



FUNDACION H.A.BARCELO
FACULTAD DE MEDICINA

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

TRABAJO FINAL DE INVESTIGACIÓN

COMPARACIÓN DE CONFIABILIDAD DEL SOFTWARE "KINETICS MOBILITY" EN UN SMARTPHONE, EN RELACIÓN CON EL TEST CRONOMETRADO TIMED "UP AND GO".

AUTOR/ES: Retamozo, Aidana

TUTOR/ES DE CONTENIDO: Licenciado Prester Sebastián.

TUTOR/ES METODOLÓGICO: Licenciada Dandres, Romelí.

FECHA DE LA ENTREGA: 01-11-2015

CONTACTO DEL AUTOR: aidiretamozo@gmail.com

RESUMEN

Introducción:

Las caídas son uno de los síndromes más característicos en la población geronte. Un tercio de las personas mayores de 65 años sufre al menos una por año. Es necesario que se implemente procesos de prevención, con pruebas funcionales de bajo costo y fácil implementación y aplicación.

Existen distintos métodos para evaluar el riesgo de caídas en ancianos. El test *Timed Up and Go* (TUG) es ampliamente utilizado.

Actualmente los teléfonos móviles son el dispositivo electrónico más consumido mundialmente. Las últimas generaciones de *Smartphone* (SP) tienen incorporado una gran variedad de sensores. Todos estos recursos facilitan así, la creación de nuevas aplicaciones, permitiendo la incorporación en diferentes ámbitos, incluyendo la asistencia sanitaria.

El objetivo de éste trabajo fue evaluar la validez y fiabilidad del *software "Kinetics Mobility"* en un *Smartphone* para medir el test *Timed up and go*.

Material y métodos:

Estudio transversal observacional, se estudiaron 30 personas, mayores de 65 años, auto válidos, con capacidad de caminar 6 mts. sin dolor ni riesgo de lesiones.

Se compararon dos métodos de medición para la prueba funcional *Timed Up and Go* (TUG). Para la recolección de datos, los pacientes fueron cronometrados por el evaluador, y un dispositivo Smartphone.

Resultados:

Los resultados obtenidos con ambos métodos de medición fueron ampliamente dispares. La correlación entre los instrumentos de medición resultaron significativamente negativas ($r=-0.5883$).

Discusión y Conclusión:

La evaluación de los sistemas de detección y prevención de caídas en base de SP se debe considerar una área vital en la investigación futura. La mayoría de los estudios fueron situaciones de caídas simuladas por personas jóvenes, las cuales pueden ser diferentes a las caídas en personas mayores.

Hemos llegado a la conclusión de que el *Software Kinetics Mobility* no tiene la fiabilidad y validez suficiente para la evaluación e identificación de riesgo de caídas en personas mayores frente a la prueba TUG.

Palabras Clave: Caídas - Ancianos - *Timed Test Timed Up & Go* - *Smartphone*.

Introduction:

Falls are one of the most characteristic syndromes in geronte population. A third of people over 65 suffer at least one year. You need to implement prevention processes with functional tests low cost and easy implementation and enforcement.

There are different methods to assess the risk of falls in the elderly. The test *Timed Up and Go* (TUG) is widely used.

Currently mobile phones are the most consumed worldwide electronic device. The latest generations of Smartphone (SP) have incorporated a variety of sensors. All these resources and facilitate the creation of new applications, allowing the incorporation in different areas, including health care.

The objective of this study was to evaluate the validity and reliability of the "Kinetics Mobility" software on a Smartphone to measure the Timed Up and Go test.

Material and methods:

Observational cross-sectional study, 30 people, 65 and older, self valid with the ability of walking 6 meters without pain or risk of injury, were studied.

Measurement methods for the Timed Up and Go (TUG) Operational test is compared. For data collection, patients were timed by the evaluator, and Smartphone.

Results:

The results obtained with both measurement methods were widely disparate. The correlation between measurement instruments were significantly negative ($r = -0.5883$).

Discussion and conclusion:

The evaluation of detection and prevention of falls in base SP should be considered a vital area for future research. Most of the studies were simulated situations fall by young people, which may differ from falls in older people.

We have come to the conclusion that the Software Kinetics Mobility has sufficient reliability and validity for assessing and identifying risk of falls in older people facing the TUG test.

Keywords: Falls - Elderly - Smartphone - Timed Up & Go Test.

INTRODUCCIÓN

Las caídas son uno de los síndromes característicos en la población geronte, y una de las principales causas de lesiones e incapacidad, hasta de muerte (1-4). Cerca de un tercio de las personas mayores de 65 años sufre al menos una por año(2, 5). Del 50% de los que las padecen, lo hacen más de una vez, el 20% requiere atención médica, el 10% sufre graves daños y el 6% sufre fracturas(2, 6). Todo esto trae aparejado en el individuo consecuencias físicas por las lesiones sufridas; psicológicas por el stress post traumático y sobretodo un gran impacto en la calidad de vida, ya que muchas veces se pierde la independencia en la marcha, teniendo que recurrir a ayuda-marcha o personal de asistencia (2, 5, 6). Cuando las caídas son a repetición deben tomarse como un indicador de fragilidad (1, 7).

La gran cantidad de caídas lleva, directa o indirectamente, a un importante impacto socio-económico; por lo que se deben valorar tanto las posibilidades de volver a sufrirlas, los factores de riesgo y sus consecuencias (1, 3). Es necesario que se implemente nuevos procesos de prevención, donde las pruebas funcionales utilizadas sean de bajo costo y fácil implementación y aplicación (3).

Hablar sobre riesgos de caídas basado tanto en el rendimiento de la marcha como en la movilidad, es muy difícil, ya que se deben a múltiples factores. Entre estos se encuentran la debilidad muscular, artrosis, marcha limitada, deterioro cognitivo, depresión, problemas de equilibrio, disminución de la visión, audición, antecedentes de caídas previas, miedo a volver a caer (4). A pesar de la gran cantidad de investigaciones llevadas a cabo en este ámbito, algunos mecanismos de caídas siguen sin estar claros (5).

Existen distintos métodos para evaluar el equilibrio y riesgo de caídas en ancianos: las pruebas funcionales *Timed up and go*, Test de *Tinetti*, Test de *Romberg*, prueba de equilibrio de *Berg*, índice de marcha dinámica, Prueba de alcance funcional (1, 3, 8-10).

El test *Timed Up and Go* (TUG) es ampliamente utilizado para la cuantificación de la marcha, habilidades del equilibrio dinámico y prevención de caídas usando como variable el tiempo que utiliza el anciano en realizar la acción motora (3, 8-10). Este tipo de evaluación es rápida, sencilla y útil para en un primer momento, detectar este tipo de riesgo (1, 9). Por estas razones la Sociedad Americana de Geriátría, la Sociedad de Geriátrías Nórdicos y la Sociedad Británica de Geriátría recomiendan este test como prueba de detección de riesgos de caídas(9).

El TUG cronometra el tiempo que tarda una persona en levantarse de una silla, caminar 3 metros, girar y volver a la silla para sentarse. No se le da al paciente ningún tipo de ayuda física, pero si se le permite utilizar ayuda marcha(1, 8, 9, 11, 12). La comparación entre aquellos que se han caído más de una vez durante un año y las que no, muestra que hay una variación significativa en el punto de corte de 20 segundos. Los pacientes que demostraron ser independientes tanto en las actividades de la vida diaria como en las tareas de transferencias, son capaces de completar la tarea en menos de 20 segundos. Aquellos que tardan entre 20 y 29 tienen riesgo de caídas y precisan valoraciones más detalladas. Por encima de los 29 segundos, los que han sufrido caídas en diferentes ocasiones, tienden a ser más dependientes y requieren de un ayuda marchas, lo que les da un alto nivel de riesgo(1, 13).

Hay factores que influyen en los resultados, como la utilización de ayuda marchas, el tipo de calzado, altura de la silla de donde se comienza el test, postura del tronco del sujeto. Este tipo de prueba tiene una alta sensibilidad y especificidad (las dos del 87%) (1, 11).

En la actualidad los teléfonos móviles son el dispositivo electrónico más consumido a nivel mundial. Las últimas generaciones de teléfonos inteligentes o *Smartphone* (SP) tienen incorporado una gran variedad de sensores y sistemas inerciales micro-electromagnéticos, lo que incluyen acelerómetros, giroscopios, magnetómetro, sistema de posicionamiento global (GPS), cámara y micrófono. Todos estos recursos disponibles pueden leer, almacenar, transferir y mostrar datos. Facilitando así, la creación de nuevas aplicaciones con un enorme potencial para el seguimiento de diferentes parámetros del movimiento humano, permitiendo la incorporación de estos en diferentes ámbitos, incluyendo la asistencia sanitaria y dando lugar a un nuevo campo de investigación llamado sensibilidad de teléfonos móviles (5, 14-16).

El objetivo de éste trabajo fue evaluar la validez y fiabilidad del *software "Kinetics Mobility"* de un *Smartphone* para medir el test *Timed up and go*.

MATERIAL Y MÉTODOS

Tipo, diseño y características del estudio:

Se llevó a cabo un estudio simple ciego, analítico observacional transversal (8, 15).

Población y muestra:

La población estuvo compuesta por los adultos mayores residentes en el Nuevo Hogar *Le Dor Va Dor* (N= 270), Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina. La toma de muestra fue realizada en el período comprendido entre Septiembre - Octubre 2015.

Tamaño de la muestra:

Se estudiaron 30 personas, mayores de 65 años de edad, los cuales se inscribirán voluntariamente (3, 11, 15).

Tipo de muestreo: Aleatorio simple, al azar.(3)

Criterios de inclusión:

Pacientes que recurran al Servicio de Kinesiología, mayores de 65 años, auto válidos, que tenían la capacidad de caminar 6 mts. sin dolor ni riesgo de lesiones (4).

Criterios de exclusión:

Pacientes con enfermedades agudas, incapacidad para entender la metodología de trabajo, aquellos con discapacidades severas clínicas o musculoesqueléticas, impedimentos visuales y auditivos no corregibles (4, 8, 9).

Criterios de eliminación:

Pacientes que no se presentaron al gimnasio el día de la toma de datos, los que se retiraron antes, aquellos que se negaron a seguir con la prueba.

Aspectos éticos:

El presente proyecto fue evaluado por el Comité de Ética del Instituto Universitario De Ciencias De La Salud, Fundación H. A. Barceló.

Se le entregó a los participantes un documento escrito titulado “Carta de información y consentimiento escrito de participación del voluntario” y un “Consentimiento informado” explicando los objetivos y propósitos del estudio, los procedimientos experimentales, duración del estudio; la suspensión del estudio cuando se encuentren efectos negativos y, la libertad que tienen los sujetos de retirarse del estudio en cualquier momento que deseen. En ese documento también se indicó cómo será mantenida la confidencialidad de la información de los participantes en el estudio ante una eventual presentación de los resultados en eventos científicos y/o publicaciones. En caso de aceptación el sujeto firmará dicho documento.

Procedimiento/s

Instrumento(s) / materiales:

Se utilizó para la recolección de datos de la prueba funcional *Timed Up and Go*; un cronómetro, un dispositivo *Smartphone* (*Samsung Galaxy S4*, GT-I 9500, sistema operativo (SO) Android 4.4.2) el cual, mediante un sensor de inercia, tomó el tiempo en que tardó el paciente en realizar el TUG (3, 14). El dispositivo fue sujeto a los pacientes por una faja elástica (15).

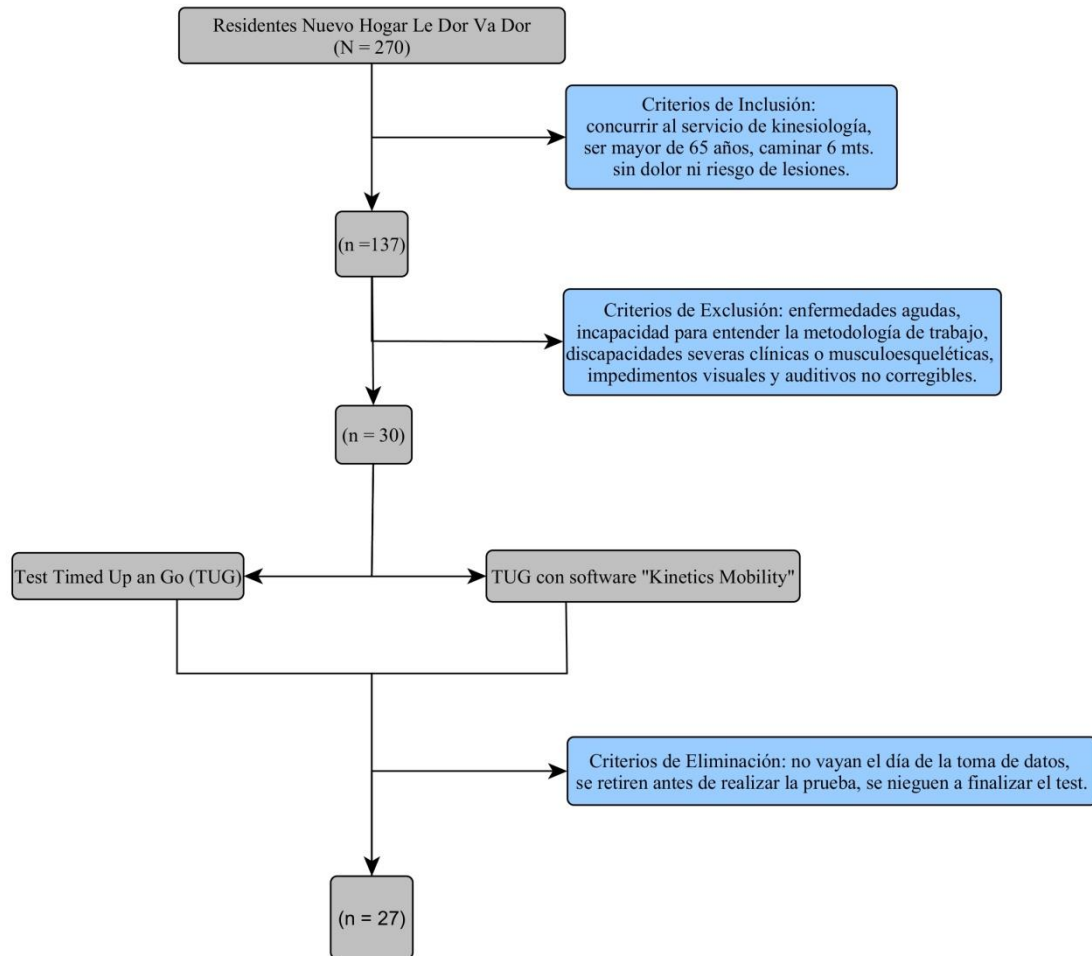
Método:

Mediante un muestreo aleatorio simple al azar, se obtuvo una muestra de treinta pacientes, los cuales se inscribieron voluntariamente, se les explicó a los participantes el modo en que se realizaría la toma de datos y los pasos que tenían que seguir, luego de esto y previo consentimiento informado de cada uno de ellos, obtuvieron la oportunidad de ensayarlo (3, 4, 11).

Se les pidió a los participantes que tomen asiento de forma cómoda en una silla sin apoyabrazos, con la espalda apoyada al respaldo de la misma (3). Se les colocó una faja elástica al nivel del tercio medio del esternón. La faja aseguraba un buen ajuste, pero al mismo tiempo debía ser cómoda, para reducir al máximo los movimientos que pueda haber entre el tronco y el dispositivo, incluso colocado sobre la ropa (5).

El TUG comenzó con dos indicadores. Por un lado, frente a la indicación verbal del evaluador donde se le solicitaba al paciente que se levante y por el otro, se producía una vibración en el pecho del paciente que indica el comienzo del cronometrado del SP. En ese momento el paciente debía levantarse de la silla y comenzar a caminar a ritmo cómodo por una línea recta una distancia de 3 metros desde la silla. No se le dio al paciente ningún tipo de ayuda física, pero si, se le permitió el empleo de ayuda marchas (1, 8, 9, 11). El paciente debió girar en torno a un cono colocado al final de la línea recta y volver a sentarse nuevamente (15). Cuando el paciente ya estuvo sentado con la espalda apoyada en el respaldo y en silencio, es donde se dio por finalizado el cronometrado por parte del terapeuta y una vibración informó también la finalización por parte del SP (5) lo que indicó la culminación de la prueba TUG (3, 8, 9, 11).

Para evaluar la fiabilidad, los participantes repitieron la prueba *Timed Up and Go* dos veces (9). Entre cada una de las pruebas, los participantes contaron con un descanso de un minuto (3, 15).



Tratamiento estadístico de los datos:

Los datos fueron volcados al *Microsoft Excel*, con el que se realizaron tablas, gráficos. Para describir a las variables cuantitativas se calculó promedio, desvío estándar, mínimo y máximo. En caso de que sea necesario se aplicará el *softGraphPadInStat* para analizar estadísticamente las variables. En todos los test estadísticos aplicados para muestras relacionadas e independientes se usará un nivel de significación menor del 5% para rechazar la hipótesis nula.

RESULTADOS

Los valores presentados en la **Tabla 1** corresponden al Máximo, Mínimo, Media y Desvío Estándar de los datos tomados. El pico máximo para el TUG cronometrado fue de 01:53,54, y para el *Software Kinetic Mobility* de 00:09,01. El menor valor fue de 00:00,00 para el TUG con *Kinetics Mobility*, y de 00:09,16 para el TUG cronometrado. En cuanto a los guarismos anteriormente expresados nos da una media, de 00:34,38 para el TUG Cronometrado y de 00:02,07 para el TUG con *Kinetics Mobility*. En relación a la desviación estándar, se obtuvo para el TUG cronometrado un valor de 00:21,78, y para el TUG *Kinetics Mobility* un valor de 00:03,10. En la **Figura 1** se grafican la media y desvío estándar de los diferentes métodos de medición del *Test Timed Up and Go*

	TUG KINETICS	TUG CRONO
MEDIA	00:02,07	00:34,38
DESVIACION ESTANDAR	00:03,10	00:21,78
MAXIMO	00:09,01	01:53,54
MINIMO	00:00,00	00:09,16

Tabla 1. Comparación de valores entre TUG Cronometrado y TUG *Kinetics Mobility*.

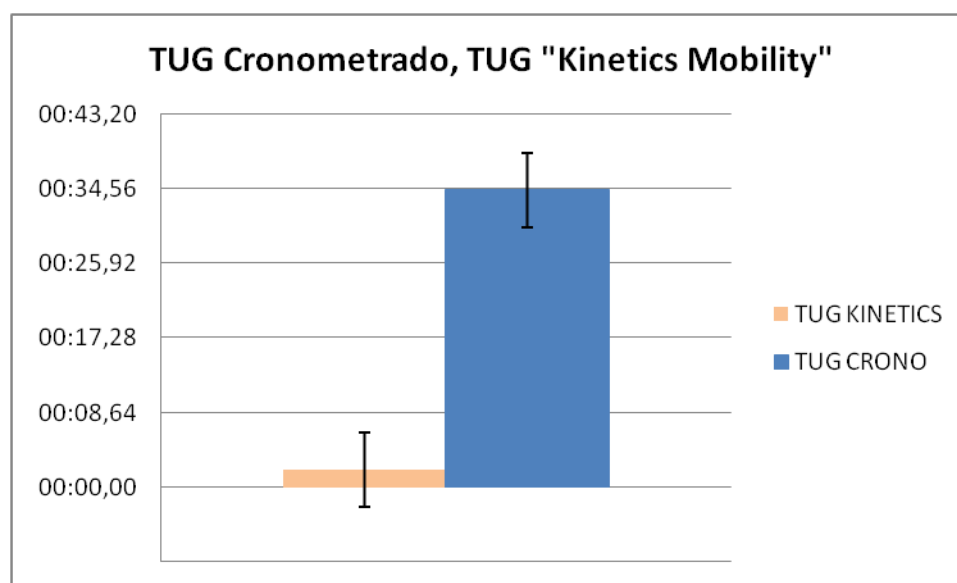


Figura 1. Comparación de medias entre TUG Cronometrado y TUG *Kinetics Mobility*.

Los resultados obtenidos con ambos métodos de medición por cada voluntario fueron ampliamente dispares y son graficados en la **Figura 2**. La correlación entre los instrumentos de medición resultaron significativamente negativas ($r = -0.5883$).

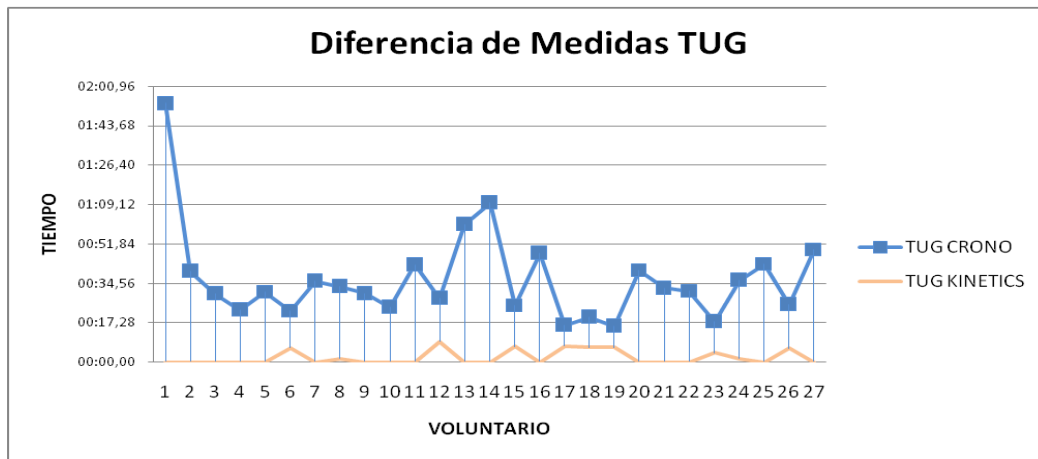


Figura 2. Comparación de resultados obtenidos con TUG Cronometrado y TUG *Kinetics Mobility* por voluntario.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN

La alta cantidad de caídas en personas mayores de 65 años, más el alto impacto socio-económico (internación, prótesis, medicamentos, cuidadores), hace necesario potenciar los procesos de prevención de caídas. Una de las claves es la valoración del riesgo de caídas, para así identificar aquellas personas más propensas a padecerlas.

Para esto es necesario contar con herramientas para evaluar dicho riesgo y complementariamente generar directrices para poder diseñar diferentes medidas de prevención para aquellos sujetos propensos a caer.

Una de las características de las pruebas funcionales que se utilizan, es el bajo costo de implementación y la facilidad de aplicación.

Hoy en día los teléfonos móviles, son uno de los dispositivos electrónicos más utilizados a nivel mundial, ya que vienen con un gran conjunto de sensores que permiten nuevas aplicaciones y su inclusión en diversos campos, incluyendo así la asistencia sanitaria.

Mediante este trabajo hemos investigado la fiabilidad y validez de criterio del test “*Timed Up an Go*” con el *software “Kinetics Movility”* para Smartphone. La realización de la prueba con personas mayores de 65 años de edad, fueron comparadas con los valores obtenidos simultáneamente con un cronometro manual. Hubo una pobre correlación entre las dos tomas de datos. El TUG cronometrado como habitualmente se realiza, es un indicador sensible y específico para identificar el riesgo de caídas. Se comparó con la sensibilidad del *Software Kinetics Mobility* y se llegó a la conclusión de que dicha aplicación es poco valida y confiable para la detección de caídas en adultos mayores, ya que la pobre aceleración en la caminata durante el TUG llevaba a una cancelación del cronometrado en dicho *software*. Por otro lado el gatillado para iniciación y finalización de dicho test mediante vibración era poco intenso, por lo cual, aquellas personas con deterioro de la sensibilidad no lo percibían y no comenzaban la caminata en el momento indicado por el SP. Esto ocasionaba que la aplicación tomara como finalizada la prueba TUG sin que el voluntario pudiera haberse levantado de la silla para arrancar con el test.

No se encontró en la literatura algún estudio basado en un tipo de software específico, pero si se encontraron diferentes opiniones en cuanto a si la utilización de SP para la detección de caídas era o no confiables y específicos.

Por un lado están aquellos autores que avalan la utilización de SP para entornos clínicos, como por ejemplo la detección de caídas.

Raymond YW Lee y Alison J. Carlise: los datos obtenidos mediante este estudio apoyaron firmemente que los teléfonos móviles son una opción viable para la detección de caídas y que la especificidad y sensibilidad de detección eran sumamente altas(17).

Rachel Bierbrier, Vivian Mín y Robert C Wu. Los resultados de su estudio concluyeron que la mayoría de las aplicaciones de los teléfonos inteligentes son exactos, y con confianza se pueden utilizar en entornos clínicos. Pero, a pesar de estos resultado hay falta de pruebas sobre la veracidad de aplicaciones para SP, y pone en relieve la necesidad de verificar las aplicaciones antes de utilizarlas para la atención de los pacientes, ya que se encontraron algunos errores en los cálculos de los SP que eran clínicamente significativos(18).

Sabato Mellone, Carlo Tacconi y Lorenzo Chiari. Evidencian de que un SP puede convertirse en un medio de bajo costo para proporcionar soluciones para el análisis de diferentes movimientos, con un valor clínico claro y elevado(5, 14).

Por otro lado, están aquellos autores que no están del todo convencidos en la confiabilidad de las aplicaciones en SP para la detección de caídas(6, 19-21).

Raúl Igual, Carlos Medrano e Inmaculada Plaza: Muestra que son pocos los estudios publicados basados en teléfonos inteligentes, y ninguno de ellos involucra personas mayores para evaluar la detección de caídas, por lo tanto hay que incorporar una evaluación más exhaustiva. Y plantea que los detectores en SP poseen algunos problemas, como por ejemplo que no son dispositivos destinados inicialmente a la detección de caídas, problemas en la estabilidad de frecuencia del acelerómetro, o la arquitectura de detección(19).

Bagala et al.: En una extensa comparación de técnicas para la detección de caídas basadas en la aceleración, encontraron que el numero de falsos positivos por día en escenarios reales varió en cuanto a las técnicas específicas. Se mostró una disminución en el rendimiento con respecto a los entornos de laboratorio. Por lo que este número aún no es aceptable y conduce al rechazo de los dispositivos móviles.(20)

Luque Rafael, Casalari Eduardo: Los resultados obtenidos en este estudio reflejaron la dificultad de determinar una estrategia optima para detectar caídas, ya que ningún algoritmo alcanzo una eficacia mayor al 90% o 95%, esto podría implicar que muchas caídas podrían pasar desapercibidas mientras que muchos movimientos relacionados con las actividades cotidianas podrían activarse como si hubiera ocurrido una caída(21).

Mohammad Habib et al.: una revisión narrativa donde se encontró que ,Los SP modernos vienen con varios sensores incorporados lo cual es una de las razones fundamentales para la elección de ellos como una alternativa de herramienta de la detección y prevención de caídas. Aunque los sensores de los SP generalmente tienen resoluciones más bajas que sensores dedicados exclusivamente a medir aceleración, se pueden superar estas restricciones usando unidades de detección y procesamiento externos. Más de la mitad de los artículos revisados en este estudio no declaraban

exactitud/rendimiento en los sistemas SP. El sensor que es utilizado en los SP generalmente, es el acelerómetro, donde los rangos dinámicos habitualmente utilizados son insuficientes para la detección de acontecimientos exactos de caídas (6).

A pesar de las diferentes opiniones y resultados de cada uno de los autores, coinciden que la evaluación de los sistemas de detección y prevención de caídas en base de SP, en condiciones de la vida real, se debe considerar una área vital en la investigación futura, ya que la mayoría de los artículos las evaluaciones fueron dentro de un sistema de situaciones de caídas simuladas por personas jóvenes, las cuales pueden ser diferentes a las caídas en personas mayores. Esto puede explicar la pérdida de rendimiento cuando se evalúa las situaciones reales de caídas(6, 19, 22).

Hemos llegado a la conclusión de que el *Software Kinetics Mobility* no tiene la fiabilidad y validez suficiente para la evaluación e identificación de riesgo de caídas en personas mayores frente a la prueba TUG. Debido a la imprecisiones de la aplicación, medida en este estudio, no se recomienda el uso del *Software Kinetics Mobility* para la detección de riesgo de caídas en personas mayores.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. del Nogal ML, González-Ramírez A, Palomo-Iloro A. Evaluación del riesgo de caídas. Protocolos de valoración clínica. *Revista Española de Geriatria y Gerontología*. 2005;40:54-63.
2. Collerton J, Kingston A, Bond J, Davies K, Eccles MP, Jagger C, et al. The personal and health service impact of falls in 85 year olds: cross-sectional findings from the Newcastle 85+ cohort study. *PloS one*. 2012;7(3):e33078.
3. Guzmán R, Salazar H, Cea A, Melián H, Cordier B, Silvestre R. Correlación entre el puntaje obtenido en la prueba "Timed up and go" y momentos articulares del miembro inferior registrados durante la transferencia de sedente a bípedo en adultos mayores con antecedentes de caídas frecuentes. *International Journal of Morphology*. 2011;29(2):521-5.
4. Fischer BL, Hoyt WT, Maucieri L, Kind AJ, Gunter-Hunt G, Swader TC, et al. Performance-based assessment of falls risk in older veterans with executive dysfunction. *Journal of rehabilitation research and development*. 2014;51(2):263-74.
5. Mellone S, Tacconi C, Schwickert L, Klenk J, Becker C, Chiari L. Smartphone-based solutions for fall detection and prevention: the FARSEEING approach. *Zeitschrift fur Gerontologie und Geriatrie*. 2012;45(8):722-7.
6. Habib MA, Mohktar MS, Kamaruzzaman SB, Lim KS, Pin TM, Ibrahim F. Smartphone-based solutions for fall detection and prevention: challenges and open issues. *Sensors (Basel, Switzerland)*. 2014;14(4):7181-208.
7. Viccaro LJ, Perera S, Studenski SA. Is timed up and go better than gait speed in predicting health, function, and falls in older adults? *Journal of the American Geriatrics Society*. 2011;59(5):887-92.
8. Asmidawati A, Hamid TA, Hussain RM, Hill KD. Home based exercise to improve turning and mobility performance among community dwelling older adults: protocol for a randomized controlled trial. *BMC geriatrics*. 2014;14:100.
9. Herman T, Giladi N, Hausdorff JM. Properties of the 'timed up and go' test: more than meets the eye. *Gerontology*. 2011;57(3):203-10.
10. Podsiadlo D, Richardson S. The timed "Up & Go": a test of basic functional mobility for frail elderly persons. *Journal of the American Geriatrics Society*. 1991;39(2):142-8.
11. Shumway-Cook A, Brauer S, Woollacott M. Predicting the probability for falls in community-dwelling older adults using the Timed Up & Go Test. *Physical therapy*. 2000;80(9):896-903.
12. Steffen TM, Hacker TA, Mollinger L. Age- and gender-related test performance in community-dwelling elderly people: Six-Minute Walk Test, Berg Balance Scale, Timed Up & Go Test, and gait speeds. *Physical therapy*. 2002;82(2):128-37.
13. Bohannon RW. Reference values for the timed up and go test: a descriptive meta-analysis. *Journal of geriatric physical therapy*. 2006;29(2):64-8.
14. Mellone S, Tacconi C, Chiari L. Validity of a Smartphone-based instrumented Timed Up and Go. *Gait & posture*. 2012;36(1):163-5.
15. Galan-Mercant A, Baron-Lopez FJ, Labajos-Manzanares MT, Cuesta-Vargas AI. Reliability and criterion-related validity with a smartphone used in timed-up-and-go test. *Biomedical engineering online*. 2014;13:156.
16. Lee JD, Jeong YS. A rhythm-based authentication scheme for smart media devices. 2014;2014:781014.
17. Lee RY, Carlisle AJ. Detection of falls using accelerometers and mobile phone technology. *Age and ageing*. 2011;40(6):690-6.

18. Bierbrier R, Lo V, Wu RC. Evaluation of the accuracy of smartphone medical calculation apps. *Journal of medical Internet research*. 2014;16(2):e32.
19. Igual R, Medrano C, Plaza I. Challenges, issues and trends in fall detection systems. *Biomedical engineering online*. 2013;12:66.
20. Bagala F, Becker C, Cappello A, Chiari L, Aminian K, Hausdorff JM, et al. Evaluation of accelerometer-based fall detection algorithms on real-world falls. *PloS one*. 2012;7(5):e37062.
21. Luque R, Casilari E, Moron MJ, Redondo G. Comparison and characterization of Android-based fall detection systems. *Sensors (Basel, Switzerland)*. 2014;14(10):18543-74.
22. Medrano C, Igual R, Plaza I, Castro M. Detecting falls as novelties in acceleration patterns acquired with smartphones. *PloS one*. 2014;9(4):e94811.