

Pruebas vestibulares y posturografía

J. Rama López, N. Pérez Fernández

Departamento de Otorrinolaringología. Clínica Universitaria. Facultad de Medicina. Universidad de Navarra

Correspondencia:

Dr. J. Rama

Departamento de ORL

Clínica Universitaria de Navarra

Avda. Pío XII, 36

31008 Pamplona

(jrama@unav.es)

Resumen

La exploración del sistema vestibular exige una valoración precisa, sistemática y completa del reflejo vestibulo-oculomotor y de la aportación que el sistema vestibular tiene en el mantenimiento de la postura. Dentro del estudio de los movimientos oculares, las sacadas y el seguimiento ocular lento, representan dos sistemas básicos en los que se fundamenta la respuesta refleja vestibulo-oculomotora de ahí la importancia de su exploración inicial. El nistagmo espontáneo, de posición y agitación cefálica son fundamentales en la diferenciación del síndrome vestibular central y periférico aunque con poco valor localizador. La prueba calórica es fundamental y debería realizarse en todo paciente con mareo, vértigo o inestabilidad. La prueba rotatoria está especialmente indicada en el diagnóstico del síndrome vestibular bilateral y en la valoración del grado de compensación vestibular después de cualquier daño vestibular. La posturografía (estática y dinámica) aporta un conocimiento del grado de estabilidad del paciente y sirve para diferenciar la aportación de cada sistema (visual, vestibular, propioceptivo) en el mantenimiento del equilibrio.

Palabras clave: Videonistagmografía. Electronistagmografía. Prueba calórica. Prueba rotatoria. Posturografía Dinámica.

Video-oculografía y videonistagmografía (VNG)

Introducción

Sistema especial de registro y análisis de la motilidad ocular durante el estudio del sistema vestibular mediante diversos estímulos. Se basa en la detección de la posición ocular por medio de unas cámaras de vídeo situadas en una máscara especial sujeta firmemente a la cabeza del paciente.

Ventajas de la VNG respecto a la electronistagmografía (ENG)

Calibración. En la VNG, la calibración depende del diámetro ocular y de la distancia entre el ojo y la cámara. Estos dos factores no varían a lo largo del tiempo de estudio, lo cual hace innecesario calibrar repetidas veces el equipo. Si la cámara pierde la posición adecuada, como ocurre durante las pruebas posicionales, tan solo es necesario reposicionarla. Por contra, en la ENG, la calibración depende del potencial córneo-retiniano, variable biológica que se modifica de manera espon-

Summary

The exploration of the vestibular system demands a very precise, systematic and complete evaluation of the vestibulo-oculomotor reflex (VOR), and of the influence that the vestibular system has on the maintenance of posture. Within the study of eye movements, the saccades and smooth pursuit, represent two of the basic systems that underlie the VOR, and for this reason it is important that they are initially examined. The incidence of spontaneous nystagmus, either positional or head shaking nystagmus, is fundamental to differentiate between central or peripheral vestibular syndromes although it offers little information regarding localization. The caloric test is fundamental and should be performed in all patients with dizziness, vertigo or instability. The rotatory test is especially pertinent for the diagnosis of bilateral vestibular syndromes, and in the evaluation of the degree of vestibular compensation when vestibular damage has been inflicted. Posturography (static and dynamic) provides information regarding the stability of the patient and serves to differentiate the influence of each system (visual, vestibular, proprioceptive) on the maintenance of equilibrium.

Key words: Videonystagmography. Electronystagmography. Caloric Test. Rotatory Test. Dynamic Posturography.

tánea durante el estudio, siendo preciso calibrar repetidas veces. Debido a las características anatómicas del globo ocular, no hay una dispersión grande de valores de calibración en la población general, que tiene un valor medio de 15.4 pixels/° (12-20). En la ENG, el valor real del potencial córneo-retiniano hace que el valor de calibración varíe entre 4 $\mu\text{V}/^\circ$ y 60 $\mu\text{V}/^\circ$.

Resolución espacio-temporal. La resolución es la más pequeña variación del parámetro en estudio (posición) que es detectada, registrada y analizada. La estrategia de medición y análisis de imagen es característica de cada equipo de VNG y la precisión de análisis es de aproximadamente 0.25°. La ENG registra una diferencia de potencial de 4 a 60 $\mu\text{V}/^\circ$ de tal manera que añadiendo la señal de ruido de fondo hace que la precisión sea de 1°-2°.

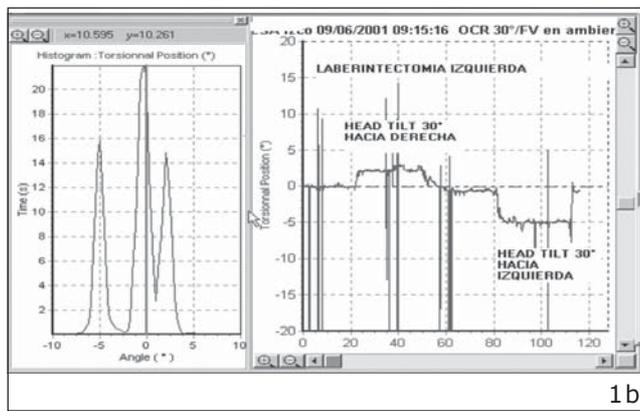
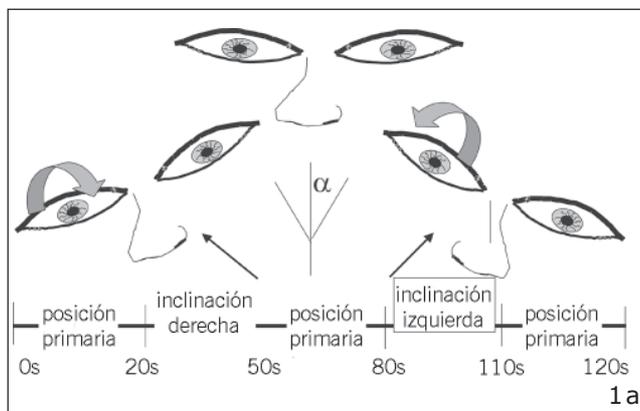
La resolución temporal se refiere a la frecuencia de adquisición de imágenes. Cada equipo posee unas características particulares en cuanto a dicha frecuencia y el intervalo de adquisición. La frecuencia puede extenderse entre 25-800 Hz y el período de adquisición ser de 40 ms.

Ausencia de variación de las coordenadas de mirada central. Esta es una ventaja propia de la VNG en la que pequeños cambios de las coordenadas recogidas durante la calibración inicial se corrigen con la sola reposición rápida de las cámaras. Por contra, en la ENG se produce a lo largo del estudio una deriva de la tensión de polarización de los electrodos, imprevisible, que se manifiesta por un desplazamiento “artefactual” del ojo y una incorrección de medidas.

Medida de la posición absoluta del ojo en la órbita. El procedimiento de análisis ocular y las características de la calibración permiten reconocer con un grado mínimo de distorsión la posición ocular absoluta referida a la órbita. Así pues, la medición de la velocidad de fase lenta del nistagmo se hace en fracciones de grado/segundo y representan la región de la órbita hacia la que bate el nistagmo y permite verificar si se cumple la ley de Alexander.

Valoración de nistagmos verticales. El hecho de lograr una calibración de los movimientos verticales fiable y constante y la mayor capacidad de análisis ocular, permite estudiar el comportamiento del ojo en dicho plano. Por contra, en la ENG la dificultad técnica del registro del nistagmo vertical hace difícil su valoración con las condiciones habituales de trabajo protocolizado de exploración vestibular.

Figura 1. Ángulo de torsión ocular con la inclinación de cabeza 30° hacia derecha o izquierda, en un paciente a quien se ha realizado una laberintectomía izquierda. a: paradigma de estudio. b: Torsión ocular (°)



Estudio de los movimientos oculares torsionales. Nos referimos a los movimientos en el eje anteroposterior que provocan un desplazamiento del globo ocular en sentido horario o antihorario (referencia de dirección desde el punto de vista del explorador). Es un movimiento involuntario con una ganancia (respecto a la inclinación cefálica) inferior a 0,5 y una constante de tiempo muy baja (Figura 1).

Protocolo de exploración

Movimientos sacádicos

El término sacada hace referencia a una gran variedad de movimientos oculares rápidos, caracterizados por una primera parte o “pulso” que mueve el ojo a una posición nueva, seguida de una segunda, denominada “fase” que mantiene el ojo en dicha posición.

Procedimiento de estudio. El sujeto se encuentra cómodamente sentado, en oscuridad total y frente a él se dispone una pantalla en la que se encienden alternativamente una serie de puntos (el desplazamiento entre los puntos extremos es siempre idéntico y alternativo derecha-izquierda y la amplitud es de ±20°) a los cuales debe llevar la vista sin mover la cabeza.

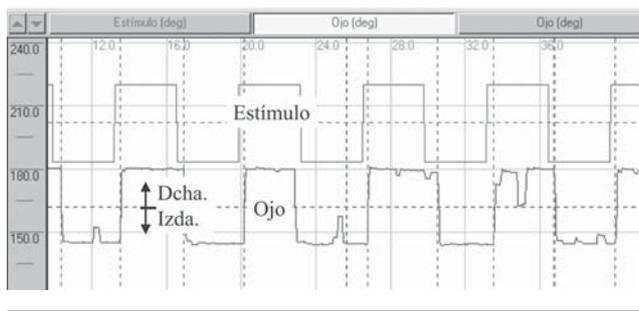
Parámetros. La *latencia* hace referencia al tiempo de reacción, pues mide el tiempo entre el estímulo y la respuesta ocular. La *precisión*, se refiere a la amplitud del movimiento ocular realizado frente al exigido, y la *velocidad*, estudia la velocidad máxima del movimiento. Si este lo relacionamos con la amplitud, obtenemos el valor de *secuencia*, que sigue una relación, en la que la velocidad máxima (700°/s⁻¹ aproximadamente) presenta una clara divergencia de la linealidad de acuerdo a una ecuación exponencial, en la que es fácil predecir la relación amplitud-velocidad media (Figura 2).

Significado clínico de las anomalías: 1. Dismetría ocular: es de origen central, probablemente cerebelar. Se debe descartar la ingesta de medicación depresora central, falta de atención, superposición de un nistagmo, movimiento cefálico e inatención. La dismetría unilateral suele estar originada en una lesión situada en el ángulo ponto-cerebeloso (APC). 2. Enlentecimiento sacádico: también de origen central obliga a descartar la existencia de una oftalmoplejía internuclear. 3. Latencia: está típicamente alterada en sujetos mayores, cuando hay un falta de atención durante el desarrollo de la prueba y tras la ingesta de medicación sedante central. Patológicamente es habitual encontrar un aumento de su valor en la enfermedad de Parkinson y apraxia oculomotora. 4. Hallazgos en la patología vestibular periférica: sólo en caso de lesiones en el APC se encuentra dismetría y aumento de la latencia con velocidad máxima normal.

Seguimiento

Los animales foveados utilizan el sistema de seguimiento con el objeto de mantener la vista en los objetos que se mueven lentamente en el campo visual. Constituye un reflejo cuyo estímulo es el movimiento de la imagen sobre la superficie de la retina y permite una visión correcta del mismo siempre que el desplazamiento en esta sea inferior a 2°/s⁻¹.

Procedimiento. Al igual que en la prueba anterior, el sujeto debe encontrarse cómodamente sentado con la cabeza fija y en un ambiente de total oscuridad, en el cual le pedimos que siga con la vista un punto que se desplaza frente a él y que describe un movimiento sinusoidal con una frecuencia de 0.4 Hz y velocidad máxima de desplazamiento de 40°/s⁻¹.

Figura 2. Registro del movimiento sacádico. Resultado normal**Figura 3.** Registro del seguimiento. Seguimiento sacádico

Parámetros de estudio. Desde el punto de vista cualitativo valoramos el aspecto de la sinusoide que genera el paciente, que no debe poseer elementos superpuestos, siendo lo más parecida posible a la representación gráfica del estímulo (Figura 3).

Significado clínico de las anomalías. Las alteraciones del sistema de seguimiento, en cualquiera de sus formas, indican la existencia de una alteración en el sistema nervioso central, localizada a nivel cerebeloso y de tronco encefálico. Es necesario descartar que el paciente haya ingerido medicación sedante o antiépiléptica, la existencia de un nistagmo congénito o evocado por la mirada superpuesto y comprobar que se da una correcta cooperación por parte del paciente en el desarrollo de la prueba.

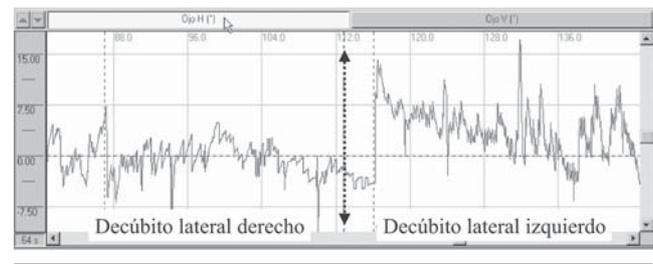
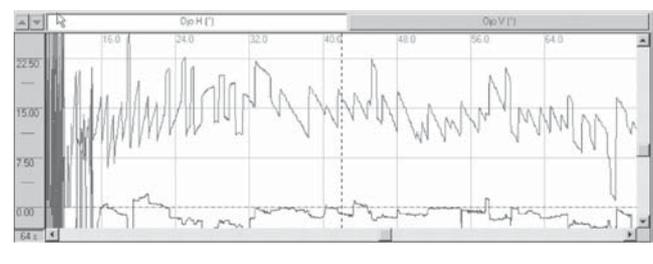
Nistagmo de posición

Medimos el efecto que la acción de la gravedad tiene en los receptores vestibulares en diversas posiciones que adopta el paciente.

Procedimiento. Las posiciones estudiadas son las siguientes: 1. decúbito supino con el cuerpo horizontal a la misma altura que la cabeza, 2. decúbito lateral derecho e 3. izquierdo y 4. la hiperextensión cefálica. Al inicio del estudio vestibular se valora el efecto de la 5. postura erecta, al registrar la actividad ocular espontánea con el paciente sentado.

Parámetros de estudio. En cada posición debemos determinar la existencia o no de nistagmo, su intensidad medida como valor de fase lenta media y dirección, así como modificaciones en una prueba o entre varias y la aparición de un componente vertical en la respuesta.

Valores normales. El valor de velocidad de fase lenta por debajo del cual cualquier nistagmo de posición o espontáneo es normal, es 3° s^{-1} .

Figura 4. Nistagmo de posición de dirección cambiante ageotrópico: izquierdo en el decúbito lateral derecho y derecho en el decúbito lateral izquierdo**Figura 5.** Nistagmo de agitación cefálica bifásico

Significado clínico de las anomalías

Nistagmo de posición no anulado por la fijación visual. La respuesta nistálgica es lo suficientemente intensa o su origen es tal, que la fijación visual no reduce su intensidad. El de dirección fija puede ser de origen periférico, mientras que el de dirección cambiante siempre tiene su origen en alguna lesión en el SNC.

Nistagmo de posición de dirección cambiante (Figura 4). La forma geotrópica, cuando bate hacia el suelo, esto es nistagmo derecho en lateral derecho e izquierdo en lateral izquierdo, indica la existencia de una lesión del tipo canalitiasis del canal semicircular horizontal. La forma ageotrópica (nistagmo izquierdo en lateral derecho y derecho en el lateral izquierdo) podría estar en relación con una cupulolitiasis en el canal semicircular horizontal si bien esto debe confirmarse cuando este nistagmo persiste a lo largo de diversas maniobras de provocación del nistagmo de posición. Ambas formas se asocian con la existencia de un vértigo posicional en el decúbito con los giros cervicales.

Nistagmo de posición de dirección fija. No tiene valor localizador aunque prácticamente siempre es periférico y puede ser una forma evolutiva de un nistagmo espontáneo.

Nistagmo de posición cambiante en una posición. Siempre es de origen central.

Nistagmo de agitación cefálica

Esta prueba posee una sensibilidad del 27% y una especificidad del 85%, con un número de falsos positivos del 15% y de falsos negativos del 73%, lo cual sugiere que tiene poco valor predictivo para las enfermedades del sistema vestibular respecto a la prueba calórica o rotatoria.

Procedimiento. El paciente se encuentra cómodamente sentado con la cabeza libre, evitando posturas forzadas y se le

pide que realice un movimiento hacia ambos lados rápida y vigorosamente con los ojos cerrados deteniendo bruscamente a los 15 s, al cabo de los cuales ha podido realizar 25-30 ciclos. En el momento de detenerse, con los ojos abiertos mantiene la vista tras las gafas de Frenzel. El registro de ENG en dos canales se mantiene unos 20 s una vez que cesa el movimiento.

Parámetros de estudio. En ambos canales buscamos la existencia de una respuesta nistágmica anotando la dirección y en concreto si es en una sola (monofásico) o en dos (bifásico), valorando en este último caso la magnitud (Velocidad de Fase Lenta máxima) en ambas direcciones y el tiempo que tarda en aparecer la segunda fase. En el caso de un nistagmo monofásico se denomina parético si la dirección es hacia el lado sano mientras que se define como inverso cuando bate hacia el lado de la paresia canalicular. En las formas mono y bifásicas se busca la existencia de acoplamiento con el canal vertical, esto es, que el nistagmo tenga un componente vertical añadido al horizontal o si predomina aquél.

Valores normales. En sujetos normales sin antecedentes de patología vestibular no se detecta la existencia de este tipo de nistagmo, aunque en un estudio más amplio, con 73 sujetos sin antecedentes de patología auditiva o vestibular, la respuesta es positiva en 7, ninguno de los cuales presentaba nistagmo espontáneo.

Resultados patológicos. Dado que puede encontrarse en el caso de patologías centrales o periféricas, hablamos de un patrón periférico y de otro central, que detallamos a continuación, siendo necesario recalcar que no son divisiones tajantes, ya que habitualmente existen formas mixtas.

A. Patrón periférico. Habitualmente bifásico. Parético en la primera fase en la que puede llegar a tener una intensidad de 20°s^{-1} , con un tiempo de inversión de 20-30 segundos y con una segunda fase de muy baja intensidad y prolongada, que es más común en los casos de enfermedad de Menière o de otitis media crónica. No hay acoplamiento vertical (Figura 5). En estos pacientes al realizar la maniobra en el plano vertical puede encontrarse un nistagmo horizontal irritativo.

B. Patrón central. El nistagmo no necesita de una maniobra vigorosa o prolongada para su aparición y habitualmente es bifásico, con ambas fases de idéntica magnitud y acoplamiento vertical significativo.

Prueba calórica

El tipo de estimulación calórica utilizada se basa en la metodología descrita por Fitzgerald y Hallpike en 1942 y no cabe duda que es el procedimiento más largo y difícil del estudio vestibular si bien, es el que más información aporta respecto a la localización de la lesión. Su objetivo es la estimulación de los canales semicirculares de cada lado a diferentes temperaturas, lo cual genera una respuesta nistágmica en direcciones contrarias que nos van a permitir determinar la actividad refleja desde cada oído así como su integración en el SNC. Nosotros nos referiremos a la prueba calórica unilateral, alternativa, con agua, si bien hemos de mencionar la existencia de otras técnicas fundamentadas en la utilización de aire, irrigación simultánea de ambos oídos, temperaturas extremas de estimulación, etc. Todas estas se consideran válidas, no obstante la información que aportan es diferente, lo cual debe ser tenido en cuenta a la hora de comparar resultados.

Procedimiento. El paciente se encuentra en decúbito supino con la cabeza elevada sobre la horizontal formando un ángulo de 30° . A continuación se procede a irrigar uno de los oídos con agua a 30°C y luego el otro a idéntica temperatura para posteriormente pasar al primer oído con agua a 44°C terminando con el contrario a dicha temperatura. En cada estimulación se utilizan 175 ml de agua y el tiempo de irrigación es de 20 s dejando entre cada una de ellas un mínimo de 5 minutos. Se mantiene el registro durante 160-300 s que se inician en el momento de comenzar la estimulación calórica y el paciente debe estar realizando alguna actividad mental que permita evitar el fenómeno de supresión central de la respuesta, recomendando una sustracción matemática no compleja o una conversación con la persona que está llevando a cabo la prueba. Es preciso ser insistentes con el paciente en cuanto a la posición ocular óptima para el análisis y el que permanezca con los ojos abiertos.

Parámetros de estudio. La velocidad de fase lenta es la más fiel exponente de la actividad de RVO. Por medio de ella definimos los valores relativos de la paresia canalicular, la preponderancia direccional y la reflectividad vestibular. Pero la respuesta calórica posee un ritmo que se define por la frecuencia, cuya génesis es central y modula la respuesta periférica. Consideramos de gran utilidad llevar a cabo un análisis preciso de la frecuencia de la respuesta calórica en cada irrigación simultáneo al de la Velocidad de la Fase Lenta (VFL). Esto nos da una medida del nivel de vigilancia del paciente y permite precisar las respuestas moduladas por una desinhibición central que se manifiestan por una hiperreflexia. Ésta es más correctamente definida por un aumento de la frecuencia de la respuesta que por un aumento de la VFL. La *paresia canalicular*, o valor en que difiere la respuesta tras la estimulación en cada oído, se obtiene por medio de la fórmula de Jongkees. La *preponderancia direccional* es un modo particular de cuantificar el predominio de la respuesta ocular en uno u otro sentido. Este es un parámetro difícil de entender clásicamente si utilizamos valores relativos en porcentajes. La preponderancia absoluta (en %) es más lógica, pues si consideramos que la preponderancia genera una predominancia de respuesta y la respuesta es en %, lo normal es que este valor se dé así. Por otro lado, la utilización de valores absolutos elimina el efecto del factor térmico habitualmente observado en las irrigaciones calóricas. La *reflectividad* hace referencia a la respuesta obtenida con la estimulación de ambos oídos. Depende característicamente de los parámetros de irrigación (volumen, flujo y temperatura), lo cual hace que este valor sea tan solo útil para definir las respuestas hipométricas bilaterales y alerta acerca de la necesidad de utilizar agua helada para estimular el RVO.

Respuesta y valores normales.

Reflectividad absoluta: $8-80^{\circ}/\text{s}$ ó $0.5-2$ sacadas/s. Paresia canalicular $\leq 22\%$. Preponderancia direccional $\leq 28\%$ o 2°s^{-1} .

Significado clínico de las anomalías

Los hallazgos patológicos en la prueba calórica más frecuentemente encontrados, se van a referir a continuación. En muchas ocasiones pueden encontrarse combinaciones de ellos, de tal manera que pueden crearse categorías de respuesta, que reflejan la localización de la lesión así como el estadio evolutivo en el que se encuentran.

A. Paresia canalicular. Probablemente uno de los signos más reconocidos y buscados que se define cuando la

- diferencia de respuesta entre ambos oídos con las dos estimulaciones (fría y caliente) es superior al 22%. Definimos el lado hiporrefléxico con el valor de diferencia relativa en porcentaje encontrado. Indica la existencia de una alteración periférica (nervio o laberinto) y la localiza en el lado hiporrefléxico (Figura 6).
- B. Arreflexia vestibular es el término utilizado en el caso de una paresia canalicular del 100% en la que, al estimular el oído con agua helada no hay respuesta nistágmica. Indica una lesión destructiva completa.
- C. Preponderancia direccional. Hace referencia a la mayor intensidad de respuesta en una dirección y la definimos en función de la del nistagmo dominante, siempre que su valor supere los 2 %. Desde el punto de vista de su fisiopatología podemos considerar dos posibilidades en cuanto a la existencia de un nistagmo espontáneo o no. En el primer caso la preponderancia direccional es representación del sesgo que en la estimulación calórica provoca la existencia de una dirección de respuesta favorecida. En la segunda eventualidad (ausencia de nistagmo espontáneo) debemos descartar que sea debido a un error técnico o por mala colaboración del paciente (bajo nivel de alerta en ciertas estimulaciones). Puede ser secundaria a una lesión periférica (nervio o laberinto) o central y no tiene valor localizador
- D. Paresia canalicular bilateral. Se define como aquella prueba calórica en la que la reflectividad es inferior a 8 %. Indica la existencia de una lesión periférica (nervio o laberinto) bilateral, una vez que se descarte la ingesta de medicación depresora central, falta de atención, defectuosa estimulación y siempre que el estudio oculomotor (sacadas, seguimiento, optokinético y nistagmo evocado por la mirada) sea normal. Obligatoriamente se debe confirmar este diagnóstico con un estudio rotatorio para precisar la coincidencia en el hallazgo y la situación de compensación vestibular.
- E. Supresión visual anómala del nistagmo calórico. En todo sujeto normal y en todos aquellos con patología vestibular periférica y en algunos con lesión central, el nistagmo

calórico es suprimido e incluso desaparece con la fijación visual. La ausencia de esta supresión es un signo importante de disfunción en el circuito de interacción visuo-vestibular y por tanto, debe ser explorado dicho fenómeno, en todos los pacientes, en al menos dos pruebas (diferente oído, diferente dirección del nistagmo) pero preferentemente en todas y en el mismo momento, en o antes de la culminación de la respuesta. Es de origen central (cerebelo) debiendo descartarse la ingesta de medicación con efecto depresor central o una función visual defectuosa.

- F. Inversión y perversión del nistagmo calórico. La primera se define cuando el nistagmo posee una dirección opuesta a la esperada y, la segunda, cuando domina el componente vertical en el reflejo.

Pruebas rotatorias

La estimulación rotatoria posee una serie de ventajas que la hacen el complemento ideal de todo estudio vestibular clínico y calórico. El estímulo es el natural del sistema vestibular y menos molesto. Es controlado, de tal manera que el efecto sobre el laberinto siempre es el mismo eliminando los artefactos mecánicos asociados con la introducción del estímulo calórico: tamaño del CAE, grosor del tímpano, neummatización mastoidea, transmisión de la onda térmica generada, pérdida de temperatura en el flujo del agua..

De acuerdo al tipo de estímulo y su presentación temporal distinguimos la prueba rotatoria sinusoidal de aceleración armónica y la prueba rotatoria impulsiva.

Prueba rotatoria impulsiva

Procedimiento. El paciente es bruscamente acelerado o decelerado a, o de 100°s^{-1} en 1 segundo. En el caso de la aceleración al llegar a la velocidad deseada se mantiene constante durante 60 segundos. Pasado este tiempo se frena, en un segundo, y se mantiene así durante otros 60 segundos. Esta secuencia se repite tres o cuatro veces, y en ocasiones el estí-

Figura 6. Resultado de la prueba calórica: paresia canalicular derecha (68%), preponderancia direccional normal

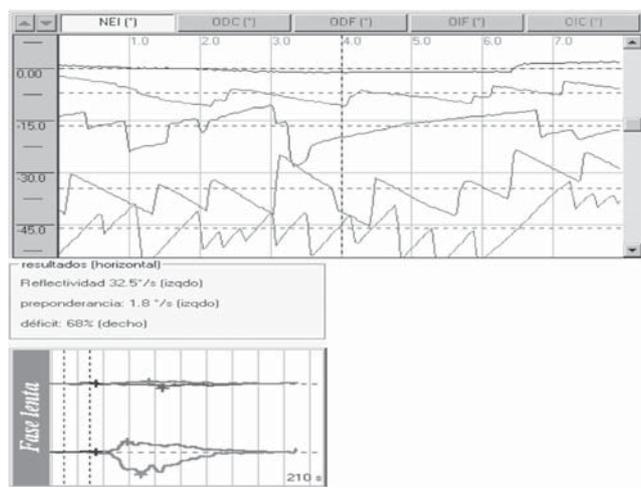
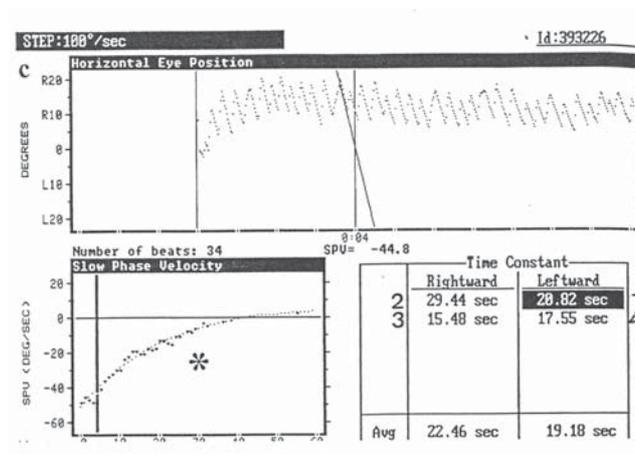


Figura 7. Prueba rotatoria impulsiva. Nistagmo provocado por el giro brusco hacia la derecha manteniendo constante la velocidad de rotación



mulo será hacia la derecha y en otras hacia la izquierda. Es muy importante en esta prueba mantener el grado de alerta del paciente sobre todo en el momento de la aceleración o deceleración. Como en todas las pruebas rotatorias que vamos a presentar, resulta extremadamente importante el hecho de trabajar en ausencia de fijación visual y que el paciente flexione la cabeza para que el plano de los canales semicirculares horizontales se disponga ortogonal al eje del estímulo.

Parámetros de estudio. Valores normales. La repuesta al estímulo impulsivo es un nistagmo cuya velocidad de fase lenta declina con el tiempo en el que mantenemos constante la velocidad del estímulo rotatorio. Este fenómeno lo podemos describir por una "constante de tiempo" o el tiempo, en segundos, en que la respuesta se reduce a un 37% de su valor inicial (Figura 7). El valor normal de la constante de tiempo en nuestro laboratorio es de $15,3 \pm 3,3$ para la velocidad de 100°s^{-1} .

Aceleración sinusoidal armónica

Procedimiento. El paciente es sometido a un estímulo complejo y variado. Este es una oscilación sinusoidal en el eje vertical utilizando las siguientes frecuencias armónicas: 0.01, 0.02, 0.04, 0.08, 0.16, 0.32, 0.64 Hz. En cada una de ellas la velocidad máxima obtenida es de 50°s^{-1} y el ciclo de estimulación se repite varias veces. Con el objeto de lograr una estimulación correcta el paciente se encuentra en ambiente oscuro con la cabeza flexionada aproximadamente 30° para que los canales semicirculares estén en un plano correcto. Es necesario mantener el nivel de alerta constantemente.

Parámetros de estudio. Valores normales. El valor de la velocidad de fase lenta se convierte matemáticamente en una curva representativa y se compara con la del estímulo. Esto nos permite analizar tres elementos de la respuesta: 1. Fase. Es una relación temporal entre la velocidad del estímulo y la del ojo. Como el ojo responde al movimiento con una respuesta contraria o desfasada 180° para ser perfectamente compensadora. Si desplazamos la referencia de las curvas estímulo-respuesta esa magnitud, hablamos entonces de una compensación ocular perfecta desfasada 0 grados. Los valores de esta respuesta dependen de la frecuencia del estímulo. 2. Ganancia. Es la relación entre la velocidad máxima de la silla (50°s^{-1}) y la VFL máxima de los nistagmo generados. Si el sistema vestibular

funciona adecuadamente este valor es 1 y el reflejo es correcto. 3. Asimetría. Diferencia entre el valor de la velocidad de fase lenta del nistagmo más intenso hacia la derecha e izquierda. Mide la tendencia a tener movimientos rápidos compensadores en una u otra dirección (Figura 8).

Supresión visual del nistagmo per-rotatorio

Procedimiento. El paciente es sometido a un estímulo idéntico al anterior completo en todas las frecuencias pero en este caso le pedimos que mantenga la vista fija en un punto que se desplaza con él. Esto hace que en condiciones normales no se registre respuesta nistágmica alguna.

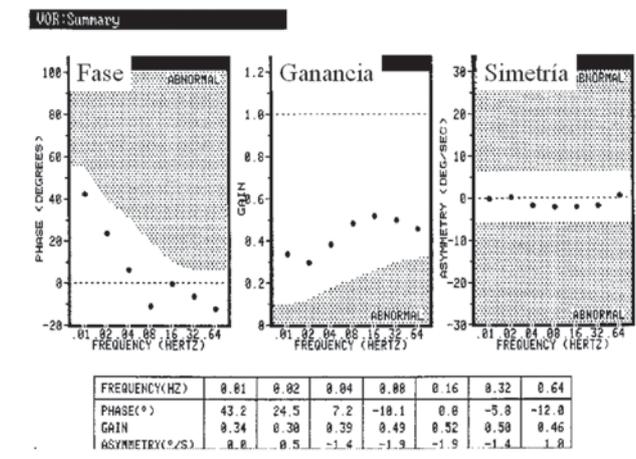
Interacción visual con el nistagmo per-rotatorio (interacción visuo-vestibular)

Procedimiento. Al estímulo rotatorio en esta prueba le añadimos un estímulo visual. Este es la iluminación optocinética quieta en la que el paciente se tiene que fijar generando por tanto un estímulo propiamente optocinético que se suma al vestibular logrando una eficiencia máxima del reflejo vestibulo-oculomotor.

La importancia de la interacción visuo-vestibular la podemos comprender cuando analizamos el hecho de una ganancia inferior a la unidad en un sujeto normal deambulando libremente. Si dicha ganancia (VOR) fuese de 0.9, al moverse y alcanzar una velocidad de 90°s^{-1} se produciría un error retinal de aproximadamente 8.1°s^{-1} lo cual reduciría la agudeza visual durante dicha movilización. Con el objeto de resolver este problema ciertos mecanismos visuales y no-visuales se ponen en marcha para modificar el valor de la ganancia llevándolo al valor perfecto de 1. Los mecanismos visuales se añaden y suman de forma lineal al valor del RVO de tal manera que cuando el estímulo es sinérgico los valores de la ganancia se comportan de acuerdo a la siguiente fórmula: $VVOR = VOR + OKN (1 - VOR)$. Cuando el estímulo es antagónico el comportamiento será: $VVOR = VOR (1 - OKN)$.

Además de esta valoración de respuestas en cada prueba debemos considerar el conjunto de resultados como formando parte de un estudio completo protocolizado en el que cada alteración o conjunto de alteraciones nos orientan a un problema localizando el lugar de la lesión como posteriormente veremos.

Figura 8. Prueba rotatoria sinusoidal. Resultado normal



Posturografía

El control postural es un aspecto básico para comprender la capacidad del organismo para desarrollar todas sus actividades. Tiene como fin mantener el cuerpo en equilibrio, bien en situación de reposo (equilibrio estático), bien en movimiento o sometido a diversos estímulos (equilibrio dinámico). Cumple dos objetivos fundamentales:

1. Estabilidad. Es decir, la capacidad de mantener las proyecciones del centro de masas dentro de su base de soporte. Se definen así los límites de estabilidad.
2. Orientación. Capacidad para mantener una relación adecuada entre las diferentes partes del organismo, y entre éstas y el ambiente que rodea al sujeto.

Estos objetivos se logran a través de la integración, a nivel del sistema nervioso central, de la información obtenida por los

3 sistemas principales encargados del equilibrio: sistema vestibular, visual y, somato-sensorial.

En la práctica clínica todos estos puntos de estudio del control postural se analizan con la utilización de la posturografía.

Posturografía estática

Constituido por un software encargado de recoger la información producida por una plataforma estabilométrica, que a través de 3 sensores para la medida de presión nos informa de las diferentes posiciones del centro de presiones (fiel reflejo del centro de gravedad) del paciente durante la exploración.

A través de estos datos se obtiene diversa información, en forma de los siguientes parámetros básicos (Figura 9):

- Estatoquinesigrama: Representación gráfica de sucesivas posiciones del centro de presión grabadas con la plataforma
- Longitud del estatoquinesigrama: Representa el trayecto recorrido por el centro de presión durante la prueba.
- Área del estatoquinesigrama: Se obtiene calculando el área de confianza de la elipse que contiene el 90% de los puntos obtenidos durante la exploración, quedando excluidos el 10% de los puntos.

La exploración se realiza en ortostatismo, en reposo, sobre la plataforma en diferentes condiciones de estimulación sensorial, debiendo éstas ser introducidas desde el exterior durante el estudio para así obtener información de la influencia de los 3 sistemas implicados. Así el estudio se complementa realizándolo bajo 3 diferentes condiciones de estímulo visual (ojos abiertos, ojos cerrados y estímulo optokinético) sobre 2 diferentes superficies (superficie fija y superficie gomaespuma).

Posturografía dinámica computerizada

El sistema está conformado por un soporte informático, una plataforma móvil y un entorno visual, referenciados ambos al movimiento que experimenta el propio paciente durante la exploración, y un entorno visual.

Este sistema se basa en la detección del desplazamiento del centro de presión corporal, similar al centro de gravedad, en diferentes situaciones de conflicto sensorial (visual-somatosensorial) o estimulación vestibular. A partir de dicho dato se obtiene el ángulo de balanceo, para lo cual es preciso considerar que, en cuanto al equilibrio, el ser humano sigue un comportamiento funcional similar al de un péndulo invertido cuyo vértice está en el tobillo.

La prueba más extendida es la prueba de organización sensorial (SOT) en la que se puede determinar la aportación individual y combinada que cada sistema sensorial tiene en el mantenimiento del equilibrio (Figura 10).

Así la prueba se realiza bajo 6 condiciones diferentes de estimulación:

1. ojos abiertos, entorno visual fijo y plataforma fija.
2. ojos cerrados y plataforma fija.
3. ojos abiertos, entorno visual móvil y plataforma fija.
4. ojos abiertos, entorno visual fijo y plataforma móvil.
5. ojos cerrados y plataforma móvil.
6. ojos abiertos, entorno visual móvil y plataforma móvil.

De esta manera se obtienen una serie de parámetros referenciados a una población normal, pudiéndose así extrapolar 4 patrones básicos:

Figura 9. Estatoquinesigrama en ortostatismo, ojos abiertos, sobre superficie fija

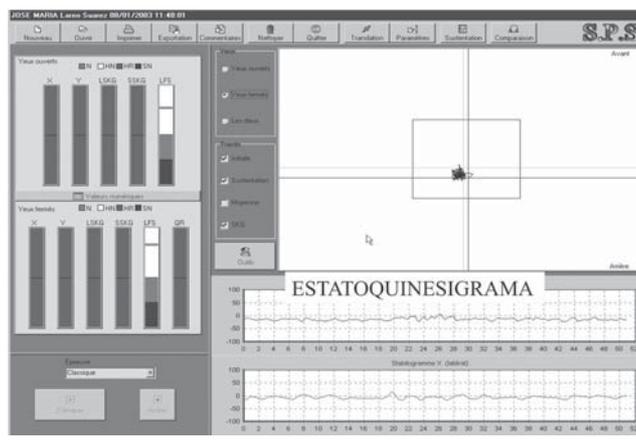
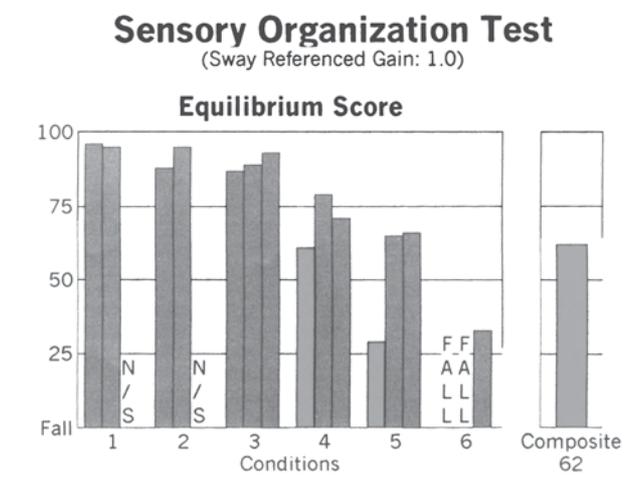


Figura 10. Prueba de organización sensorial en la Posturografía dinámica. Resultado patológico



- Patrón vestibular
- Patrón visual
- Patrón somatosensorial
- Patrón afisiológico

Son estos 2 sistemas de estudio del control postural una herramienta útil en el enfoque diagnóstico-terapéutico de los pacientes con trastornos del equilibrio; aportándonos información útil acerca del estado funcional y de la evolución de numerosos cuadros clínicos, y pudiendo iniciar a través de ellos una terapéutica rehabilitadora en determinados pacientes con patologías descompensadas.

Bibliografía

- Bahill AT, Troost BT. Types of saccadic eye movements. *Neurology* 1979;29(8):1150-2.
- Baloh R, Honrubia V, Konrad HR. Ewald's second law re-evaluated. *Acta Otolaryngol (Stockh)* 1977;83(5-6):475-9.

- Barber HO, Leigh RJ. Benign, and not so benign, postural vertigo: Diagnosis and treatment. En: Barber HO, Sharpe J (eds) *Vestibular Disorders*. Chicago: Year Book Publishers, 1988;215-32.
- Barber HO, Stockwell C (eds.). *Manual of electronystagmography*. St. Luis: CV Mosby, 1980.
- Barber HO, Wright G. Positional nystagmus in normals. *Adv Otorhinolaryngol* 1973;19:276-83.
- Bartual J, Oliva M. Registro de los movimientos oculares. En: Bartual J, Pérez N (eds). *El Sistema Vestibular y sus alteraciones*. Tomo 1. Barcelona: Masson, 2001;181-94.
- Brandt T. Positional and positioning vertigo and nystagmus. *J Neurol Sci* 1990;95:3-28.
- Coats AC. Computer-quantified positional nystagmus in normals. *Am J Otolaryngol* 1993;14(5):314-26.
- Corvera J (ed.) *Neurología clínica*. México: Salvat Mexicana, 1978.
- Darlot C, Denise P, Dronlez J, Cohen B, Berthoz A. Eye movements induced by off-vertical axis rotation (OAVR) at small angles of tilt. *Exp Brain Res* 1988;73:91-105.
- Fetter M, Zee D. Recovery from unilateral labyrinthectomy in rhesus monkey. *J Neurophysiol* 1988 Feb;59(2):370-93
- Fletcher WA. Nystagmus: an overview. En: Sharpe JA, Barber HO (eds.) *The Vestibulo-Ocular Reflex and Vertigo*. New York: Raven Press, 1993;195-215.
- Furman JMR. Off-vertical axis rotational testing. En: Sharpe JA, Barber HO (eds.). *The vestibulo-ocular reflex and vertigo*. New York: Raven Press, 1993;79-88.
- Hain T, Spindler J. En: Sharpe JA, Barber HO, eds. *The Vestibulo-ocular reflex and vertigo*. New York: Raven Press, 1993;217-28.
- Hain TC, Fetter M, Zee DS. Head-shaking nystagmus in patients with unilateral peripheral vestibular lesions. *Am J Otolaryngol* 1987; 8(1):36-47.
- Pérez N, Fernández S, Manrique M, García-Tapia R. Supresión vestibular. *Rev Esp Fisiol* 1989;suppl 45:171-6.
- Sills AW, Baloh RW, Honrubia V. Caloric testing 2. results in normal subjects. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1977;86(5 Pt 3 Suppl 43): 7-23.
- Pérez N, Martín E, Romero MD, García-Tapia R. Influence of canal paresis and compensation on gain and time constant of nystagmus slow-phase velocity to yaw-axis rotation. *Acta Otolaryngol (Stockh)* 2001;121:715-23.
- Pérez N, Martín E, García-Tapia R. Dizziness: relating the severity of vertigo to the degree of handicap by measuring vestibular impairment. *Otolaryngol Head Neck Surg* 2003;128:372-81.
- Bartual J. Pruebas calóricas. En: Bartual J, Pérez N (eds). *El Sistema Vestibular y sus alteraciones*. Tomo 1. Barcelona: Masson, 2001; 221-39.