaedic Science*. 2017; 23(2): 310-315. doi: 10.1016 / j.jos.2017.11.016

24. S. McDonald, S., Levine, D., Richards, J., & Aguilar, L. Effectiveness of adaptive silverware on range of motion of the hand. *PeerJ — the Journal of Life and Environmental Sciences*. 15 de febrero de 2016; 4: e1667. doi: 10.7717

25. Trehan, S., Rancy, S., Johnsen, P., Hillstrom, H., Lee, S., & Wolfe, S. At Home Photography-Based Method for Measuring Wrist Range of Motion. *Journal of Wrist Surgery*. 2017: 280–284. doi: 10.1055 / s-0037-1599830

26. Wellmon, R., Gulick , D., Paterson , M., & Gulick, C. Validity and Reliability of 2 Goniometric Mobile Apps: Device, Application, and Examiner Factors. *Sport Rehabilitation*. 2016 Dic; 25 (4): 371-379. doi: 10.1123 / jsr.2015-0041.