



**UNIVERSIDAD DE ALMERÍA**  
Master en Ciencias del Sistema Nervioso

**Trabajo Fin de Master**

**Alteraciones del Control Postural en la Demencia  
por Enfermedad de Alzheimer: Uso de las Nuevas  
Tecnologías para su Abordaje**

**Convocatoria: Septiembre (2018)**  
**Autor/a: Isaac García Carricondo**  
**Tutor/a: Rafael Raya López**  
**L. Fernando Sánchez Santed**



## Agradecimientos

A Luis Fernando Sanchez Santed y Rafael Raya López, gracias por ser mis tutores, por ayudarme, orientarme y aconsejarme durante todo este proceso. Ha sido un honor contar con vuestra ayuda.

Gracias a mi familia y amigos, sobre todo a mi madre, mi hermana, Gema y Javi, porque os ha tocado soportarme.

Por último, gracias a mis compañeras Raquel, Maria Isabel y Ángela, con vosotras esto ha sido posible y más llevadero.

## ÍNDICE.

	Pag.
INTRODUCCIÓN	6
OBJETIVOS	9
METODOLOGÍA	10
RESULTADOS	10
1. Alteraciones del Control Postural asociadas a la Demencia por Enfermedad de Alzheimer	11
2. Aplicación de las Nuevas Tecnologías en la Evaluación y Tratamiento de las alteraciones del Control Postural en personas con Demencia por Enfermedad del Alzheimer.	14
2.1. Posturografía Dinámica Computarizada (CDP)	15
2.2. Pasillo de Marcha Electrónico.	17
2.3. Plataforma de Fuerza.	18
2.4. Wii Balance Board®	20
2.5. Sensores Inerciales.	22
CONCLUSIONES	25
BIBLIOGRAFÍA	26

## RESUMEN Y PALABRAS CLAVE.

La Enfermedad de Alzheimer ha sido habitualmente clasificada, según su localización, dentro del grupo de las Demencias Corticales, con una sintomatología puramente cognitiva. Sin embargo, se ha podido comprobar que hay personas diagnosticadas de EA que presentan, además de la sintomatología cognitiva "clásica", alteraciones de la postura y del equilibrio, así como otras complicaciones relacionadas con éstas como caídas, deterioro funcional, temor o incluso disfagia. La prevalencia y la complejidad de estas alteraciones se ven incrementadas a medida que avanza la enfermedad y su estudio puede contribuir al diagnóstico más precoz de la demencia. Gracias a la neuroimagen se ha comprobado como estructuras corticales y subcorticales que intervienen en el control postural se ven afectadas por una pérdida de volumen en la Enfermedad de Alzheimer.

Para evaluar el Control Postural a nivel clínico se suelen utilizar pruebas subjetivas y pruebas exploratorias basadas en la observación, que carecen de la especificidad y sensibilidad suficientes para detectar alteraciones del equilibrio o de la marcha en los estadios más iniciales del proceso demencial. La Tecnología de la Información y la Comunicación (TIC) nos ofrece diferentes herramientas para poder llevar a cabo evaluaciones más objetivas y que nos permitan controlar de un modo más riguroso los resultados de nuestras intervenciones. Algunos de estos instrumentos tienen la ventaja de ser económicos, accesibles y fáciles de manejar para su implantación y uso en el contexto clínico.

**Palabras Clave:** Postura, Control Postural, Equilibrio, Enfermedad de Alzheimer, Nuevas Tecnologías.

Alzheimer's disease has usually been classified, according to its location, within the group of Cortical Dementias, with a purely cognitive symptomatology. However, it has been found that there are people diagnosed with AD who show, in addition to the "classic" cognitive symptoms, alterations in posture and balance, as well as other complications related to them such as falls, functional impairment, fear or even dysphagia. The prevalence and complexity of these alterations are increased as the disease progresses, and their study can contribute to the earlier diagnosis of dementia. Thanks to neuroimaging, it has been proven how cortical and subcortical structures that intervene in postural control are affected by a volume loss in Alzheimer's disease.

In order to evaluate the Postural Control at a clinical level, subjective and exploratory tests based on observation are usually used, lacking the sufficient specificity and sensitivity to detect alterations of balance or gait in the most initial stages of the insane process. Information and Communication Technology (ICT) offers us different tools to be able to carry out more objective evaluations and to allow us to control in a more rigorous way the results of our interventions. Some of these instruments have the advantage of being economical, accessible and easy to handle for their implantation and use in the clinical context.

**Keywords:** Posture, Postural Control, Balance, Alzheimer's Disease, New Technologies.

## INTRODUCCIÓN.

El incremento de la esperanza de vida en la sociedad actual lleva consigo un aumento en la incidencia de las enfermedades de carácter crónico relacionadas sobre todo con el envejecimiento, como por ejemplo las demencias. La demencia es un síndrome o conjunto de síntomas de predominio cognitivo que se deben a la destrucción de las neuronas encargadas de llevar a cabo la función cognitiva alterada. Este cuadro evolucionará hasta dejar a la persona en una situación de máxima dependencia, encamada, sin capacidad de comunicación y de reconocimiento del entorno, e incluso sin poder alimentarse [1,2].

Se estima que la demencia afecta aproximadamente a unos 50 millones de personas en todo el mundo, una cifra que se espera que alcance los 82 millones en 2030 y los 152 millones en 2050; registrándose, aproximadamente, unos 10 millones de nuevos casos cada año. Por otro lado, el 60% de los casos mencionados anteriormente viven en países reconocidos por el Banco Mundial como de rentas bajas y medias, unas cifras que igualmente se irán incrementando hasta superar los 70 millones en 2050 [3,4]. La causa más frecuente de demencia es la Enfermedad de Alzheimer (EA), responsable de un 60% a un 80% de los casos diagnosticados de demencia [1,5]. Según Niu et al. la Enfermedad de Alzheimer presenta una prevalencia en Europa del 4,4% en personas mayores de 56 años y una incidencia del 12,33 por 1000 personas – año [2,6].

Existen diferentes criterios a la hora de clasificar a las demencias, lo cual nos permite identificar perfiles clínicos más concretos dentro de dicho síndrome, lo que a su vez facilitará su abordaje (y diagnóstico), así como la determinación de las líneas estratégicas de tratamiento más adecuadas para cada proceso demencial [7,8].

Atendiendo a la clasificación topográfica, es decir, según la estructura cerebral afectada, hay que tener en cuenta que la corteza cerebral tiene como función principal la de llevar a cabo tareas integradoras y cognitivas, por lo que su afectación dará lugar a problemas de orientación, memoria o lenguaje, e incluso puede haber problemas de agnosia, afasia o alteraciones conductuales. Por otro lado, las estructuras subyacentes a la corteza (estructuras subcorticales) como son la sustancia blanca y los núcleos subcorticales, tienen funciones más vinculadas a los procesos motores y autonómicos e, incluso, a la conexión del área cortical con las áreas o estructuras efectoras; la sintomatología derivada de la afectación de estas estructuras es variada (dependiendo de donde se establezca el compromiso), pero sobre todo encontramos alteraciones motoras (temblor, bradicinesia, rigidez, alteraciones de la marcha, caídas), junto a otros síntomas como apatía, bradipsiquia o trastornos mnésicos. Por tanto, en la clasificación topográfica hablaremos de demencias de tipo Cortical o Subcortical, en función de las estructuras mayormente afectadas [7,8].

**(Figura 1).**

Corticales	Subcorticales.
Enfermedad de Alzheimer Demencia Fronto – Temporal Atrofias Corticales Asimétricas	Demencia con cuerpos de Lewy Enfermedad de Parkinson Parálisis Supranuclear Progresiva Demencias Vasculares Enfermedad de Creutzfeldt - Jakob Demencia por VIH Neurosífilis Enfermedades Sistémicas Endocrinopatías Estados de Deficiencia Vitamínica Encefalopatías Tóxicas Demencia Postraumática Hidrocefalia Neoplasias Desmielinización

**Figura 1.** Clasificación Topográfica de las Demencias.

Fuente: Longoria M, Salinas RM, Sosa AL. Clasificación y criterios diagnósticos actuales de las demencias. Arch Neurocen (Mex) 2016; 21 Supl-especial-1: 7-25.

La EA es una enfermedad neurodegenerativa primara que afecta al cerebro, de etiología desconocida y que presenta como rasgos neuropatológicos más representativos la acumulación, sobre todo en el Neocortex, de proteína beta amiloide en forma de Placas Seniles, factores inflamatorios y alteraciones de la proteína Tau que darán lugar a la presencia Ovillos Neurofibrilares, distribuidos por la Corteza Entorrinal, Regiones del Hipocampo (CA1, CA3, CA4, Giro Dentado y Presubículo) [7,9,10]. Éstos pueden ser sellos distintivos del diagnóstico patológico de la enfermedad de Alzheimer y ser confirmados mediante examen histopatológico post mortem [11].

El diagnóstico de la EA en estadio preclínico es posible mediante el empleo de biomarcadores, que variarán en función del momento en el que se encuentre el proceso fisiopatológico. En un primer momento pueden encontrarse biomarcadores debidos al acumulo de amiloide en el cerebro (amiloidosis cerebral) que consiste en la disminución en el LCR de  $A\beta_{42}$  y el aumento en la retención de trazadores de amiloide empleando la PET (Tomografía por Emisión de Positrones). Posteriormente aparecerán biomarcadores debidos al daño funcional (disfunción sináptica), que consisten en la disminución en la captación de fluorodeoxiglucosa en la región temporo-parietal en la PET y disfunciones en esas mismas áreas en la RM. Por último, estarán los biomarcadores indicativos de daño estructural (pérdida neuronal), y consisten en la identificación de atrofia cerebral en el lóbulo Temporal Medial y Corteza Paralímbica y Temporo-parietal mediante RM [9,11,12]. El incremento de proteína Tau en el LCR es un biomarcador de daño neural, pero no es específico de la EA [12,13].

Clínicamente la Demencia por EA se caracteriza por un declive cognitivo, de progresión lenta, donde predominan sobre todo alteraciones de la memoria inmediata, alteraciones visoespaciales, del lenguaje y de las praxias. Existen diferentes criterios diagnósticos, como los que incluye el Manual Diagnóstico y Estadístico de las Enfermedades Mentales (DSM) de la Asociación Americana de

Psiquiatría (APA) en su quinta edición, en la cual se establecen los criterios diagnósticos tanto para el Trastorno Neurocognitivo Mayor como para el Leve debidos a la Enfermedad de Alzheimer (Tabla 1) [7,11,12]. Para ver los Criterios Diagnósticos de Trastorno Neurocognitivo según DSM-V ver ANEXO I

<b>TRASTORNO NEUROCOGNITIVO MAYOR O LEVE POR ENFERMEDAD DE ALZHEIMER</b>
<b>Criterios Diagnósticos</b>
<p><b>A.</b> Cumple criterios de Trastorno Neurocognitivo Mayor o Leve (Ver Anexo I)</p> <p><b>B.</b> Presenta un inicio insidioso y una progresión gradual del trastorno en uno o más dominios cognitivos (en el trastorno neurocognitivo mayor tienen que estar afectados por lo menos dos dominios).</p> <p><b>C.</b> Se cumplen los criterios de la enfermedad de Alzheimer como probable o posible, como sigue:</p> <p><b>Para el Trastorno Neurocognitivo Mayor:</b></p> <p>Se diagnostica <b>Enfermedad de Alzheimer Probable</b> si aparece algo de los siguientes; en caso contrario, debe diagnosticarse <b>Enfermedad de Alzheimer Posible</b>.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Evidencias de una mutación genética causante de la enfermedad de Alzheimer en los antecedentes familiares o en pruebas genéticas.</li> <li>2. Aparecer los tres siguientes: <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Evidencias claras de un declive de la memoria y del aprendizaje, y por lo menos de otro dominio cognitivo (basada en una anamnesis detallada o en pruebas neuropsicológicas seriadas).</li> <li>b. Declive progresivo, gradual y constante de la capacidad cognitiva sin mesetas prolongadas.</li> <li>c. Sin evidencias de una etiología mixta (es decir, ausencia de cualquier otra enfermedad neurodegenerativa o Cerebrovascular, otra enfermedad neurológica, mental o sistémica, o cualquier otra afección con probabilidad de contribuir al declive cognitivo).</li> </ol> </li> </ol> <p><b>Para el Trastorno Neurocognitivo Leve:</b></p> <p>Se diagnostica la <b>Enfermedad de Alzheimer Probable</b> si se detecta una evidencia de mutación genética causante de la enfermedad de Alzheimer mediante una prueba genética o en los antecedentes familiares.</p> <p>Se diagnostica la <b>Enfermedad de Alzheimer Posible</b> si no se detecta ninguna evidencia de mutación genética causante de la enfermedad de Alzheimer mediante una prueba genética o en los antecedentes familiares, y aparecen los tres siguientes:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Evidencias claras de declive de la memoria y el aprendizaje.</li> <li>2. Declive progresivo, gradual y constante de la capacidad cognitiva sin mesetas prolongadas.</li> <li>3. Sin evidencia de una etiología mixta (es decir, ausencia de cualquier otra enfermedad neurodegenerativa o Cerebrovascular, otra enfermedad neurológica o sistémica, o cualquier otra afección con probabilidades de contribuir al declive cognitivo).</li> </ol> <p><b>D.</b> La alteración no se explica mejor por una enfermedad Cerebrovascular, otra enfermedad neurodegenerativa, los efectos de una sustancia o algún otro trastorno mental, neurológico o sistémico.</p>

**Tabla 1.** Criterios Diagnósticos DSM – V para el Trastorno Neurocognitivo Mayor o Leve por Enfermedad de Alzheimer

(Fuente: Asociación Americana de Psiquiatría. Manual diagnóstico y estadístico de los trastornos mentales, quinta edición (DSM-V). Madrid: Masson; 2014.)

Tradicionalmente, se ha considerado que la neuropatología de la EA tiene una distribución exclusivamente cortical, mostrando una clínica puramente cognitiva [7,8] algo que dista bastante de la realidad clínica, ya que con frecuencia encontramos personas diagnosticadas de EA que, asociada a la sintomatología cognitiva “clásica”, presentan alteraciones de la postura y del equilibrio, responsables de complicaciones de elevada trascendencia como la alteración del patrón de marcha, caídas, deterioro funcional, temor o incluso disfagia [14,15,16] que, a su vez, generan un gran impacto en la calidad de vida tanto de la persona enferma, como de su entorno socio-familiar más cercano. Sin embargo, estas alteraciones han sido poco atendidas y estudiadas, incluso en el ámbito clínico, porque se han asociado directamente a los procesos de senectud, considerándose como normales y propias de la edad; sin valorar ni tener en cuenta si la influencia de la enfermedad afecta a estructuras implicadas en los mecanismos de control motor y postural.

Además, a nivel clínico cuando se procede a evaluar aspectos del control postural, como la postura, el equilibrio o la marcha, generalmente se hace de manera subjetiva, basando dicha evaluación en cuestionarios (autoinformados), pruebas exploratorias neurológicas o en la simple observación del investigador [14,17,18,19,20]. Ello da lugar a una interpretación grotesca y bastante subjetiva de la situación real que la persona presenta en relación con su control postural, careciendo de la especificidad y sensibilidad suficiente como para poder detectar pequeños cambios o variaciones en los componentes del control postural que indiquen afectación de este y poder relacionarlo con situaciones o cuadros de afectación cognitiva como ocurre en las demencias. Todo ello para poder identificar de una manera más óptima los riesgos potenciales de la persona y así, dirigir las intervenciones de una forma más eficiente al control de las complicaciones asociadas a los trastornos posturales y del equilibrio.

## **OBJETIVOS.**

Teniendo en cuenta lo anteriormente mencionado, el objetivo principal del presente trabajo es el de *exponer el efecto de la Demencia por Enfermedad de Alzheimer en el equilibrio y el control postural, y la relación de dicha influencia con las complicaciones que suelen acompañar a este síndrome y que impactan negativamente en la calidad de vida de la persona afectada.* Para ello se establecen los siguientes objetivos secundarios:

- Describir las alteraciones motoras que se producen en la demencia por enfermedad de Alzheimer como consecuencia del deterioro del control postural.
- Identificar métodos objetivos de evaluación de control postural y equilibrio, utilizados en los casos de demencia, aplicando las nuevas tecnologías.
- Exponer los parámetros o variables más relevantes del control postural y equilibrio en personas con demencia por Enfermedad de Alzheimer, que puedan ser utilizados para la

elaboración de protocolos y guías de evaluación y tratamiento futuros que permitan la detección temprana de las alteraciones posturales en personas afectadas por demencia por Enfermedad de Alzheimer y que contribuyan a reducir las complicaciones derivadas de tales alteraciones.

## **METODOLOGÍA.**

Este trabajo sigue el diseño de una revisión narrativa. Para llevar a cabo la búsqueda bibliográfica se consultaron las bases de datos de Ciencias de la Salud: *Pubmed*, *Medline (Proquest)*, *CINHAL*, y algunas búsquedas en el buscador "*Google Académico*", también se consultaron referencias presentes en artículos consultados y páginas web de interés.

Se consideraron como *criterios de inclusión*, que fueran artículos originales (revisiones, estudios o ensayos clínicos) publicados en los últimos 10 años (2008 – 2018), en inglés o español, con posibilidad de acceder al texto completo (a través de la plataforma de la biblioteca de la Universidad de Almería). Los *criterios de exclusión* fueron, que fueran anteriores al año 2008 (salvo aquellos estudios que se consideraron relevantes para el desarrollo del trabajo), que su contenido se alejara del propósito del presente trabajo y la imposibilidad de acceder al texto completo.

Los descriptores o Palabras Clave utilizadas fueron: "posture", "postural sway", "postural control", "dementia", "Alzheimer".

## **RESULTADOS.**

Para llevar a cabo la presente revisión narrativa se hizo una consulta en las bases de datos anteriormente nombradas, utilizando los descriptores que se indican en la metodología, obteniéndose primeramente 52 resultados. De esos trabajos se accedió a otros 79 que podían guardar relación con los objetivos de esta revisión. De todos los trabajos obtenidos, se descartaron 33 por no cumplir con los criterios de inclusión o no ser relevantes, quedando un total de 98 artículos.

Dándo cumplimiento a los objetivos de la presente revisión narrativa, sus resultados se exponen en dos apartados, el primero trata de las alteraciones del Control Postural asociadas a la Demencia por Enfermedad de Alzheimer, y en el segundo se exponen los métodos objetivos y cuantitativos de evaluación del Control Postural y el equilibrio en personas con demencia por Enfermedad de Alzheimer, basados en las Nuevas Tecnologías. Éstos se han distribuido siguiendo un orden de complejidad y en su descripción se incluyen algunas características relevantes, así como las variables de evaluación utilizadas en los diferentes estudios en los que han sido utilizados.

## 1. Alteraciones del Control Postural asociadas a la Demencia por Enfermedad de Alzheimer.

La información procedente del medio interno y del externo es recogida por los sistemas sensoriales y enviada al SNC para ser procesada, integrada y canalizada hacia los sistemas motores somáticos que controlan el sistema musculoesquelético [21,22] y que llevarán a cabo entre otras funciones, la de permitir mantener diferentes posturas (posiciones estáticas del cuerpo o sus partes), con el cuerpo erguido en contra de la gravedad y con una base de apoyo considerablemente pequeña (pies). Además, estos sistemas motores deben permitir que el organismo puede efectuar movimientos (paso de una postura a otra), desplazándose el cuerpo en su totalidad o desplazando zonas específicas del mismo en movimientos más precisos; alternándose continuamente posturas y movimientos, permitiendo una interacción permanente con el entorno que nos rodea [23,24]. La finalidad de los mecanismos de Control Postural es la de orientar las diferentes partes del cuerpo (a través de respuestas que anticipen los movimientos voluntarios en la dirección deseada), conservando el equilibrio entre ellas mismas o en su relación con el entorno externo (en presencia de la gravedad), mientras el cuerpo permanece estático o en movimiento (debe ser adaptativo) [25].

El equilibrio es el estado en el que todas las fuerzas que actúan sobre el cuerpo suman cero, por lo que éste puede mantener la posición deseada (equilibrio estático) o desplazarse y realizar movimientos deseados sin perder tal estado (equilibrio dinámico). Para ello será necesario regular la postura con respecto a la gravedad, lo cual exige una adecuada distribución del tono muscular y postural, integrando las diversas aferencias sensoriales (Propioceptivas, Extereoceptivas, Vestibulares y Visuales) que dependerán tanto del entorno, como de los movimientos voluntarios y automáticos que se estén llevando a cabo [24,26,27].

Aunque la Enfermedad de Alzheimer (EA) se considera de distribución cortical con clínica puramente cognitiva [7,8], como puede comprobarse en los criterios diagnósticos expuestos anteriormente [11], en la práctica clínica es frecuente encontrar personas que, acompañando al cortejo clásico de síntomas cognitivos, presentan variaciones posturales y alteraciones del equilibrio y la marcha [26,28,29], llegando incluso a la pérdida total de la capacidad de control sobre estos aspectos. No obstante, cada vez se es más consciente de ello y ya existen algunas investigaciones que ponen de manifiesto la presencia de alteraciones tanto del equilibrio como de la marcha en casos de estados iniciales de EA y de Deterioro Cognitivo Leve [14,15,17,30,31,32,33,34,35,36].

Hasta ahora, la falta de medios para el estudio “in vivo” de los mecanismos patológicos implicados en los procesos demenciales solo nos permitía establecer un *diagnóstico certero* de Demencia tipo Alzheimer (DA) mediante necropsia del cerebro, una vez la persona había fallecido. De esta manera, el acceso a estas estructuras se hacía únicamente cuando estaban totalmente afectadas, buscando una relación entre lo que se evidenciaba en ese momento y la evolución de la sintomatología que la persona había ido presentando en el transcurso de la enfermedad. A esto se le une que, como ya se

ha comentado anteriormente, los problemas de control postural, es decir las alteraciones de la postura, equilibrio o patrón de marcha que presentan las personas con demencia, incluida la EA, además de otras comorbilidades como el temor, las caídas, la disfagia o el deterioro funcional han sido asociadas tradicionalmente a la edad y a los procesos de envejecimiento [14,15]. Por este motivo, el estudio y abordaje de las mismas, así como la posible afectación de las estructuras neurales que intervienen en su control, no habían despertado un gran interés. Tal y como afirma Young-Wook et al. “las estructuras subcorticales no han sido objeto de estudios previos, a pesar de las evidencias del papel de estas estructuras en el control postural” en el estudio de la demencia por Enfermedad de Alzheimer [14]. Sin embargo, esta idea de asociación entre deterioro funcional del SNC y senectud va perdiendo consistencia a medida que se avanza en la investigación, y trabajos como los de Paquette et al. [37] nos demuestran que, aunque el envejecimiento se asocie con una reducción lenta y progresiva de los sistemas sensoriales y motores, así como de sus funciones integradoras, las personas de edad avanzada pueden mantener fácilmente el equilibrio, mediante adaptaciones y ajustes en la velocidad y amplitud del movimiento.

Estos resultados apoyan al modelo de envejecimiento propuesto por Wallacott (citado por Paquette et al.) [37], que nos muestra como el envejecimiento normal y sus signos y síntomas subclínicos no tienen por qué afectar al estado funcional de las personas mayores, siempre y cuando el SNC pueda compensar el detrimento de sus componentes mediante la adaptación de los movimientos [37]. Cuando el SNC no pueda compensar estas variaciones y déficits, surgirán las discapacidades funcionales. Papegaaij et al. [38] hablan de que debido a la edad se producen cambios en las estructuras neurales implicadas en el Control Motor, entre otros: una reducción del volumen de *Materia Gris* en diferentes áreas corticales (sensoriales y motoras) que se debe más a una reducción de la complejidad neuronal (tamaño neuronal, densidad sináptica, etc.) que a una pérdida del número de neuronas; y de *Sustancia Blanca*, sobre todo en el cuerpo caloso, lo que se va a manifestar como una reducción del rendimiento motor en tareas de transferencia interhemisférica y reducción de la velocidad del procesamiento central. Sin embargo, lo que ocurre es que, coincidiendo con lo expuesto por Wallacott (citado por Paquette et al.) [37], el posible deterioro funcional derivado de estos cambios se compensa por mecanismos de reorganización a nivel cortical neural que se van generando de manera progresiva, que dan lugar a estrategias compensatorias como por ejemplo una mayor activación neuronal o la asignación de mayores recursos neuronales en comparación con sujetos jóvenes [38]. Por tanto, para que el rendimiento en las tareas posturales se vea afectado, el deterioro y la pérdida de sustancia gris y blanca han de ser mayores que aquel que se produce asociado al envejecimiento normal y que es compensado por la reorganización estructural natural del organismo, escapando de las posibilidades de dicha compensación y haciendo evidentes las consecuencias de tal deterioro (envejecimiento patológico).

Gracias a los avances en neuroimagen se han podido identificar con mayor certeza las áreas cerebrales implicadas en la sintomatología de la EA [14], y se han encontrado en pacientes con diagnóstico de EA evidencias de afectación de estructuras corticales (Corteza Frontal y Parietal) y subcorticales (Tronco encefálico, Ganglios Basales, Cerebelo) relacionadas con el control postural y el equilibrio [14,26,39,40,41,42,43] algo que, sin duda, ha de tenerse en cuenta a la hora de abordar y establecer un plan de intervención para estos síndromes.

En el trabajo de Wook et al. [14] se procedió a valorar el volumen de estructuras subcorticales (Amígdala, Tálamo, Núcleo Caudado, Putamen, Globo Pálido, Núcleo Accumbens, Sustancia Negra compacta) y del Hipocampo, mediante RMN y observaron que todas las estructuras estudiadas, a excepción del Globo Pálido fueron más pequeñas en personas con DA en comparación con los controles ajustados por edad y sexo, y que esta pérdida de volumen en las estructuras citadas se relacionaba con un incremento en la inestabilidad postural, evaluada con posturógrafo [14].

Como se comentaba anteriormente, algunos estudios demuestran la existencia de alteraciones del equilibrio y control postural y que guardan una relación positiva con el proceso demencial por EA [26,28,29,30,45] lo cual incrementa el riesgo de caídas en estas personas. Incluso diferentes autores aseguran que la prevalencia de dichas alteraciones se incrementa a medida que la gravedad de la EA se acrecenta [26,30,46,47,48]. Este deterioro del control postural y del equilibrio se traduce en inestabilidad postural, manifestada por el aumento de los movimientos de balanceo postural y, sobre todo, por una mayor velocidad y variabilidad de dichos movimientos [26,45] debido las dificultades que encuentra la persona para ajustar la postura [45]. Es evidente que esta situación repercute negativamente en la capacidad funcional de la persona a la hora de desarrollar las Actividades de la Vida Diaria (AVD).

Además de incrementarse el riesgo de caídas, el temor a las mismas, o el deterioro funcional, una de las complicaciones que también se asocian al deterioro del control postural y motor es la disfagia [49]. Desde el punto de vista postural, estas personas pueden presentar afectación en la coordinación troncal – pélvica, con deterioro en los movimientos sincrónicos entre estos segmentos [37], encargados de los ajustes posturales necesarios para mantener una buena alineación entre los segmentos corporales. Esta dificultad afectará también al posicionamiento y la biomecánica de la cabeza y las estructuras orofaríngeas, como el órgano fonador y deglutor, incrementándose las dificultades para deglutir y alimentarse [49,50,51,52,53].

Otros estudios, partiendo de la evidencia de la afectación del control postural y del equilibrio en la demencia por EA, han estudiado la influencia de ésta en el patrón de marcha [15,16,24,27,28,32,36,54,55,56,57] utilizando la “Doble Tarea” (marcha + tarea cognitiva) como recurso que demuestra la participación cortical en esta tarea (atención y funciones ejecutivas), entendida generalmente como de predominio subcortical [32,58,59,24]. En el estudio de la marcha en personas con demencia por EA se ha

comprobado que la velocidad de ésta disminuye a medida que la enfermedad de Alzheimer se va agravando, entre otras cosas porque la longitud de la zancada disminuye y aumenta el tiempo de apoyo [24,27,32,57,60]. Incluso se sugiere la existencia de un fenotipo motor de marcha inestable e insegura asociado al DCL y la Demencia Leve – Moderada [15,32,33,34,35]. Las alteraciones en el patrón de marcha presentan una mayor prevalencia en las personas con demencia, existiendo una relación directa entre la gravedad del Deterioro Cognitivo y las anomalías de la marcha [24].

La doble tarea, aplicada en la evaluación de la marcha o del equilibrio, ayuda a determinar la naturaleza de los déficits en el control de ambas funciones, al aumentar el “estrés” en las redes cognitivas que regulan el control tanto de la marcha como del equilibrio [56,61,62,63], ya que, ante alteraciones sensoriomotoras, el control de la marcha depende cada vez más de procesos cognitivos más consistentes [56].

## **2. Aplicación de las Nuevas Tecnologías en la Evaluación y tratamiento de las Alteraciones del Control Postural en afectados de Demencia por EA.**

Como ya se ha podido expuesto, en la EA además de afectación cortical, existe un compromiso de las estructuras subcorticales, incluyendo las vías de comunicación entre estos niveles, encargadas del control postural y del equilibrio, lo que conlleva a la presencia de alteraciones en el control postural, manifestadas principalmente como alteraciones del equilibrio y de la marcha. Según algunos estudios estas alteraciones pueden detectarse en individuos con un alto nivel de discapacidad derivada de la evolución de la demencia, pero también pueden ser detectados en sujetos que no presenten una discapacidad clínicamente aparente [18,64,65]; esto nos indica que, aunque pueda parecer que personas con EA tengan un equilibrio normal en la Inspección Clínica Clásica, los cambios producidos por dicha afectación en estadios iniciales puede producir alteraciones sutiles en el Control Postural que pueden ser detectados con métodos de evaluación más precisos y avanzados [18]. Se hace necesario explorar esta dimensión para poder establecer un abordaje más completo a estas personas, pero el manejo de las alteraciones del control postural se ve obstaculizado, entre otras cosas, por la evaluación enrevesada y complicada de los trastornos del equilibrio, una combinación de toma de decisiones y examen físico cuyas pruebas no son infalibles.

Según Woollacott y Shumway-Cook (citados por Visser et al.) [66] con frecuencia nos encontramos con diversas pruebas de evaluación clínica (escalas, cuestionarios) para el equilibrio y control postural que, aunque identifican los casos de forma razonable, muestran una proporción de predicciones falsas negativas demasiado alta. Entre las debilidades que presentan este tipo de pruebas tradicionales están la ejecución variable y la interpretación cambiante de los resultados por parte de los clínicos, debido al uso de sistemas de puntuación demasiado subjetivos [66,67,68].

En la clínica son necesarias herramientas evaluativas fiables que nos aporten datos objetivos y de manera cuantitativa, para que se pueda tener una idea exacta de la situación / problemática de la persona, así como de los resultados de nuestras intervenciones [66]. Para ello, y ante la problemática de que ninguna herramienta de evaluación clásica (escalas y cuestionarios) capta completamente la complejidad de la enfermedad demencial, algunos autores han centrado sus investigaciones en las Nuevas Tecnologías [69]. A través del uso de las Nuevas Tecnologías, se han buscado herramientas evaluativas más innovadoras, objetivas, reproducibles y sensibles a los cambios en estadios más precoces de la enfermedad (indetectables por las pruebas clásicas), siendo en la Tecnología de la Información y la Comunicación (TIC) donde se ha encontrado un amplio repertorio de dispositivos que pueden ser bastante útiles [69,70,71].

No obstante, se reconoce la necesidad y la importancia del uso combinado de métodos de evaluación tanto objetivos como subjetivos, ya que, además de la información objetiva sobre los cambios fisiológicos que afectan al control postural, equilibrio o marcha, con los métodos subjetivos como puede ser un cuestionario autoinformado obtenemos información sobre el impacto que ese problema postural genera en el día a día de la persona, una información muy relevante a la hora de querer atender a la persona de un modo amplio y global [18]. Sin embargo, esta revisión se ha centrado en los métodos de evaluación postural basados en las Nuevas Tecnologías, y su aplicación principalmente en personas con Demencia tipo Alzheimer, para conseguir una visión más completa de las variaciones a nivel postural y del equilibrio que sufren estas personas. Dichos métodos se describen a continuación, siguiendo un orden de mayor a menor complejidad en su uso y aplicabilidad.

### **2.1. Posturografía Dinámica Computarizada (CDP).** [14,18,66]

Se trata de una superficie con reposapiés o plataforma de fuerza dinámica (se desplaza realizando rotaciones y traslaciones) con un entorno visual móvil con pantalla LCD e iluminación. Cuenta con un programa software del sistema NeuroCom® Balance Manager® que mide y registra las fuerzas verticales y horizontales ejercidas por los pies de la persona participante, la cual se sitúa sobre la plataforma de pie (descalza) mirando hacia delante (Figura 2).



### Modelos.

- *EquiTest versión 4.0, NeuroCom, Clackamas, Oregon.*
- *SMART EquiTest, NeuroCom, Clackamas, Oregon.*

**Figura 2.** Posturógrafo NeuroCom SMART EquiTest

Fuente: [http://www.natus.com/index.cfm?page=products\\_1&crd=270&contentid=395](http://www.natus.com/index.cfm?page=products_1&crd=270&contentid=395)

La evaluación se puede dividir en 3 pruebas:

- Prueba de Organización Sensorial (SOT). Evalúa las contribuciones de los sistemas visuales, vestibulares y somatosensoriales durante a la estabilidad en bipedestación, al alterar la información que se entrega a los ojos, los pies y las articulaciones del paciente; es decir este dispositivo valora la capacidad de los participantes de procesar la entrada sensorial para mantener el control del equilibrio bajo las condiciones combinadas de “apertura o cierre ocular”, “estabilidad o balanceo de la plataforma” o “fijación o movimiento del entorno visual”. Registrando la oscilación del Centro de Gravedad (COG) representado por el Centro de Presión (COP) en dirección Antero – Posterior (AP) o Medio – Lateral (ML) se determina la Alineación del COP; y se crea una escala de equilibrio en función del desplazamiento AP del COP y el rango máximo de oscilación de la plataforma del posturógrafo (12,5°), donde 0 indica caída y 100 estabilidad (no hay balanceo).
- Prueba de Control Motor (MCT). Evalúa la capacidad del sistema motor automático o involuntario para recuperarse rápidamente tras sufrir diferentes perturbaciones externas inesperadas. La plataforma se moverá hacia delante o hacia atrás a velocidades diferentes. El tiempo (en milisegundos) que transcurre desde que se produce la perturbación externa hasta que aparece la respuesta motora reactiva se denomina “latencia”. Cuanto mayor sea este tiempo, mayor compromiso de la capacidad reactiva del sistema motor automático habrá.
- Prueba de Postura Unilateral (UST). El participante deberá permanecer en apoyo mono-podal durante 10 segundos con los ojos abiertos. Se registra la Frecuencia de Caídas, la Velocidad Media de Balanceo en cada ensayo realizado y, también se puede calcular el Tiempo Medio para Caer, en el caso de que se produzca la caída.

La Posturografía Dinámica al permitir una medida tan objetiva, es considerada como el método de referencia para evaluar aspectos relacionados con el control postural [14,18,66] y son varios los trabajos

que muestran su uso en la cuantificación del equilibrio en personas afectadas de Esclerosis Múltiple [18,72,73,74].

No obstante, a pesar de las ventajas descritas, la posturografía no es uno de los métodos más atractivos a nivel clínico por varios motivos, como son la falta de validez ecológica, los elevados costos para su adquisición, así como la necesidad de experiencia técnica para su manejo y aplicabilidad.

## 2.2. Pasillo de Marcha Electrónico. [28,36,56,75,76]

Se trata de una alfombra computarizada con sensores de presión integrados. Puede alcanzar entre los 9 y 10 metros de longitud con un total de 30 sensores de presión (1 cm<sup>2</sup>). Cuenta con software PKMAS® para determinar *las medidas de los parámetros Espacio – Temporales de la marcha (rendimiento de la marcha)*. El participante camina sobre la pasarela y el sistema captura la geometría y disposición de cada huella (paso) en función del tiempo (Figura 3).



### Modelos.

- GAITRite® Gold Walkway, Versión 3.8, Sistema CIR, Havertown, PA.

**Figura 3.** Pasillo electrónico Gaitrite Platinum

Fuente: <https://www.emsphysio.co.uk/product/gaitrite-platinum/>

Es una herramienta portátil, que puede ser dispuesta sobre cualquier superficie, además de requerir una instalación y tiempo de ensayos mínimos, sin que sea necesaria la aplicación de dispositivo alguno sobre la persona participante. Tras el procesado de la información se obtienen informes de ensayos y progreso de forma sencilla y personalizada.

Los participantes llevan a cabo varios pases sobre la alfombra, en función del protocolo elegido para la evaluación. Algunos protocolos sencillos determinan diferentes aspectos como la *Velocidad de la Marcha (cm/s)*, *Variabilidad de la Marcha o Tiempo de Zancada (STV)*, *Longitud o Duración* de cada una de las fases [17,28,36,56,75,76]. En cambio, hay otros algo más complejos, donde además de los parámetros anteriores, se estudia el efecto de la doble tarea (carga cognitiva) en el desempeño de la marcha (rendimiento motor) [56,77] a través del *Gasto / Coste de la Marcha de Doble Tarea (DTC)*

La *Variabilidad de la Marcha o del Tiempo de Zancada* (STV) es un método bastante preciso para identificar cambios sutiles en la marcha debidos a procesos patológicos, ya que en adultos mayores sanos la variabilidad de la marcha es baja, en cambio se ha descrito un incremento de ésta en personas con enfermedad de Parkinson y Alzheimer, asociandose a un mayor riesgo de caídas y a una menor movilidad [56,78,79]. Beauchet et al. [36] demuestran que *una Variabilidad de la Marcha (STV)* en condiciones estresantes de marcha (Velocidad Rápida o en Doble Tarea) es una alteración específica de la marcha de personas con Deterioro Cognitivo Leve. Al comparar con una población sana, personas con Deterioro Cognitivo Leve y Demencia por Enfermedad de Alzheimer mostraron una Velocidad de Marcha más lenta y una Variabilidad de la Marcha más elevada [36,56,80,81,82].

### 2.3. **Plataforma de Fuerza.** [15,16,21,22,26,27,56,83,84]

Consiste en una plataforma de aluminio, generalmente cuadrada, que cuenta con varios transductores de fuerza o manómetros orientados verticalmente que miden las fuerzas ejercidas sobre la superficie de apoyo de la plataforma. Las señales que se adquieren son captadas y amplificadas por ordenador y, a través de un software adecuado, como por ejemplo Postural Rescue® 2.0, se pueden determinar las fluctuaciones instantáneas del Centro de Masa Corporal Total (COM) representado por el Centro de Presión (COP), en las direcciones Antero – Posterior (AP) y Medio – Lateral (ML) (Figura 4).



#### Modelos.

- *Plataforma de Fuerza 101 x 101, Biorescue, Dune®, Francia.*
- *Plataforma de Fuerza 45 x 45, Techno Concept, Francia.*
- *Plataforma de Fuerza mod. 9286AA, Kitsler Instrument, Amherst, NY.*
- *Plataforma de Fuerza 50 x 50, AMTI AccuSway, Advance Mechanical Tchnology, Inc, Watertown, MA, EEUU.*
- *Plataforma de Fuerza 50 x 50, AMNTI Optima, AMNTI Watertown, MA, EEUU.*

**Figura 4.** Plataforma de Fuerza Biorescue.

Fuente: <https://www.solostocks.com/venta-productos/cuidado-piel/sets-cuidado-piel/plataforma-de-presiones-biorescue-analisis-en-estatica-y-en-dinamica-16080137>

Los participantes se sitúan descalzos sobre la plataforma con los brazos a lo largo del cuerpo. Algunos modelos de plataforma de fuerza presentan en la superficie de apoyo unas marcas para situar los pies. Como ocurría con el dispositivo anterior, en este también se han encontrado diferentes protocolos de evaluación, algunos se llevan a cabo en postura bípeda tranquila, cambiando las condiciones de visión (abiertos o cerrados), debiendo mirar a un punto de referencia situado un metro frente al sujeto, en la condición de ojos abiertos. Algunos autores aplican un protocolo para evaluar el control postural en condiciones de doble tarea, planteando dos condiciones: bipedestación tranquila (tarea única) y bipedestación con tarea cognitiva (doble tarea) [22,85,86].

El desplazamiento del Centro de Presión (COP), nos permite determinar de forma directa la estabilidad mecánica de una persona, ya que una localización del COP próxima al borde de la base de sustentación de dicha persona nos indicará inestabilidad, la cual ha de corregirse para evitar la caída. Además, las características del movimiento COP proporcionarán información sobre el control neuromuscular en personas con déficit neuromuscular, e incluso en personas mayores. Si el cuerpo se inclina hacia delante el COP avanza, y si el cuerpo sufre una aceleración hacia atrás, éste se inclina en sentido contrario, lo que conlleva una reacción del sistema de Control Postural Neuromuscular desplaza el COP hacia delante, llevando al cuerpo hacia una posición vertical.

La inestabilidad postural generalmente se caracteriza por un aumento del balanceo postural. La excursión del COP, desplazado al azar por un perímetro de estabilidad durante una posición vertical estable, es el reflejo de la capacidad de mantener el COG del cuerpo sobre la base de sustentación [26,87,88,89]. La ubicación del COP se mantiene por los tobillos que controlan el eje Antero – Posterior a través del movimiento correctivo hacia delante o hacia atrás, y el eje Medio – Lateral es controlado a través de los músculos abductores y aductores de cadera; como consecuencia la ubicación del COP irá cambiando a lo largo del tiempo, incluso cuando la persona está quieta [21,90,91].

Las aplicaciones software que existen en el mercado calculan diferentes variables relacionadas con el movimiento del COP, como medidas de resultado, algunas son **Variables de Posición** [16,26,56]: *Área de Influencia Media* (Área Total del desplazamiento AP y ML del COP en mm<sup>2</sup>), *Longitud del Trayecto Antero – Posterior* (AP) en mm, *Longitud del Trayecto Medio – Lateral* (ML) en mm. Otras, en cambio son **Variables de Velocidad** [15,16,22]: *Velocidad de Balanceo Postural*, *Velocidad Media del Trayecto Antero – Posterior* (AP), *Velocidad Media del Trayecto Medio – Lateral* (ML), *Velocidad Máxima Absoluta Media (AAMV) del Trayecto Antero – Posterior* (AP), *Velocidad Máxima Absoluta Media (AAMV) del Trayecto Medio – Lateral* (ML)

Considerar la velocidad del movimiento del COP en el proceso de control postural resulta de interés en poblaciones con alteraciones a nivel cognitivo, ya que se ha evidenciado la influencia del estado cognitivo en las variables basadas en la velocidad de movimiento del COP, al presentar éstos valores más altos en personas con deterioro cognitivo si se comparan con personas sanas a nivel cognitivo; y

a medida que el deterioro cognitivo se incrementa, el valor de dichas variables también lo hace [15,16,47,92,93,94]. Entre las variables más sensibles basadas en la velocidad del COP está la Velocidad Máxima Absoluta Media (AAMV), la cual en la dirección Antero – Posterior presenta unos límites más altos en personas con Deterioro Cognitivo Leve o Demencia Leve – Moderada en comparación con personas cognitivamente sanas, determinándose en varios estudios una relación entre esta variable y el estado cognitivo de la persona [15,16,47,92,93].

La plataforma de fuerza es considerada como un método de referencia para evaluar de forma objetiva las alteraciones en el control postural [21,95,96,97] relacionadas con el Deterioro Cognitivo Leve y la Demencia por EA [15,16,21,22,26,27,56,83,84] a través de la captación y análisis del Centro de Presión (COP), lo que nos permite identificar medidas de resultado importantes, lo suficientemente sutiles, como para ser detectadas usando escalas de valoración subjetivas [96,98]. Además, facilita la identificación de debilidades o errores en la estabilidad de estas personas como un poderoso predictor de caídas [15,16,99,100,101,102,103] ya que, como refiere Kato-Narita (mencionado por Mignardot et al.) [15] las personas con demencia por EA en estudio Leve – Moderado presentan un incremento de los movimientos posturales, lo cual indica un empobrecimiento del control postural y un incremento en el riesgo de caídas.

Sin embargo, su uso en el ámbito asistencial o clínico es bastante escaso debido, entre otras cosas, a su elevado coste, así como por la dificultad que presenta para su implementación en la práctica clínica (configuración, manejo y transporte). Por otro lado, este sistema de análisis del control postural no tiene en cuenta la ubicación del COP en relación con otras estructuras corporales, ni la alineación que entre los diferentes segmentos corporales se establece, así como la influencia de éstos en la localización y dinámica del COP.

#### **2.4. Wii Balance Board®.** [45,56,84,104,105,106]

Dispositivo utilizado en la evaluación del Control Postural, de uso parecido a la Plataforma de Fuerza, pero que ha sido simplificado para un uso más cotidiano, al tratarse de un complemento periférico de la videoconsola Wii® de Nintendo. Consiste en un tablero de 45 x 26,5 cm, que utiliza 4 sensores o medidores de tensión piezoeléctrica que proporcionan información relacionada con la distribución de la fuerza, es decir nos permite registrar las fluctuaciones del COP tanto en la dirección Medio – Lateral (M-L) como en la Antero – Posterior (A-P). Este dispositivo se suele conectar vía Bluetooth a un ordenador, donde se almacenan los datos para su posterior análisis utilizando un software como el Labview 8.5 (National Instrument, Austin TX, EEUU) o el Virtools 4.0 (Dassault System) que permite además la representación del entorno virtual y facilitar la retroalimentación gráfica de los participantes (Figura 5).



### Modelos.

- *Nintendo Wii® Balance Board*, como parte de alguno de los populares videojuegos de Nintendo, Nintendo Wii® Fit, Nintendo Wii® Sports, o Nintendo Wii® Play.

**Figura 5.** Nintendo Wii® Balance Board

Fuente: <http://wiifit.com/es/what-is-wii-fit-plus/>

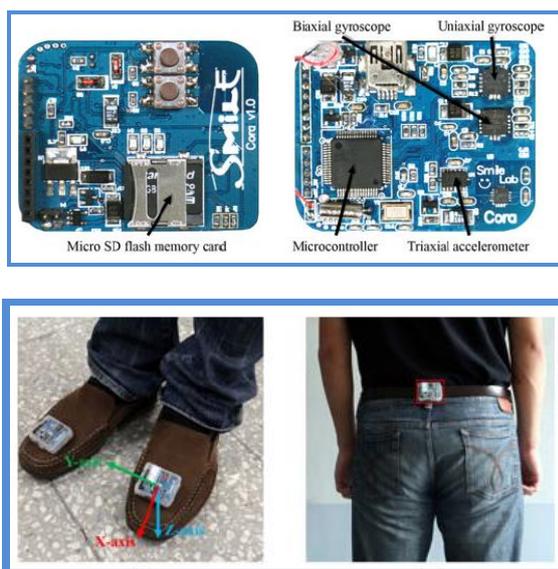
Son varios los estudios que avalan la fiabilidad y la validez para registrar el movimiento postural de la Nintendo Wii® Balance Board [45,56,84,104,105,106] ya que, al igual que con la Plataforma de Fuerza, se pueden estimar **variables de posición o de velocidad** referentes al desplazamiento del COP, como por ejemplo, la *Variabilidad del Desplazamiento del COP (RMS)* en los planos Antero – Posterior y Medio – Lateral, la *Simetría de la Postura*, la *Longitud Total del Trayecto del COP*, el *Área de Balanceo* y la *Velocidad Media del Desplazamiento del COP* [56,96,107]. En los trabajos de Clark et al. [96] y Salvati et al. [107] se utiliza como medida de resultado la *Longitud Total del Trayecto COP*, ya que sus resultados pueden ser análogos a una medida de la Velocidad Media del desplazamiento COP (Longitud Total del Trayecto COP por el Intervalo de tiempo probado), tratándose de una medida confiable y válida del equilibrio, como ya se ha comentado. Según Clark et al. [96] la Wii® Balance Board exhibe una excelente fiabilidad test – retest para la evaluación de dicha variable y posee validez concurrente con una Plataforma de Fuerza.

Este interfaz se presenta como una herramienta válida, económica y versátil que nos ayuda en la evaluación de la biomecánica del equilibrio y la estabilidad postural en el ámbito clínico, al ofrecernos la posibilidad de llevar a cabo tareas o pruebas validadas de evaluación del equilibrio, como la prueba del límites de estabilidad y prueba funcional de alcance; sin olvidar que además nos proporciona un método novedoso para el diseño y desarrollo de tareas de entrenamiento del equilibrio basadas en la retroalimentación visual para el control del COP. Dada su capacidad de generar información de forma instantánea y la posibilidad de mejorar los niveles de motivación de los participantes, este instrumento ha sido integrado en programas de rehabilitación de personas con trastornos neurológicos que conllevan defectos del equilibrio. No obstante, la Wii® Balance Board no puede ser un reemplazo directo de la plataforma de fuerza en actividades que requieren movimientos rápidos y de gran fuerza (saltar, correr) por su resistencia más limitada.

Como ocurre con la Plataforma de Fuerza y el Posturógrafo, este método tampoco tiene en cuenta la relación de los segmentos corporales entre sí, y su influencia en la dinámica del COP.

## 2.5. Sensores Inerciales. [29, 56,57,69, 108,109,110,111,112,113]

Son unidades de pequeñas dimensiones y peso ligero (20 - 100 g) que cuentan con varios sensores inerciales (acelerómetros triaxiales y giroscopios uni o biaxiales), un microprocesador y, en algunos casos, una tarjeta de memoria SD que, junto a un software adecuado, permiten identificar y registrar posiciones posturales y movimientos [29,108,111,113]. El Acelerómetro Triaxial detecta las señales de aceleración en los movimientos de marcha y equilibrio. El Giroscopio Uniaxial se encarga de medir la velocidad de rotación del dispositivo y con el Giroscopio Biaxial se miden las velocidades de balanceo y cabeceo del dispositivo. El microprocesador se encarga de recoger las señales de inercia medidas por los sensores descritos, de convertirlas en datos digitales y almacenar dichos datos en la tarjeta SD [29,57,109] (Figura 6).



### Modelos.

- *CC2530 Texas Instrument SoC (System on Chip)*. Cuenta con una Unidad de Medición Inercial MPU6000 (Acelerómetro Triaxial y Giroscopio), un Microprocesador 8051, y una tarjeta de memoria SD.
- *Fisiolog® BioAGM, CH*. Compuesto por un Giroscopio (Murata, ENC-03J, 400 s) y dos acelerómetros (ADXL202).
- *PAMSys® BioSensics LLC, Cambridge, MA*. La unidad incluye un Acelerómetro Triaxial (MMA7361LC) y una Tarjeta de memoria Micro-SD.
- *Dispositivo diseñado por Hsu et al. [57] para el análisis de la marcha y equilibrio*, compuesto por: Acelerómetro Triaxial (ADXL345), Giroscopio Uniaxial (LY530ALH), Giroscopio Biaxial (LPRS530AL), Microprocesador (STM32F103), Tarjeta de memoria Flash Micro-SD.

Figura 6. Sensores Inerciales.

Fuente: Hsu LY, Pai MC, Wang WH, Wang JS. *Gait and Balance Analysis for Patients With Alzheimer's Disease Using an Inertial-Sensor-Based Wearable Instrument*. *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*. 2014; 18(6): 1822 – 1830.

Con los Sensores Inerciales disponemos de pequeñas unidades de medición inercial, económicas, versátiles y de fácil manejo, muy útiles en la determinación y captación de los perfiles cinemáticos posturales en personas con Enfermedad de Alzheimer [29,108]. Estos dispositivos permiten llevar a cabo una evaluación objetiva y controlada del movimiento corporal, incluyendo el control postural, en condiciones altamente ecológicas [111,112,113], convirtiéndose en una herramienta óptima para la evaluación del riesgo de caídas en poblaciones susceptibles y en contextos reales [111,114,115]. Además, son varios los estudios que han demostrado la sensibilidad (87 – 99%) y especificidad (87 – 99,7%) de estos dispositivos para determinar el patrón de actividad física en diferentes muestras de adultos mayores y personas con demencia [111,112,113,115,116]. Una revisión sistemática [29,117,118,119,120] pone de manifiesto los siguientes parámetros extraídos del IMU colocado en el COM (tórax) actúan como predictores de caídas en personas mayores y personas con Enfermedad de Alzheimer: *Desplazamiento Total en el Plano Transversal (cm)*, *Desplazamiento Máximo con respecto al Origen (cm)*, *Distancia Media con respecto al Origen en el Plano Transversal (cm)*, *Radio de Dispersión (Distancia promedio respecto a un punto promedio)*, *Velocidad Lineal Máxima y Media (cm/s)*, *Posicionamiento (cm) en el Eje X (Máximo, Mínimo y Rango) y en el Eje Y Máximo, Mínimo y Rango)*, *Ángulo de Balanceo (Máximo, Mínimo y Promedio)*, *Ángulo de Cabeceo (Máximo, Mínimo y Promedio)*.

En el trabajo de Schwenk et al. [111], los 9 parámetros que se calcularon como representantes de las características de la marcha, bipedestación, sedestación y decúbito de sus participantes fueron: *Caminar 24 horas (%)*, *Duración Promedio de Todas las Series de Caminatas realizadas durante 24 horas (segundos)*, *Duración de la Serie de Caminatas Más Larga (segundos)*, *Variabilidad de la Duración de las Series de Caminatas (calculada por el Coeficiente de Variación “CV” – y representada en porcentaje - %)*, *Bipedestación 24 horas (%)*, *Duración Promedio de los Periodos de Bipedestación (segundos)*, *Sedestación 24 horas (%)*, *Duración Promedio de los Periodos de Sedestación (segundos)*, *Decúbito 24 horas*.

Najafi et al. [112] estudiaron los siguientes parámetros: *Inclinación del Tronco* (especificada en grados, midiendo el ángulo entre el eje del tronco del sujeto y el eje alineado con la fuerza gravitacional), *Tipos de Transiciones Posturales*, *Duración de las Transiciones Posturales*, *Duración de la Marcha*, *Características de la Marcha (Velocidad y Número de Pasos)*, *Tipos de Posturas (Bipedestación, Sedestación, Decúbito)*.

Hsu et al. [57] en la evaluación de la *marcha* estudiaron el *Nº de pasos* y el *Tiempo* empleado por los participantes en recorrer 40 metros. Además, calcularon la *Longitud de Zancada*, *Velocidad de Zancada*, así como *Duración de la Fase de Apoyo* y *Fase de Oscilación* de cada paso, también calcularon la *Variabilidad del Periodo de Apoyo y Oscilación* mediante el *Coeficiente de Variación (CV)*

de cada fase. En la evaluación del *equilibrio* los parámetros de los datos registrados fueron la *Velocidad Media del Balanceo Antero – Posterior* y la *Velocidad Media del Balanceo Medio – Lateral*. Al llevar a cabo su uso bajo el paradigma de la “doble tarea” se establecen diferencias significativas entre la frecuencia, cadencia y tiempo de zancada, tiempo de balanceo, así como en los Coeficientes de Variabilidad de zancada, tiempo de apoyo y tiempo de balanceo, al comparar personas con Demencia por EA y sujetos sanos [57,121,122]. En las pruebas de evaluación de la capacidad de equilibrio, las personas con Demencia por EA también presentan una Velocidad Media de Balanceo significativamente mayor, sobre todo en la dirección M – L en comparación con sujetos sanos en las posiciones Tandem y de Apoyo Monopodal [57].

Aunque en la actualidad, no están claramente determinados los parámetros cinemáticos más adecuados que proporcionen la información concreta sobre el Control Postural Normal o aquellos que pudieran identificar mejor las enfermedades neurodegenerativas, son muchos y muy variados los que se han utilizado y se describen en la literatura como representantes de la influencia postural y corporal [29,123]. Su uso en la evaluación del control postural, influenciado por los procesos patológicos como las demencias, nos permite ampliar dicha evaluación a la observación y el análisis de aspectos que tienen más en cuenta el posicionamiento, alineación y dinámica de las estructuras corporales, y no centrarnos únicamente en las variables que determinan la proyección física de los componentes posturales en el plano horizontal, como es el Centro de Presión (COP).

## CONCLUSIONES.

La demencia tipo Alzheimer, a pesar de ser una demencia de predominio cortical lleva consigo sintomatología a nivel motor porque, tal y como se ha podido comprobar, existe afectación de estructuras neurales localizadas a nivel cortical y subcortical que intervienen o forman parte de los sistemas de control motor, incluidos los encargados del Control Postural. Esta afectación dará lugar a que, en patologías como la EA, junto a la sintomatología tradicional cognitiva, aparezcan alteraciones posturales, del equilibrio y la marcha.

Las nuevas tecnologías nos han permitido valorar aspectos motores de forma más precisa y objetiva, así como determinar la afectación de las estructuras neurales “in vivo”. El estudio del COP y sus variaciones o el análisis de la marcha han permitido hacer evaluaciones más certeras y detectar alteraciones posturales y de equilibrio en personas con Deterioro Cognitivo y EA en estadíos más precoces.

El avance de las nuevas tecnologías ha facilitado la creación de instrumentos más prácticos, económicos y sencillos, como por ejemplo los sensores inerciales o la Wii® Balance Board de Nintendo, más adaptados a las necesidades clínicas que los habituales instrumentos de laboratorio, permitiendo que estén al alcance de profesionales clínicos y no solamente de los profesionales de la investigación. El uso combinado de estos dos dispositivos nos permitirá llevar a cabo una evaluación postural y del equilibrio más completa al poder obtener información conjunta tanto del posicionamiento, dinámica y relación de los diferentes elementos corporales (sensores inerciales) como de su proyección en la superficie de apoyo a través del Centro de Presión – COP (Wii® Balance Board)

El uso de estos dispositivos y la obtención de datos objetivos relacionados con las alteraciones en el control postural en personas con EA, permitirán llevar a cabo estudios futuros y mejorar el conocimiento sobre la relación existente entre las alteraciones posturales u otros problemas motrices y la Enfermedad de Alzheimer. Puede ser incluso que, a partir de algunas de las variables que se han descrito en la literatura, se determinen biomarcadores concretos que ayuden a un diagnóstico más precoz o a la identificación temprana de poblaciones de riesgo, y permitan que las intervenciones sean más acertadas, centrandose en aspectos que hasta ahora se trataban de una forma más ambigua.

## BIBLIOGRAFÍA.

- [1] Alzheimer's Association. 2017 Alzheimer's Disease Facts and Figures. *Alzheimers Dement.* 2017; 13: 325-373.
- [2] Niu H, Álvarez I, Guillén F, Aguina I. Prevalence and incidence of Alzheimer's disease in Europe: A meta-analysis. *Neurología.* 2017; 32(8): 523-532.
- [3] who.int [internet] Ginebra: Organización Mundial de la Salud; 2017 [actualizado Diciembre 2017, citado 14 abr 2018].  
Disponible en: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs362/es/>
- [4] Ali GC, Guerchet M, Wu YT, Prince M, Prina M. The global prevalence of dementia. En: Prince M, Wimo A, Guerchet M, Ali GC, WU YT, Prina M. *Alzheimer's Disease International: World Alzheimer Report 2015 "The Global Impact of Dementia" An analysis of Prevalence, Incidence, Cost and Trends.* London: Alzheimer's Disease International (ADI); 2015. p. 10-29  
Disponible en: <https://www.alz.co.uk/research/WorldAlzheimerReport2015.pdf>
- [5] Wilson RS, Segawa E, Boyle PA, Anagnos SE, Hizek LP, Bennett DA. The natural history of cognitive decline in Alzheimer's disease. *Psychol Aging.* 2012; 27(4): 1008-1017.
- [6] Launer LJ, Andersen K, Dewey ME, Letenneur L, Ott A, Amaducci LA, et al. Rates and risk factors for dementia and Alzheimer's disease. Results from EURODEM pooled analyses. *Neurology.* 1999; 52: 78-84.
- [7] Longoria M, Salinas RM, Sosa AL. Clasificación y criterios diagnósticos actuales de las demencias. *Arch Neurocen (Mex)* 2016; 21 Supl-especial-1: 7-25.
- [8] alzfae.org. [Internet] Madrid: Fundación Alzheimer España (FAE); 2014 [actualizado nov 2016, citado 14 abr 2018]  
Disponible en: <http://www.alzfae.org/fundacion/145>
- [9] Scheltens P, Blennow K, Breteler MB, de Strooper B, Frisoni GB, Salloway S, Van der Fli WM. Alzheimer's disease. *Lancet.* 2016; 388: 505-517
- [10] Álvarez M, Pedroso I, de la Fe A, Padrón A, Álvarez M, Álvarez L. Fisiopatología de la enfermedad de Alzheimer. *Revista Mexicana de Neurociencia,* 2008; 9(3): 196-201.
- [11] Asociación Americana de Psiquiatría. Manual diagnóstico y estadístico de los trastornos mentales, quinta edición (DSM-V). Madrid: Masson; 2014.
- [12] López J, Agüera LF. Nuevos criterios diagnósticos de la demencia y la enfermedad de Alzheimer: una visión desde la psicogeriatría. *Psicogeriatría.* 2015; 5(1): 3-14
- [13] Sperling RA, Aisen PS, Beckett LA, Bennett DA, Craft S, Fagan AM, et al. Towards defining the preclinical stages of Alzheimer's disease: recommendations from the National Institute of Aging and the Alzheimer's Association workgroups on diagnostic guidelines for Alzheimer's disease. *Alzheimers Dement.* 2011; 7: 280-292.

- [14] Lee YW, Lee H, Chung IS, Yi HA. Relationship between postural instability and subcortical volumen loss in Alzheimer's disease. *Medicine*. 2017; 96: 25-32
- [15] Mignardot JB, Beauchet O, Annweiler C, Cornu Ch, Deschamps Th. Postural Sway, Falls, and Cognitive Status: A Cross – Sectional Study among Older Adults. *Journal of Alzheimer's Disease JAD*. 2014; 41: 431-439.
- [16] Deschamps Th, Beauchet O, Annweiler C, Cornu Ch, Mignardot JB. Postural control and cognitive decline in older adults: Position versus velocity implicit motor strategy. *Gait & Posture*. 2014; 39: 628-630.
- [17] Gras LZ, Kanaan SF, McDowd JM, et al. Balance and gait of adults with very midl Alzheimer disease. *J Geriatr Phys Ther*. 2015; 38: 1-7.
- [18] Cameron MH, Huisinga J. Objective and subjective measures reflect different aspects of balance in multiple sclerosis. *J Rehabil Res Dev*. 2013; 50: 1401-1410.
- [19] Baezner H, Blahak C, Poggesi A, et al. Association of gait and balance disorders with age-related White matter changes: the LADIS study. *Neurology*. 2008; 70: 935-942.
- [20] Rosano C, Brach J, Longstreth WT, et al. Quantitative measures of gait characteristics indicate prevalence of underlying subclinical structural brain abnormalities in high-functioning older adults. *Neuroepidemiology*. 2006; 26: 52-60.
- [21] Ciria LF, Muñoz MA, Gea J, Peña N, Miranda JGV, Montoya P, Vila J. Head movement measurement: An alternative method for posturography studies. *Gait & Posture*. 2017; 52: 100-106.
- [22] Manor B, Costa MD, Hu K, Newton E, Starobinets O, Gu Kang H, Peng CK, Novak V, Lipsitz LA. Physiological complexity and system adaptability: evidence from postual control diynamics of older adults. *J Appl Physiol*. 2010; 109: 1786-1791.
- [23] Del Abril AA, Ambrosio FE, De Blas CMR, Caminero GAA, García LC, De Pablo GJM, Sandoval VE. Bases Neurales del Control Motor. En: *Fundamentos Biológicos de la Conducta*. Vol2. 2a ed. Madrid: Ed. Sanz y Torres; 2001. p. 996.
- [24] Valkanova V, Ebmeier KP. What can gait tell us about dementia? Review of epidemiological and neuropsychological evidence. *Gait & Posture*. 2017; 53: 215-223.
- [25] Kandel ER, Schwartz JH, Jessell TM. Postura. En: *Principios de Neurociencia*. 4a ed. Madrid: McGraw-Hill; 2001. Pp. 816-831.
- [26] Beauchet O, Baren J, Liu T, Chester VL, Szturm T, Allali G. The relationship between hippocampal volumen and static postural sway: results from the gait study. *AGE*. 2016; 38: 19-26.
- [27] Manckoundia P, Pfitzenmeyer P, d'Athis P. Dubost V, Mourey F. Impact of Cognitive Task on the Posture of Elderly Subjects With Alzheimer's Disease Compared to Healthy Elderly Subjects. *Movement Disorders*. 2006; 21(2): 236–273

- [28] Fritz NE, Kegelmeyer DA, Kloos AD, Linder Shannon, Park A, Katakly M, Adeli A, Agrawal P, Scharre DW, Kostyc SK. Motor performance differentiates individuals with lewy body dementia, Parkinson's and Alzheimer's disease. *Gait and Posture*. 2016; 50: 1 – 7.
- [29] Costa L, Gago MF, Yelshyna D, Ferreira J, Silva HD, Rocha L, Sousa N, Bicho E. Application of Machine Learning in Postural Control Kinematics for the Diagnosis of Alzheimer's Disease. *Comput Intell Neusoci*. 2016; 2016: 3891253.
- [30] Tangen GG, Engedal K, Bergland A, Moger TA, Mengshoel AM. Relationships between balance and cognition in patients with subjective cognitive impairment, mild cognitive impairment, and Alzheimer disease. *Phys Ther*. 2014; 1994: 1123-1134.
- [31] Leandri M, Cammisuli S, Cammarata S, Baratto L, Campbell J, Simonini M, Tabaton M. Balance features in Alzheimer's disease and amnesic mild cognitive impairment. *J Alzheimers Dis*. 2009; 16: 113-120.
- [32] Beauchet O, Allali G, Berrut G, Hommet C, Dubost V, Assal F. Gait analysis in demented subjects: Interests and perspectives. *Neuropsychiatri Dis Treat*. 2008; 4: 155-160
- [33] Beauchet O, Allali G, Thiery S, Gautier J, Fantino B, Annweiler C. Association between high variability of gait speed and mild cognitive impairment: A cross-sectional pilot study. *J Am Geriatr Soc*. 2011; 59: 1973-1974
- [34] Dodge HH, Mattek NC, Austin D, Hayes TL, Kaye JA. In-home walking speeds and variability trajectories associated with mild cognitive impairment. *Neurology*. 2012; 78: 1946-1952.
- [35] Verghese J, Wang C, Lipton RB, Holtzer R. Motoric cognitive risk syndrome and the risk of dementia. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2013; 68: 412-418.
- [36] Beauchet O, Allali G, Launay C, Herrmann FR, Annweiler C. Gait variability at fast - pace walking speed: A biomarker of mild cognitive impairment?. *J Nutr Health Aging*. 2013; 17: 235-239.
- [37] Paquette C, Paquet N, Fung J. Aging affects coordination of rapid head motions with trunk and pelvis movements during standing and walking. *Gait and Posture*. 2006; 24: 62-69.
- [38] Papegaaij S, Taube W, Baudry S, Otten E, Hortobágyi T. Aging causes a reorganization of cortical and spinal control of posture. *Front Aging Neurosci*. 2014; 6(28): 1-15.
- [39] Cherubini A, Peran P, Spoletini I, et al. Combined volumetry and DTI in subcortical structures of mild cognitive impairment and Alzheimer's disease patients. *J Alzheimers Dis*. 2010; 19: 1273-82.
- [40] Retailleau A, Etienne S, Guthrie M, et al. Where is my reward and how do I get it? Interaction between the hippocampus and the basal ganglia during spatial learning. *J Physiol Paris*. 2012; 106: 72-80.
- [41] Hülzdünker T, Mierau A, Neeb C, Kleinöder H, Strüder HK. Cortical processes associated with continuous balance control as revealed by EEG spectral power. *Neurosci Lett*. 2015; 592: 1-5.

- [42] Mihara M, Miyai I, Hatakenaka M, Kubota K, Sakoda S. Role of the prefrontal cortex in human balance control. *NeuroImage*. 2008; 43: 329-336
- [43] Van Impe A, Coxon JP, Goble DJ, Dumas M, Swinnen SP. White matter fractional anisotropy predicts balance performance in older adults. *Neurobiol Aging*. 2012; 33: 1900-1912
- [44] Kido T, Tabara Y, Igase M, Ochi N, Uetani E, Nagai T. Postural instability is associated with brain atrophy and cognitive impairment in the elderly: the J-SHIPP study. *Dement Geriatr Cogn Disord*. 2010; 29: 379-387.
- [45] Jordan AJ, McCarten JR, Rottunda S, Stoffregen TA, Manor B, Wade MG. Dementia alters standing postural adaptation during a visual search task in older adult men. *Neurosci Lett*. 2015; 593: 101 – 106.
- [46] Sasaki T, Leutgeb S, Leutgeb JK. Spatial and memory circuits in the medial entorhinal cortex. *Curr Opin Neurobiol*. 2014; 32C: 16-23.
- [47] Suttanon P, Hill KD, Said CM, Logiudice D, Lautenschlager NT, Dodd KJ. Balance and mobility dysfunction and falls risk in older people with mild to moderate Alzheimer disease. *Am J Phys Med Rehabil*. 2012; 91: 12–23.
- [48] Mazoteras Muñoz V, van Abellan KG, Cantet C, et al. Gait and balance impairments in Alzheimer disease patients. *Alzheimer Dis Assoc Disord*. 2010; 24: 79-84.
- [49] Sura L, Madhavan A, Carnaby G, Crary MA. Dysphagia in the elderly: management and nutritional considerations. *Clinical Interventions in Aging*. 2012; 7: 287-298
- [50] Frymark T, Schooling T, Mullen R, Wheeler-Hegland K, Ashford J, McCabe D, Musson N, Hammond CS. Evidence-based systematic review: Oropharyngeal dysphagia behavioral treatments. *JRRD*; 46(2): 175-184.
- [51] Alagiakrishnan K, Bhanji RA, Kurian M. Evaluation and management of oropharyngeal dysphagia in different types of dementia: A systematic review. *Archives of Gerontology and Geriatrics*. 2013; 56: 1-9.
- [52] Leigh JH, Cho K, Barcenas CL, Paik NJ. Dysphagia Aggravated by Cervical Hyperlordosis. *Am. J. Phys. Med. Rehabil*. 2011; 90(8): 704-705.
- [53] Papadopoulou S, Exarchakos G, Beris A, Ploumis A. Dysphagia Associated with Cervical Spine and Postural Disorders. *Dysphagia*. 2013; 28: 469-480.
- [54] Mozaz M, Garaigordobil M, Gonzalez LJ, Anderson J, Crucian GP, Heilman KM. Posture recognition in Alzheimer's disease. *Brain and Cognition*. 2006; 62: 241-245.
- [55] Cappa SF. The Quest for an Alzheimer Therapy. *Frontiers in Neurology*. 2018; 9(108): 1-5.
- [56] Montero-Odasso M, Pieruccini-Faria F, Bartha R Black SE, Finger E, Freedman M, Greenberg B, Grimes DA, Hegele RA, et al. Motor Phenotype in Neurodegenerative Disorders: Gait and Balance

Platform Study Design Protocol for the Ontario Neurodegenerative Research Initiative (ONDRI). *Journal of Alzheimer's Disease*. 2017; 59: 707 – 721

[57] Hsu LY, Pai MC, Wang WH, Wang JS. Gait and Balance Analysis for Patients With Alzheimer's Disease Using an Inertial-Sensor-Based Wearable Instrument. *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*. 2014; 18(6): 1822 – 1830.

[58] Beauchet O, Berrut G. Gait and dual-task: definition, interest, and perspectives in the elderly. *Psychol Neuropsychiatr Vieil*. 2006; 4: 215-225.

[59] Woollacott M, Shumway-Cook A. Attention and the control of posture and gait: A review of an emerging area of research. *Gait Posture*. 2002; 16: 1-14.

[60] Van Iersel MB, Hoefsloot W, Munneke M, et al. 2004. Systematic review of quantitative clinical gait analysis in patients with dementia. *Z Gerontol Geriatr*. 2004; 37: 27-32.

[61] Motero-Odasso M, Verghese J, Beauchet O, Hausdorff JM. Gait and cognition: A complementary approach to understanding brain function and the risk of falling. *J Am Geriatr Soc*. 2012; 60: 2127 – 2136.

[62] Motero-Odasso M, Bergman H, Phillips NA, Wong CH, Sourial N, Chertknoy H. Dual – Tasking and Gait in people with mild cognitive impairment. The effect of working memory. *BMC Geriatr*. 2009; 9: 41 – 49.

[63] Motero-Odasso M, Muir SW, Speechley M. Dual – Task complexity affectes gait in people with mild cognitive impairment: The interplay between gait variability, dual taskinf, and risk of falls. *Arch Phys Med Rehabil*. 2012; 93: 293 – 299.

[64] Van Emmerik RE, Remelius JG, Johnson MB, Chung LH, Kent-Braun JA. Postural control in women with multiple sclerosis: Effectos of task, vision and symptomatic fatigue. *Gait Posture*. 2010; 32(4): 608 – 614.

[65] Martin CL, Phillips BAm Kilpatrick TJ, Butzkueven H, Tubridy N, McDonald E, Galea MP. Gait and balance impairment in early multiple sclerosis in the absence of clinical disability. *Mult Scler*. 2006; 12(5): 620 – 628.

[66] Visser JE, Carpenter MG, van der Kooij H, et al. The clinical utility of psturography. *Clin Neurophysiol*. 2008; 119: 2424-2436.

[67] Munhoz RP, Li JY, Kurtinecz M, Poboolnurak P, Constantino A, Fahn S, et al. Evaluation of the pull test technique in assessing postural instability in Parkinsons's disease. *Neurology*. 2004; 62(1): 125 – 127.

[68] Jacobs JV, Horak FB, Tran VK, Nutt JG. Multiple balance tests improve the assessment of postural stability in subjects with Parkinson's disease. *J Neurol Neurosug Psychiatry*. 2006; 77(3): 322 – 326.

[69] Wang WH, Pai MC, Hsu YL. Inertial-Sensor-Based Balance Analysis System for Patients with Alzheimer's Disease. *Gerontechnology*. 2014; 13(2): 81-84

- [70] König A, Chung PC, Bremond F, Robert PH, David R. Use of information and communication technology (ICT) for dementia patients: From assessment to intervention. *Gerontechnology*. 2014; 13(2): 81
- [71] König A, Aalten P, Verhey F, David R, Robert PH. Use of ICT for the assessment of dementia patients. *Gerontechnology*. 2014; 13(2): 81 – 82.
- [72] Sosnoff JJ, Socie MJ, Boes MK, Sandroff BM, Pula JH, Suh Y, Weikert M, Balantrapu S, Morrison S, Motl RW. Mobility, balance and falls in persons with multiple sclerosis. *PLoS ONE*. 2011; 6(11): 608 – 611.
- [73] Chung LH, Remelius JG, Van Emmerik RE, Kent-Braun JA. Leg power asymmetry and postural control in women with multiple sclerosis. *Med Sci Sports Exerc*. 2008; 40(10): 1717 – 1724.
- [74] Huisinga JM, Filipi ML, Stergiou N. Supervised resistance training results in changes in postural control in patients with multiple sclerosis. *Motor Control*. 2012; 16(1): 50 – 63.
- [75] Bileny B, Morris M, Webster K. Concurrent related validity of the GAITRite walkway system for quantification of the spatial and temporal parameters of gait. *Gait and Posture*. 2003; 17: 68 – 74.
- [76] Nelson AJ, Zwick D, Brody S, Doran C, Pulver L, Rooz G, et al. The validity of the GAITRite and the Functional Ambulation Performance scoring system in the analysis of Parkinson gait. *Neurorehabilitation*. 2002; 17: 255 – 262.
- [77] Hittmair – Delazer M, Semenza C, Denes G. Concepts and facts in calculation. *Brain*. 1994; 117(4): 715 -728.
- [78] Hausdorff JM. Gait variability: Methods, modeling and meaning. *J Neuroeng Rehabil*. 2005; 2: 19 – 28.
- [79] Hernan T, Giladi N, Gurevich T, Hausdorff JM. Gait instability and fractal dynamics of older adults with a “cautions” gait: Why do certain older adults walk fearfully?. *Gait and Posture*. 2005; 21: 178 – 185.
- [80] Beauchet O, Allali G, Berrut G, Hommet C, Dubost V, Assal F. Gait analysis in demented participants: Interests and perspectives. *Neuropsychiatr Dis Treat*. 2008; 4: 155 – 160.
- [81] Verghese J, Wang C, Lipton RB, Holtzer R, Zimmerman M, Wang C, Xue X. Gait Dysfunction in mild cognitive impairment síndromes. *J Am Geriatr Soc*. 2008; 56: 1244 – 1251.
- [82] Allali G, Assal F, Kressing RW, Dubost V, Herrmann FR, Beauchet O. Impact of impaired executive function on gait stability. *Dement Geriatr Cogn Disord*. 2008; 26: 364 – 369
- [83] Haid T, Federolf P. Human Postual Control: Assessment of Two Alternetive Interpretations of Center of Pressre Sample Entropy thourgh a Principal Component Factorization of Whole-Body Kinematics. *Entropy*. 2018; 20(30): 1 – 8.
- [84] Chang WD, Chang WY, Lee C, Feng C. Validity and reliability of Wii Balance Board for the assessment of balance of healthy Young and the elderly. *J.Phys.Ther. Sci*. 2013; 25: 1251 – 1253.

- [85] Kang HG, Costa MD, Priplata AA, Starobinets OV, Goldberger AL, Peng CK, Kiely DK, Cupples LA, Lipsitz LA. Frailty and the degradation of complex balance dynamics during a dual-task protocol. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2009; 64: 1304 – 1311.
- [86] Woollacott M, Vander VT. Non-visual spatial tasks reveal increased interactions with stance postural control. *Brain Res*. 2008; 1208: 95 – 102.
- [87] Borel L, Alescio-Lautier B. Posture and cognition in the elderly: interaction and contribution to the rehabilitation strategies. *Neurophysiol Clin*. 2014; 44: 95 – 107.
- [88] Bruijn SM, Meijer OG, Beek PJ, Van Dieën JH. Assessing the stability of human locomotion: a review of current measures. *J R Soc Interface*. 2013; 10: 20120999.
- [89] Desai A, Goodman V, Kapadia N, Shay BL, Szturm T. Relationship between dynamic balance measures and functional performance in community – dwelling elderly people. *Phys Ther*. 2010; 90: 748 – 760.
- [90] Winter DA. Human balance and posture control during standing and walking. *Gait Posture*. 1995; 3(4): 193 – 214.
- [91] Winter DA, Prince F, Frank JS, Powell C, Zabjek KF. Unified theory regarding A/P and M/L balance in quiet stance. *J. Neurophysiol*. 1996; 75(6). 2334 – 2343.
- [92] Deschamps T, Beauchet O, Annweiler C, Cornu C, Mignardot JB. Postural control and cognitive decline in older adults: Position versus velocity implicit motor strategy. *Gait Posture*. 2014; 39: 628-630.
- [93] Delignières D, Torre K, Bernard PL. Transition from persistent to anti-persistent correlations in postural sway indicates velocity-based control. *PLoS Comput Biol*. 2011; 7(2): 1 – 10.
- [94] Rapp MA, Krampe RT, Baltes PB. Adaptive task prioritization in aging: selective resource allocation to postural control is preserved in Alzheimer disease. *Am J Geriatr Psychiatry*. 2006; 14(1): 52 – 61.
- [95] Haas BM, Burden AM. Validity of weight distribution and sway measurements of the balance performance monitor. *Physiother. Res. Int*. 2000; 15(1): 19 – 32.
- [96] Clark RA, Bryant AL, Pua Y, McCrory P, Bennell K, Hunt M. Validity and reliability of the Nintendo Wii Balance Board for assessment of standing balance. *Gait and Posture*. 2010; 31: 307 – 310.
- [97] Haas BM, Burden AM. Validity of weight distribution and sway measurements of the Balance Performance Monitor. *Physiother Res Int*. 2000; 5(1): 19 – 32.
- [98] Piirtola M, Era P. Force platform measurements as predictors of falls among older people – a review. *Gerontology*. 2006; 52(1): 1–16
- [99] Eriksson S, Gustafson Y, Lundin-Olsson L. Risk factors for fall in people with and without a diagnose of dementia living in residential care facilities: A prospective study. *Arch Gerontol Geriatr*. 2008; 46: 293-306.

- [100] Muir SW, Gopaul K, Odasso MM. The role of cognitive impairment in fall risk among older adults: A systematic review and meta-analysis. *Age Ageing*. 2012; 41: 299-308.
- [101] Delbaere K, Kochan NA, Close JCT, Menant JC, et al. Mild cognitive impairment as a predictor of falls in community-dwelling older people. *Am J Geriatr Psychiatry*. 2012, 10: 845-853.
- [102] Liu-Ambrose TY, Ashe MC, Graf P, Beattie BL, Khan KM. Increased risk of falling in older community-dwelling women with mild cognitive impairment. 2008; 88: 1483-1491.
- [103] Whitney J, Close JCT, Jackson SHD, Lord SR. Understanding risk of falls in people with cognitive impairment living residential care. *J Am Med Dir Assoc*. 2012; 13: 535-540.
- [104] Koslucher F, Wade MG, Nelson B, Lim K, Chen F, Stoffregen TA. Nintendo Wii Balance Board is sensitive to effects of visual tasks on standing sway in healthy elderly adults. *Gait Posture*. 2012; 36: 605 – 608.
- [105] Young W, Ferguson S, Brault S, Craig C. Assessing and training standing balance in older adults: A novel approach using the “Nintendo Wii” Balance Board. *Gait and Posture*. 2011; 33: 303 – 305.
- [106] Holmes JD, Jenkins ME, Johnson AM, Hunt MA, Clark RA. Validity of the Nintendo Wii balance board for the assessment of standing balance in Parkinson’s disease. *Clinical Rehabilitation*. 2012; 27(4): 361–366
- [107] Salavati M, Hadian MR, Mazaheri M, Negahban H, Ebrahimi I, Talebian S, et al. Test–retest reliability of center of pressure measures of postural stability during quiet standing in a group with musculoskeletal disorders consisting of low back pain, anterior cruciate ligament injury and functional ankle instability. *Gait Posture*. 2009; 29(3): 460–464.
- [108] Gago MF, Fernandes V, Ferreira J, et al. Postural stability analysis with inertial measurement units in Alzheimer’s disease. *Dementia and Geriatric Cognitive Disorders Extra*. 2014; 4(1): 22 – 30.
- [109] Alfonso JA, De Silva H, Macedo P, Rocha LA. An enhanced reservation-based MAC protocol for IEEE 802.15.4 networks. *Sensors*. 2011; 11(4): 3852 – 3873.
- [110] Winter DA, Patla AE, Frank JS. Assessment of balance control in humans. *Medical Progress through Technology*. 1990; 16(1-2): 31 – 51.
- [111] Schwenk M, Hauer K, Zieschang T, Englert S, Mohler J, Najafi B. Sensor-derived physical activity parameters can predict future falls in people with dementia. *Gerontology*. 2014; 60(6): 483 – 492.
- [112] Najafi B, Armstrong DG, Mohler J. Novel wearable technology for assessing spontaneous daily physical activity and risk of falling in older adults with diabetes. *Journal of diabetes science and technology*. 2013; 17: 1147 – 1160.
- [113] Najafi B, Aminian K, Paraschiv-Ionescu A, Loew F, Bula CJ, Robert P. Ambulatory system for human motion analysis using a kinematic sensor: Monitoring of daily physical activity in the elderly. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*. 2003; 500: 711 – 723.

- [114] Aminian K, Najafi B. Capturing human motion using body-fixed sensors: Outdoors measurement and clinical applications. *Computer Animation and Virtual Worlds*. 2004; 15: 79 – 94.
- [115] Najafi B, Aminian K, Loew F, Blanc Y, Robert PA. Measurement of stand-sit and sit-stand transitions using a miniature gyroscope and its application in fall risk evaluation in the elderly. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*. 2002; 49: 843 – 851.
- [116] Salarian A, Russmann H, Vingerhoets FJ, Burkhard PR, Aminian K. Ambulatory monitoring of physical activities in patients with parkinson's disease. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*. 2007; 54: 2296 – 2299.
- [117] Leandri M, Cammisuli S, Cammarata S, et al. Balance features in Alzheimer's disease and amnesic mild cognitive impairment. *Journal of Alzheimer's Disease*. 2009; 16(1): 113 – 120.
- [118] Nardone A, Schieppati M. Balance in Parkinson's disease under static and dynamic conditions. *Movement Disorders*. 2006; 21(9): 1515-1520.
- [118] Merlo A, Zemp D, Zanda E. Postural stability and history of falls in cognitively able older adults: The Canton Ticino Study. *Gait and Posture*. 2012; 36(4): 662-666.
- [120] Maeda Y, Tanaka T, Nakajima Y, Shimizu K. Analysis of postural adjustment responses to perturbation stimulus by surface tilts in the feet-together position. *Journal of Medical and Biological Engineering*. 2011; 31(4): 301-305.
- [121] Nadkarni NK, Mawji E, McIlroy WE, Black E. Spatial and temporal gait parameters in Alzheimer's disease and aging. *Gait Posture*. 2009; 30(4): 454 – 454.
- [122] Merory JR, Wittwer JE, Rowe CC, Webster KE. Quantitative gait analysis in patients with dementia with Lewy bodies and Alzheimer's disease. *Gait Posture*. 2007; 26(3): 414 – 419.
- [123] Lafond D, Corriveau H, Hébert R, Prince F. Intrasession reliability of center of pressure measures of postural steadiness in healthy elderly people. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2004; 85(6): 896 – 901.

## ANEXOS Y APÉDINCES.

### ANEXO I.

#### Crterios Diagnósticos DSM – V para Trastornos Neurocognitivos Mayores y Leves

Trastorno Neurocognitivo Mayor
<p><b>A.</b> Evidencias de un declive cognitivo significativo comparado con el nivel previo de rendimiento en uno o más dominios cognitivos (atención compleja, función ejecutiva, aprendizaje y memoria, lenguaje, habilidad perceptual motora o cognición social) basadas en:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Preocupación en el propio individuo, en un informante que le conoce o en el clínico, porque ha habido un declive significativo en una función cognitiva, y</li><li>2. Un deterioro sustancial del rendimiento cognitivo, preferentemente documentado por un test neuropsicológico estandarizado o, en su defecto, por otra evaluación clínica cuantitativa.</li></ol> <p><b>B.</b> Los déficits cognitivos interfieren con la autonomía del individuo en las actividades cotidianas (es decir, por lo menos necesita asistencia con las actividades instrumentales complejas de la vida diaria, como pagar facturas o cumplir los tratamientos).</p> <p><b>C.</b> Los déficits cognitivos no ocurren exclusivamente en el contexto de un delirium.</p> <p><b>D.</b> Los déficits cognitivos no se explican mejor por otro trastorno mental (p. ej. trastorno depresivo mayor, esquizofrenia).</p>
Trastorno Neurocognitivo Leve
<p><b>A.</b> Evidencias de un declive cognitivo moderado comparado con el nivel previo de rendimiento en uno o más dominios cognitivos (atención compleja, función ejecutiva, aprendizaje y memoria, lenguaje, habilidad perceptual motora o cognición social) basadas en:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Preocupación en el propio individuo, en un informante que le conoce o en el propio clínico, porque ha habido un declive significativo en una función cognitiva, y</li><li>2. Un deterioro moderado del rendimiento cognitivo, preferentemente documentado por un test neuropsicológico estandarizado o, en su defecto, por otra evaluación clínica cuantitativa.</li></ol> <p><b>B.</b> Los déficits cognitivos no interfieren en la capacidad de independencia en las actividades cotidianas (p. ej. Conserva las actividades instrumentales complejas de la vida diaria, como pagar facturas o seguir los tratamientos, pero necesita hacer un mayor esfuerzo, o recurrir a estrategias de compensación o de adaptación).</p> <p><b>C.</b> Los déficits cognitivos no ocurren exclusivamente en el contexto de un delirium.</p> <p><b>D.</b> Los déficits cognitivos no se explican mejor por otro trastorno mental (p.ej. trastorno depresivo mayor, esquizofrenia).</p>

Fuente: *Manual Diagnóstico y Estadístico de los Trastornos Mentales (5ª Edición) DSM-V. Trastornos Neurocognitivos. 591 – 645*