

El control postural se fundamenta en un sistema complejo de respuestas musculares y articulares. La relevancia de los tres sistemas: visual, propioceptivo y vestibular está demostrada, pero es menos conocida la relación existente entre ellos, ya que estas relaciones no son lineales y los modelos resultan demasiado complejos. Se sabe que la información visual contribuye en gran medida al mantenimiento del equilibrio, a la orientación espacial y a la percepción del movimiento propio. Por estos motivos, el Instituto de Biomecánica (IBV) ha desarrollado una nueva versión de la aplicación de valoración del equilibrio NedSVE/IBV, que incluye dos pruebas que permiten mejorar la valoración de la aportación del sistema visual en el mantenimiento del equilibrio.

### **Development of a system for postural control assessment in patients with visual conflict**

Postural control is based on a complex system of neurologic signals from joints and muscular receptors. The relevance of the three systems: visual, proprioceptive and vestibular is demonstrated but the relationship between them is less known because their models always result non-linear or complex. It is generally accepted that visual information contributes greatly to the maintenance of balance, spatial orientation and self-perception of motion. Based on these reasons, the IBV has developed a new version of the balance assessment application NedSVE/IBV, including two tests to improve the value of the contribution of the visual system in maintaining balance.

## **NedSVE/IBV v.5. Nuevo sistema de valoración del control postural en pacientes con conflicto visual**

**José María Baydal Bertomeu, Andrea Castelli, José David Garrido Jaén, Ignacio Bermejo Bosh, M<sup>a</sup> José Vivas Broseta, M<sup>a</sup> Amparo Guerrero Alonso, M<sup>a</sup> José Such Pérez, M<sup>a</sup> Francisca Peydro de Moya**

INSTITUTO DE BIOMECÁNICA DE VALENCIA

### **INTRODUCCIÓN**

La capacidad de controlar nuestra postura y posición en el espacio surge de una compleja interacción entre el sistema músculo-esquelético y el sistema nervioso, que denominamos "sistema de control postural". El control postural está basado en un sistema complejo de respuestas musculares y articulares, que coordina la información proporcionada por el sistema visual, el somatosensorial y el vestibular. La relevancia de estos tres sistemas está demostrada. Sin embargo, la integración y el procesamiento de la información visual, propioceptiva y vestibular por el sistema nervioso central es menos conocida. Se han desarrollado algunos modelos que explican esta integración de sistemas pero, dado que las relaciones entre ellos no son lineales, los modelos resultan demasiado complejos.

El sistema visual contribuye a la orientación espacial y la percepción del movimiento propio. La información visual más importante debe aportar datos acerca de la estructura tridimensional del entorno, por lo que es importante la iluminación del mismo, la complejidad de sus componentes y la adaptación. La estimulación visual puede ser foveal y voluntaria (seguimiento lento) o retiniana y no voluntaria (sistema optocinético). Ambos sistemas desencadenan diferentes mecanismos neuronales con el único objetivo de fijar la mirada.

En la bibliografía se ha descrito el vértigo visual y la dependencia visual como alteraciones del equilibrio debido a errores en el procesamiento de la información visual. Del mismo modo, pacientes con alteraciones del sistema nervioso central o síntomas de estrabismo muestran alteraciones en la estrategia de equilibrio ante un entorno visual conflictivo. No obstante, el concepto de dependencia visual en sujetos con alteraciones del equilibrio está poco estudiado y desarrollado.

Los cambios en el entorno visual pueden provocar alteraciones del equilibrio y caídas en pacientes con patología vestibular. Del mismo modo, los síntomas de estrabismo pueden por sí mismos desencadenar alteraciones del equilibrio, con lo que es necesario tener medidas válidas para evaluar el control postural, que pueden ser útiles para cuantificar los resultados terapéuticos en la rehabilitación vestibular.

Todos estos factores han motivado en el IBV la necesidad de perfeccionar el sistema de valoración del equilibrio NedSVE/IBV, desarrollando un método que permita valorar la dependencia visual en el mantenimiento del equilibrio. Los objetivos que se han pretendido alcanzar en este proyecto son:

1. Desarrollar un protocolo completo de valoración de la contribución del sistema visual a la capacidad de equilibrio capaz de discriminar entre aquellos pacientes con problemas de equilibrio asociados a la

- > dependencia visual y aquellos con problemas de equilibrio asociados a déficits vestibulares y somatosensoriales.
- 2. Generar una base de datos con los valores de referencia extraídos de las variables propuestas para diversas patologías en diferentes estadios de gravedad. La base de datos permitirá obtener un cuerpo de conocimiento y de referencia sólido con el cual comparar al paciente, de manera que, según su estado funcional, se puedan hacer modificaciones en los tratamientos de recuperación si se considera apropiado.
- 3. Modificar el sistema NedSVE/IBV 4.0 incorporando las pruebas de conflicto visual que sean capaces de apoyar en el diagnóstico de pacientes con alta dependencia de la percepción visual sobre el control postural e integrarlas en la nueva versión NedSVE/IBV 5.0.

A continuación se describen las características de la nueva versión 5.0 del sistema NedSVE/IBV.

## DESARROLLO

### Descripción de la Muestra

Para el desarrollo de las bases de datos del sistema NedSVE/IBV 5.0. se estudió la respuesta postural de una muestra de sujetos sanos, equidistribuidos por grupos de edad, entre los 20 y los 79 años. Ninguno de los sujetos refirió antecedentes personales congruentes con patología vestibular periférica o central, traumatismo craneoencefálico o alteración articular que impidiese una correcta deambulación.

### Descripción del Equipo de Medida

Un sistema que altere la percepción visual del espacio ha de proporcionar una inmersión completa en el entorno mediante el vídeo proyectado. Con ese objetivo se ha añadido al monitor del paciente del sistema NedSVE/IBV unas gafas de realidad virtual con una máscara incorporada para cubrir todo el campo visual.

Las gafas de realidad virtual utilizadas han sido las VUZIX VR920, compuestas por dos pantallas de 640 x 480 píxeles que, en visión binocular, se corresponden a una pantalla de 62 pulgadas a una distancia de 3 metros.

Las gafas incorporan un *head tracker* que dota al sistema de un control de posición de la cabeza, lo que abre la posibilidad al desarrollo de nuevas pruebas tanto en la valoración como en la rehabilitación (Figura 1).

El vídeo desarrollado en esta versión tiene como objetivo proporcionar una alta inestabilidad a nivel de referencias visibles, alterando la capacidad de la componente visual en el mantenimiento del equilibrio. Esto se ha conseguido proyectando un vídeo en el que no aparecen puntos estáticos que puedan servir de referencia visual, acoplando además una continua movilidad de la orientación del campo de visión (Figura 2).

### Descripción del Protocolo de Medida

El protocolo seguido para la realización de las pruebas se fundamentó en el clásico procedimiento de valoración sensorial consistente en las pruebas Romberg, al cual se le incorporaron las dos pruebas que provocan el conflicto visual (RAV y RGV) mediante la proyección de un vídeo con unas gafas de realidad virtual. La duración de las pruebas se prefijó en 30 segundos. Las mediciones se iniciaron manualmente y finalizaron de forma automática.

-- RAV: Romberg ojos abiertos con conflicto visual. El paciente se sitúa sobre la plataforma con los pies descalzos, haciéndolos coincidir con las huellas marcadas en el suelo y con los brazos relajados a lo largo del cuerpo, manteniendo la mirada en un punto fijo y manteniéndose lo más quieto posible. Una vez situado el paciente, se colocan las gafas de realidad virtual que proyectan un vídeo con la finalidad de alterar la información visual.

-- RGV: Romberg sobre colchón de gomaespuma con conflicto visual. En esta prueba se siguen las mismas indicaciones que en la prueba RAV, pero situando al paciente sobre

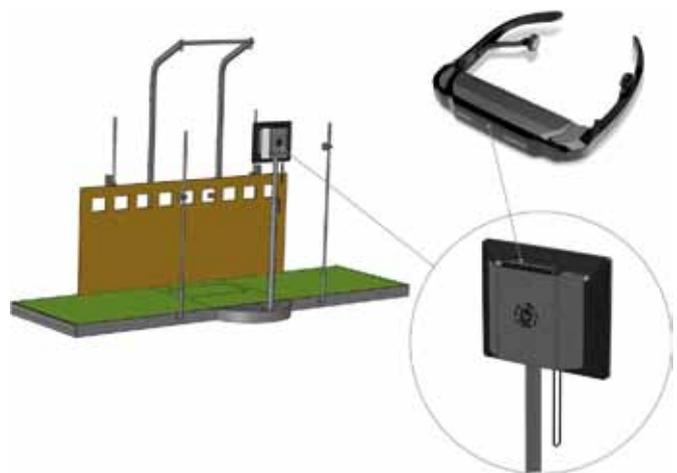


Figura 1. Estructura y gafas utilizadas.

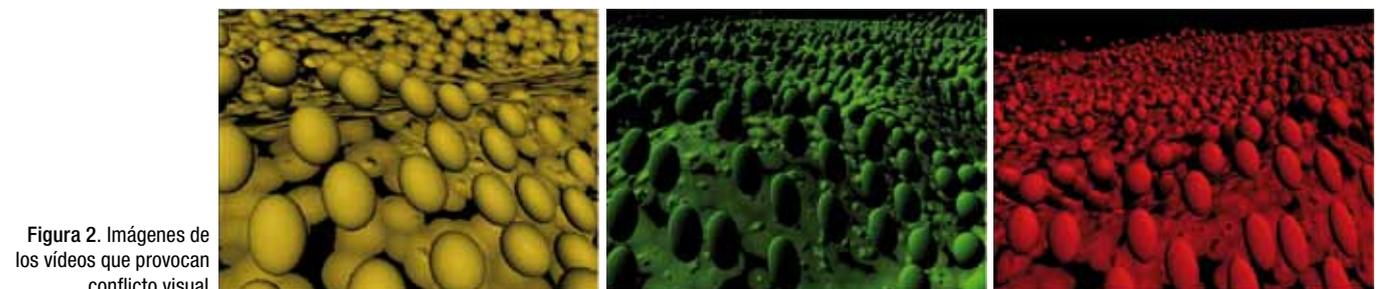
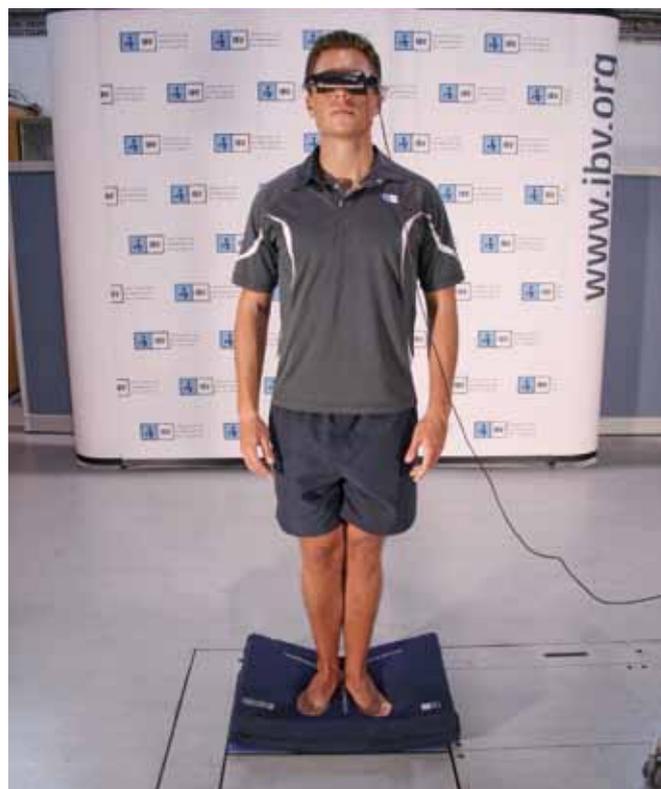


Figura 2. Imágenes de los vídeos que provocan conflicto visual.



(a)



(b)

Figura 3. (a) Prueba ROMBERG con alteración visual. (b) Prueba ROMBERG con gomaespuma y alteración visual.

una gomaespuma de alteración somatosensorial. También se colocan al sujeto unas gafas de realidad virtual para proyectar el vídeo con la finalidad de alterar la información visual, teniendo ya la información propioceptiva alterada por la gomaespuma.

### Variables de Estudio

Las variables que se han utilizado para realizar el estudio han sido: **Desplazamientos máximos en direcciones antero-posterior y medio-lateral**. Estas variables indican el desplazamiento postural en cada uno de los ejes de referencia. Se calculan a partir de la diferencia entre los valores máximos y mínimos en cada una de las direcciones del movimiento.

Estas variables son las más utilizadas por los principales investigadores que estudian el equilibrio humano. El análisis de los **desplazamientos máximos** en cada una de las direcciones de movimiento presenta una serie de ventajas que recomiendan su uso. Entre las principales se encuentra la alta sensibilidad para detectar patrones patológicos, reflejando muy bien todas las perturbaciones del estatocinesiógrama, tanto en la dirección horizontal como vertical.

### RESULTADOS

La tabla 1 muestra los resultados obtenidos a partir de las variables analizadas en cada una de las direcciones, antero-posterior (AP) y medio-lateral (ML), en la prueba RAV.

También están segmentadas por 6 grupos de edad. La tabla 2 muestra la misma información de la prueba RGV. En las tablas se puede observar:

1. Existen diferencias significativas entre los diferentes grupos de edad. Se puede observar tanto en la prueba RAV como RGV que los desplazamientos se incrementan conforme aumenta el grupo de edad.
2. La prueba RGV presenta valores mayores de desplazamiento que la prueba RAV en ambas direcciones de movimiento (AP) y (ML).
3. No existen diferencias en los desplazamientos del CDP entre el grupo de hombres y el grupo de mujeres.

Tabla 1. Desplazamientos máximos mediolaterales y anteroposteriores en la prueba RAV distribuidos por sexo y grupos de edad.

GRUPO DE EDAD	Hombres		Mujeres	
	RAV (AP)	RAV (ML)	RAV (AP)	RAV (ML)
20-29	19.88 (3.92)	20.12 (5.57)	19.37 (3.97)	21.25 (5.24)
30-39	21.74 (5.50)	21.46(6.53)	21.67(6.03)	21.61 (6.75)
40-49	22.01 (4.73)	21.74 (5.79)	22.05 (3.85)	21.49 (5.82)
50-59	21.79 (9.37)	22.80 (9.42)	23.06 (5.80)	22.64 (8.79)
60-69	26.42 (12.38)	25.37 (7.61)	25.38 (12.04)	23.35 (8.12)
70-79	28.75 (11.42)	27.88 (13.17)	27.78 (10.74)	26.98 (7.64)

&gt;

➤ **Tabla 2.** Desplazamientos máximos mediolaterales y anteroposteriores en la prueba RGV distribuidos por sexo y grupos de edad.

GRUPO DE EDAD	Hombres		Mujeres	
	RGV (AP)	RGV (ML)	RGV (AP)	RGV (ML)
20-29	55.84 (9.52)	56.40 (8.67)	56.16 (6.98)	57.22 (15.53)
30-39	54.27 (11.15)	56.07 (10.69)	56.79 (12.39)	59.99 (22.85)
40-49	56.21 (16.77)	52.25 (16.97)	55.55 (12.34)	58.00 (12.48)
50-59	70.10 (14.29)	70.73 (13.22)	63.97 (12.37)	65.86 (11.25)
60-69	80.59 (24.66)	80.91 (23.88)	72.56 (14.08)	68.49 (15.06)
70-79	85.92 (34.09)	87.47 (19.64)	79.84 (24.40)	83.22 (34.41)

## CONCLUSIONES

La versión 5 de la aplicación NedSVE/IBV es un sistema integral para la valoración funcional del equilibrio, basado en la cinética de sus movimientos. La aplicación combina pruebas de posturografía estática con pruebas dinámicas basadas en el análisis de marcha, límites de estabilidad y seguimiento con el CDP de dianas móviles. Las pruebas incluidas en la aplicación son:

- Valoración Sensorial – Dinámica:
    - Prueba de Romberg Ojos Abiertos (ROA)
    - Prueba de Romberg Ojos Cerrados (ROC)
    - Prueba de Romberg con Conflicto Visual (RAV)
    - Prueba de Romberg Ojos Abiertos y Gomaespuma (RGA)
    - Prueba de Romberg Ojos Cerrados y Gomaespuma (RGC)
    - Prueba de Romberg con Conflicto Visual (RAV)
    - Prueba de Marcha Humana (AMH)
  - Valoración del Control y la Habilidad:
    - Cálculo y valoración de los límites de Estabilidad
    - Control Rítmico Direccional Antero-posterior
    - Control Rítmico Direccional Medio-lateral
  - Pruebas definidas por el usuario
  - Módulo de Rehabilitación del equilibrio
- Las pruebas que integran el conflicto visual (RAV y RGV) están segmentadas por edad, por lo que el sistema determina un patrón en función de la edad del paciente.
- Las indicaciones de esta aplicación en el ámbito de la rehabilitación y en el de la valoración del daño corporal son:
- Diagnóstico funcional y evolutivo de trastornos del equilibrio.
  - Valoración de patología otogénica con afectación de cualquier parte del oído (síndrome de Menière, neuritis vestibular) y clínicamente manifiesta con inestabilidad.
  - Valoración de patología neurológica que afecta al SNC (esclerosis múltiple, trastornos craneoencefálicos, etc.).
  - Lesiones cervicales con inestabilidad y mareo.
  - Aplicación de *biofeedback* para reeducación interactiva de equilibrio.
  - Trastornos músculo-esqueléticos cervicales acompañados de síndrome vertiginoso. ●

### AGRADECIMIENTOS

A la Dra. María Elvira Santadreu Jiménez, Jefa del Servicio de Rehabilitación, Hospital Universitario Insular de Gran Canarias.

Al Dr. Jesús J. Benítez del Rosario, Servicio de Otorrinolaringología del Hospital Universitario de Gran Canaria y al Dr. Jesús Benítez Negrín, Profesor asociado de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.