

Artículo original

## Fiabilidad y validez concurrente de la *app* Goniometer Pro vs goniómetro universal en la determinación de la flexión pasiva de rodilla

Melián-Ortiz A,\* Varillas-Delgado D,\*\* Laguarta-Val S,\*\*\* Rodríguez-Aparicio I,\*\*\*\*  
Senent-Sansegundo N,\*\*\*\* Fernández-García M,\*\*\*\* Roger-de Oña I\*\*\*\*

Hospital FREMAP (Majadahonda). Madrid, España

**RESUMEN.** *Antecedentes:* Los teléfonos inteligentes se han convertido en una parte fundamental de nuestra sociedad, no sólo cotidiana, sino también profesional, pues han surgido numerosas aplicaciones para el ámbito sanitario. El objetivo del estudio fue analizar la fiabilidad y validez concurrente de una *app* para iPhone en relación con la goniometría tradicional. *Material y métodos:* Estudio comparativo y descriptivo de validación no experimental a doble ciego. En una muestra de 21 sujetos se realizaron cuatro mediciones de movilidad de rodilla: dos mediante goniometría universal (GU) y dos mediante la aplicación Goniometer-Pro (G-Pro) para iPhone. La radiografía se empleó como medida de referencia del ángulo de flexión de rodilla y fue analizada por un único evaluador que comparó este resultado con el de los otros evaluadores. *Resultados:* La diferencia entre los valores medios intragrupos fue de  $3.148^\circ (\pm 2.669^\circ)$  para GU y  $2.476^\circ (\pm 2.638^\circ)$  para G-Pro. La diferencia de medias intergrupos alcanzó  $5.45^\circ$ . La fiabilidad interobservador fue de 0.990 para GU y 0.993 para G-Pro; en cuanto a la validez, los valores obtenidos fueron 0.976 para GU y 0.992 para G-Pro. *Conclusiones:* La *app* G-Pro es una herramienta fiable y con una elevada exactitud para medir el ángulo de flexión de la rodilla. Sus resultados son ligeramente superiores y más precisos a los de la goniometría tradicional.

**Palabras clave:** Goniómetro, rodilla, flexión, medición.

**ABSTRACT.** *Background:* Smartphones have become a fundamental part of our society, not only everyday, but also professional, since many applications have emerged for the health field. The objective of the study was to analyze the reliability and concurrent validity of an app for iPhone in relation to traditional measurement. *Material and methods:* A non-experimental, double-blind validation and descriptive study. On a sample of 21 subjects, four measurements of knee mobility were performed. Two using universal goniometer (GU) and two through the application Goniometer-Pro (G-Pro) for iPhone. The X-ray was used as a reference measure of the knee flexion angle and was analyzed by a single evaluator who compared this result with that of the other evaluators. *Results:* The difference between the average intra-group values was  $3.148^\circ (\pm 2.669^\circ)$  for GU and  $2.476^\circ (\pm 2.638^\circ)$  for G-Pro. The inter-group mean difference reached  $5.45^\circ$ . The Inter-observer reliability was 0.990 for GU and 0.993 for G-Pro; as for validity, the values obtained were 0.976 for GU and 0.992 for G-Pro. *Conclusions:* The G-Pro app is a reliable tool with a high accuracy to measure the knee flexion angle. Its results are slightly superior and more accurate to those of traditional instruments.

**Key words:** Goniometer, knee, flexion, measurement.

### Nivel de evidencia: IV

\* Hospital FREMAP (Majadahonda). Doctorando en la Universidad Rey Juan Carlos, Móstoles (Madrid), España.

\*\* Investigador contratado por VEMESA Servicios Auxiliares, Madrid, España.

\*\*\* Departamento de Fisioterapia, Terapia Ocupacional, Rehabilitación y Medicina Física de la Universidad Rey Juan Carlos, Móstoles (Madrid), España.

\*\*\*\* Hospital FREMAP (Majadahonda), Madrid, España.

#### Dirección para correspondencia:

Alberto Melián-Ortiz

Servicio de Rehabilitación (Unidad de Fisioterapia). Hospital FREMAP.

Ctra. Pozuelo, Núm. 61,

28220, Majadahonda (Madrid).

E-mail: alberto\_melian@fremap.es

Este artículo puede ser consultado en versión completa en <http://www.medigraphic.com/actaortopedica>

## Introducción

No cabe ninguna duda de que las nuevas tecnologías de la información y la comunicación se han abierto camino en el mundo de la medicina. La mHealth o salud móvil se empieza a fraguar hace más de 15 años, cuando Internet irrumpió en el escenario médico.

Dentro de este ámbito de las nuevas tecnologías asociadas a la salud, el fenómeno de las aplicaciones móviles (*apps*) es sin duda el que está haciendo que tanto el paciente como el profesional adquieran otra dimensión.

Nos estamos refiriendo a las denominadas *Mobile Medical Application*. La Agencia del Gobierno de los Estados Unidos responsable de la regulación de alimentos, medicamentos, cosméticos, aparatos médicos, productos biológicos y derivados sanguíneos (FDA) define estas *apps* de salud<sup>1</sup> como «la aplicación software destinada al diagnóstico o cura, mitigación, tratamiento o prevención de la enfermedad que puede afectar la estructura o función del cuerpo humano o de otros animales».

Por otro lado, en el ámbito europeo se ha publicado un directorio de *apps* de salud<sup>2</sup> con el fin de servir de apoyo a pacientes y profesionales para que encuentren aplicaciones útiles y fiables. Se trata de un directorio con más de 200 *apps* (41 de ellas en español), de 64 especialidades y en 30 idiomas, dirigidas principalmente a la autogestión de su salud y bienestar. Este directorio añade cuatro nuevas dimensiones al estudio de las aplicaciones de salud. En primer lugar, ofrece la categorización (especialidades); en segundo lugar, el directorio incorpora a grupos de pacientes en la ecuación, de tal manera que la aplicación sólo se añade si ha sido revisada por un grupo de pacientes; la tercera dimensión por la cual este directorio es novedoso está en la indización del nivel de uso de las aplicaciones; por último, el directorio aporta información al lector sobre el desarrollo de cada aplicación.

Pero, ¿cómo puede la mHealth modificar la sanidad en el mundo? A través de cinco aspectos fundamentales:<sup>3</sup>

1. Empoderando al paciente. Se trata de darle poder al paciente, es decir, que se convierta en un elemento activo en el tratamiento.
2. Modificando hábitos. Existen ya numerosas aplicaciones destinadas a controlar la actividad física, la dieta o los cigarrillos consumidos.
3. Cambiando relaciones y procesos. Cada vez hay más profesionales sanitarios que utilizan los *smartphones* y *tablets* como herramienta de trabajo.
4. Monitorizando. Permiten registrar parámetros físicos que indican el nivel de actividad y el estado de salud de forma totalmente personalizada.
5. Almacenando datos de forma inteligente.

Por su parte, el *Institute for Healthcare Informatics* (IMS)<sup>4</sup> confirma que son ya más de 40,000 las *apps* de salud y medicina que se pueden descargar desde la tienda de

Apple y 97,000 sumando todas las tiendas de aplicaciones móviles, constituyendo la tercera categoría con mayor crecimiento, sólo después de juegos y utilidades. De todas ellas, 30% se dirigen a los profesionales sanitarios y sus pacientes. En el año 2015, el número de usuarios de teléfonos inteligentes con *apps* de salud superó los 500 millones.<sup>5</sup>

Dentro de las aplicaciones dirigidas a profesionales y a sus pacientes, la FDA reconoce aquellas diseñadas para uso clínico, pero que conservan la funcionalidad de herramientas simples de medida. Estas aplicaciones pueden estar provistas de sensores (acelerómetro, inclinómetro, etc.) para medir parámetros fisiológicos como pueden ser sensores para medir el movimiento de las extremidades.<sup>1</sup>

Los fisioterapeutas siempre hemos utilizado la goniometría universal (GU) como la herramienta más objetiva para medir el rango de movilidad articular, ayudando al diagnóstico y control de la eficacia del tratamiento.<sup>6,7,8,9</sup> Sin embargo, existen ciertos factores que pueden influir negativamente en la fiabilidad y precisión del uso de GU en estas mediciones:<sup>10,11</sup> mala identificación de referencias anatómicas, mal posicionamiento de las ramas del goniómetro o variabilidad en la colocación de la extremidad del paciente para la medición.

En la actualidad, con las tecnologías emergentes, el profesional sanitario dispone de más de 20 *apps* de salud para medir la movilidad de diferentes articulaciones del cuerpo humano. Esta tecnología está siendo cada vez más utilizada en la práctica clínica, pues supone una herramienta rápida, precisa y fácil de interpretar.<sup>12,13,14,15,16</sup> Además, estas aplicaciones pueden ser utilizadas fácilmente por el propio paciente fuera del entorno clínico.<sup>17</sup>

El objetivo del estudio fue analizar la fiabilidad y validez concurrente de una *app* de salud para iPhone en relación con la goniometría tradicional para medir la flexión pasiva de la rodilla.

## Material y métodos

Se realizó un estudio comparativo y descriptivo de validación no experimental a doble ciego en el Servicio de Radiodiagnóstico y la Unidad de Fisioterapia de nuestro centro, siendo aprobado por el Comité Científico y de Ética del hospital.

Las mediciones del estudio las realizaron cinco fisioterapeutas con una experiencia superior a 15 años en el tratamiento musculoesquelético y un investigador efectuó el análisis estadístico. Dos de los fisioterapeutas utilizaron por primera vez la *app* de salud Goniometer-Pro para iPhone (G-Pro) y los otros dos el GU que estaban habituados a utilizar. La metodología empleada para medir la flexión pasiva de la rodilla fue la siguiente: fulcro del goniómetro sobre epicóndilo lateral del fémur izquierdo; rama fija del goniómetro sobre cara lateral de fémur en dirección al trocánter mayor; rama móvil sobre la cara externa de la pierna en dirección al maléolo externo.<sup>18</sup> Por su parte, la aplicación G-Pro fundamenta su medición en la inclinación de la tibia

con respecto a la horizontal, siendo ésta la de la orientación del fémur.

Como muestra de estudio se reclutaron 21 alumnos de fisioterapia de ambos sexos sin ninguna alteración en la articulación de cadera o rodilla y que habían firmado previamente un formulario de consentimiento informado. Estos participantes fueron colocados en decúbito-prono sobre una mesa de exploración dentro de la sala de radiodiagnóstico. A continuación, un fisioterapeuta colocó pasivamente la rodilla izquierda en un rango de flexión aleatorio.

Posteriormente, a cada uno de los participantes del estudio se les realizaron cuatro mediciones de ese posicionamiento de la rodilla: dos fisioterapeutas mediante GU y dos mediante la aplicación G-Pro (*Figura 1*). Cada investigador disponía de una hoja diseñada a tal efecto donde, sin poner en conocimiento del resto de investigadores, apuntaba el valor obtenido. Finalmente, al participante se le tomó una radiografía lateral de rodilla en la posición marcada inicialmente (*Figura 2*). Dichas radiografías se emplearon para medir el valor real de flexión pasiva de la rodilla y fueron analizadas por el quinto fisioterapeuta a partir del trazado del eje anatómico del fémur y de la tibia (*Figura 3*).

Una vez realizadas las cuatro mediciones goniométricas y analizada la radiografía lateral correspondiente, todos los valores obtenidos por los cinco fisioterapeutas se enviaron por correo electrónico al sexto investigador que se encargó de realizar el análisis estadístico sin conocer previamente a qué grupo de medición pertenecían dichos datos.

El análisis de los datos se llevó a cabo mediante el paquete informático SPSS 20.0® para Windows. A partir de ello se

obtuvo: la fiabilidad interobservador mediante la prueba  $\alpha$  de Cronbach, la validez de las dos herramientas de medida respecto a la radiografía (Rx) con el índice de correlación intraclass (ICC) y para mostrar las correlaciones existentes entre las mediciones de las Rx y los valores medios de las mediciones de las dos herramientas utilizadas se obtuvo el valor de la correlación de Pearson.

## Resultados

Los resultados descriptivos muestran que las medias efectuadas por los cuatro investigadores en las dos técnicas y las medias de las medidas de la radiografía fueron los siguientes: GU-1 55.33°; GU-2 54.71°; G-Pro 3 50.19°; G-Pro 4 48.95° y Rx 49.33° (*Tabla 1*). La diferencia entre los valores medios intragrupos fue de 3.148° ( $\pm 2.669^\circ$ ) para GU y 2.476° ( $\pm 2.638^\circ$ ) para G-Pro. Por otra parte, la diferencia de medias intergrupos alcanzó 5.45° (55.02° del GU-49.57° del G-Pro), aproximándose más el valor medio de las mediciones de G-Pro (49.57°) al valor real de la Rx (49.33°).

### Fiabilidad

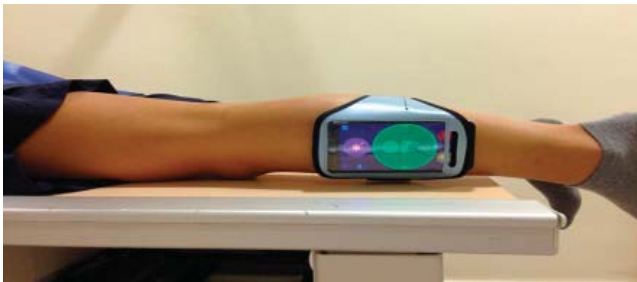
Con la GU, la medición de ángulos entre los dos investigadores obtuvo un valor de  $\alpha$  de Cronbach de 0.990 y un ICC con un valor de 0.990.

Con la G-Pro, la medición de ángulos entre los dos investigadores obtuvo un valor de  $\alpha$  de Cronbach de 0.993 y un ICC con un valor de 0.993.

### Validez

Para analizar la exactitud se emplearon las medias de las medidas en grados de cada una de las mediciones con respecto a las medias de los datos obtenidos de las radiografías, con el objetivo de ver cuál de ellas se aproximaba más al valor real del ángulo de la rodilla.

Los datos obtenidos nos dan una exactitud en ambas técnicas de: GU = 0.976 y G-Pro = 0.992.



**Figura 1:** Medición con la aplicación G-Pro.



**Figura 2:** Radiografía lateral de la rodilla izquierda.



**Figura 3:** Medición de la radiografía.

**Tabla 1: Datos de las diferentes mediciones con el goniómetro universal (GU) y la *app* Goniometer-Pro (G-Pro) en el posicionamiento pasivo de flexión de la rodilla.**

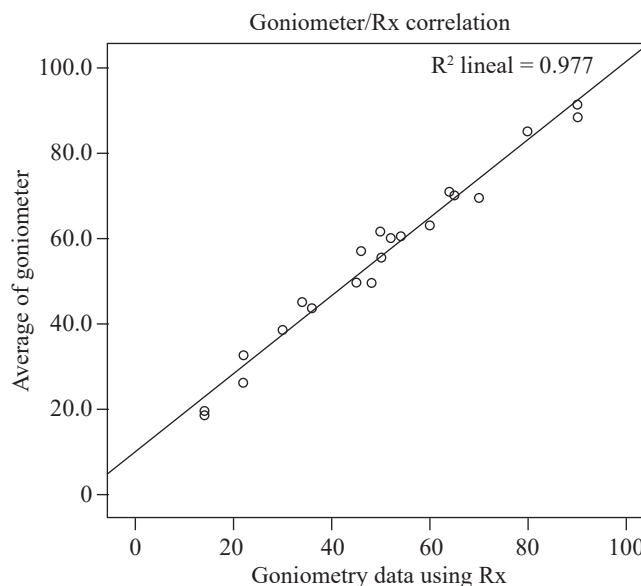
Sujeto	GU-1 (°)	GU-2 (°)	GU-1/GU-2 (°)	G-Pro-3 (°)	G-Pro-4 (°)	G-Pro-3/G-Pro-4 (°)	Rx (°)
1	27	25	26.0	20	18	19.0	22
2	46	41	43.5	37	40	38.5	36
3	44	46	45.0	36	37	36.5	34
4	86	84	85.0	76	75	75.5	80
5	64	62	63.0	60	61	60.5	60
6	54	60	57.0	52	56	54.0	46
7	95	88	91.5	85	84	84.5	90
8	36	29	32.5	25	25	25.0	22
9	62	61	61.5	57	54	55.5	50
10	71	69	70.0	67	65	66.0	65
11	88	89	88.5	99	86	92.5	90
12	18	21	19.5	17	20	18.5	14
13	71	71	71.0	65	66	65.5	64
14	53	46	49.5	44	43	43.5	48
15	19	18	18.5	18	16	17.0	14
16	55	56	55.5	52	48	50.0	50
17	70	69	69.5	63	61	62.0	70
18	39	38	38.5	30	28	29.0	30
19	56	65	60.5	52	50	51.0	54
20	47	52	49.5	48	45	46.5	45
21	61	59	60.0	51	50	50.5	52

GU-1 = valores del observador 1 con el goniómetro universal (en grados); GU-2 = valores del observador 2 con el goniómetro universal (en grados); GU-1/GU-2 = medias de los valores obtenidos por el observador 1 y 2 con goniómetro universal (en grados); G-Pro-1 = valores del observador 3 con la *app* Goniometer-Pro (en grados); G-Pro-2 = valores del observador 4 con la *app* Goniometer-Pro (en grados); G-Pro-3/G-Pro-4 = medias de los valores obtenidos por el observador 3 y 4 con la *app* Goniometer-Pro (en grados); Rx = valores de las radiografías laterales (en grados).

Por otro lado, se intentó mostrar gráficamente las correlaciones existentes entre los valores de las mediciones de las radiografías con los valores medios de las mediciones de los investigadores, tanto del GU como del G-Pro, con el objetivo de analizar si los valores de las medidas guardaban una elevada correlación. Para el GU el coeficiente de correlación encontrado entre los valores medios de los dos investigadores y las medidas de las Rx fue de 0.977, siendo el valor de la correlación de Pearson de 0.988 (*Figura 4*); en el caso del coeficiente de correlación encontrado entre los valores medios de los dos investigadores en la G-Pro y las medidas de las Rx fue de 0.971, siendo el valor de la correlación de Pearson de 0.985 (*Figura 5*).

## Discusión

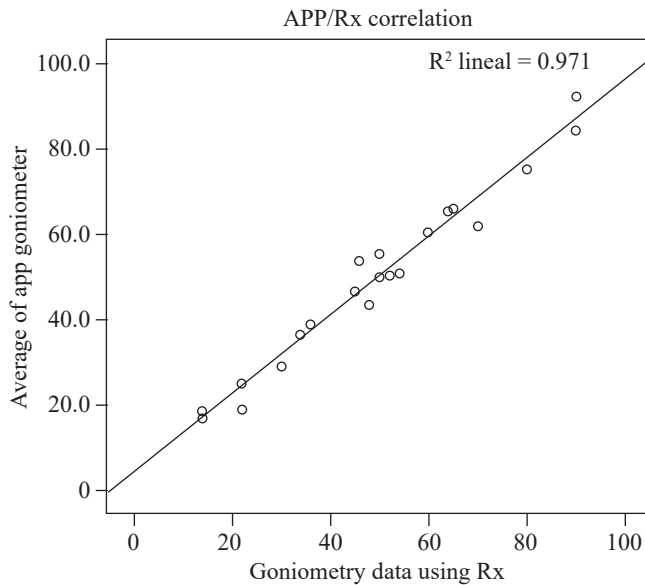
La salud móvil se está transformando en uno de los pilares básicos de la sanidad en todas partes, incluidos los países en vías de desarrollo.<sup>3</sup> *Everywhere, everytime, everyone* es un sector en crecimiento que ofrece muchas posibilidades para innovar en salud, entre ellas, todas las aplicaciones o herramientas destinadas a la medición del rango de movilidad. Como se ha podido observar, la fiabilidad tanto de la GU como de una aplicación de móvil, como puede ser la G-Pro, ha quedado demostrada (0.990 y 0.993 respectivamente), si bien el valor de  $\alpha$  de Cronbach nos indica una ligera ventaja hacia la *app*. En relación con la validez, ambas herramientas tienen un valor muy alto de exactitud, ligeramente superior en el caso de la aplicación G-Pro (0.976 frente

**Figura 4:** Correlación goniómetro universal (GU)/radiografía (Rx).

a 0.992) mostrando, además, una correlación casi perfecta (0.985).

En los últimos años han surgido diferentes estudios que han empleado o comparado distintas aplicaciones para móvil con la misma finalidad. Milanese et al.<sup>19</sup> estudian la fiabilidad intra- e interobservador de tres estudiantes de fisioterapia de último año y tres médicos experimentados en la medición del rango pasivo de flexión de seis rodillas dere-





**Figura 5:** Correlación Goniometer-Pro (G-Pro)/radiografía (Rx).

chas mediante aplicación de teléfono inteligente en relación con el GU. Cada examinador realiza la medición tanto con el GU como con la *app* del teléfono móvil y llegan a conclusiones similares a las de nuestro estudio, en el cual la evaluación mediante la aplicación de móvil es ligeramente superior a la GU, no obteniendo diferencias significativas entre las mediciones realizadas por los estudiantes y los médicos experimentados (ICC > 0.96 en ambos casos). Un estudio similar fue el desarrollado por Jones et al.<sup>20</sup> en una muestra de 36 sujetos, en el cual realizan una comparativa entre GU y una *app* de iPhone para la medición de la movilidad de la rodilla, concluyendo que no existen diferencias estadísticamente significativas entre ambas herramientas de medida (correlación de Pearson de 0.96 frente a 0.98) y confirmando así la validez de ambas. Este estudio, al igual que el anterior, no compara los valores obtenidos por las dos herramientas de medida en relación con un valor real del ángulo de la rodilla.

En una muestra de tan sólo cinco sujetos Ockendon et al.<sup>21</sup> comparan la validez de una *app* de móvil creada por ellos mismos con respecto a un goniómetro tradicional en el rango de flexión de la rodilla y sus resultados revelan que los datos obtenidos de ambos instrumentos de medida se correlacionan estrechamente, aunque con ligeras diferencias a favor de la *app* (correlación interobservador 0.994 frente a 0.952 y correlación intraobservador 0.982 frente a 0.927) y tienen una diferencia media de tan sólo  $-0.4^\circ$ . En nuestro estudio esa diferencia alcanzó un valor de  $5.45^\circ$  y fue más significativa la diferencia entre el valor real de la Rx ( $49.33^\circ$ ) y el grupo GU ( $55.02^\circ$ ). En el estudio de Ockendon tampoco podemos extraer este resultado al no compararlo con el valor real del ángulo de flexión de la rodilla medido radiográficamente.

Otros estudios como el de Andrea et al.<sup>22</sup> validan el uso clínico de una aplicación específica para *smartphone* (*Smar-*

*tJoint*) en la medición pasiva del ángulo de la prueba de Lachman en 35 rodillas con rotura del ligamento cruzado anterior. En este estudio dos evaluadores comparan los valores obtenidos con dicha aplicación con los extraídos de la utilización del artrómetro KT-1000 en ambas rodillas, una de ellas con afectación del LCA, concluyendo que el rendimiento de la nueva aplicación es comparable y altamente correlacionada con las mediciones obtenidas con el artrómetro (ICC promedio de 0.987 en la rodilla con lesión del LCA).

Pero los resultados positivos de estos estudios no sólo se reducen al uso de las nuevas tecnologías en la medición de la movilidad de la rodilla, diferentes autores han llegado a las mismas conclusiones utilizando *apps* similares para otras articulaciones como pueden ser la muñeca,<sup>23</sup> los dedos,<sup>9,10</sup> el hombro,<sup>24,25</sup> columna lumbar<sup>26</sup> o incluso, para analizar la movilidad de pacientes que han sufrido un accidente cerebrovascular.<sup>27</sup>

Por tanto, queda claro que la mHealth y concretamente las *apps* de salud pueden facilitar una mejora en la calidad asistencial y mayor eficacia en las evaluaciones y exploraciones de los diferentes profesionales de la salud para con sus pacientes, pero sería necesario realizar otros estudios que analizaran hasta qué punto estas nuevas tecnologías para la medición de los ángulos de movilidad suponen un ahorro en los costes de la asistencia sanitaria.

Según un estudio de 2011 del *Kinsey Global Institute*,<sup>28</sup> las *apps* de salud pueden suponer un beneficio de 250,000 millones de euros al sector público europeo y unos 300,000 millones de dólares al sector de sanidad de los Estados Unidos. Además, gracias a la reducción de costes y a la expansión de la tecnología móvil, la presencia de las *apps* crece en lugares del mundo donde la tecnología tradicional tiene muy difícil acceso. En las zonas más desoladas, los dispositivos móviles facilitan la atención remota, la telemedicina y la intervención en casos de emergencias. En un informe de PricewaterhouseCoopers<sup>29</sup> publicado en 2012 se señala que las aplicaciones móviles podían salvar más de un millón de vidas en África subsahariana durante los siguientes cinco años y ahorrar hasta casi 100,000 millones de euros a la Unión Europea hasta 2017. En España, en el último estudio de la Sociedad de la Información de la Fundación Telefónica<sup>30</sup> se afirma que el uso de las tecnologías móviles podía reducir el coste sanitario per cápita en Europa 18% y hasta 35% en el caso del tratamiento de pacientes crónicos en el año 2017.

La mHealth se presenta, por tanto, como un factor clave en el desafío de avanzar hacia una sanidad más sostenible, mejorando la eficacia y eficiencia, reduciendo costes y atendiendo las principales necesidades de nuestra sociedad, caracterizada por el envejecimiento y la prevalencia de las enfermedades crónicas. También es uno de los mayores avances disruptivos que harán que la medicina cambie radicalmente. De hecho, estos fenómenos reafirman el concepto de que cada 20 años el conocimiento médico cambia prácticamente en 100% de sus contenidos.<sup>3</sup>

Probablemente, algún día en las consultas de médicos, farmacéuticos, fisioterapeutas y demás profesionales de la salud se prescribirá o se recomendará, además del uso de las medidas terapéuticas más apropiadas a cada caso, los entornos informativos en línea más apropiados, fiables y reputados.<sup>3</sup>

Como conclusiones de este trabajo, tanto la *app* Goniometer-Pro como el goniómetro universal son herramientas fiables con una elevada exactitud en la medición del rango de movilidad de flexión de la rodilla. Los resultados de la aplicación móvil han sido ligeramente superiores a los de la goniometría tradicional, por lo que se podría afirmar que la aplicación G-Pro se mostró como una herramienta útil para evaluar ángulos articulares de la rodilla. A ello habría que añadir la ventaja en cuanto a la portabilidad y facilidad de uso de estos sistemas que pueden llegar a simplificar la tarea de llevar a cabo evaluaciones del rango de movimiento.

## Bibliografía

1. Agencia del Gobierno de los Estados Unidos responsable de la regulación de alimentos, medicamentos, cosméticos, aparatos médicos, productos biológicos y derivados sanguíneos (FDA). [Última consulta: 25/03/16] Disponible en: <http://www.fda.gov/downloads/MedicalDevices/DeviceRegulationandGuidance/GuidanceDocuments/UCM263366.pdf>
2. European Directory of Health Apps 2012-13. A review by patients groups and empowered consumers. [Última consulta: 25/03/16] Disponible en: [http://www.patient-view.com/uploads/6/5/7/9/6579846/pv\\_appdirectory\\_final\\_web\\_300812.pdf](http://www.patient-view.com/uploads/6/5/7/9/6579846/pv_appdirectory_final_web_300812.pdf)
3. The App Intelligence. Informe 50 mejores Apps de salud en español. [Última consulta: 22/03/16] Disponible en: <http://www.theappdate.es/static/media/uploads/2014/03/Informe-TAD-50-Mejores-Apps-de-Salud.pdf>
4. Institute for Healthcare Informatics (IMS). [Última consulta: 26/03/16] Disponible en: <http://www.imshealth.com/en/thought-leadership/ims-institute/reports/patient-adoption-of-mhealth>
5. Research 2 Guidance. Mobile Health Market Report 2013-2017. [Última consulta: 26/03/16] Disponible en: <https://research2guidance.com/500m-people-will-be-using-healthcare-mobileapplications-in-2015/>
6. Gajdosik RL, Bohannon RW. Clinical measurement of range of motion. Review of goniometry emphasizing reliability and validity. *Phys Ther*. 1987; 67(12): 1867-72.
7. Lea RD, Gerhardt JJ. Range-of-motion measurements. *J Bone Joint Surg Am*. 1995; 77(5): 784-98.
8. Croxford P, Jones K, Barker K. Inter-tester comparison between visual estimation and goniometric measurement of ankle dorsiflexion. *Physiother Theory Pract*. 1998; 14(2): 107-13.
9. Bruton A, Ellis B, Goddard J. Comparison of visual estimation and goniometry for assessment of metacarpophalangeal joint angle. *Physiotherapy*. 1999; 85(4): 201-8.
10. Nawoczenski DA, Baumhauer JF, Umberger BR. Relationship between clinical measurements and motion of the first metatarsophalangeal joint during gait. *J Bone Joint Surg Am*. 1999; 81(3): 370-6.
11. Biedert RM, Warnke K. Correlation between the Q angle and the patella position: a clinical and axial computed tomography evaluation. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2001; 121(6): 346-9.
12. Free C, Phillips G, Galli L, Watson L, Felix L, Edwards P, et al. The effectiveness of mobile-health technology-based health behaviour change or disease management interventions for health care consumers: a systematic review. *PLoS Med*. 2013; 10(1): e1001362.
13. Kailas A, Chong CC, Watanabe F. From mobile phones to personal wellness dashboards. *IEEE Pulse*. 2010; 1(1): 57-63.
14. Terry M. Medical Apps for Smartphones. *Telemed J E Health*. 2010; 16(1): 17-22.
15. Koehler N, Vujovic O, McMenamin C. Are individuals more accepting of the internet than mobile phone applications being used in clinical practice? *J Mob Tech Med*. 2013; 2(1): 4-21.
16. Milani P, Coccetta CA, Rabin A, Sciarra T, Massazza G, Ferriero G. Mobile smartphone applications for body position measurement in rehabilitation: a review of goniometric tools. *PM R*. 2014; 6(11): 1038-43.
17. Kim TS, Park DD, Lee YB, Han DG, Shim JS, Lee YJ, et al. A study on the measurement of wrist motion range using the iPhone 4 gyroscope application. *Ann Plast Surg*. 2014; 73(2): 215-8.
18. Norkin CC, White DJ. Goniometría: evaluación de la movilidad articular. Madrid: Marban Libros; 2005.
19. Milanese S, Gordon S, Buettner P, Flavell C, Ruston S, Coe D, et al. Reliability and concurrent validity of knee angle measurement: smart phone app versus universal goniometer used by experienced and novice clinicians. *Man Ther*. 2014; 19(6): 569-74.
20. Jones A, Sealey R, Crowe M, Gordon S. Concurrent validity and reliability of the Simple Goniometer iPhone app compared with the Universal Goniometer. *Physiother Theory Pract*. 2014; 30(7): 512-6.
21. Ockendon M, Gilbert RE. Validation of a novel smartphone accelerometer-based knee goniometer. *J Knee Surg*. 2012; 25(4): 341-5.
22. Ferretti A, Valeo L, Mazza D, Muliere L, Iorio P, Giovannetti G, et al. Smartphone versus knee ligament arthrometer when size does not matter. *Int Orthop*. 2014; 38(10): 2197-9.
23. Kuegler P, Wurzer P, Tuca A, Sendlhofer G, Lumenta DB, Giretzlehner M, et al. Goniometer-apps in hand surgery and their applicability in daily clinical practice. *Safety in Health*. 2015; 11: 1-7.
24. Werner BC, Holzgrefe RE, Griffin JW, Lyons ML, Cosgrove CT, Hart JM, et al. Validation of an innovative method of shoulder range-of-motion measurement using a smartphone clinometer application. *J Shoulder Elbow Surg*. 2014; 23(11): e275-82.
25. Johnson LB, Sumner S, Duong T, Yan P, Bajcsy R, Abresch RT, et al. Validity and reliability of smartphone magnetometer-based goniometer evaluation of shoulder abduction--A pilot study. *Man Ther*. 2015; 20(6): 777-82.
26. Yoon JO, Kang MH, Kim JS, Oh JS. The effects of gait with use of smartphone on repositioning error and curvature of the lumbar spine. *J Phys Ther Sci*. 2015; 27(8): 2507-8.
27. Lee WW, Yen SC, Tay A, Zhao Z, Xu TM, Ling KK, et al. A smartphone-centric system for the range of motion assessment in stroke patients. *IEEE J Biomed Health Inform*. 2014; 18(6): 1839-47.
28. Kinsey Global Institute. [Última consulta: 22/03/16] Disponible en: [file:///C:/Users/Usuario/Downloads/MGI\\_big\\_data\\_full\\_report.pdf](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/MGI_big_data_full_report.pdf)
29. Informe de PricewaterhouseCoopers. [Última consulta: 26/03/16] Disponible en: <http://www.gsma.com/connectedliving/wp-content/uploads/2012/03/gsmawctouchinglivessthroughmobilehealthreport.pdf>
30. Informe de la Sociedad de la Información en España de la Fundación Telefónica. [Última consulta: 25/03/16] Disponible en: <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/ticysaludpersonal.pdf>