

Diseño de Dispositivos para el Diagnóstico de Sarcopenia en Miembro Superior

I. Rivera¹, F. Muñoz, M. Beraza R. I. Flores Luna¹, A. Ayala Ruiz¹, A. Cortés Villarauz¹, J. M. Gómez González¹

¹Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F.

Resumen— Sarcopenia es un tema que cada día va tomando mayor relevancia no sólo en el ambiente médico sino en la sociedad, al convertirse en un problema de salud pública. El impacto de la inversión de la pirámide poblacional en México es un hecho que día a día va en aumento, y con ellos los altos costos de salud. Los dispositivos para diagnóstico y rehabilitación de pacientes con sarcopenia significan un gasto, muchas veces inalcanzable tanto para los diagnosticados con dicho padecimiento como para centros de salud. En este artículo se presenta el desarrollo de un dispositivo para el paciente adulto mayor, capaz de dar retroalimentación visual al momento de realizar la terapia prescrita por el rehabilitador en casa; la tecnología se basa en acelerómetros y giróscopos para dar seguimiento al movimiento que debe realizar el adulto mayor para su rehabilitación.

Palabras clave— Sarcopenia, discapacidad, miembro superior, diagnóstico, asistencia tecnológica

I. INTRODUCCIÓN

En el Consenso Europeo de Definición y Diagnóstico de Sarcopenia que se llevó a cabo en 2009, se brindaron los criterios específicos para su diagnóstico, y se mencionó que era necesario desarrollar dispositivos innovadores, portátiles, de fácil uso, asequibles para la población, las clínicas y que evaluaran los criterios ya establecidos.

La sarcopenia, directa e indirectamente se ha convertido en una causa de discapacidad entre los adultos mayores, más frecuente de lo que se infiere y, de acuerdo con Cruz Reyes [1], al no ser cuantificada, como otros padecimientos en el país, no ha sido posible concertar una cifra exacta de su incidencia y prevalencia. Aunado a la sarcopenia, se debe considerar la combinación con las enfermedades crónicas degenerativas, como diabetes II e hipertensión, como las más representativas, lo que dificulta la detección oportuna de la misma.

La definición de sarcopenia sigue en controversia, ya que en la literatura médica y en la academia en general, no se ha reconocido como padecimiento o condición, sin embargo, sus estragos van en aumento, por lo que el diagnóstico precoz, tratamiento y prevención son puntos claves para abordar el problema.

La potencia muscular voluntaria máxima declina con la edad y este deterioro ha mostrado ser predictivo en la movilidad en los adultos mayores, la medición de la potencia depende de la tasa de movimiento.

En el presente artículo se describe y muestra el diseño de dispositivos asistencia tecnológica, basado en acelerómetros y giróscopos para diagnosticar y evaluar

posición y velocidad muscular en el miembro superior, y así dar una retroalimentación visual al usuario durante la tarea de rehabilitación.

El desarrollo de tecnologías asistivas para la rehabilitación, no es muy común en México, por lo general se tienen que importar de EUA, Canadá o algunas veces de Europa, lo que genera que este tipo de tecnología sea privativa para un sector socioeconómico principalmente, siempre y cuando exista la tecnología.

Para el caso de sarcopenia, como no está dentro de las prioridades a nivel mundial, y es un tema que recientemente empezó a tomar importancia, tanto para ser detectada, como sus tratamientos, los dispositivos que permitan ayudar tanto a médicos, como a pacientes aún son escasos y/o excesivamente costosos. En México, de acuerdo con el Informe de Salarios 2015, realizado por la Universidad Iberoamericana, campus Puebla, 87 millones de personas están en situación de pobreza [2] de existir un dispositivo que ayude con la rehabilitación, muy probablemente la mayoría de la población con el padecimiento no podría acceder a él, por lo que un diseño que tenga la posibilidad de ser económicamente accesible, con miras a que el usuario se lo pueda llevar a casa para realizar la rehabilitación es lo más conveniente; si se quiere aumentar la cantidad de gente que se vería beneficiada.

De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) [3], en el 2005 el número de adultos mayores era de 10.1 millones de adultos mayores lo que representa 9.0% de la población total.

“Paulatinamente se ha acumulado una mayor cantidad de personas de 60 y más años, debido a la mayor esperanza de vida. Por ello, este grupo de población ha incrementado su tamaño a un ritmo que duplica al de la población total del país” [3].

El objetivo del presente trabajo, es contar con un dispositivo que permita al usuario contar con una realimentación sobre las terapias de rehabilitación para sarcopenia, bajo indicación del especialista, considerando tanto los ángulos de extensión y flexión de rodilla y codo, así como la velocidad con las que se deben realizar. Objetivos específicos se proponen desarrollar dispositivos ambulatorios y de bajo costo.

II. METODOLOGÍA

Con la idea de cumplir con el objetivo se propone la metodología basada en IDEF0, para diseñar un dispositivo con realimentación visual y ambulatorio para la evaluación de sarcopenia y las respectivas terapias.

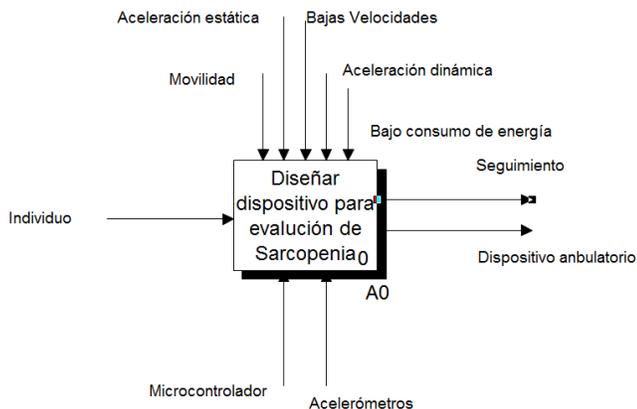


Fig. 1 Metodología propuesta para el desarrollo del dispositivo.

Con lo anterior se determinó que el diseño se centraría en cinco actividades.

A1 Diseño conceptual

A1.1 Definición de datos goniométricos

Según a la clasificación de Cruz Reyes [4] para sarcopenia se tienen las categorías: normal, presarcopenia, sarcopenia grave y obesidad sarcopénica.

Con base en lo anterior se estableció que las mediciones se realizarán sobre los músculos flexores de codo con el paciente de pie con el hombro y codo a 0° colocando el dispositivo de evaluación a 2 cm por arriba de la muñeca, realizando la flexión del codo sin resistencia, 10 repeticiones con un intervalo de 1 segundo en forma constante, para determinar la velocidad a la que debía realizar el usuario la flexión y extensión de codo y rodilla, así como las posiciones a las cuales se deseaba llegar.

A2 Adquisición de señales

Un acelerómetro es un dispositivo que mide la aceleración de la gravedad calculando el cambio de velocidad durante el tiempo, además de proporcionar datos de aceleración puede proporcionar datos de velocidad y utilizando funciones trigonométricas como tangente o coseno se puede obtener el ángulo con respecto a un eje: X, Y, Z.

Se diseñó una tarjeta basada en acelerómetro, para medir la aceleración en diferentes miembros del cuerpo humano Fig. 2.

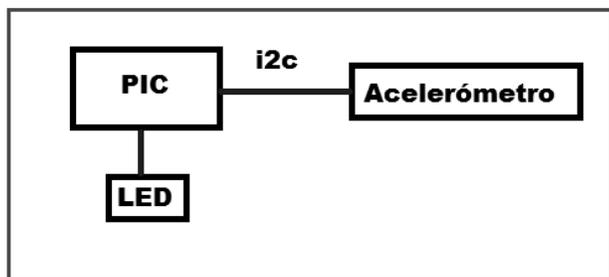


Fig. 2 Diagrama a bloques de la tarjeta electrónica

Dicha tarjeta no arroja el valor de la aceleración como tal, por lo que se le integró un indicador led que cambia de color retroalimentando al usuario. Los componentes principales

utilizados en la tarjeta fueron un microcontrolador PIC 18F13K22, acelerómetro digital MMA7455 y diodo LED para montaje superficial Fig. 3.

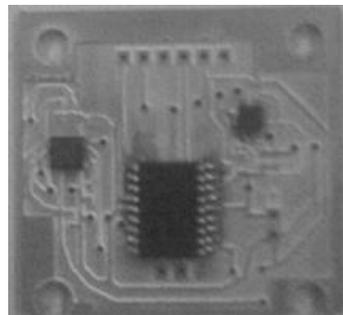


Fig. 3 Tarjeta electrónica del dispositivo.

A3 Obtener componentes del vector aceleración

El PIC cuenta con un puerto de transmisión i2c para comunicarse con el acelerómetro. Una vez leído el valor digital del acelerómetro se toman en cuenta los ejes X y Z, la información es procesada por el microcontrolador, que a su vez, dependiendo de la aceleración y posición inicial del ejercicio indicado al usuario calcula el ángulo y de acuerdo con los rangos mostrados en la tabla 1 activa los colores rojo o verde del indicador LED.

Tabla 1. Se indican los respectivos ángulos de inicio del movimiento indicado en la terapia de rehabilitación y los que se deben alcanzar.

Rodilla	Codo
Flexionada: 0° a 15°	Extendido: 0° a 15°
Extendida: 75° a 90°	Flexionado: 165° a 170°

A4 Obtener cosenos directores

Para obtener la adquisición de los datos digitales del acelerómetro se programaron librerías realizadas en el software CCS, dichas librerías permiten configurar y utilizar diferentes características del acelerómetro digital, así como leer los datos por el bus I2c en cualquier gama de los microcontroladores PIC de microchip. Finalmente se diseñó la tarjeta esclavo con el software *PROTEUS*.

La expresión usada para calcular el ángulo la posición del dispositivo es [9]:

$$\tan^{-1} \theta_{xyz} = \frac{-G_{px}}{\sqrt{G_{px}^2 + G_{pz}^2}}$$

A5 Enviar señal a indicador led

El microcontrolador toma los datos del sensor, realiza el procesamiento de los mismos para obtener el ángulo y dependiendo en qué posición se encuentre, un indicador cambia de color, permitiendo que el usuario al realizar ejercicios, observe si el movimiento que está haciendo correctamente. De esta forma el usuario podrá observar que, mientras la articulación a fortalecer se encuentre dentro de los rangos mostrados en la tabla 1, el indicador led se encontrará en color verde, en el momento que inicia el

movimiento correspondiente, cambiará a color rojo hasta que alcance el rango establecido para el ejercicio. Adicionalmente a la medición de la posición angular, el dispositivo inhibe la transición de un color a otro si el movimiento se realiza a una velocidad mayor de 2 segundos.

A6 Diseño del sistema de interfaz con el usuario

De los principios de usabilidad planteados, se determinó que las consideraciones de diseño para el encapsulado de la tarjeta de instrumentación fueron: con aristas romas para no generar lesiones en la muñeca y tobillo del adulto mayor; el área de contacto con la piel, lo menos rugoso posible; con un cincho ajustable para adaptarse a las variaciones antropomórficas de usuario a usuario; con un material hipoalergénico y, finalmente, que fuera ligero, para no fatigar al usuario durante las repeticiones.

El material que se decidió utilizar fue el ácido poliláctico (PLA) en impresión de prototipos rápidos, con posibilidad de ser desarmado parcialmente para hacer un reemplazo de pilas Fig 3.



Fig. 4 Dispositivo para evaluación de sarcopenia.

A6 Aplicación práctica

La colocación del dispositivo para realizar los ejercicios de fortalecimiento de bíceps, debe ponerse en la muñeca con la palma de la mano girada hacia arriba, mientras que para fortalecer cuádriceps se deberá ponerse en el tobillo con el dispositivo colocado al frente.



Fig. 5 Puntos de medición

III. RESULTADOS

Se diseñó una tarjeta para seguir la flexión del codo de 0° - 170° y en rodilla de 0° a 90° , y una velocidad programada de $45 (^{\circ}/s)$ en promedio. Con el dispositivo se muestreó de manera exitosa tanto la posición como la velocidad de la flexión y extensión de codo. Se validó el

dispositivo con un goniómetro comercial, obteniendo un error de 5.3% en las mediciones. Así también se hicieron pruebas en veinte voluntarios sanos, obteniendo resultados satisfactorios, tanto en las mediciones de ángulo, como velocidad.

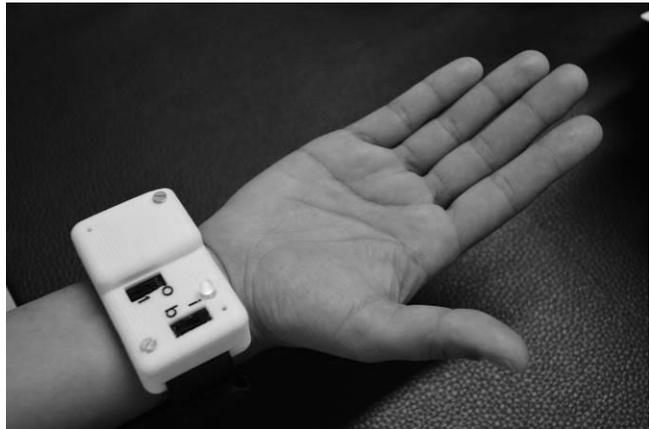


Fig. 6. Dispositivo colocado en la muñeca.

Se diseñó la carcasa y el sistema de unión a la persona y se probó el funcionamiento con un usuario, con un peso menor a los 100 gramos. Ajustable a cualquier tamaño de muñeca y que no genera rozaduras en el usuario.

El costo del dispositivo se mantuvo por debajo de los 800 pesos, lo que permitirá proveer del sistema, a un bajo costo, a los usuarios que así lo requieran.

IV. DISCUSIÓN

La tarea de muestrear posición y velocidad en el dispositivo, es una tarea que se logró y representa un avance para futuros equipos a diseñar. A pesar de que el sistema no guarda registro de las posiciones, se puede decir que para una terapia de rehabilitación, sí cumpliría a cabalidad su función.

La carcasa está diseñada para resistir caídas y golpes ligeros, como los puede tener durante el montaje en el usuario, sobre todo con adultos mayores. Además el dispositivo se adapta y

Debido a los datos de velocidad, es necesario ajustar el sistema en cuanto a cada usuario, dejar un rango de velocidad y no un promedio.

El dispositivo, también debe ser probado para verificar su repetibilidad y evaluar su desempeño de manera más confiable.

El dispositivo hasta ahora se ha validado y probado con usuarios voluntarios sanos, por lo que se trabaja en la elaboración del respectivo protocolo de investigación para ser probado con pacientes.

Es necesario hacer la validación con pacientes del rehabilitador, para probar su eficiencia en campo.

Uno de los mayores problemas a los que se enfrentan los especialistas de la salud, tanto médicos como diseñadores, es que a pesar de los múltiples esfuerzos, muchas personas no utilizan las ayudas técnicas desarrolladas para ellos, argumentando que son incómodos y pesados.

V. CONCLUSIÓN

La metodología propuesta para el diseño permite contar con un prototipo funcional y listo para ser usado en las primeras pruebas clínicas, dado que se ha dado estricto seguimiento a los estándares nacionales.

El diseño de dispositivos como este, facilitan la terapia en casa, puesto que el paciente puede realizarla y monitorear si está realizando de manera adecuada los ejercicios. Probar el dispositivo con pacientes dejará ver si este tipo de tecnología alienta a los pacientes a realizar la terapia fuera de la clínica y la adherencia a la misma que se presenta con su uso.

El dispositivo debe tomar en cuenta las condiciones de uso y de la terapia para poder ofrecer una respuesta eficiente para los pacientes, así mismo es un dispositivo que al ser de bajo costo, puede ser proveído por las instituciones de salud públicas a sus derechohabientes de menores recursos.

Tener comandos sencillos como un botón de cambio, con instrucciones de uso simples, facilita la aceptación de los usuarios.

RECONOCIMIENTOS

A la Dirección General de Asuntos del Personal Académico de la UNAM que ha financiado el desarrollo con los fondos provenientes de los proyectos PAPIIT IT101713 e IT102714.

A las Doctoras Erika Irais Cruz Reyes e Isela Valverde Luna por la asesoría médica prestada.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] E. I. C. Reyes, Valor pronóstico de la velocidad angular de codo y rodilla mediante acelerómetro triaxial en adultos mayores en presencia de sarcopenia, Méico, Distrito Federal: UNAM, 2013.
- [2] Vanguardia, "Vanguardia," 2015. [Online]. Available: <http://www.vanguardia.com.mx/enmexicoseestudiaparaserpobres-2310965.html#.VY2-lun4Lpo.twitter>. [Accessed 29 june 2015].
- [3] Instituto Nacional de Estadística y Geografía, "Perfil sociodemográfico de adultos mayores," INEGI, México, D. F. , 2014.
- [4] C. H. Taboadela, Goniometría. Una herramienta para la evaluación de las incapacidades laborales., Buenos Aires: ASOCIART SA ART, 2007.
- [5] Instituto Nacional de Estadística y Geografía, "Los adultos mayores en México. Perfil sociodemográfico al inicio del siglo XXI 2005," INEGI, México, D. F., 2005.
- [6] IBV, Datus, ¿Cómo obtener productos con alta usabilidad?, Valencia: IBV, 2003.
- [7] Comité Técnico de Insumos para la Salud, "CRITERIOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE DISPOSITIVOS MÉDICOS," Julio 2006.

- [2] Vanguardia, "Vanguardia," 2015. [en línea]. Disponible en: <http://www.vanguardia.com.mx/enmexicoseestudiaparaserpobres-2310965.html#.VY2-lun4Lpo.twitter>. [Revisada 29 june 2015].
- [3] Instituto Nacional de Estadística y Geografía, "Perfil sociodemográfico de adultos mayores," INEGI, México, D. F. 2014.
- [4] E. I. C. Reyes, Valor pronóstico de la velocidad angular de codo y rodilla mediante acelerómetro triaxial en adultos mayores en presencia de sarcopenia, Méico, Distrito Federal: UNAM, 2013.
- [5] C. H. Taboadela, Goniometría. Una herramienta para la evaluación de las incapacidades laborales. Buenos Aires: ASOCIART SA ART, 2007.
- [6] Instituto Nacional de Estadística y Geografía, "Los adultos mayores en México. Perfil sociodemográfico al inicio del siglo XXI 2005," INEGI, México, D. F., 2005.
- [7] IBV, Datus, ¿Cómo obtener productos con alta usabilidad?, Valencia: IBV, 2003.
- [8] Comité Técnico de Insumos para la Salud, "CRITERIOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE DISPOSITIVOS MÉDICOS," Julio 2006.
- [9] Salhuana L. Sensing Using Linear Accelerometers, Freescale Semiconductor 2012.