

# APLICACIONES BIOMÉTRICAS MÁS ALLÁ DE LA SEGURIDAD

Marcos Faúndez Zanuy, Enric Sesa-Nogueras, Enric Monte-Moreno, Josep Garre-Olmo, Karmele Lopez-de-Ipiña, Francesc Viñals, Mari Luz Puente “Aplicaciones biométricas más allá de la seguridad”. VI Jornadas de reconocimiento biométrico de personas. Las Palmas de Gran Canaria , pp. 25-43, ISBN 978-84-695-0695-0, 26-27 Enero 2012

## JRBP 2012

# Jornadas sobre Reconocimiento Biométricos de Personas



Buscar

## VI Jornadas de Reconocimiento Biométrico de Personas (JRBP12)

Las Palmas de Gran Canaria - 26-27 de enero 2012

Universidad de Las Palmas de Gran Canaria

Campus Universitario de Tafira

Las **VI Jornadas de Reconocimiento Biométrico de Personas (JRBP12)** están organizadas por la División de Procesado Digital de Señales del Instituto para el Desarrollo tecnológico y la Innovación en Comunicaciones (IDeTIC) de la Universidad de la universidad de Las Palmas de Gran Canaria. A través de estas Jornadas se pretende crear un foro de encuentro entre distintos grupos de trabajo, tanto del mundo de la Empresa como de la Universidad con el fin de compartir avances tecnológicos así como mostrar los resultados de investigación y desarrollo en el campo de la Biometría.

## Aplicaciones biométricas más allá de la seguridad

Marcos Faundez-Zanuy<sup>1</sup>, Enric Sesa-Nogueras<sup>1</sup>, Josep Roure-Alcobe<sup>1</sup>, Enric Monte-Moreno<sup>2</sup>, Josep Garre-Olmo<sup>3</sup>, Karmele Lopez-de-Ipiña<sup>4</sup>, Francesc Viñals<sup>5</sup>, Mari Luz Puente<sup>5</sup>, Jiri Mekyska<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Escola Universitària Politècnica de Mataró (UPC), Tecnocampus (Barcelona)

{faundez, sesa, roure}@eupmt.es

<sup>2</sup> Universitat Politècnica de Catalunya, (Barcelona)

enric.monte@upc.edu

<sup>3</sup> Institut d'assistència sanitària, Salt (Girona)

josep.garre@ias.scs.es

<sup>4</sup> Euskal Herriko Unibertsitateko (EHU), Donostia

karmele.ipina@ehu.es

<sup>5</sup> Universitat Autònoma de Barcelona, Barcelona

periciacaligrafica@hotmail.com

<sup>6</sup> Department of Telecommunications, Brno University of Technology, Czech Republic

j.mekyska@phd.feec.vutbr.cz

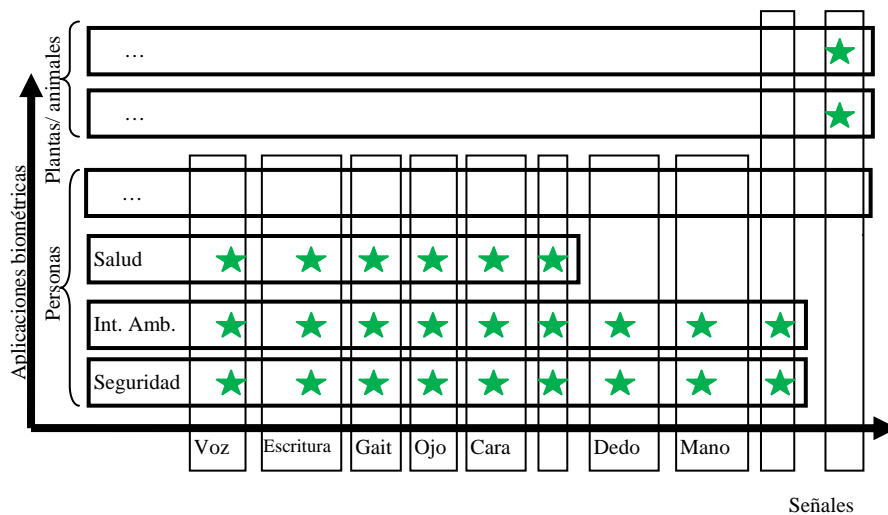
**Abstract.** En este artículo se enfatizan las posibilidades del procesamiento de señales biométricas más allá de las aplicaciones de seguridad, con especial énfasis en el ámbito de salud. Se muestra también la interrelación entre la salud y la seguridad. La finalidad es captar la atención de la comunidad biométrica hacia los temas relacionados con la salud, sobre todo en el caso de las enfermedades neurodegenerativas.

### 1. Introducción

Etimológicamente la palabra biometría hace referencia a la medida de características de los seres vivos (personas, animales, plantas). De hecho, el reconocimiento biométrico de personas no deja de ser un pequeño ámbito de la biometría, aunque habitualmente dentro de la comunidad científica dedicada al reconocimiento biométrico de personas se tienda a realizar una interpretación restrictiva de la palabra biometría. La figura 1 conceptualiza las diferentes áreas de aplicación y señales biométricas.

Entre las aplicaciones más importantes de la biometría cabe destacar obviamente las relacionadas con las personas, y entre ellas, la salud y la seguridad. Sin embargo, no son áreas excluyentes. Las alteraciones de los estados de salud afectan a las características medidas y por tanto, a la seguridad de los sistemas basados en biometría. Por otro lado, estas alteraciones pueden usarse para valorar el estado de salud de las personas. Por consiguiente, existe una relación evidente entre ambas aplicaciones. Algunas señales biométricas presentarán aplicación en los dos ámbitos mientras que otras, como por ejemplo la huella dactilar, difícilmente podrán ser utilizadas con finalidades médicas.

Con este artículo se pretende atraer a investigadores dedicados a reconocimiento biométrico de personas hacia otros campos de aplicación de la biometría y en especial al ámbito de la salud. Especialmente, el de aquellos dedicados al tratamiento de las señales de voz, escritura, forma de caminar, etc., puesto que las tecnologías biométricas aplicadas a la seguridad no han experimentado el boom que se pronosticaba a principios de siglo, justo después de los atentados de las torres gemelas del 11 de septiembre. Ni siquiera ahora con la masificación en la captura de datos biométricos a la entrada de algunos países. En general, el impacto de la seguridad en el mundo, aún siendo considerable, es significativamente menor que el impacto de los temas vinculados a la salud. Especialmente con un escenario de envejecimiento progresivo de la población, sobretodo en Europa.



**Figura 1.** Señales biométricas y posibles ámbitos de aplicación (seguridad, inteligencia ambiental, salud, etc.).

## 2. Ejemplo de aplicación biométrica: detección de demencias

Existen evidencias de las alteraciones de la capacidad grafomotora de los pacientes con enfermedades que cursan con demencia como la enfermedad de Alzheimer (EA) o la enfermedad de Parkinson (EP). A continuación se describen algunos ejemplos.

El mini-examen cognoscitivo (MEC) de Lobo mostrado en la figura 2 incluye, aparte de escritura, la realización del dibujo de dos pentágonos. La capacidad de replicar el dibujo así como los temblores manifiestos en los trazos son indicativos de problemas neurológicos.

**"MINI-EXAMEN COGNOSCITIVO"**


Paciente ..... Edad 73  
 Ocupación Prof. de la U.P. Escolaridad la. y 1.ª Examinado por ..... Fecha .....

**ORIENTACION**  
 "Dígame el día .. Fecha 30 Mes Junio Estación Verano Año 2000 ..... PUNTOS  
 "Dígame el Hospital (o el lugar) ..... Año 2000 ..... (5)  
 Ciudad B. de Ceballos Prov. Entre Ríos Nación España ..... (5)

**FIJACION**  
 "Repita estas 3 palabras: Peseta-Caballo-Manzana" ..... PUNTOS  
 (Repetílas hasta que las aprenda) ..... (3)

**CONCENTRACION Y CALCULO**  
 "Si tiene 30 plás. y me va dando de 3 en 3, ¿Cuántas le van quedando" ..... (5)  
 "Repita estos números: 5-9-2" (hasta que los aprenda) ..... (3)  
 "Ahora haga atrás" ..... (3)

**MEMORIA**  
 "¿Recuerda las 3 palabras que le he dicho antes?" ..... (3)

**LENGUAJE Y CONSTRUCCION**  
 Mostrar un bolígrafo "¿Qué es esto?" Repetílo con el reloj ..... (2)  
 "Repita esta frase": "En un trigal había cinco perros" ..... (1)  
 "Una manzana y una pera son frutas ¿Verdad? ¿Qué son el rojo y el verde?" ..... (2)  
 "¿Qué son un pamo y un gato?" ..... (2)  
 "Coja este papel con la mano derecha, dóblelo y póngalo encima de la mesa" ..... (3)  
 "Lea esto y haga lo que dice", **CIERRE LOS OJOS** ..... (1)  
 "Escriba una frase" ..... (1)  
 "Copie este dibujo":  
  
 ("Un punto cada respuesta correcta")

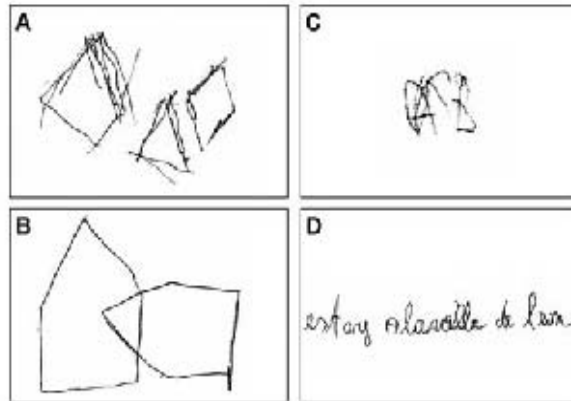
**PUNTUACION TOTAL** ..... (1)  
 Nivel de conciencia ..... (3) (5)  
 (Marcar)

Alerta, Obnubilación, Estupor, Coma

Lobo y Colita, 1979-85.

**Figura 2.** Mini examen cognoscitivo

La figura 3 muestra otro ejemplo, extraído de [1]. En éste caso se trata de un paciente con hidrocefalia crónica antes y después de ser operado. La incapacidad de copiar dibujos y escribir es claramente manifiesta antes de ser operado (A y C), mientras que seis meses después de ser intervenido, recupera su capacidad normal.

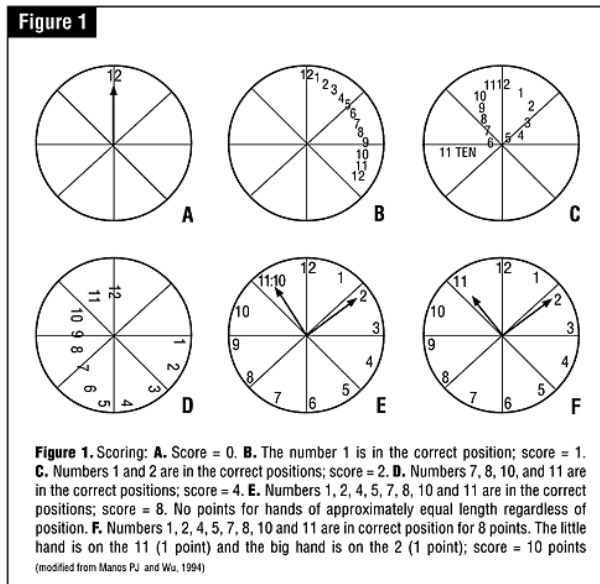


**Figura 3.** Copia de los pentágonos y escritura de un paciente con hidrocefalia crónica del adulto. En A y C, antes de la colocación de un sistema de derivación de líquido cefalorraquídeo. En B y D, 6 meses después del tratamiento quirúrgico.

Una prueba típica en pacientes con EA consiste en dibujar un círculo y distribuir las 12 horas como si se tratara de un reloj. La figura 4 muestra la evolución de un paciente con EA al realizar dicho test así como el test de los pentágonos descrito en la figura 1. Este mismo test puede servir para detectar otros tipos de patologías, tales como intoxicación por estupefacientes, depresión, etc. La figura 5 muestra una tabla de valoración comparativa en diversos casos.

basal	6 meses	12 meses	18 meses

**Figura 4.** Prueba del reloj y pentágonos



**Figura 5.** Figura para puntuar el resultado realizado por el paciente (parte superior) y valoración de los resultados (parte inferior).

En la EA se produce una muerte paulatina de las neuronas de la corteza del cerebro y una destrucción de las conexiones que unas neuronas tienen con otras. Este fenómeno de pérdida progresiva de células nerviosas y conexiones se conoce como degeneración neuronal (neurodegeneración). Por este motivo la EA es una enfermedad neurodegenerativa. Hay muchas otras enfermedades neurodegenerativas. Por ejemplo, la EP que produce temblor y lentitud de movimientos o la esclerosis lateral amiotrófica que produce pérdida de fuerza en los músculos. Como en cualquier enfermedad neurodegenerativa la pérdida de neuronas y conexiones en la EA se produce de manera lenta, gradual y progresiva a lo largo de años. Las causas que desencadenan la neurodegeneración son todavía desconocidas. Se han barajado y estudiado muchas posibilidades, desde una enfermedad infecciosa transmitida por virus (el virus del herpes por ejemplo) a una enfermedad tóxica (por exposición excesiva al aluminio). Ninguna de estas hipótesis se ha demostrado y la causa de la EAA sigue siendo desconocida. Sólo en casos muy poco frecuentes y excepcionales la causa está en una alteración genética. La EA aparece de manera muy similar en todo el mundo y en todas las razas y niveles sociales. Afecta habitualmente a personas mayores de 60-65 años, si bien pueden darse casos en personas más jóvenes entre los 50 y 60 años y, muy rara vez, en personas menores de 45 años. La EA no es un envejecimiento acelerado. El envejecimiento es un proceso biológico normal y el Alzheimer es una enfermedad, un proceso patológico anormal. El diagnóstico de la EA con una certeza del 100% sólo puede hacerse tras un examen directo del cerebro en la autopsia. La biopsia cerebral puede plantearse en el diagnóstico de tumores o enfermedades inflamatorias si se ha de decidir instaurar un tratamiento u otro pero no estaría justificado correr el riesgo que conllevan para diagnosticar una EA. Las pruebas médicas de imagen cerebral sí que permiten ver cambios indirectos y menos específicos como la atrofia o pérdida de

volumen en determinadas zonas del cerebro. También pueden detectar los cambios de actividad metabólica que la enfermedad produce.

El diagnóstico clínico se basa en tres datos<sup>1</sup> que el médico investiga con los medios adecuados:

- i. La presencia de los síntomas y los signos típicos de la enfermedad y su confirmación con pruebas de memoria y otras funciones cognitivas.
- ii. La presencia de cambios en el cerebro por pruebas de imagen cerebral (atrofia cerebral en la TAC o la Resonancia Magnética, disminución del flujo sanguíneo cerebral en una SPECT, o reducción del metabolismo de la corteza cerebral en la PET).
- iii. La ausencia de otras posibles causas. La historia clínica, la exploración neurológica, las pruebas de imagen cerebral y los análisis de sangre permiten sospechar y descartar otras posibles causas que van desde los procesos vasculares (infartos cerebrales) o los tumores cerebrales, hasta la hidrocefalia, enfermedades del hígado o el riñón, enfermedades endocrinológicas como el hipotiroidismo, déficit de vitaminas o ácido fólico o incluso otras enfermedades neurodegenerativas como el Parkinson, la enfermedad con cuerpos de Lewy o las degeneraciones frontotemporales.

Cuando la información recogida sobre estos tres puntos orienta hacia el diagnóstico de una EA la fiabilidad de tal diagnóstico alcanza efectivamente el 85%-90%.

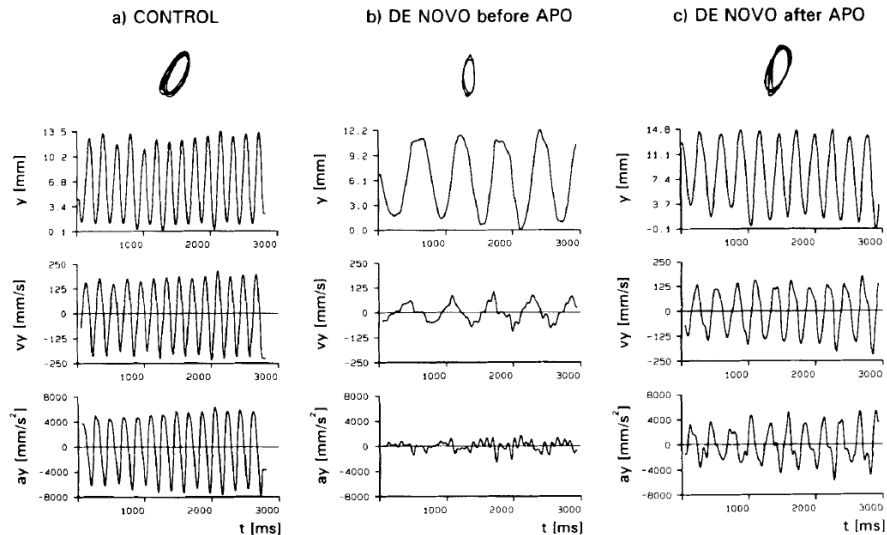
No es necesario hacer todas las pruebas que se mencionan. Habitualmente, en la mayoría de los casos la historia clínica, la exploración, un TAC y una analítica completa son suficientes para establecer el diagnóstico con una base sólida. En los casos que pueden generar dudas es cuando se puede solicitar la realización de una resonancia, una SPECT o una PET cerebral. El “error” que puede darse en un 10-15% de casos se produce porque otras enfermedades neurodegenerativas pueden dar síntomas muy similares a los de la EA. Puede afirmarse que si se realiza una historia clínica y una exploración adecuadas, se descartan todas las causas de demencia que podrían tener un tratamiento directo (una disfunción tiroidea o un déficit de vitamina B12 por ejemplo).

[2] pone de manifiesto la correlación entre la degradación en la escritura y el estadio de la EA. En estados iniciales es posible detectar la enfermedad a partir de la escritura. Especialmente en el caso de letra cursiva. [3] establece que algunos aspectos de la escritura son más vulnerables que otros y por tanto, pueden ser buenos indicadores para el diagnóstico de EA.

Los test de escritura presentan un gran interés de cara a estudiar la influencia de las medicaciones sobre los pacientes. Por ejemplo, la figura 6 muestra en la parte izquierda el resultado de trazar elipses sobre una tableta gráfica digitalizadora por un paciente sano, mientras que la parte central y derecha muestran los resultados en personas acabas de diagnosticar de Parkinson sin y con medicación respectivamente. Puede observarse cómo el efecto de la medicación aumenta la destreza del paciente y permite obtener resultados más similares a una persona sana. Este ejemplo ha sido extraído de [4].

---

<sup>1</sup> <http://www.cita-alzheimer.org>



**Figura 6.** Señales  $y(t)$ ,  $v_y(t)$ ,  $a_y(t)$  al trazar una elipse en personas sanas (a), recién diagnosticadas de Parkinson (b) y recién diagnosticadas de Parkinson tras recibir medicación de apomorfina (L-DOPA).

Existen experiencias similares estudiando la letra “ll” [5] y realizando el dibujo de una espiral de Arquímedes [6] (véase la figura 7).

Otros trabajos interesantes utilizan la escritura para estudiar:

- a) Los cambios en la escritura debido al efecto del alcohol [7], [8].
- b) Los efectos de la cafeína sobre la escritura [9]
- c) Los efectos de la marihuana y el alcohol [10]

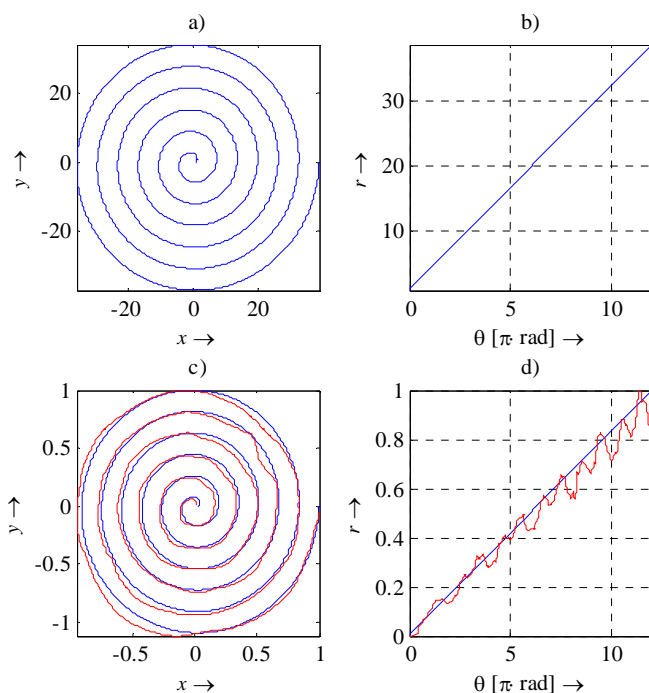
La relevancia de los tests de escritura para detectar patologías es evidente, tal y como se ha ejemplificado en la sección anterior. Sin embargo, puede sugerirse que la detección mediante inspección visual (tal y como se realiza de forma “clásica”) presenta una serie de inconvenientes:

- Subjetividad de la persona que evalúa las pruebas. Especialmente si consideramos que el experto en medicina no suele disponer de conocimientos grafológicos ni de pautas “completas” para valorar una prueba escrita.
- La detección de la patología es posible, probablemente, en fases ya muy avanzadas.
- Problemáticas tales como temblores de la mano, pausas, dubitaciones, etc., son difícilmente visibles una vez ha tenido lugar el acto de la escritura.
- No existen estudios científicos al respecto de la escritura, comparando un grupo de control con otro que muestra una patología determinada, que evalúen el aumento de la patología en función de la degradación cuantitativa y cualitativa de la escritura.

Todos estos inconvenientes pueden ser tratados mediante una aplicación informática, puesto que será capaz de extraer medidas objetivas de tipo cuantitativo y estable-



cer si existen diferencias entre un grupo de control y otro que muestre una determinada patología.



**Figura 7.** Espiral ideal (a) y realizada a mano sobre la anterior (c) con sus correspondientes transformaciones radio-ángulo (b y d).

La ausencia de estudios potentes (desde el punto de vista de procesado de señal) en esta temática supone sin lugar a dudas una gran oportunidad de realizar proyectos de investigación totalmente punteros y novedosos. La pregunta que podríamos formularnos es: ¿Por qué no lo ha realizado prácticamente nadie anteriormente? La respuesta a esta pregunta contiene varios factores:

- Un proyecto de este tipo requiere dos grandes colaboradores: uno tecnológico, con experiencia en el análisis automático de escritura. Un segundo de tipo médico, con acceso a pacientes cuya patología sea analizable a partir de la escritura. Si bien existen grupos del segundo tipo, no conocemos ningún grupo centrado en análisis de la escritura (con la salvedad de aquellos dedicados a OCR, o lo que es lo mismo, transcribir un texto manuscrito en otro con idéntico contenido pero en caracteres ASCII).
- Pese a las evidencias científicas [11] de las aplicaciones de la grafología, algunos científicos siguen considerando que la grafología tiene tanto de ciencia como la astrología (horóscopo). Sin duda esto se debe, en parte, a los pocos estudios científicos realizados en casos reales.

- No tenemos conocimiento de la existencia de bases de datos de libre disposición, ni siquiera de pago. Por otro lado, la adquisición de una base de datos propia no es sencilla. Mientras que la adquisición de una BBDD biométrica para aplicaciones de seguridad es relativamente sencilla (por ejemplo, basta tomar muestras de estudiantes y trabajadores de la universidad), en el caso de salud es necesario disponer de pacientes y éstos deben estar correctamente diagnosticados y supervisados por un equipo médico.

La inmensa mayoría de investigadores dedicados al análisis de la escritura se centran en el análisis de la escritura off-line, entendiéndose como tal aquella que ha sido realizada mediante un bolígrafo sobre un papel, se ha escaneado, y se trata como una imagen. Esto supone una gran pérdida de información, puesto que el proceso de escritura se simplifica a evaluar el resultado final. La causa de esta situación hay que buscarla en la simplicidad que supone adquirir muestras de escritura e introducirlas en el ordenador mediante esta sistemática. Sin embargo, esta simplicidad implica un alto precio: la pérdida irreversible de una ingente cantidad de datos y la complicación en los algoritmos a aplicar una vez se ha digitalizado la escritura.

Si bien los neurólogos usan frecuentemente pruebas basadas en escritura (mini examen cognoscitivo, test de los pentágonos, test del reloj, test de la espiral, etc.), el análisis de la señal de voz también presenta una capacidad muy importante de diagnóstico, tal y como corroboran los estudios publicados. En este sentido es importante realizar las siguientes acciones:

- Profundizar en el diagnóstico basado en la voz así como la influencia del envejecimiento y los estados de salud en las tasas de los sistemas biométricos de aplicaciones de seguridad.
- Combinar el potencial diagnóstico de la escritura con la voz y otros rasgos (pupilometría, electromiografía, etc.)
- Sensibilizar a la comunidad médica y la sociedad en general de las posibilidades de las TIC aplicadas a la salud. La idea sería incorporar pruebas diagnósticas basadas en la voz con la finalidad de complementar las técnicas actuales existentes.

Es interesante remarcar la existencia de una empresa alemana denominada neuroscript<sup>2</sup> que se dedica a comercializar una herramienta software para el análisis de la escritura y el control motor. Esta empresa comercializa productos para:

- Sistemas de análisis de movimientos
- Sistemas de análisis de movimientos clínicos
- Sistemas de análisis de escritura (offline)
- Sistemas de análisis de la fuerza para apretar con ambas manos

Y dicho software es de aplicación en los siguientes entornos: Kinesiología, Psiquiatría, Neurología, Fisioterapia, Educación, Forense.

La existencia de un producto comercial avala el interés comercial por este tipo de productos. Sin embargo, los neurólogos consultados desconocen su existencia. Proba-

---

<sup>2</sup> <http://www.neuroscriptsoftware.com>

blemente, serían más positivos en utilizar un producto a cuya creación hayan contribuido.

Sin embargo, al igual que en la mayoría de productos comerciales, se trata de un producto cerrado. De la misma forma que existen sistemas comerciales de reconocimiento del habla (IBM Viavoice, Dragon Naturally speaking, etc.) y esto no elimina las investigaciones paralelas llevadas a cabo en los centros de investigación universitarios, creemos que en este tema también es necesaria la existencia de agentes públicos que participen en la generación de conocimiento en esta temática, y que ofrezcan bases de datos públicas.

## **2.1 Alteraciones biológicas y neurológicas manifiestas en la escritura manuscrita**

Algunos trastornos del cerebro y del sistema nervioso se manifiestan mediante temblores grafoescriturales, consistentes en una serie de movimientos irregulares producto de contracciones musculares involuntarias, afectando al ritmo, sin que puedan dominarse conscientemente. El temblor puede ser senil o patológico, y puede considerarse leve si se produce en los perfiles (trazos ascendentes) o grave si aparece en los trazos descendentes [12]. Algunos temblores que pueden apreciarse en la escritura son:

- i. *Temblor de arterioesclerosis*: Por la irregularidad del fluido y titubeo del camino, D. Franco la define como si este tipo de escritura se disolviera a modo de agua en una pequeña cascada que desciende de una montaña.
- ii. *Temblor de delirium tremens*: es general y muy acentuado
- iii. *Temblor de la enfermedad de Basedow*: el hipertiroidismo provoca una oscilación de 8-9 segundos con un temblor similar al emocional.
- iv. *Temblor de parálisis progresiva*: van apareciendo alternadas de forma progresiva palabras con temblor, así como variabilidad en el calibre.
- v. *Temblor de reposo*: peculiaridad del temblor en el Parkinson. Suele ser rítmico. Presenta una oscilación lenta, aproximadamente de 4 a 6 ciclos por segundo. Afectación unilateral a una de las manos. Cede con la actividad y con el sueño. Aumenta con la tensión emocional.
- vi. *Temblor fisiológico*: presente en todos los individuos, aunque no es perceptible a simple vista y sólo se observa con la ayuda de un acelerómetro. Este temblor ligero, rápido y de tipo vibratorio en ocasiones modifica imperceptiblemente la escritura y sólo puede confirmarse con un examen visual con lupa. Se exagera durante las emociones.
- vii. *Temblor horizontal*: propio de la enfermedad de Parkinson según investigaciones de P.J. Foglia.
- viii. *Temblor ocasional*: es el circunstancial causado por una emoción profunda (por ejemplo, el que puede aparecer en las palabras clave del culpable en la prueba de la verdad grafológica). En casos de histerismo la oscilación que marca Charcot puede contemplarse en 4-5 segundos.

- ix. *Temblor por tóxicos industriales*: Serratrice y Habib describen las alteraciones producidas en la escritura por diversos agentes tóxicos profesionales.
- x. *Temblor variado o mixto*: drogadicción, senilidad o infección grave, por ejemplo, saturnismo.
- xi. *Temblor vertical*: Es primario y de consideración leve cuando se localiza en los perfiles o trazos ascendentes, y secundario o grave en los trazos descendentes. El temblor vertical es propio del alcoholismo.

La demencia es una alteración de las funciones psíquicas, que van mermando hasta alcanzar un deterioro profundo. Las demencias más conocidas con las derivadas de la enfermedad de Alzheimer, la enfermedad de Parkinson, la demencia vascular y el virus de la inmunodeficiencia humana (VIH). Civilmente puede ser causa de un procedimiento de incapacidad y penalmente, según el delito y el grado en la enfermedad, puede ser causa de disminución parcial o total de la imputabilidad. Las personas afectadas de demencia no pueden plasmar una escritura evolucionada. Normalmente se observan trazos propios de la inmadurez y lentitud o dificultad en la marcha grafoescritural. Algunas demencias importantes son:

- i. *Demencia de tipo Alzheimer*: el lenguaje escrito es un indicador precoz de la enfermedad de Alzheimer respecto al oral, ya que en ella se observan paragrafías y una correlación específica con la agrafía léxica, cuando al principio de la enfermedad únicamente se ve afectado el contenido o expresiones de lo escrito (palabras equivocadas, narrativa con pérdida de sentido) para pasar a una desestructuración progresiva que afecta al conjunto de aspectos gráficos (aun conservando los gestos tipo). Normalmente aparece temblor fisiológico agudizado por las emociones; sin embargo, los automatismos de la firma se mantienen más tiempo, pasando primero por una fase de similitud de los elementos geométricos tanto rubricales como de los propios gramas (aunque con ligeras deformaciones, desconexión y pérdida de la firmeza, y orientación en el espacio), para ir perdiendo en analogía hasta la desestructuración completa.
- ii. *Demencia en la enfermedad de Parkinson*: La atrofia cerebral difusa está presente en diversas demencias y en particular en la asociada con la enfermedad de Parkinson, que se caracteriza por un deterioro progresivo e irreversible de las funciones mentales, especialmente la atención, la orientación y la memoria. Según un reciente estudio médico, esta demencia es la que produce mayor daño en el lenguaje escrito y en la copia de figuras, apreciándose un fuerte déficit visuo-espacial. Grafoescrituralmente se manifiestan: temblor en las hampas, líneas irregulares, escalera descendente, lenta, rígida/tensa, pequeña, empastada y gladiolada. Lo más característico es la micrografía, que puede ser uno de los síntomas iniciales de la enfermedad; la escritura no sólo es reducida en tamaño, sino que parece disminuir cuanto más larga es la expresión escrita, según lo describen los neurólogos Serratrice y Habib: dismi-

nución progresiva de los caracteres con aproximación gradual de las letras e inclinaciones de derecha a izquierda de la línea. La micrografía aumenta a medida que el paciente escribe. Las letras son cada vez más apretadas y más pequeñas, por lo que la escritura, casi ilegible, se limita a un simple trazo irregular y oscilante. Habitualmente se admite que la escritura Parkinsoniana es independiente del temblor. La base de esta afirmación es que la irregularidad de la aceleración de la escritura de los Parkinsonianos, registrada en una tableta grafica, tienen una frecuencia inferior a 5 Hz mientras que la frecuencia del temblor es superior a 5 Hz.

Algunos estudios interesantes son: [13] muestra la existencia de diferencias entre la escritura de pacientes con Alzheimer ligero y pacientes con deterioro cognitivo ligero. [14] observa que la escritura dictada y la firma se mantienen durante más tiempo intactas que el escritura espontánea. [15] usa dibujos on-line para analizar trastornos depresivos en ancianos.

## 2.2 Alteraciones biológicas y neurológicas manifiestas en la señal de voz

A parte de la escritura otra de las manifestaciones más comunes de estas patologías es en la producción del habla. La disartria<sup>3</sup> es una alteración del habla que tiene como base un trastorno neurológico, y que generalmente se acompaña de alteraciones de los movimientos biológicos de los órganos buco faríngeos y en ocasiones de incoordinación fono respiratoria [16].

Hay múltiples enfermedades que causan disartria. Algunas son congénitas como la parálisis cerebral, otras son adquiridas como las secundarias a trombosis, embolismos, hemorragias, tumores, inflamaciones o enfermedades degenerativas (Alzheimer, Parkinson, Esclerosis Lateral Amiotrófica, etc.). La disartria afecta particularmente a la calidad del habla: articulación, voz, entonación, velocidad, control respiratorio etc. Los grados y tipos de disartria son muy variados, desde una leve dificultad para hacerse entender hasta la incapacidad de hablar [16]. Las disartrias son aquellas perturbaciones del habla causadas por parálisis, debilidad o incoordinación de la musculatura del habla de origen neurológico que ocasiona trastorno motor sobre la respiración, fonación, resonancia, articulación de la palabra y prosodia [17].

Otra posibilidad es el análisis de emociones a partir de la señal de voz, puesto que las personas afectadas de demencia manifiestan menos emociones [18].

La figura 8 muestra la pronunciación de una frase, en la izquierda por una persona sana y en la derecha por una persona afectada de Parkinson. Puede observarse que, aparte de hablar más lentamente, la curva de pitch es extremadamente plana en el caso de la persona afectada de Parkinson. [19] muestra resultados similares.

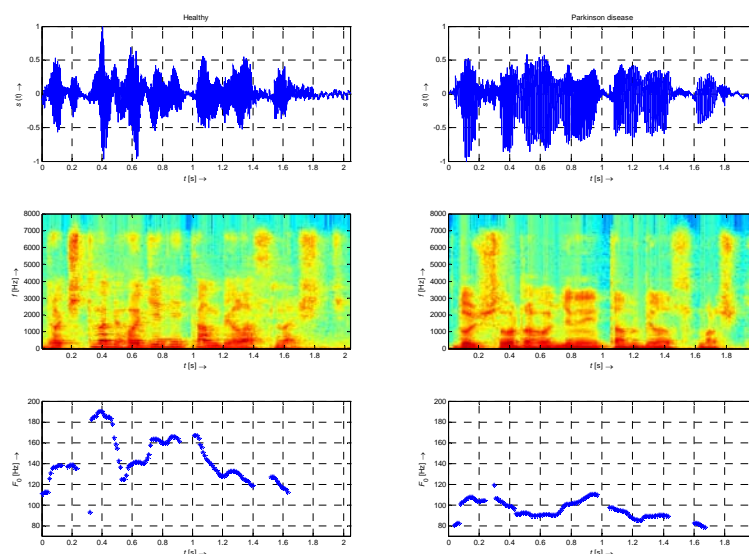
La enfermedad de Alzheimer provoca cambios en la prosodia [20]. La causa se debe a la alteración de áreas del cerebro que procesan el habla [21].

---

<sup>3</sup> La disartria es un trastorno de la articulación de las palabras sin que existan alteraciones en la construcción y uso del lenguaje.

En las etapas iniciales, en ocasiones se pueden confundir el Alzheimer con la esclerosis múltiple, y el análisis de voz es una posible manera de distinguir entre las dos enfermedades [22].

Algunas aplicaciones clásicas del tratamiento del habla podrían ser de utilidad para el estudio de las demencias. Los enfermos de Alzheimer ven reducido su vocabulario [23], [24] por lo que un sistema de reconocimiento del habla podría ser de utilidad para valorar la reducción de vocabulario en habla espontánea.



**Figura 8.** Oscilograma de una frase, espectrograma y pitch asociado en el caso de una persona de control (izquierda) y una persona afectada de Parkinson (derecha).

Después de la pérdida de la memoria, uno de los problemas principales del Alzheimer es el del lenguaje. La pérdida de capacidad de expresión con el lenguaje será de dos tipos o en dos aspectos: dificultad para expresarse y dificultad para entender a los demás, lo cual hará más difícil su proceso natural de comunicación con el entorno. Esta incapacidad para comunicarse aparece ya en las fases previas y suele ser una de las primeras señales del deterioro que detectan las personas del entorno. El problema puede aparecer tanto en el lenguaje escrito como oral.

[25] trata de la festinación (del latín festinare, apresurarse) en la enfermedad de Parkinson. La festinación se corresponde con la tendencia a la aceleración al realizar movimientos repetitivos. Primero aparece en la forma de caminar (aceleran su marcha para evitar la caída hacia delante) y después en la escritura y la voz. La festinación es uno de los síntomas axiales que más incapacitan a los enfermos.

[26] utiliza la señal de voz para diferenciar la degeneración corticobasal de la enfermedad del Parkinson. [27] analiza la trayectoria del labio inferior al articular señales de voz para analizar las enfermedades de Parkinson, Huntington, atrofia del cere-

belo, y la parálisis pseudobulbar. Otras posibilidades son el uso de parámetros ceps-  
trales, onda glótica, etc.

[28], [29], [30], [31] utilizan la señal de voz para valorar la mejoría de enfermos de  
Parkinson después del tratamiento.

[32] analizan el tiempo necesario para encontrar la palabra adecuada así como para  
articularla en el caso de enfermos de Alzheimer y grupos de control y observan que la  
enfermedad afecta principalmente al tiempo necesario para encontrar las palabras  
adecuadas y en una extensión mucho más limitada en el caso del tiempo de articula-  
ción.

[33] utilizan la señal de voz (medidas de pitch, energía, etc.) para la detección de  
esquizofrenia, ofreciendo resultados prometedores (no existen marcadores biológicos  
para esta enfermedad).

[34] utiliza medidas como por ejemplo el Harmonic-to-noise ratio (HNR), jitter,  
frecuencia fundamental (F0). El parámetro más indicativo de la edad es el HNR.

Por tanto, el procesado de señal de voz y del lenguaje es también una posibilidad  
complementaria a la escritura y otros test, para el diagnóstico de patologías. Sin em-  
bargo, la adquisición de señales de voz puede resultar más complicada que la escritu-  
ra, puesto que requiere de un correcto posicionamiento del micrófono, se ve afectado  
por el ruido del entorno, ajuste de niveles, etc., mientras que la adquisición de escritu-  
ra en principio es más sencilla.

### **3. Aplicaciones prácticas en biometría aplicada a la seguridad**

Otra problemática interesante es el estudio de las tasas de reconocimiento y verifi-  
cación biométrica en grupos poblacionales de edad avanzada y con presencia de dete-  
rioros cognitivos. Un primer problema es la degradación en la calidad de la escritura  
manuscrita y firma, así como en la señal de voz. Un segundo problema son los posi-  
bles engaños que pueden sufrir las personas afectadas de demencia.

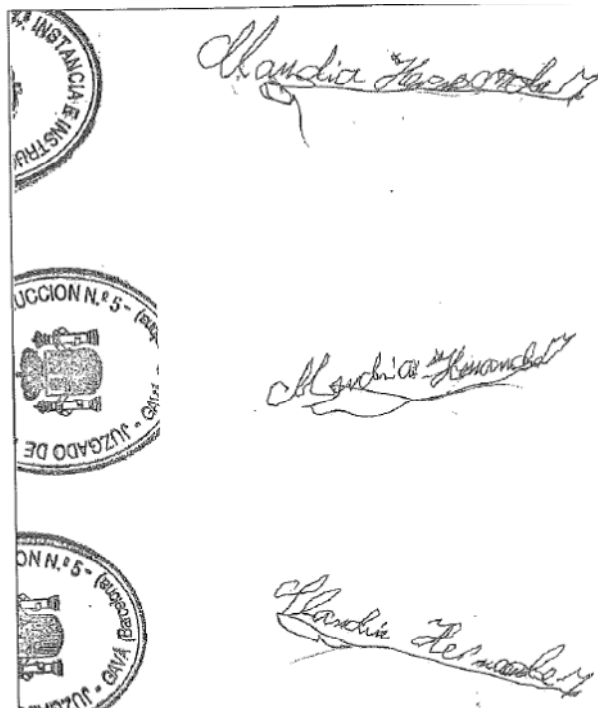
Existen casos en los cuales se ha obligado a ancianos a firmar documentos de ven-  
ta/alquiler/contratación de servicios, etc., aprovechando la situación de enfermedad de  
la víctima. En estos casos, frecuentemente, la fecha mostrada en el documento no se  
corresponde con la fecha real de firma. Mediante análisis grafológico puede demos-  
trarse que dichos documentos fueron firmados cuando la persona estaba afectada de  
demencia y por tanto, en fechas muy posteriores a las que figuran en el documento,  
motivo que invalida el documento. Puede encontrarse un caso ilustrativo en [12]. En  
este caso, unas mujeres, aprovechándose de una anciana, le hicieron firmar papeles en  
blanco, aparentemente para solucionarle temas de recetas médicas, pero cuando la  
anciana falleció aprovecharon uno de los papeles en blanco para redactar un contrato  
de arrendamiento anterior a un compromiso de venta que habría establecido la anciana  
unos cuantos años antes. La policía judicial encontró en el domicilio de dichas  
señoras varios papeles en blanco firmados por la anciana, cuya degeneración grafoes-  
critural coincidía con la del contrato y cuyas firmas correspondían a una etapa próxi-  
ma a la de la defunción; en cambio, las firmas indubitadas de la anciana un año des-  
pués del presunto contrato, aunque propias de una persona mayor, no reflejaban el  
nivel de deterioro senil que se observa en el contrato. Véase las figuras 9 y 10.



**Figura 9.** Comparando la firma de la víctima del año 1985 (dubitada) con la de 1986 (indubitada) resulta evidente que la firma dubitada de 1985 debe ser necesariamente posterior a 1986, puesto que el control grafoescritural es más pobre. Además dichas firmas dubitadas de 1986 son más semejantes a las encontradas en hojas en blanco en el domicilio de las sospechosas (véase la figura 12)

Si bien los sistemas biométricos basados en características morfológicas (huella, iris, etc.) no se ven afectados por los deterioros cognitivos, en el caso de las características conductuales sería importante realizar un estudio. Especialmente en el caso de la firma, puesto que se trata del método más frecuente para validar documentos oficiales (escrituras notariales, contratos privados, etc.). Por tanto, es clave disponer de este conocimiento para detectar posibles fraudes en personas ancianas afectadas de demencia.

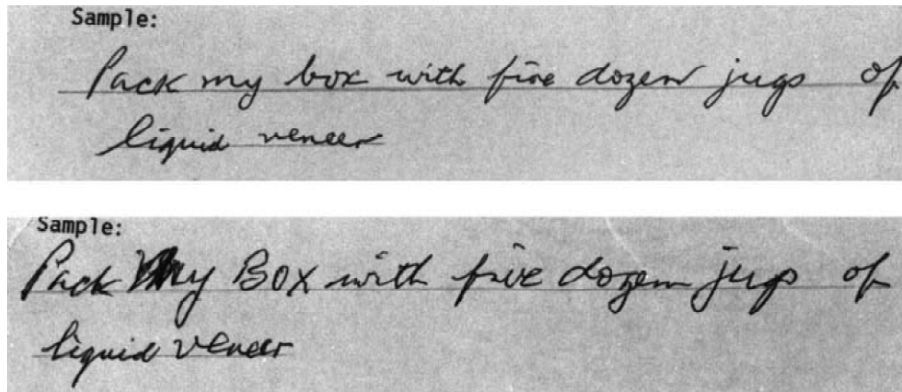




**Figura 10.** Muestra de algunas de las firmas en hojas en blanco intervenidas por la policía judicial en el domicilio de las acusadas.

[35] realiza un estudio de escritura sobre 200 pacientes de Parkinson y grupo de control del mismo margen de edades y observa que algunos de los cambios de la escritura manuscrita tienden a parecerse a falsificaciones, si bien un análisis detallado permite diferenciarlos. Por ejemplo, la figura 11 muestra la escritura de un enfermo de Parkinson a la edad de 72 años y cinco años después. Se observa que el deterioro es más evidente, apareciendo letras inapropiadamente escritas en mayúscula (M, B, O, X), letras sobreescritas, retocadas, etc. Por consiguiente, concluye que los peritos calígrafos deberían ser conscientes de las problemáticas asociadas a las enfermedades neurológicas y tenerlas en cuenta a la hora de examinar documentos.

Estos ejemplos ilustran la interrelación existente entre la biometría aplicada a temas de seguridad y la biometría aplicada a salud. En este sentido es interesante abordar ambas aplicaciones de forma conjunta.



**Figura 11.** En la parte superior se muestra la escritura de un enfermo de Parkinson de 72 años de edad. En la parte inferior, la misma frase escrita por la misma persona al cabo de 5 años. Se observa fácilmente el deterioro en la grafía.

Por otro lado, un sistema dotado de inteligencia ambiental debería ser capaz de detectar y tratar estas situaciones (edad de la persona, estado de salud, estado anímico, etc.). Un caso particular es el caso de la detección de situaciones de stress. Algunos sistemas biométricos de seguridad detectan, por ejemplo, los latidos del corazón. En caso de que las pulsaciones sean superiores a las habituales, consideran que dicha persona puede estar accediendo al sistema bajo coacción o presión (“duress”) y activan una alarma silenciosa. Todo esto formaría parte de la inteligencia ambiental del sistema.

## Agradecimientos

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por FEDER y MEC, TEC2009-14123-C04-04.

## Referencias

1. B. Benejam; M.A. Poca, C. Junqué, E. Solana y J. Sahuquillo, “Alteraciones cognitivas en pacientes con hidrocefalia crónica del adulto (“normo-tensiva”). Propuesta de un protocolo para su evaluación clínica”. Neurocirugía v.19 n.4 Murcia agosto. 2008. doi: 10.4321/S1130-14732008000400001
2. Katrina E. Forbes, Michael F. Shanks, Annalena Venneri “The evolution of dysgraphia in Alzheimer’s disease”. Brain research bulletin 63 (2004) pp.19-24, Elsevier.
3. Jean Neils-Strunjas, Kathy Groves-Wright, Pauline Mashima, Stacy Harnish “Dysprgraphia in Alzheimer’s disease: A review for clinical and research purposes”. Journal of speech, Language, and Hearing research, Dec. 2006, 49, 6, pp. 1313-1330.

4. T. E. Eichhorn, T. Gasser, N. Mai, C. Marquardt, G. Arnold, J. Schwarz y W.H. Oertel "Computational analysis of open loop handwriting movements in Parkinson's disease: A rapid method to detect dopamimetic effects". *Movement disorders* Vol. 11, Nº 3, 1996, pp. 289-297
5. O. Tucha, L. Mecklinger, J. Thome, A. Reiter, G. L. Alders, H. Sartor, M. Naumann, and K. W. Lange "Kinematic analysis of dopaminergic effects on skilled handwriting movements in Parkinson's disease". *J Neural Transm* (2006) 113: 609-623
6. Rachel Saunder-Pullman, Carol Derbym Kaili Stanley, Alicia Floyd, Susan Bressman, Richard B. Lipton, Amanda Deligtisch, Lawrence Severt, Qiping Yu, Mónica Kurtis and Seth L. Pullman "Validity of spiral analysis in early Parkinson's disease". *Movement disorders* Vol. 23 Nº 4, 2008, pp. 531-537
7. A. Faruk, N. Turan "Handwritten changes under the effect of alcohol". *Forensic science international* Vol. 132, Issue 3, 8 April 2003, pp.201-210.
8. J. G. Phillips, R. P. Ogeil, F. Müller "Alcohol consumption and handwriting: a kinematic analysis" *Human movement science*, Vol. 28, Issue 5, October 2009, pp.619-632.
9. O. Tucha, L. Mecklinger, S. Walitza and K. W. Lange "The effect of caffeine on handwriting movements in skilled writers" *Human Movement Science*, Vol. 25, issues 4-5 October 2006, pp.523-535.
10. R. G. Foley & L. Miller "The effects of marijuana and alcohol usage on handwriting" *Forensic Science international*, Vol 14, issue 3, November-december 1979. Pp. 159-164
11. M<sup>a</sup> Luz Puente y Francisco Viñals, "Grafología y ciencia. Validación con ciento cincuenta tesis doctorales". Editorial UOC, Barcelona, 2010.
12. Francesc Viñals Carrera, María Luz Puente Balsells, "Grafología criminal", capítulo 3, alteraciones neurológicas y biológicas. Editorial Herder, 2009
13. Perla Werner, Sara Rosenblum, Gady Bar-On, Jeremia Heinik and Amos Korczyn "Handwriting process variables discriminating mild Alzheimer's disease and mild cognitive impairment". *Journal of gerontology*, Jul. 2006 61B,4; pp.228-236
14. Kjertin Ericsson, Lars G. Forssell, Karin Holmén, Matti Viitanen, Bengt Winblad "Copying and handwriting ability in the screening of cognitive dysfunction in old age". *Archives of the gerontology and geriatrics* 22(1996) pp.103-121.
15. Jeremia Heinik, Perla Werner, Tal Dekel, Ilya Gurevitz and Sara Rosenblum "Computerized kinematic analysis of the clock drawing task in elderly people with mild major depressive disorder: an exploratory study". *International Psychogeriatrics* (2010) 22:3, pp479-488.
16. Llau Arcusa, M. J.; González Álvarez, J. Medida de la inteligibilidad en el habla disártrica, Published in *Rev Logop Foniatr Audiol.*2004; 24 :33-43 - vol.24 núm 01
17. Darley, F., Aronson, A., y Brown, J. (1975). *Motor Speech Disorders*. Philadelphia: Saunders.
18. Sabine Skodda and Uwe Schlegel "Speech Rate and Rhythm in Parkinson's Disease" *Movement Disorders* Vol. 23, No. 7, 2008, pp. 985-992.
19. Katarzyna Gustaw, Wiktor Gonet "Speech disorders in Multiple System Atrophy of Parkinson Type" *Journal of Pre-Clinical and Clinical Research*, Vol 1, No 2, 185-188, 2008.
20. VJ Roberts, SM Ingram, M Lamar "Prosody impairment and associated affective and behavioral disturbances in Alzheimer's disease" *Neurology*, 1996;47: 1482-1488.
21. Vassiliki Iliadou and Stergios Kaprinis "Clinical psychoacoustics in Alzheimer's disease central auditory processing disorders and speech deterioration". *Anal of General Hospital Psychiatry*, 2:12 2003
22. William W. Beatty, Diana M. Orbelo, Kristen H. Sorocco, Elliot D. Ross "Comprehension of affective prosody in multiple sclerosis" *Multiple Sclerosis Journal*, April 2003 Vol. 9 nº 2, pp.148-153.

23. D. Chan, Nick C. Fox, R. I. Schill, W. R. Crum, J. L. Whitwell, G. Leschziner, A. M. Rossor, J. M. Stevens, L. Ciplolotti, M. N. Rossor "Patterns on temporal lobe atrophy in semantic dementia and Alzheimer's disease" *Ann. Neurol* 2001; 49: 433-442.
24. Daniel Kempler, Susan Curtiss, Catherine Jackson "Synthactic preservation in Alzheimer's disease". *Journal of speech and hearing research* Vol. 30, 343-350, September 1987
25. Caroline Moreau, Canan Ozsancak, Jean-Louis Blatt, Philippe Derambure, Alain Destee & Luc Defebvre "Oral Festination in Parkinson's Disease: Biomechanical Analysis and Correlation with Festination and Freezing of Gait" *Movement Disorders*, pp.1503-1506, Vol. 22, No. 10, 2007
26. Ozsancak C, Auzou P, Jan M, Defebvre L, Derambure P, Destee A., "The place of perceptual analysis of dysarthria in the differential diagnosis of corticobasal degeneration and Parkinson's disease" *J Neurol*. 2006 Jan;253(1):92-7.
27. H. Ackermann, I. Hertich, I. Daum, G. Scharf & S. Spieker "Kinematic analysis of articulatory movements in central motor disorders" *Movement disorders*, Vol. 12, N° 6, 1997, pp.1019-1027.
28. Nagulic M, Davidovic J, Nagulic I, "Parkinsonian voice acoustic analysis in real-time after stereotactic thalamotomy" *Stereotact Funct Neurosurg*. 2005;83(2-3):115-21
29. Alexander M. Gobermana and Carl Coelho "Acoustic analysis of Parkinsonian speech I: Speech characteristics and L-Dopa therapy" *NeuroRehabilitation* 17 (2002) 237-246 IOS Press
30. Alexander M. Gobermana and Carl Coelho "Acoustic analysis of Parkinsonian speech II: L-Dopa related fluctuations and methodological issues" *NeuroRehabilitation* 17 (2002) 247-254 IOS Press
31. Celia Stewart, Linda Winfield, Ann Junt, Susan B. Bressman, Stanley Fahn, Andrew Blitzer and Mitchell F. Brin "Speech dysfunction in early Parkinson's disease". *Movement disorders* Vol. 10, N° 5, 1995, pp. 562-565.
32. S. Warkentin, C. Erikson, S. Janciauskiene "rCBF pathology in Alzheimer's disease is associated with slow processing speed" *Neuropsychologia*, Volume 46, Issue 5, 2008, Pages 1193-1200.
33. Viliam Rapcan, Shona D'Arcy, Sherlyn Yeap, Natasha Afzal, Jogin Thakore, Richard B. Reilly "Acoustic and temporal analysis of speech: A potential biomarker for schizophrenia" *Medical Engineering & Physics*, Volume 32, Issue 9, November 2010, Pages 1074-1079
34. Carole Ferrand "Harmonics-to-noise ratio: an indexing of vocal aging". *Journal of voice* Vol.16 issue 4, pp.480-487, December 2002
35. Judie Walton "handwriting changes due to aging and Parkinson's syndrome". *Forensic Science International* 88 (1997) pp.197-214, Elsevier.