



# Dispositivos tecnológicos para la supresión del temblor

## *Technological devices for tremor suppression*

**Roberto López-Blanco**

Servicio Integrado de Neurología, Hospital Universitario Rey Juan Carlos, Móstoles;  
Hospital General de Villalba, Madrid; Hospital Universitario Infanta Elena, Valdemoro. España

### Resumen

Los nuevos dispositivos tecnológicos están revolucionando el manejo de los trastornos del movimiento. En los últimos años se han desarrollado estrategias de supresión del temblor por medio tres abordajes principales (asistencia en la realización de tareas de la vida diaria, estimulación eléctrica y vibratoria transcutánea, y colocación de órtesis con distintos grados de actividad) para amortiguar los efectos del temblor y mejorar la realización de actividades de la vida diaria de los pacientes que lo sufren. Estamos ante un reto tecnológico y terapéutico, no exento de limitaciones clínicas, metodológicas e incluso técnicas. La heterogeneidad de metodologías y enfoques, así como la ausencia de estudios comparativos entre dispositivos con elevado número de participantes, generan incógnitas en cuanto a su verdadera eficacia, efectividad y eficiencia. Sin embargo, el potencial de estos dispositivos es evidente. Futuros desarrollos requerirán superar estos obstáculos, facilitar la portabilidad de los dispositivos con preservación de los movimientos voluntarios y personalizar de forma automática la respuesta supresora de temblor.

**Palabras clave:** Temblor. Tecnología. Dispositivo médico. Supresión del temblor. Tratamiento del temblor.

### Abstract

*New technological devices are changing the management of movement disorders. In last years, different strategies for tremor suppression have been tried. These are based on three main mechanisms: assistance to daily life activities, transcutaneous electrical and vibrational stimulation, placement of orthosis with different ways of activity. The goal is damping or eliminating the effects of tremor and improving activities of daily living. This objective is a technological and therapeutical challenge. The main limitations are heterogeneity of methodologies and absence of comparative studies among devices with high number of patients. These drawbacks might question about the true effect, effectivity and efficiency of the new devices. However, the potential of these devices is notorious. Future development should overcome methodological issues improving the wearability without interference on voluntary movements and the automatic customization and adaptability of tremor suppression.*

**Keywords:** Tremor. Technology. Medical device. Tremor suppression. Tremor treatment.

**Autor de correspondencia:**  
Roberto López Blanco  
E-mail: robretolb@gmail.com

Fecha de recepción: 22-02-2022  
Fecha de aceptación: 08-03-2022  
DOI: 10.24875/KRANION.M22000023

Disponible en internet: 28-04-2022  
Kranion. 2022;17:29-36  
[www.kranion.es](http://www.kranion.es)

## INTRODUCCIÓN

Las nuevas tecnologías aplicadas a los trastornos del movimiento están ofreciendo nuevos abordajes diagnósticos y terapéuticos, enriqueciendo el manejo clínico tradicional<sup>1</sup>. En los últimos años se ha llevado a cabo una intensa investigación en este campo<sup>2</sup>.

El temblor consiste en una oscilación rítmica de una parte del cuerpo que acontece alrededor de un eje de movimiento determinado o articulación. Supone un motivo de consulta común en neurología y repercute en la vida diaria de los pacientes y sus cuidadores. Puede afectar a tareas tan cotidianas como el llevarse un cubierto a la boca, introducir la llave en una cerradura o alcanzar un botón en la pantalla de un ordenador por medio del ratón<sup>3-6</sup>.

Los trastornos tremorígenos más frecuentes son el temblor esencial (TE) y la enfermedad de Parkinson (EP)<sup>7,8</sup>. En la fisiopatología del TE intervienen la oliva inferior y el cerebelo<sup>9</sup> junto a circuitos cortico-ponto-cerebelo-talámico-corticales<sup>10</sup>. En la aparición del temblor parkinsoniano intervienen el núcleo pálido interno y subtálamo, así como los circuitos cerebelo-talámico-corticales<sup>11</sup>. En estos trastornos, estas estructuras se comportan como un oscilador central, propagando las oscilaciones patológicas a las motoneuronas medulares por medio de la vía corticoespinal<sup>9,10</sup>. Para el temblor de estos trastornos aún no existe tratamiento curativo ni modificador. El tratamiento se centra fundamentalmente en el control sintomático con fármacos de variable grado de eficacia<sup>12,13</sup>.

En temblores muy incapacitantes se plantean tratamientos avanzados más invasivos, como la neurocirugía lesional directa o la estimulación cerebral profunda del núcleo ventral intermedio (VIM) del tálamo contralateral al miembro afectado<sup>14,15</sup> como diana común en ambos. No obstante, en la EP el núcleo subtalámico es la diana de elección por sus efectos añadidos sobre rigidez y bradicinesia<sup>16</sup>. Por otra parte, existen nuevas terapias lesionales, mediante radiocirugía<sup>17</sup>, así como con haces focalizados de ultrasonidos guiados por resonancia magnética<sup>18,19</sup>. Sin embargo, estos procesos son costosos y siguen implicando riesgos e intervenciones irreversibles sobre el organismo.

En las últimas décadas se han desarrollado distintos dispositivos no invasivos para la supresión del temblor. Estos usan mecanismos físicos, eléctricos, magnéticos o digitales para contrarrestar la oscilación anormal de forma mecánica o por medio de la estimulación de vías neurofisiológicas que atenúen su aparición<sup>20-24</sup>.

En este conjunto de nuevos dispositivos tecnológicos para la supresión del temblor, podemos distinguir tres abordajes terapéuticos principales: dispositivos de asistencia, estimulación transcutánea eléctrica o vibratoria, y órtesis portátiles.

## DISPOSITIVOS DE ASISTENCIA

Su objetivo es la facilitación de tareas de la vida diaria suprimiendo el temblor que ocurre durante su realización. Los dispositivos pueden registrar el temblor y personalizar su respuesta o actuar como amortiguadores del temblor permitiendo el movimiento deseado (Fig. 1).

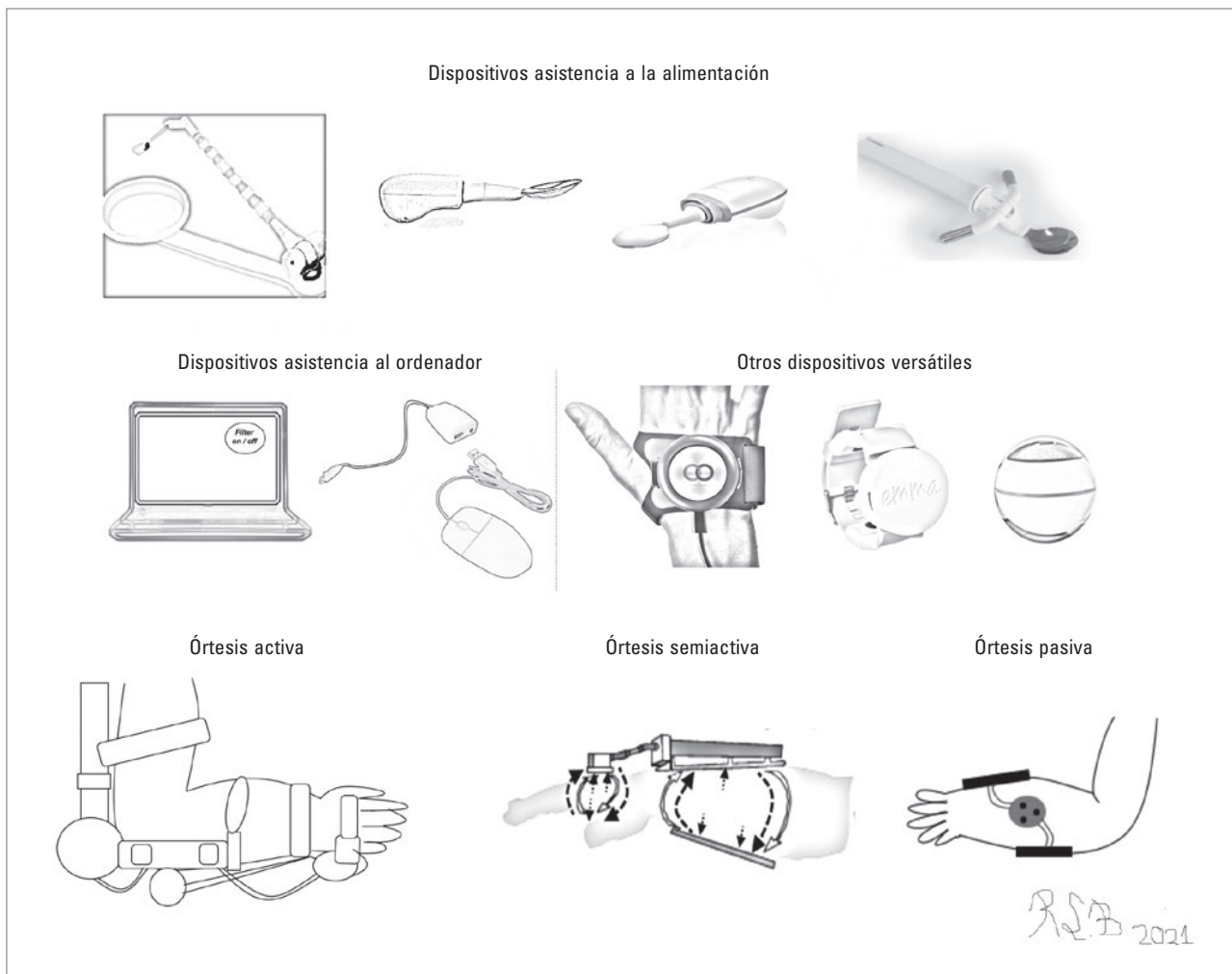
### Dispositivos de asistencia a la alimentación

Lifeware Steady<sup>25,26</sup> está registrado por la *Food and Drug Administration* (FDA) en 2013. Es un dispositivo manual, diseñado para pacientes con TE y EP. Consiste en dos motores que generan movimientos opuestos al temblor, anulándolo, permitiendo el movimiento del cubierto sin temblor. Integra un acelerómetro y un controlador que analizan el temblor en tiempo real para adaptar la respuesta. Reduce un 70% aproximadamente el temblor que aparece al comer y transferir objetos de pacientes con TE. Un dispositivo manual similar es Gyenno Spoon<sup>27</sup>, registrado por la FDA en 2016. Se sugiere una supresión de un 85% de la intensidad del temblor<sup>28</sup>, sin embargo aún no existen datos clínicos publicados. Estos dos artilugios permiten registrar el temblor a la vez que lo reducen y así ofrecen posibilidades de seguimiento objetivo. Otros dispositivos de cuchara potencialmente útiles, como ELISpoon, están disponibles pero su eficacia en la reducción del temblor es incierta<sup>29</sup>.

Por otra parte, existen otros aparatos, como *The Neater Eater*<sup>30,31</sup>, que está registrado por la FDA desde 1993. Se coloca sobre la mesa y consta de un brazo artificial sobre el que se coloca el cubierto, que reposa sobre un material amortiguador que atenuaría el temblor. Se ha probado con distintos trastornos neuromusculares, observándose mejoría en independencia, autoestima y calidad de vida. No obstante, se desconocen datos específicos sobre temblor.

### Dispositivos de asistencia al manejo de dispositivos electrónicos

Existen diversas herramientas para filtrar el temblor de la interacción con el ordenador. Pueden realizarse por medio de dispositivos periféricos como el filtro de temblor para ratón de IBM<sup>32</sup> o TechFilter<sup>33</sup> que se conectan entre el ordenador y el ratón, o bien por medio de programas informáticos como SteadyMouse<sup>34</sup>. También existen herramientas personalizables que facilitan la interacción con pantallas táctiles de *smartphones*<sup>35</sup>, si bien estas no están diseñadas específicamente para temblor.



**FIGURA 1.** Ejemplos de dispositivos para la supresión del temblor. De izquierda-derecha y de arriba-abajo: dispositivos de asistencia a la alimentación (Nearer Eater, Liftware Steady, Gyenno Spoon, ELISpoon), dispositivos de asistencia al ordenador (SteadyMouse, Techfilter), dispositivos versátiles (GyroGlove, Emma Watch, Vilim Ball), órtesis (exoesqueleto WOTAS, Double Viscous Beam, Tremelo).

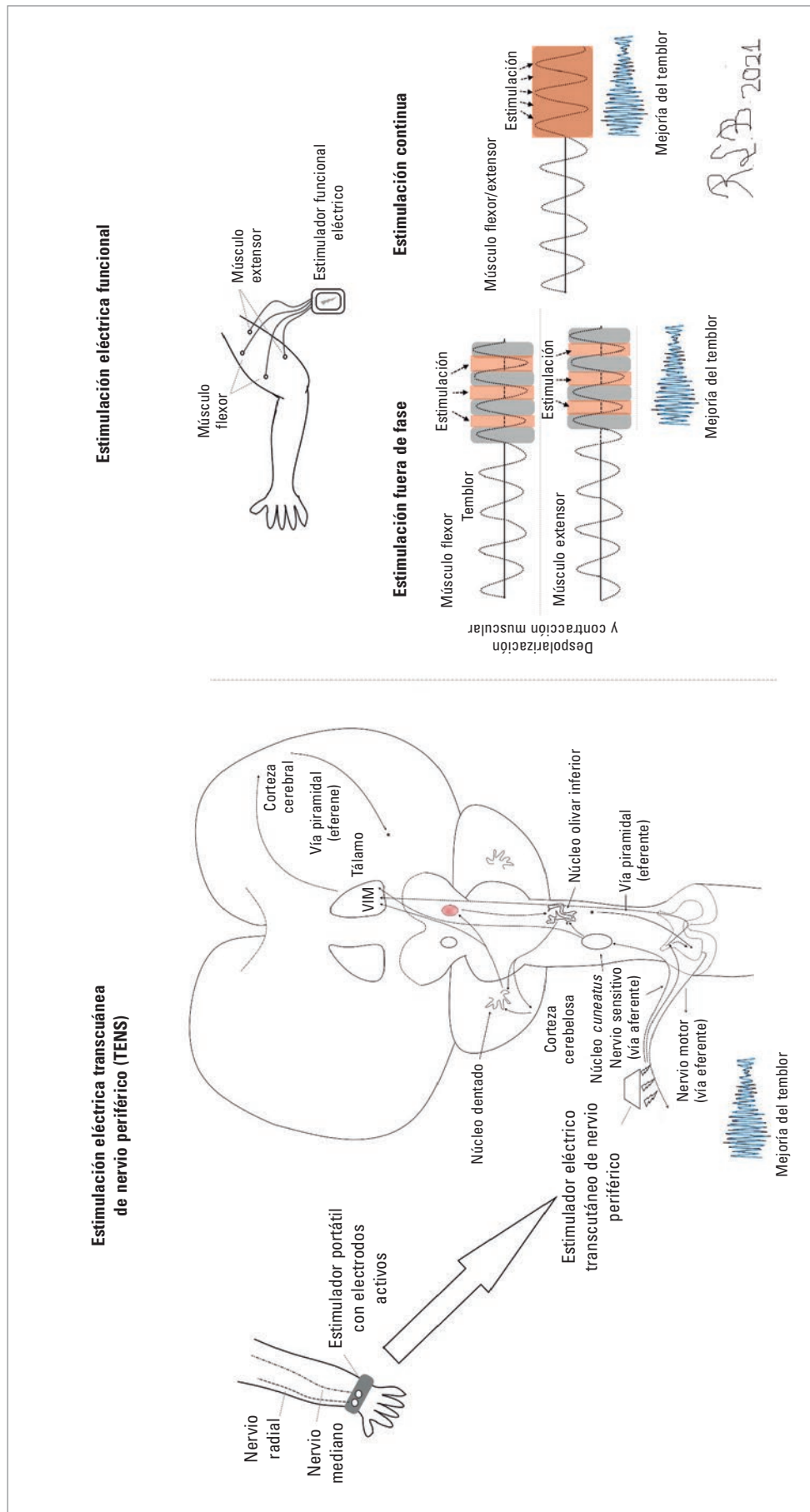
## SISTEMAS DE ESTIMULACIÓN ELÉCTRICA

La estimulación eléctrica puede ejercerse sobre el sistema nervioso periférico a través de la piel o sobre el sistema nervioso central: directamente sobre la corteza cerebral (invasiva) o indirectamente transcraneal (no invasiva) por medio de campos magnéticos. En esta sección se revisan exclusivamente los dispositivos con acción sobre el sistema nervioso periférico (Fig. 2). Estimulación del nervio mediano y radial.

La estimulación transcutánea eléctrica a altas frecuencias (TENS) ha sido desarrollada intensamente como tratamiento del dolor neuropático. Recluta fibras gruesas mielinizadas A-beta que vehiculan la sensibilidad propioceptiva, y su estimulación permite reducir la transmisión de estímulos nociceptivos. Entre sus aplicaciones al campo del temblor, se hipotetiza que esta información senso-

rial podría interferir en los circuitos generadores de temblor a nivel talámico del núcleo ventral intermedio (VIM)<sup>36-38</sup>.

El dispositivo Cala One fue aprobado por la FDA en 2018 y su versión más reciente, Cala Trio, equivalente<sup>39,40</sup>, utiliza dos electrodos estimuladores situados sobre el nervio mediano y radial, en la región anterior de la muñeca y un contraelectrodo en su región posterior. Incluye un acelerómetro que permite el registro de la frecuencia del temblor para la calibración personalizada de la intensidad de estimulación. Este dispositivo pretende activar las aferencias sensitivas periféricas de ambos nervios, que se proyectan al VIM del tálamo y los circuitos implicados del temblor. Su eficacia en estudios preliminares en TE<sup>39,40</sup> mostró resultados esperanzadores, más de la mitad de los pacientes reportaron una mejoría mayor del 50% en su intensidad del temblor. Además, ha mostrado seguridad y



**FIGURA 2.** Esquema de los dispositivos y mecanismos de acción de las principales estrategias de estimulación eléctrica. TENS: la estimulación eléctrica sensible por debajo del umbral motor actúa en las vías aferentes centrales que se proyectan sobre los circuitos implicados en el temblor, llegando a nivel del núcleo ventral intermedio del tálamo (ejemplo: dispositivo Cala Trio); FES: la estimulación eléctrica (flechas y color naranja) por encima del umbral motor produce, además, la contracción muscular de la musculatura agonista y antagonista por medio de dos estrategias: fuera de fase (anula el temblor gracias al estímulo entre fases de contracción muscular a la frecuencia de vibración del temblor; ejemplo: dispositivo MOTIMOVE) y continua (anula el temblor debido a la contracción muscular continua de la musculatura; ejemplos: Tremor's Glove y Tremor's Glove) (*adaptada de López-Blanco et al., 2020<sup>1</sup> y Pascual-Valdunciel et al., 2021<sup>24</sup>*). VIM: núcleo ventral intermedio.



efectividad en la reducción de temblor tras su uso repetido en domicilio durante tres meses<sup>41</sup>. Los efectos secundarios descritos fueron leves-moderados, como hinchazón, picor, rubefacción, molestia, incomodidad y quemazón en la zona de colocación del dispositivo, que se resolvieron con la aplicación de pomadas oleosas.

## Estimulación de músculos antagonistas

La estimulación eléctrica funcional (FES) estimula nervios motores para producir una contracción muscular. Sus primeras aplicaciones terapéuticas para temblor fueron realizadas en 1992 por Prochazka et al<sup>42</sup>. La FES mostró una mejoría en la supresión del temblor aproximada del 70% en TE, del 60% en EP y del 40% en temblores cerebelosos<sup>43</sup>. Estos trabajos fueron los pilares del primer dispositivo portátil específico para la supresión de temblor. Incorporaba la optimización de la señal por medio de filtros digitales, siendo personalizable y adaptable a las características del temblor por medio de complejos algoritmos de procesamiento de señal<sup>44</sup>.

Los dispositivos actuales se centran en dos estrategias: estimulaciones fuera de fase y continua por cocontracción (Fig. 2). El sistema MOTIMOVE<sup>45</sup>, basado en una estimulación fuera de fase, aprobado por la Unión Europea en 2019. Es un estimulador multicanal, con varios electrodos activos colocados en musculatura flexora y extensora de brazo y antebrazo. Cuenta con sensores inerciales, para la monitorización y análisis del temblor en tiempo real, lo que permite el control del proceso de estimulación. Un estudio piloto mostró un 70% de supresión del temblor en pacientes con TE y EP<sup>45</sup>.

La estimulación por cocontracción muscular la utilizan los dispositivos Tremor Neurobot (musculatura flexora y extensora de antebrazo)<sup>46</sup> y Tremor's Glove<sup>47,48</sup> (músculo abductor *pollicis brevis* y primer y segundo interóseo de la mano). Ambos sistemas cuentan con un diseño similar a MOTIMOVE, sin embargo, la coestimulación aumenta la rigidez del miembro, contrarrestando la actividad tremórica a expensas de limitar la movilidad.

## Consideraciones metodológicas de la estimulación eléctrica

Los parámetros de estimulación, frecuencia, amplitud de pulso y forma de la onda de estimulación desempeñan un papel importante en la reducción de temblor, por lo que se requieren futuros estudios que determinen cuáles son óptimos. El tipo de estimulación influye en la efectividad de las estrategias de estimulación eléctrica. La mayor reducción de la intensidad del temblor se consigue con la estimulación por encima del umbral motor, siendo la intramuscular mayor que la de superficie, aunque pueden generar mayor fatiga e interferencia con los movimientos. Las estrategias por debajo del umbral motor no tienen estos inconvenientes y suponen una intervención prometedora para el tratamiento del temblor<sup>24</sup>.

## ÓRTESIS PORTÁTILES

Las órtesis portátiles generan una carga biomecánica que busca la supresión del temblor. Existen tres tipos de mecanismos principales con los que llevan a cabo dicha función<sup>22,23</sup>, que se exponen a continuación.

### Órtesis activas

Usan sistemas de fuerzas que contrarrestan el temblor preservando los movimientos voluntarios. Es el mecanismo más utilizado<sup>23</sup>.

Los primeros dispositivos activos para la supresión del temblor fueron los exoesqueletos robóticos como el dispositivo WOTAS (*Wearable Orthosis for Tremor Assessment And Suppression*)<sup>49</sup>. Contenían sensores rotacionales alrededor de las articulaciones de miembro superior, motores eléctricos que ejercían energía mecánica para la supresión del temblor y un controlador del proceso. Lograba una reducción del 40% de la intensidad del temblor en pruebas con pacientes, si bien su peso y tamaño dificultaban su portabilidad. Posteriormente, estos exoesqueletos mejoraron sus diseños orientados a la portabilidad, menor peso con motores neumáticos y tamaños reducidos a un guante<sup>50</sup>. Paralelamente a estos desarrollos, se busca la individualización de las respuestas a las características del temblor por medio de algoritmos de estimación adaptativos<sup>51</sup> y controladores basados en un motor magnético permanente lineal<sup>52</sup>. Además, los dispositivos más desarrollados incorporan la detección del movimiento voluntario mediante análisis de contexto de aparición con múltiples sensores<sup>53,54</sup> o de señales eléctricas musculares<sup>55,56</sup>, con el objetivo de facilitar el movimiento voluntario<sup>57</sup>.

### Órtesis semiactivas

Utilizan la disipación o absorción de la energía por medio de fluidos magneto-reológicos (MR) regulándose su viscosidad mediante un controlador activo. Estos fluidos MR consisten en partículas microscópicas magnetizables que se dispersan en aceite o agua. En presencia de un campo magnético se atraen e incrementa la viscosidad del fluido aplicando cargas mecánicas para la amortiguación del temblor<sup>22</sup>.

La órtesis Double Viscous Beam está formada por una doble capa de fluidos MR, colocados en el dorso del antebrazo, acoplado a un sensor y controlador que optimiza su actuación<sup>58</sup> para amortiguar el temblor. Otra órtesis de colocación braquial a nivel de la muñeca es el *Soft Exoskeleton For The Tremor Suppression System* (SETS). Contiene un actuador flexible semiactivo que permite la adaptación dinámica a la frecuencia del temblor y a los movimientos de la muñeca, permitiendo suprimir el temblor en todos los movimientos principales de la articulación. Existen otras órtesis de muy bajo peso fabricadas en fibra de carbono que se activan magnéti-

camente por un freno electromagnético. Esta órtesis se activa cuando los sensores de movimiento detectan desplazamiento angular, generándose un campo magnético que estimula el freno para amortiguar el temblor<sup>59</sup>. Incluso se han diseñado órtesis semiactivas con motores neumáticos con forma de esposa para el temblor de la mano<sup>60</sup>.

## Órtesis pasivas

Estas órtesis absorben o disipan la energía por medio de materiales no regulables, ejerciendo un mecanismo de supresión pasiva del temblor.

Tremelo es una órtesis pasiva que porta dos amortiguadores ajustables de vibraciones que se colocan en la superficie ventral y dorsal del antebrazo, conectados por un botón central, al que se desvía la energía vibratoria de los movimientos involuntarios del temblor. Sus datos clínicos de efectividad son limitados y requiere de futuros estudios. Steadi-One es un dispositivo mecánico con forma de guante, con una masa amortiguadora, que alberga un fluido no newtoniano en su interior. Cuando la energía mecánica se transfiere a la masa, se vuelve viscosa, reduciendo la amplitud del movimiento<sup>61</sup>. Otros dispositivos con forma de guante son el Readi-Steady<sup>62</sup> y el *Task-Adjustable Passive Orthosis* (TAPO). Este último es un guante relleno de aire, inflable a demanda y permite el ajuste adecuado a la zona dorsal de la mano. Se postula que puede reducir los movimientos en las tres direcciones de la articulación de la muñeca<sup>63</sup>. Readi-Steady integra múltiples discos metálicos que añaden inercia a la mano que tiembla, mejorando el temblor, si bien los datos de eficacia en temblor son limitados<sup>64</sup>. Por último, existen dispositivos con forma de brazalete como el Vib-Bracelet, que incorpora una masa amortiguadora para el temblor en prono-supinación<sup>65</sup>.

## OTROS DISPOSITIVOS VERSÁTILES

Por último, existen otros dispositivos que pretenden reducir el temblor por otros mecanismos de controvertida eficacia (Fig. 1). Usan las vibraciones o los movimientos giratorios activos sobre la superficie cutánea para contrarrestar la aparición del temblor.

GyroGlove es un guante con múltiples giroscopios unidireccionales colocados en el dorso de la mano, rotando sobre un eje para resistir los movimientos involuntarios del temblor y contrarrestarlos<sup>66</sup>. Es de avanzado grado de desarrollo tecnológico, pero aún se desconocen informes de eficacia. Por otra parte, Emma Watch es un dispositivo portátil de muñeca que aplica vibraciones en la superficie de la muñeca<sup>67</sup>. Los mecanorreceptores de superficie conducirían este impulso vibratorio aferente a los circuitos implicados en temblor. Existen otros dispositivos que emplean aproximaciones similares por medio de vibraciones transcutáneas como Vilim Ball. Sus desarrolladores afirman que tras diez minutos de

terapia se pueden observar hasta cuatro horas de mejoría en el temblor<sup>68</sup>. Sin embargo, el efecto de la estimulación vibratoria sobre el temblor no ha demostrado un efecto consistente de reducción de la intensidad de temblor en pacientes con TE<sup>69</sup>. La escasez de estudios de eficacia de estos dos dispositivos y otros abordajes similares<sup>67,68,70,71</sup>, sumada a la ausencia de reducción de temblor descrita<sup>69</sup>, generan controversia sobre sus beneficios reales en temblor. Además, se desconocen estudios de eficacia de los movimientos giroscópicos sobre el temblor, por lo que se requieren futuros estudios que corroboren el efecto beneficioso de estos dispositivos.

## BARRERAS METODOLÓGICAS Y CLÍNICAS

Existe un creciente interés en el desarrollo de dispositivos para la supresión del temblor<sup>20,22-24</sup>. Sin embargo, el nivel de evidencia sobre su eficacia es bajo<sup>72</sup>. De esta forma, pese a la diversidad de dispositivos tecnológicos investigados, solo unos pocos llegan a obtener el permiso de las agencias reguladoras para su comercialización.

Las barreras fundamentales a las que se enfrentan estos dispositivos son las siguientes. Existe gran heterogeneidad en la metodología y en los tipos de dispositivos empleados, lo que dificulta la reproducibilidad y comparaciones entre sí. Los tamaños muestrales de los ensayos realizados con pacientes suelen ser muy bajos y en muchas ocasiones los datos reflejados de eficacia solo se limitan a estudios en laboratorio sin pacientes reales. Hay ausencia de directrices metodológicas o clínicas sobre cómo proceder para evaluar la eficacia de estos dispositivos, que ejercen su acción de forma casi inmediata, en el contexto de una circunstancia tan variable a lo largo del tiempo como es el temblor<sup>73,74</sup>. Se usan datos cinemáticos o escalas clínicas validadas de forma aislada, y en ocasiones no se usan medidas de impacto funcional, que son muy valiosas para evaluar el impacto en la vida real de los pacientes con temblor. Estos dispositivos deberían seguir los procesos de validación clínica similares a los empleados en ensayos clínicos farmacológicos<sup>72</sup> adaptados a las particularidades clínicas del temblor (tipo de temblor, dirección, intensidad, frecuencia, variabilidad, etc.). Por todo ello, la validación de dispositivos tecnológicos para la supresión del temblor requiere criterios de consenso metodológicos y protocolos de evaluación comunes que permitan valorar y comparar adecuadamente estos nuevos dispositivos<sup>24,73</sup>.

## FUTURAS DIRECCIONES

Los dispositivos tecnológicos para la supresión del temblor están sometidos a continuo desarrollo y perfeccionamiento en busca de una mejor portabilidad y eficacia con menor volumen, peso e interferencia con el

movimiento voluntario<sup>23</sup>. Futuros desarrollos en el análisis de las características del temblor junto el contexto de su aparición<sup>53,75,76</sup> son aspectos que permitirán el perfeccionamiento de estos dispositivos y la personalización de la respuesta supresora de temblor. En este sentido, se necesitan herramientas que permitan un control intuitivo y flexible al usuario sobre el movimiento voluntario, a la vez que supriman el temblor de forma automática. El desarrollo de los *interfaces* músculo/nervio/cerebro-máquina podría ayudar en esta personalización<sup>23</sup>.

## CONCLUSIONES

Existe una gran variedad de dispositivos que buscan la reducción del temblor desde distintos abordajes. La supresión del temblor por medio de dispositivos tecnológicos abre nuevas vías de tratamiento que complementan a los tratamientos tradicionales. Futuros desarrollos y mejoras de estas herramientas facilitarán de forma automática y personalizada la realización de tareas tan elementales de la vida diaria como llevarse un cubierto a la boca, o instrumentales como la introducción de una llave en la cerradura.

## FINANCIACIÓN

Ninguna.

## CONFLICTO DE INTERESES

El autor declara no tener conflicto de intereses.

## RESPONSABILIDADES ÉTICAS

### Protección de personas y animales

El autor declara que para esta investigación no se han realizado experimentos en seres humanos ni en animales.

### Confidencialidad de los datos

El autor declara que se han seguido los protocolos de su centro de trabajo sobre la publicación de datos de pacientes.

### Derecho a la privacidad y consentimiento informado

El autor declara que en este artículo no aparecen datos de pacientes.

## BIBLIOGRAFÍA

- López-Blanco R. Nuevas tecnologías para la evaluación objetiva y asistencia de pacientes con temblor esencial. Madrid, España: Universidad Complutense de Madrid; 2020.
- López-Blanco R, Sorrentino Rodríguez A, Cubo E, Gabilondo I, Ezpeleta D, Labrador-Espinosa MA, et al. Impact of new technologies on neurology in Spain. Review by the New Technologies Ad-Hoc Committee of the Spanish Society of Neurology. *Neurologia (Engl Ed)*. 2020 Dec 21;S0213-4853(20)30429-1. doi: 10.1016/j.nrl.2020.10.015. Online ahead of print.
- Busenbark KL, Nash J, Nash S, Hubble JP, Koller WC. Is essential tremor benign? *Neurology*. 1991;41(12):1982-3.
- Louis ED, Barnes L, Albert SM, Cote L, Schmeier FR, Pulman SL, et al. Correlates of functional disability in essential tremor. *Mov Disord*. 2001;16(5):914-20.
- López-Blanco R, Méndez-Guerrero A, Velasco MA. Improvement of mouse controlling in essential tremor by a tremor filter: A case report. *J Neurol Sci*. 2018;390(1-2):87-8.
- Macchi ZA, Koljack CE, Miyasaki JM, Katz M, Galifianakis N, Prizer LP, et al. Patient and caregiver characteristics associated with caregiver burden in Parkinson's disease: a palliative care approach. *Ann Palliat Med*. 2020;9(Suppl 1):S24-33.
- Benito-Leon J, Bermejo-Pareja F, Rodríguez J, Molina J-A, Gabriel R, Morales J-M. Prevalence of PD and other types of parkinsonism in three elderly populations of central Spain. *Mov Disord*. 2003;18(3):267-74.
- Benito-Leon J, Bermejo-Pareja F, Morales J-M, Vega S, Molina J-A. Prevalence of essential tremor in three elderly populations of central Spain. *Mov Disord*. 2003;18(4):389-94.
- Deuschl G, Elble RJ. The pathophysiology of essential tremor. *Neurology*. 2000;54(11 Suppl 4):S14-20.
- Helmich RC, Toni I, Deuschl G, Bloem BR. The pathophysiology of essential tremor and Parkinson's tremor. *Curr Neurol Neurosci Rep*. 2013;13(9):378.
- Helmich RC. The cerebral basis of Parkinsonian tremor: A network perspective. *Mov Disord*. 2018;33(2):219-31.
- Ferreira JJ, Mestre TA, Lyons KE, Benito-León J, Tan E-K, Abbruzzese G, et al. MDS evidence-based review of treatments for essential tremor. *Mov Disord*. 2019;34(7):950-8.
- Bloem BR, Okun MS, Klein C. Parkinson's disease. *Lancet*. 2021;386(9996):896-912.
- Koller WC, Lyons KE, Wilkinson SB, Pahwa R. Efficacy of unilateral deep brain stimulation of the VIM nucleus of the thalamus for essential head tremor. *Mov Disord*. 1999;14(5):847-50.
- Schuurman PR, Bosch DA, Bossuyt PM, Bonsel GJ, van Someren EJ, de Bie RM, et al. A comparison of continuous thalamic stimulation and thalamotomy for suppression of severe tremor. *N Engl J Med*. 2000;342(7):461-8.
- Deuschl G, Paschen S, Witt K. Clinical outcome of deep brain stimulation for Parkinson's disease. *Handb Clin Neurol*. 2013;116:107-28.
- Ohye C, Higuchi Y, Shibasaki T, Hashimoto T, Koyama T, Hirai T, et al. Gamma knife thalamotomy for Parkinson disease and essential tremor: a prospective multicenter study. *Neurosurgery*. 2012;70(3):526.
- Elias WJ, Lipsman N, Ondo WG, Ghanouni P, Kim YG, Lee W, et al. A randomized trial of focused ultrasound thalamotomy for essential tremor. *N Engl J Med*. 2016;375(8):730-9.
- Martínez-Fernández R, Rodríguez-Rojas R, Del Álamo M, Hernández-Fernández F, Pineda-Pardo JA, Dileone M, et al. Focused ultrasound subthalamotomy in patients with asymmetric Parkinson's disease: a pilot study. *Lancet Neurol*. 2018;17(1):54-63.
- Desplenter T, Zhou Y, Edmonds BP, Lidka M, Goldman A, Trejos AL. Rehabilitative and assistive wearable mechatronic upper-limb devices: A review. *J Rehabil Assist Technol Eng*. 2020 May 13;7:2055668320917870.
- Maas RPPWM, Helmich RCG, van de Warrenburg BPC. The role of the cerebellum in degenerative ataxias and essential tremor: Insights from noninvasive modulation of cerebellar activity. *Mov Disord*. 2020;35(2):215-27.
- Mo J, Priefer R. Medical devices for tremor suppression: Current status and future directions. *Biosensors (Basel)*. 2021;11(4):99.
- Nguyen HS, Luu TP. Tremor-suppression orthoses for the upper limb: Current developments and future challenges. *Front Hum Neurosci*. 2021;15:622535.
- Pascual-Valdunciel A, Hoo GW, Avrillon S, Barroso FO, Goldman JG, Hernandez-Pavon JC, et al. Peripheral electrical stimulation to reduce pathological tremor: a review. *J Neuroeng Rehabil*. 2021;18(1):33.
- Verily. Liftware Steady TM [sede web]. Verily [acceso: 16 febrero 2019]. Disponible en: <https://www.liftware.com>
- Pathak A, Redmond JA, Allen M, Chou KL. A noninvasive handheld assistive device to accommodate essential tremor: a pilot study. *Mov Disord*. 2014;29(6):838-42.
- Zhu Y, Ren K. Arm Vibration Damping Device. 0327023 A1, 2017. U.S. Patent [Internet]. Google Patents; 16 noviembre 2017. Disponible en: <https://patents.google.com/patent/US20170326023A1/en>
- Gyenno Spoon [Internet]. Gyenno. Disponible en: <https://www.gyenno.com/spoon-en>
- ELISpoon [Internet]. ELISpoon. Disponible en: <https://elispoon.com/?lang=es>
- Michaelis J. Introducing the neater eater. *Action Res*. 1988;6:2-3.
- Mandy A, Sims T, Stew G, Onions D. Manual feeding device experiences of people with a neurodisability. *Am J Occup Ther*. 2018;72(3):7203345010p1-5. doi: 10.5014/ajot.2018.025353.
- Levine J, Schappert M. A mouse adapter for people with hand tremor. *IBM Syst J*. 2005;(44):621-8.
- Rocon E, Miranda JA, Pons JL. TechFilter: Filtering undesired tremorous movements from PC mouse cursor. *Technol Disabil*. 2006;18(1):3-8.
- The Steady Mouse Project [Internet]. SteadyMouse LLC [acceso: 28 diciembre 2019]. Disponible en: <https://www.steadymouse.com>
- Peng Y-H, Lin M-T, Chen Y, Chen T, Ku PS, Tse P, et al. PersonalTouch. Proceedings of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems. New York, NY, EE.UU.: ACM; 2019.

36. Hanajima R, Dostrovsky JO, Lozano AM, Hutchison WD, Davis KD, Chen R, et al. Somatosensory evoked potentials (SEPs) recorded from deep brain stimulation (DBS) electrodes in the thalamus and subthalamic nucleus (STN). *Clin Neurophysiol.* 2004;115(2):424-34.
37. Klostermann F, Wahl M, Schomann J, Kupsch A, Curio G, Marzink F. Thalamo-cortical processing of near-threshold somatosensory stimuli in humans. *Eur J Neurosci.* 2009;30(9):1815-22.
38. Hanajima R, Chen R, Ashby P, Lozano AM, Hutchison WD, Davis KD, et al. Very fast oscillations evoked by median nerve stimulation in the human thalamus and subthalamic nucleus. *J Neurophysiol.* 2004;92(6):3171-82.
39. Pahwa R, Dhali R, Ostrem J, Gwinn R, Lyons K, Ro S, et al. An acute randomized controlled trial of noninvasive peripheral nerve stimulation in essential tremor. *Neuromodulation.* 2019;22(5):537-45.
40. Lin PT, Ross EK, Chidester P, Rosenbluth KH, Hamner SR, Wong SH, et al. Noninvasive neuromodulation in essential tremor demonstrates relief in a sham-controlled pilot trial. *Mov Disord.* 2018;33(7):1182-3.
41. Isaacson SH, Peckham E, Tse W, Waln O, Way C, Petrossian MT, et al. Prospective home-use study on non-invasive neuromodulation therapy for essential tremor. *Tremor Other Hyperkinet Mov (N Y).* 2020;10:29.
42. Prochazka A, Elek J, Javidan M. Attenuation of pathological tremors by functional electrical stimulation. I: Method. *Ann Biomed Eng.* 1992;20(2):205-24.
43. Javidan M, Elek J, Prochazka A, Elek J, Javidan M. Attenuation of pathological tremors by functional electrical stimulation. II: Clinical evaluation. *Ann Biomed Eng.* 1992;20(2):225-36.
44. Gillard DM, Cameron T, Prochazka A, Gauthier MJ. Tremor suppression using functional electrical stimulation: a comparison between digital and analog controllers. *IEEE Trans Rehabil Eng.* 1999;7(3):385-8.
45. Popović Maneski L, Jorgovanović N, Ilić V, Došen S, Keller T, Popović MB, et al. Electrical stimulation for the suppression of pathological tremor. *Med Biol Eng Comput.* 2011;49(10):1187-93.
46. Gallego JA, Rocon E, Belda-Lois JM, Pons JL. A neuroprosthesis for tremor management through the control of muscle co-contraction. *J Neuroeng Rehabil.* 2013;10(36):1-13.
47. Jitkrisadakul O, Thanawattano C, Anan C, Bhidayasiri R. Tremor's glove-an innovative electrical muscle stimulation therapy for intractable tremor in Parkinson's disease: A randomized sham-controlled trial. *J Neurol Sci.* 2017;381:331-40.
48. Zhou Y, Ibrahim A, Hardy KG, Jenkins ME, Naish MD, Trejos AL. Design and preliminary performance assessment of a wearable tremor suppression glove. *IEEE Trans Biomed Eng.* 2021;68(9):2846-57.
49. Rocon E, Belda-Lois JM, Ruiz AF, Manto M, Moreno JC, Pons JL. Design and validation of a rehabilitation robotic exoskeleton for tremor assessment and suppression. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng.* 2007;15(1):367-78.
50. Zhou Y, Naish MD, Jenkins ME, Trejos AL. Design and validation of a novel mechatronic transmission system for a wearable tremor suppression device. *Rob Auton Syst.* 2017;91:38-48.
51. Taheri B, Case D, Richer E. Adaptive suppression of severe pathological tremor by torque estimation method. *IEEE/ASME Trans Mechatronics.* 2015;20(7):717-27.
52. Zamanian AH, Richer E. Adaptive disturbance rejection controller for pathological tremor suppression with permanent magnet linear motor. *ASME 2017 Dynamic Systems and Control Conference, Tysons, Virginia, EE.UU., octubre de 2017.*
53. Lambrecht S, Gallego JA, Rocon E, Pons JL. Automatic real-time monitoring and assessment of tremor parameters in the upper limb from orientation data. *Front Neurosci.* 2014;8:221.
54. Huen D, Liu J, Lo B. An integrated wearable robot for tremor suppression with context aware sensing. 2016 IEEE 13th International Conference on Wearable and Implantable Body Sensor Networks (BSN), 2016.
55. Ando T, Watanabe M, Fujie MG. Extraction of voluntary movement for an EMG controlled exoskeletal robot of tremor patients. 2009 4th International IEEE/EMBS Conference on Neural Engineering. IEEE; 2009.
56. Matsumoto Y, Amemiya M, Kaneishi D, Nakashima Y, Seki M, Ando T, et al. Development of an elbow-forearm interlock joint mechanism toward an exoskeleton for patients with essential tremor. 2014 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, 2014. pp. 2055-2062.
57. Herrnstadt G, Menon C. Voluntary-driven elbow orthosis with speed-controlled tremor suppression. *Front Bioeng Biotechnol.* 2016;4:29.
58. Loureiro R, Belda Lois JM, Lima ER, Pons JL, Sánchez-Lacuesta J, Harwin W. Upper limb tremor suppression in ADL via an orthosis incorporating a controllable double viscous beam actuator. 9th International Conference on Rehabilitation Robotics, 2005. ICORR 2005.
59. Herrnstadt G, Menon C. On-off tremor suppression orthosis with electromagnetic brake. *Int J Mech Eng Mechatronics.* 2013;1(2):7-24.
60. Kalaiarasi A, Kumar LA. Sensor based portable tremor suppression device for stroke patients. *Acupunct Electrother Res.* 2018;43:29-37.
61. Sampalli A, Lee J, Rizek P. Clinical and kinematic assessment of a glove-based tremor dampener in patients with essential tremor. *Mov Disord.* 2020;35(suppl 1).
62. Read-Steadi Glove [Internet]. Read-Steadi [acceso: 14 julio 2021]. Disponible en: <https://www.readi-steadi.com>
63. Fromme NP, Camenzind M, Rieni R, Rossi RM. Design of a lightweight passive orthosis for tremor suppression. *J Neuroeng Rehabil.* 2020;17(1):47.
64. Hunter R, Pivach L, Madere K, A.W.A. VG. Potential benefits of the Read-Steadi on essential tremor. 5th Annual LSU Discover Day. Baton Rouge, LA, USA; 2018.
65. Buki E, Katz R, Zacksenhouse M, Schlesinger I. Vib-bracelet: a passive absorber for attenuating forearm tremor. *Med Biol Eng Comput.* 2018;56(5):923-30.
66. De Paniss P, Ibrahim Y, Medeis J, Tiarvando L, Vaklev NL, Ong J, et al. Tremor stabilization apparatus and methods. 0266820 A1, 2018 [Internet]. Google Patents. Disponible en: <https://patents.google.com/patent/WO2016102958A1/en>
67. Macerollo A, Holz C, Cletheror D, Vega J, Moody J, Saul G, et al. Non-invasive intervention for motor signs of Parkinson's disease: the effect of vibratory stimuli. *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* 2020;92(1):109-10.
68. Abramavičius S, Venslauskas M, Vaitkus A, Gudžiūnas V, Laucius O, Stankevičius E. Local vibrational therapy for essential tremor reduction: A clinical study. *Medicina (B Aires).* 2020;56(10):552.
69. Lora-Millán JS, López-Blanco R, Gallego JA, Méndez-Guerrero A, González de la Aleja J, Rocon E. Mechanical vibration does not systematically reduce the tremor in essential tremor patients. *Sci Rep.* 2019;9(1):16476.
70. Haas CT, Turbanski S, Kessler K, Schmidtbleicher D. The effects of random whole-body-vibration on motor symptoms in Parkinson's disease. *NeuroRehabilitation.* 2006;21(1):29-36.
71. King LK, Almeida QJ, Ahonen H. Short-term effects of vibration therapy on motor impairments in Parkinson's disease. *NeuroRehabilitation.* 2009;25(4):297-306.
72. Castrillo-Fraile V, Peña EC, Gabriel Y, Galán JMT, Delgado-López PD, Collazo C, Cubo E. Tremor control devices for essential tremor: A systematic literature review. *Tremor Other Hyperkinet Mov (N Y).* 2019;9:1-6.
73. López-Blanco R, Benito-León J, Hernández-Gallego J, Sánchez-Ferro A. The validation of tremor-cancelling technologies needs a multidisciplinary consensus statement. *Tremor Other Hyperkinet Mov (N Y).* 2020;10(5):657-63.
74. Mostile G, Fekete R, Giuffrida JP, Yalitho T, Davidson A, Nicoletti A, et al. Amplitude fluctuations in essential tremor. *Park Relat Disord.* 2012;18(7):859-63.
75. Lambrecht S, Harutyunyan A, Tanghe K, Afschrift M, De Schutter J, Jonkers I. Real-time gait event detection based on kinematic data coupled to a biomechanical model. *Sensors (Basel).* 2017;17(4):671.
76. Serrano JI, Lambrecht S, del Castillo MD, Romero JP, Benito-León J, Rocon E. Identification of activities of daily living in tremorous patients using inertial sensors. *Expert Syst Appl.* 2017;83:40-8.