

Monografía breve

Vídeo-Oculografía. Exploración y registro de la motilidad ocular

José Perea

Jefe de Servicio de Oftalmología del Hospital Provincial de Toledo

Rindo homenaje a cuatro maestros a quienes debo mis mejores sentimientos por esta hermosa parcela de la Oftalmología

Arthur Jampolsky

El hombre al que siempre me he querido parecer. Cuando se conjugan bondad, generosidad, grandeza de espíritu y sabiduría, más caudal no cabe. El ilustre Profesor de San Francisco, todo-terreno en esta especialidad, es, sin duda, el personaje más importante que ha dado la estrabología a lo largo de todos los tiempos.



Maurice Quére

Su magisterio fue esencial para comprender la motilidad ocular. Pero la de «verdad» y no la que habitualmente leemos en los encorsetados libros y manuales sobre estrabismo. Profundizar en las investigaciones del Profesor de Nantes es darse cuenta de que la exploración y la consecuente terapia del síndrome estrábico, tal y como se está haciendo en la actualidad, es anticuada, absurda y absolutamente obsoleta.

Fernando Gómez de Liaño

Mi primer maestro y mejor amigo. Me regaló los cimientos sobre los que se asentó mi formación oftalmológica. No obstante, el mayor reconocimiento hacia su persona es por sus enseñanzas sobre el concepto de la ética, modo de comportamiento, seriedad en el trabajo, y estilo de vida.

Bruno Bagolini

Nadie ha entendido la binocularidad como el extraordinario Profesor de Módena. Comprender la visión binocular es difícil sin tener conocimiento de la cartera científica de este gran maestro. Tuve privilegio y suerte de conocerle y estudiar su legado muy temprano.

Introducción

La exploración del equilibrio oculomotor, ya sea en su faceta motora como en la sensorial, es práctica sencilla en pacientes normales y colaboradores. Sin embargo, en adultos no cooperantes o en niños muy pequeños el estudio cualitativo y cuantitativo del desequilibrio es más laborioso, y a veces imposible, en base a que el componente motor y el sensorial están profundamente intrincados, ignorándose el sistema que une ambos.

Cuando el equilibrio del binóculo se perturba, determinar y marcar la diferencia entre lo que compete a la parte enferma estrictamente motora y lo vinculado a la sensorialidad es interrogante al que la neurofisiología aun no ha dado solución. Si tras un estímulo y en la armonía de la actividad binocular, que partiendo de los receptores retinianos y pasando por el generador central vuelve a los efectores tónico-fásicos, al romperse un eslabón de esa cadena será patente la patología, que recaerá sobre múltiples parámetros (motor, sensorial, acomodativo, postural, elementos viscoelásticos etc.), cuya influencia es decisiva en los resultados de la pobre, elemental y empírica terapéutica que hasta ahora se ha venido aplicando en el síndrome de estrabismo.

No obstante, bajo el aspecto puramente práctico, diferenciamos las pruebas que el médico objetiva (*estudio motor*) y las que son sentimiento del enfermo (*estudio sensorial*).

Desde el punto de vista general, en la exploración ordenada del desequilibrio oculomotor es preciso conocer los siguientes datos:

a) ¿Hay pseudostrabismo, microstrabismo, o estrabismo?

b) Ante el *síndrome estrábico* ya diagnosticado, la exploración ha de ser conducida de diferente modo según se trate de heteroforia, heterotropía, parálisis, o síndrome restrictivo. El comportamiento de trabajo, obviamente, ha de ser distinto:

En los consultorios médicos, las pruebas habitualmente utilizadas en la exploración oculomotora (ver mi libro «Estrabismos», 2008) son las siguientes:

1. Heteroforias

– Cover-test y examen con el cristal de Maddox y prismas (Maddox, 1890).

– Examen de las vergencias prismáticas con la barra de prismas de Berens, o el prisma rotatorio (Risley, 1889).

2. Estrabismos

– Test de Hirschberg (1874).

– Test de Krimsky (1943).

– Cover-test (unilateral y alternado), sin y con lentes prismáticas para cuantificar el ángulo de desviación (Krimsky, 1948).

– Sinoptómetro (Cüppers, 1970).

– Estudio de ducciones con foco puntual de luz o test morfológico (Förster, 1862; Helmholtz, 1867; von Graefe, 1870; Landolt, 1916).

– Estudio de versiones con foco puntual o test morfológico y valoración a «ojo desnudo» de la dinámica ocular e incomitancias de versión y alfabéticas.

– Estudio de los desequilibrios verticales en posiciones diagnósticas secundarias y terciarias, cuantificándolos en cruces (+, ++, +++).

– Determinación del punto próximo de convergencia (PPC) mediante vergencias guiadas (Worth, 1905).

– Test de las 4 dioptrías de Irvine-Jampolsky (1944), comprobando el micromovimiento a «ojo desnudo», o ayudándose de algún procedimiento de magnificación.

3. Parálisis oculomotoras y síndromes restrictivos

– Estudio cualitativo de la diplopía con cristal rojo (Principio de Desmarres, 1854), y cuantitativo mediante el test de Hess (1909) - Lancaster (1939).

– Exploración de la torsión: bien mediante estudio subjetivo con la varilla roja de Maddox, u objetivo.

– Tests de ducciones forzadas (Wolf, 1900 y Scott, 1971).

¡Y poco más !

Maurice Alain Quéré en el Coloquio de Nantes celebrado en septiembre de 1989, sobre «Los movimientos oculares en práctica corriente» decía: «... *En este último decenio, mientras que en todos los dominios de la Oftalmología se ha asistido a un desarrollo considerable de las exploraciones funcionales, bajo este aspecto la oculomotricidad ha sido la única que no ha conocido progreso real alguno*».

Pues bien, han pasado 20 años desde que mi admirado Profesor de Nantes afirmara esto y seguimos en la misma situación: mientras todas las sub-especialidades oftalmológicas han seguido creciendo «*escandalosamente*», la estrabología sigue prácticamente en el mismo nivel tecnológico que se encontraba en dicha reunión francesa.

Cuando el oculista tiene seguridad de que determinado paciente padece *síndrome estrábico*, tras detectar cualquier tipo de desequilibrio óculomotor en el transcurso de la exploración practicada, como dato elemental a tener en consideración es el mayor o menor desfase angular de los ejes visuales del enfermo, que puede variar según la distancia del objeto fijado, la dirección de mirada y las condiciones o procedimientos empleados en el estudio motor.

No es suficiente decir que hay estrabismo (positivo o negativo) de tantos grados, con hiperacción de determinado músculo, mostrado gráficamente con más o menos cruces en cierta posición concreta. Esto, es decir algo del desequilibrio puesto en evidencia, pero no suficiente.



Figura 1. Pruebas de exploración actualmente utilizadas para estudiar la motilidad ocular.

La búsqueda de signos del desequilibrio óculomotor ha de aportar:

1. Angulos de desviación («ángulo mínimo» y «ángulo máximo»), cuantificando variabilidad y concretando dichas cifras. Todo ello relacionado a parámetros de: distancia, posición de ojos y procedimiento utilizado para su medida.

2. Estudio de la dinámica ocular. La patología cinética es imposible de valorar correctamente si no se dispone de técnica adecuada.

Situados ante el espejo, y, si de modo alterno, nos fijamos en uno y otro ojo, en virtud de la separación que hay entre ellos es obvio que los ojos se están desplazando, detalle que puede apreciar cualquiera que nos vigile. Si embargo, nosotros somos incapaces de percibir su movimiento. Esto es debido al fenómeno que describió Holtz en 1903 y que hoy se conoce como «*supresión sacádica*» o «*eclipse visual*», que nos permite estar contemplando un mundo estable, quieto, y sin movimientos desordenados.

Al día realizamos 240.000 sacádicos, lo que significa que en 24 horas durante hora y media vemos absolutamente nada. Esto lo refiero para dar a entender que cuando exploramos en un paciente la dinámica ocular, bien sea con linterna o test morfológico, cada vez que sus ojos de desplazan, si queremos ver este movimiento nuestros ojos también tienen que hacer lo mismo, y en este recorrer se nos pierde un montón de información debido a esta «*supresión sacádica*» que antes he mencionado. Pues bien, en estos momentos el único modo de poder captar estos detalles es la video-oculografía asistida por ordenador.

En pacientes de muy corta edad la exploración motora ha de ser básica y muy elemental, sin posibilidad alguna de hacer otra cosa. Es muy cierto que hay niños a los que ni tan siquiera se puede saber la visión que tienen e, incluso, se ha de recurrir a la *maniobra de Costembader* (cover-test a distancia) para valorar el ángulo de estrabismo, al no permitir acercarnos a él.

Sin embargo, en la actualidad a partir del momento en el que el paciente, en posición de sentado, es capaz de apoyar su barbilla en la mentonera y prestar mínima colaboración mirando ciertas figuras frente a él, tenemos

posibilidad de aportar al estudio motor un conjunto de datos de gran interés, que hasta ahora no había sido posible por carecer de medios técnicos. Me refiero a la video-oculografía, que permite ver en tiempo real la estática y dinámica ocular, de forma asociada y disociada, contemplando en el mismo instante movimientos oculares y curva gráfica de los mismos, pudiéndolo registrar y grabar para su posterior estudio con detalle, visualizándolo de modo ampliado. También a cámara lenta, y tantas veces como fuere preciso.

Antecedentes históricos

El genial fisiólogo checo, Jan Evangelista Purkinje (1787-1869) fue el primer autor que estudió la motilidad ocular. Utilizaba el tacto digital a través de los ojos cerrados de los pacientes.

Posteriormente, con proceder más científico se utilizaron las «imágenes consecutivas» o «imágenes persistentes» (post-imágenes), que en el siglo XIX llevaron a cabo Donders, Hering y Helmholtz. El método era muy sencillo y de gran validez, pero los grandes inconvenientes se encontraban en la fugacidad de las imágenes consecutivas, amen de tratarse de una prueba subjetiva sin posibilidad de ser objetivada por el médico, que había de basarse en apreciaciones personales del enfermo.

De esta primitiva forma de ver el desplazamiento de los ojos se pasó a la observación directa de los mismos. Así, el procedimiento utilizado por Javal (1879), ayudándose de anteojos que aumentaban la imagen.

Ahora bien, el problema radicaba en que no sólo había que ver el movimiento (de gran dificultad cuando era muy pequeño), sino que lo más interesante sería poder registrarlo gráficamente para objetivarlo. Entonces, lo ideal sería posibilitar su amplificación. Así, un ángulo muy pequeño se traduce en uno mayor si aumentamos su radio, o sea, la distancia en la que se registre (efecto palanca).

A finales del siglo XIX (Ahrens, 1891 y Lamare, 1892) y principios del XX (Buys,

1910 y Ohm, 1914) aparecen los registros mecánicos y neumáticos, con pronto fracaso debido a imprecisión y a las propias dificultades que añadían al funcionamiento fisiológico de los ojos.

Gran avance supuso el desarrollo de la fotografía. Dodge (1899) aportó los primeros registros fotográficos de los movimientos oculares.

En fisiología, la posibilidad de poder determinar variaciones del potencial eléctrico producido por la actividad de los diferentes tejidos, se conoció en los comienzos del siglo XIX. Seguidamente se comprobó la existencia de cierto potencial de reposo, de modo que cada globo ocular sería comparado con un dipolo en el que el extremo positivo estaría en la córnea y el negativo en el fondo orbitario. Este dipolo tendría la facultad de crear potencial eléctrico que se difundiría a través de los tejidos contenidos en la órbita y periorbitarios. A partir de entonces comienza la investigación de los potenciales de reposo corneo-retinianos, cuya utilización sería la base para llegar a medir los movimientos oculares. Así nace la técnica que en la década de los años 50 del Siglo XX se llamó *Electrooculografía* (EOG).

Los trabajos basados en estos procedimientos eléctricos para la valoración del nistagmo se iniciaron en Alemania por Schott (1922), con proceder muy rudimentario. Mejorados por Meyers (1929) y Jacobson (1930), y perfeccionados en 1935 por Mowrer, Miller y Ruch.

Francia, Suiza, Inglaterra, Alemania, Estados Unidos e Italia incorporan la técnica electrooculográfica para el estudio de motilidad ocular, alcanzando desarrollo importante durante los años 50 y 60 del pasado siglo. De este modo se valoraba la motilidad ocular de cada ojo por separado, determinando tiempo de reacción o latencia del movimiento y los parámetros de amplitud, velocidad y aceleración. Se estudiaron los movimientos sacádicos, de persecución y vergencia, si bien casi todos los esfuerzos se destinaron al estudio del nistagmo y nuevamente los otorrinos, los neurólogos y los psicólogos acapararon este tipo de estudio.

En los años 70 del pasado siglo los oftalmólogos se inician en este tema con Scott (1971),

Ciancia (1971), Ferrer (1971), Norbis (1973) y, sobre todo, con Maurice Alain Quéré (1970), quien a mi juicio ha sido, posiblemente, el oftalmólogo que con más intensidad y rigor trabajó y aportó datos a la cinética ocular con el método electro-oculográfico, enfocado a la estrabología.

En esa misma década Quéré dijo: «... es aberrante examinar la estática ocular y no explorar la cinética». El profesor de Nantes estaba convencido de que en el futuro aparecerían procedimientos más simples al alcance del oftalmólogo que estuviera dispuesto a estudiar la dinámica óculomotora, imprescindible, sin duda, para determinar y facilitar la comprensión de la motilidad ocular.

La EOG tiene las ventajas de no necesitar inmovilizar la cabeza del enfermo, poder registrar el movimiento de los ojos teniéndolos cerrados y poder estudiarlos en obscuridad.

Los inconvenientes más importantes de la EOG son:

- Necesidad de equipar al paciente con la colocación de electrodos periorbitales que permitan recoger las variaciones de potencial vinculadas a los movimientos oculares.

- Imprecisión.

- Imposibilidad del estudio en movimientos verticales y oblicuos.

En el año 1989, en el Coloquio de Nantes celebrado los días 21 y 22 de Septiembre, en el que participaron Quéré, Larmande, Bourron, Spielmann, Lavenant, Pecherau, Sander y Tou-

EXIGENCIAS

El Vog-Perea reúne todas las exigencias solicitadas en el Coloquio de Nantes de 1989, exceptuando una.

- ❖ Ser indoloro y atraumático.
- ❖ Estudio ojos abiertos y oclusión monolateral.
- ❖ No precisar inmovilización de cabeza.
- ❖ Registro en tiempo real.
- ❖ Registro simultáneo de los dos ojos.
- ❖ Cálculo automático de todos los parámetros motores.
- ❖ Porte de corrección óptica.
- ❖ Cuantificación angular en valor aceptable.
- ❖ Registro de todo tipo de movimientos.
- ❖ Conservación para su posterior estudio de los documentos objetivos: video y gráficos.
- ❖ Registro de motilidad en todos los ejes.

Figura 2. El equipo VOG-Perea precisa que el paciente colabore para poder llevar a cabo el protocolo completo de Pruebas estáticas y dinámicas. Si el paciente no coopera, el estudio a realizar será parcial.

cas, quedó determinado qué requisitos había de cumplir el procedimiento ideal de exploración de los movimientos oculares (fig. 2).

Vídeo-oculografía

Cuando dimos los primeros pasos en el estudio de la cinética ocular, la práctica del registro gráfico de la motilidad ocular únicamente había sido posible a través de procedimientos relativamente sofisticados y bastante dificultosos (solo con fines de investigación). En aquel momento, la vídeo-oculografía estaba siendo utilizada exclusivamente para estudio del nistagmo y, esencialmente, por especialistas del aparato auditivo.

En el año 2003 comencé a trabajar con un prototipo (fig. 3) en el proyecto destinado a

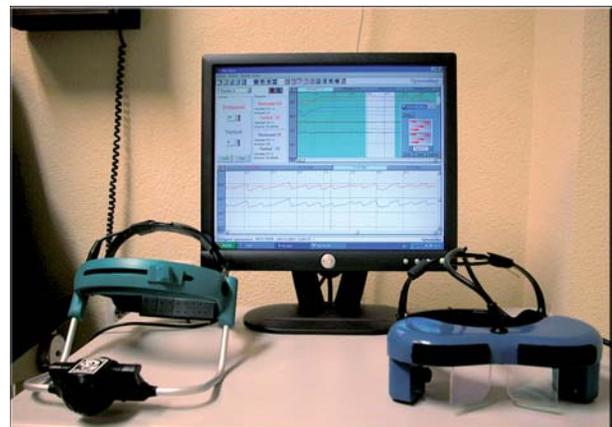


Figura 3. Diferentes Prototipos utilizados por nosotros desde el año 2003. Primero fue la máscara «Vogue», 2003 (color azul) y, posteriormente, la máscara «Visio», 2004 (color verde). – SYNAPSYS-.

desarrollar un dispositivo de monitorización del movimiento ocular, cuyos primeros resultados clínicos fueron descritos en la primera edición del libro «Estrabismos» que publiqué en 2006.

La culminación de estos primeros trabajos fue el equipo (VOG-Perea), desarrollado por la Empresa francesa «SYNAPSIS» con quien he colaborado dirigiendo este proyecto en su aspecto médico-científico y de aplicación a la especialidad de Oftalmología. Las primeras conclusiones fueron expuestas en la segunda edición de mi libro «Estrabismos» (2008) (fig. 4).

VOG-Perea es, exclusivamente, medio de diagnóstico. Tiene por objeto el estudio de la estática ocular, del equilibrio recíproco bi-ocular y de todos los movimientos de rotación de los ojos, con posibilidad de ser registrados gráfica-

mente en tiempo real y medidos con extraordinaria exactitud. Terminado el estudio, hay posibilidad de visualizar simultáneamente, a la velocidad que se desee, el movimiento de los ojos y el progreso de la gráfica resultante. Concluida la prueba, el Equipo ofrece al explorador todo lujo de Diagramas y Cuadros de resultados.

VOG-Perea consta de apoyo frontal y mentonera. Sobre ellos se sitúa al paciente de idéntico modo a como se practican las exploraciones en la mayoría de los aparatos utilizados en Oftalmología. La mirada del individuo queda completamente despejada, con un campo de visión en todas las direcciones superior a 60°.

VOG-Perea presenta un amplio cristal dichroico colocado frente a los ojos del paciente y orientado a 45°, permitiendo la reflexión total de la radiación impermeable al cristal. Es transparente para el enfermo y para el explorador, permitiendo a aquél visualizar perfectamente con excepcional amplitud campimétrica y, al mismo tiempo, son vistos sus ojos con toda nitidez por el médico explorador. Por la cualidad física del cristal (dicroísmo), posibilita que la cámara de alta resolución situada en el pie del aparato pueda filmar los dos ojos simultáneamente en el límite del infrarrojo (870 nm). Para asegurar esta iluminación, dos LED infrarrojos están colocados bajo la mirada de cada globo ocular. La posición de iluminación está especialmente calculada para permitir portar gafas durante el examen sin generar reflejos perturbadores. Para poder comprobar la ley de Equivalencia motora de Quéré, un accesorio (filtro rojo) permite simular la oclusión en base al efecto fisiológico de colores complementarios.

Una pantalla, sobre la que se desplazan los estímulos visuales, es colocada frente al paciente a distancia de 1 m a 1,5 m. La estimulación es generada por vídeo-proyección. El ángulo total de estimulación obtenido es de 60° en horizontal, 40° en vertical y 60° en oblicuo (45° y 135°). Esta proyección, conducida por ordenador puede ser configurada según las necesidades del examen y del enfermo: test cuadrado, redondo, o de figuras, estática, o dinámica (sacadas, perseguida, optocinético), vergencias, nistagmo, etc.



Figura 4. Equipo actual (VOG-Perea) (SYNAPSIS).

La alta resolución de la cámara utilizada da sensibilidad de medida inferior a $0,1^\circ$. Tras calibración, la precisión de medida obtenida es del orden de $0,5^\circ$ para las comprendidas entre $\pm 20^\circ$. La extensión posible de medidas es $\pm 30^\circ$ en horizontal y en oblicuo, y de $\pm 20^\circ$ en vertical. La frecuencia de aquellas es de 25Hz por defecto para los dos ojos, que es suficiente para la utilización corriente en Oftalmología. Pero puede regularse hasta 100 Hz para utilización más neurológica.

VOG-Perea está orientado para uso en Oftalmología, concebido de modo sencillo para examen con adecuado protocolo según el proceder clásico actualizado. Permite efectuar con gran exactitud la captura y el registro gráfico de la posición estática y equilibrio recíproco de los ojos en la órbita, así como del movimiento (exploración cinética), precisando morfología, amplitud, velocidad y latencia. De este modo, cuantificamos ángulos de desviación en todas las posiciones y conocemos si la dinámica ocular es normal o anárquica, si la amplitud motriz se encuentra dentro de valores fisiológicos o está disminuida, o, incluso, anulada, y valoramos su velocidad. A mi juicio, el registro gráfico de la exploración dinámica es fundamental para el correcto diagnóstico, posibilita seguir la evolución del proceso comprobando si la praxis es efectiva, y permite al oculista seleccionar el tratamiento adecuado.

Como se pueden estudiar los movimientos que efectúan los globos oculares alrededor de los distintos ejes de rotación contenidos en el Plano de Listing, es posible determinar la capacidad de todos los músculos que animan los ojos, con aptitud para comprobar si hay limitación funcional de alguno de ellos, dato de gran interés para elegir el o los músculos a intervenir. Repito: este método de estudio tiene la ventaja de poder hacer la valoración cinética no solo de movimientos horizontales sino también de verticales y oblicuos, cosa no factible con electro-oculografía. Además, al registrar gráficamente el resultado y grabarlo en video, permite mejor control y seguimiento de la enfermedad.

En clínica corriente, cuando hablamos de exploración del equilibrio oculomotor, nos

referimos a determinadas posiciones: primaria de mirada y diagnósticas. Por otra parte, el examen de motilidad que hasta ahora se ha venido utilizando es el estudio de las ducciones, versiones y vergencias, ayudándonos con frecuencia de la luz puntual de la linterna o de un pequeño test morfológico, haciendo que el paciente lo fije y siga cuando el médico lo desplaza en determinadas direcciones. Si el desequilibrio es importante, los estudios de motilidad efectuados de este modo, pueden ser suficientes para llegar al diagnóstico. Ahora bien, un defecto pequeño, en base a la neutralización sacádica, es difícil detectarlo de este modo. Se necesitan determinaciones más precisas mediante vídeo-oculografía, con posibilidad de registro, que permite captar pequeños ángulos y movimientos que se escaparían en el estudio realizado a «ojo desnudo».

Ventajas de Vog-Perea

1. Simplicidad del aparato.
2. No utilizar máscara alguna, que conllevaba inconvenientes de peso, campo visual restringido, imprecisión por los posibles movimientos de cabeza, no permitir que el paciente lleve la gafa, vinculación con cables al ordenador, etc.
3. Rapidez de calibración, con posibilidad de trabajar sin ella. Una vez realizada la calibración, el paciente puede descansar en cualquier momento del examen, incluso levantarse y separarse del aparato sin alterar el resultado al reiniciar la prueba.
4. Búsqueda rápida del «zero motor» de cada ojo al comienzo y en cualquier momento de la prueba.
5. Aptitud para portar gafas.
6. Registro simultáneo de los dos ojos.
7. Registro bajo oclusión de ambos ojos.
8. Registro bajo oclusión monolateral (utilizando colores complementarios).
9. Poder determinar si hay estricto cumplimiento de la *Ley de Hering* y de la *ley de Equivalencia motora de Quére* en los movimientos de versión, permitiendo valorar: amplitud, velocidad, precisión y latencia.

10. Cuantificación del defecto angular estático e incomitancias, con precisión extraordinaria.

11. Método de registro en tiempo real, con posibilidad de estar viendo los ojos del enfermo directamente, y en el monitor junto al gráfico resultante, pudiendo grabar la prueba.

12. Espacio para poderse situar delante del enfermo y estudiarlo en las condiciones en las que hasta ahora hemos venido haciendo, pero con la ventaja de poder registrar los movimientos obtenidos.

13. Interfaz intuitiva y adaptada a la práctica clínica estrabológica.

Inconvenientes

1. Extraordinaria precisión. Esto que debería ser ventaja, y de hecho lo es en pacientes colaboradores, paradójicamente se torna en inconveniente precisando exigir mayor coparticipación y complicidad al enfermo, evitando movimientos cefálicos que alteren el «zero motor», previamente determinado.

La vídeo-oculografía refleja con gran exactitud el movimiento bi-ocular. Significa que si el paciente colabora bien, marcando perfectamente los tiempos que el estímulo le va indicando, el resultado obtenido es muy bueno. Obviamente, las indecisiones, los adelantamientos, los retrasos, los movimientos anormales, la falta de quietud de la cabeza etc. también lo registra con perfecta precisión, pero introduciendo artefactos y gráficas distantes de la normalidad, que hay que interpretar y, a veces, repetir.

2. Necesidad de personal competente y bien formado para hacer el estudio. El explorador ha de conocer el programa, las pruebas motoras que realiza, y la finalidad perseguida para poder sacar el partido posible a todo lo que ofrece el Equipo.

Funciones de Vog-Perea

1. Cálculo de la distancia interpupilar, con aportación simultánea de diámetros y áreas pupilares.

Asimismo, en el curso de los diferentes estudios, de modo automático y en tiempo real puede determinarse el diámetro y la superficie pupilar en cada instante de cualquiera de las pruebas motoras efectuadas.

2. Exploración de Pruebas Estáticas.

Se estudian las posiciones de los centros de ambas pupilas fijando el paciente un estímulo sin movimiento en posición primaria de mirada y posiciones secundarias. Así se puede determinar las diferentes posiciones (en grados y dioptrías prismáticas) de cada ojo con relación a su propio «zero motor», y las de ambos ojos entre sí (equilibrio recíproco). De este modo, hay capacidad para valorar incomitancias de versión, incomitancias de fijación y síndromes alfabéticos.

Los tests que el Equipo porta en protocolo son:

- Sin fijación (*posición fisiológica de reposo o prueba estática de Lancaster*).
- Fijación disociada OD y Fijación disociada OI.
- Fijación asociada 0°, Horizontal +30°, Horizontal -30°, Vertical +20° y Vertical -20°.
- Cover-test alternante.
- Test de Irvine-Jampolsky OD y OI.
- Nistagmo OD y OI normal, OD normal y OI ocluido, OI normal y OD ocluido. La valoración se puede hacer a 0°, Horizontal de +30° y -30° y Vertical de +20° y -20°.
- Vergencia simétrica de refijación.

3. Exploración cinética.

Analiza las posiciones de los centros pupilares mientras el paciente sigue un estímulo en movimiento: Ducciones. Versiones sacádicas y perseguida (ambas en horizontal, vertical y en cualquiera de los ángulos intermedios; con ambos ojos abiertos o con un ojo ocluido). Nistagmo optocinético. Coordimetría.

4. Curvas y Resultados.

En el Oculógrafo situado en la Interfaz, al terminar la prueba quedan registradas las curvas que marcan: posición de los ojos, velocidad, posición del estímulo y correspondencia motora.

Además, en función del test seleccionado, se pueden visualizar automáticamente uno o varios de los siguientes resultados:

- Cuadro de Desviación disociada.
Marca el desfase angular de cada ojo con relación a su particular «zero motor».
- Cuadro de Equilibrio bi-ocular.
Mide el valor angular que hay entre ambos ojos de frente (0°), 30° a la derecha, 30° a la izquierda, 20° arriba y 20° abajo.
- Diagrama de desviación.
- Cuadro de Nistagmo.
Refleja la frecuencia en Hz para cada una de las posiciones del estímulo que se programe.
- Diagrama de Nistagmo.
Permite visualizar la frecuencia de los nistagmos en función de la posición del estímulo y de la fase visual.
- Diagrama Coordinométrico.

Similar al de la pantalla de Lancaster, pero con la ventaja de no precisar que exista correspondencia retiniana normal.

- Cuadro de Nistagmo optocinético.
Permite fijar la frecuencia del nistagmo en cada ojo para cada fase visual y para cada fase de estimulación visual optocinética.
- Ganancia media/Velocidad de estimulación.
- Velocidad máxima/Amplitud.
- Diagrama de Ganancia/Seguimiento.
- Límites óculomotores.
- Cuadro de Vergencia.
Muestra la diferencia angular de cada ojo entre la fijación establecida a 1 m (estímulo central fijo) y un test morfológico situado en la

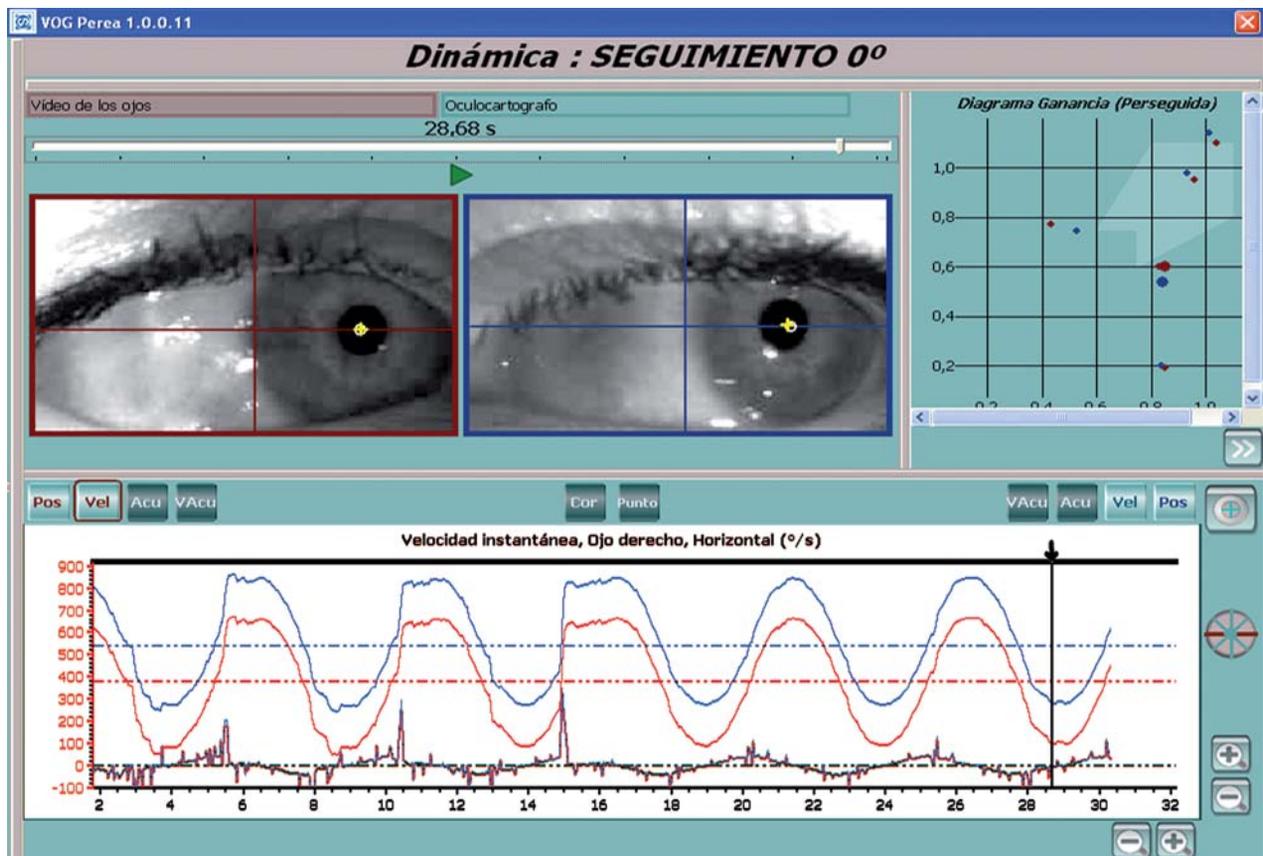


Figura 5. El entrenamiento es fundamental para dar carta de credibilidad al resultado obtenido, como ocurre en muchas otras pruebas de exploración oftalmológica (por ejemplo la campimetría). En los movimientos de seguimiento de la figura adjunta se aprecia la anarquía de los tres primeros y la perfecta normalización de los dos últimos. No obstante, en todos los desplazamientos, aun en los anárquicos referidos, se ve que la correspondencia motora o sinergia bi-ocular es normal (*Ley de Hering*).

línea media a 15 cm de distancia. También determinamos la velocidad de cada ojo en dicho movimiento.

– Diagrama de Vergencia.

Cuadro anterior expresado de forma gráfica.

– Velocidad del movimiento de vergencia.

Para realizar este estudio de modo correcto, es exigible, como sabemos, que el enfermo colabore (al igual que en gran parte de las pruebas que hacemos en Oftalmología). El personal sanitario que explora, debe tener buena preparación, conocer profundamente el programa y tener la paciencia que siempre se ha exigido en pruebas donde la participación del enfermo es necesaria.

El estudio hay que hacerlo binocular y monocular (fijando uno y otro ojo).

Antes de comenzar se informa al paciente de la prueba a realizar, sabiendo que es preciso entrenamiento previo para recoger información correcta (fig. 5). Es posible que haga falta no considerar la primera exploración, como ocurre en otras pruebas oftalmológicas, como por ejemplo la campimetría. El estudio no debe ser largo para no fatigar al paciente. Se descansa cuando se estime oportuno, sabiendo que no hay que repetir la calibración sino solo el «*zero motor*». El explorador ha de tener conocimiento de las gráficas normales en cuanto a morfología y aspecto cuantitativo, seleccionando aquellas que interesen por su realización en condiciones adecuadas.

Protocolo

1. El estudio motor practicado con el video-oculógrafo se debe realizar después de la revisión oftalmológica general. El conocimiento previo del estado físico del paciente es importante. Seguidamente, cito los datos que introducimos en la ficha del paciente en el apartado de notas u observaciones que lleva el Equipo.

- Edad.
- Refracción.
- Agudeza visual con y sin corrección.
- Sensibilidad al contraste.
- Agudeza estereoscópica (principalmente Randot-test y Lang).

– Patología oftalmológica.

– Antecedentes generales, antecedentes oculares y medicaciones que ha tomado o que está tomando en la actualidad.

2. Si hay colaboración, hacemos calibración (visual o geométrica). Nos gusta, por su mayor rapidez y por ser prueba objetiva, la calibración geométrica, que suele ser suficiente en base a que el error estimado en ella es muy bajo (error de precisión del 10%), si bien ante cualquier duda en el curso de la exploración pasamos a realizar calibración visual, que aporta resultados más perfectos. No calibramos si el paciente es pequeño o colabora mal, apoyándonos en la calibración estadística que incluye el Equipo (error de precisión del 20%).

No es preciso repetir la calibración aunque haya que suspender la prueba momentáneamente. El enfermo puede, incluso, descansar y levantarse del aparato, del tal modo que la exploración puede reanudarse tiempo después. Esto es muy importante en relación con el factor fatiga.

3. A continuación, tomamos la referencia aislada del «zero motor» de cada ojo. Junto con la calibración, es el dato más importante previo al examen, pues a partir de esta posición se computa cualquier tipo de desviación posterior.

El «*zero motor*» es parámetro muy sensible. Cualquier movimiento cefálico del enfermo, por ejemplo el que se produce al hablar, lo altera. Por ello, toda vez que se ha determinado solicitaremos silencio y máxima quietud.

Cada prueba que se haga a lo largo del examen, debe ir precedida siempre de la repetición del «*zero motor*» (se tarda en hacer tres segundos).

Pruebas procolizadas en Vog-Perea (fig. 6)

1. Cálculo inmediato de distancia interpupilar con parámetros pupilares de diámetro y superficie.

Estos datos se pueden conocer al iniciar la exploración (fig. 7). Pero además, a lo largo de



Figura 6. Relación de pruebas estáticas y dinámicas establecidas en protocolo.

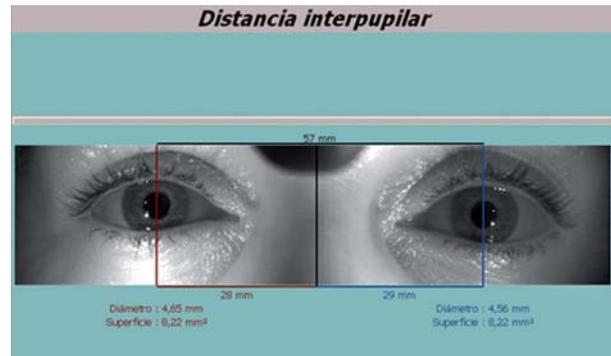


Figura 7. Parámetros pupilares: Distancia interocular, distancia nasopupilar, diámetros pupilares y superficies pupilares.

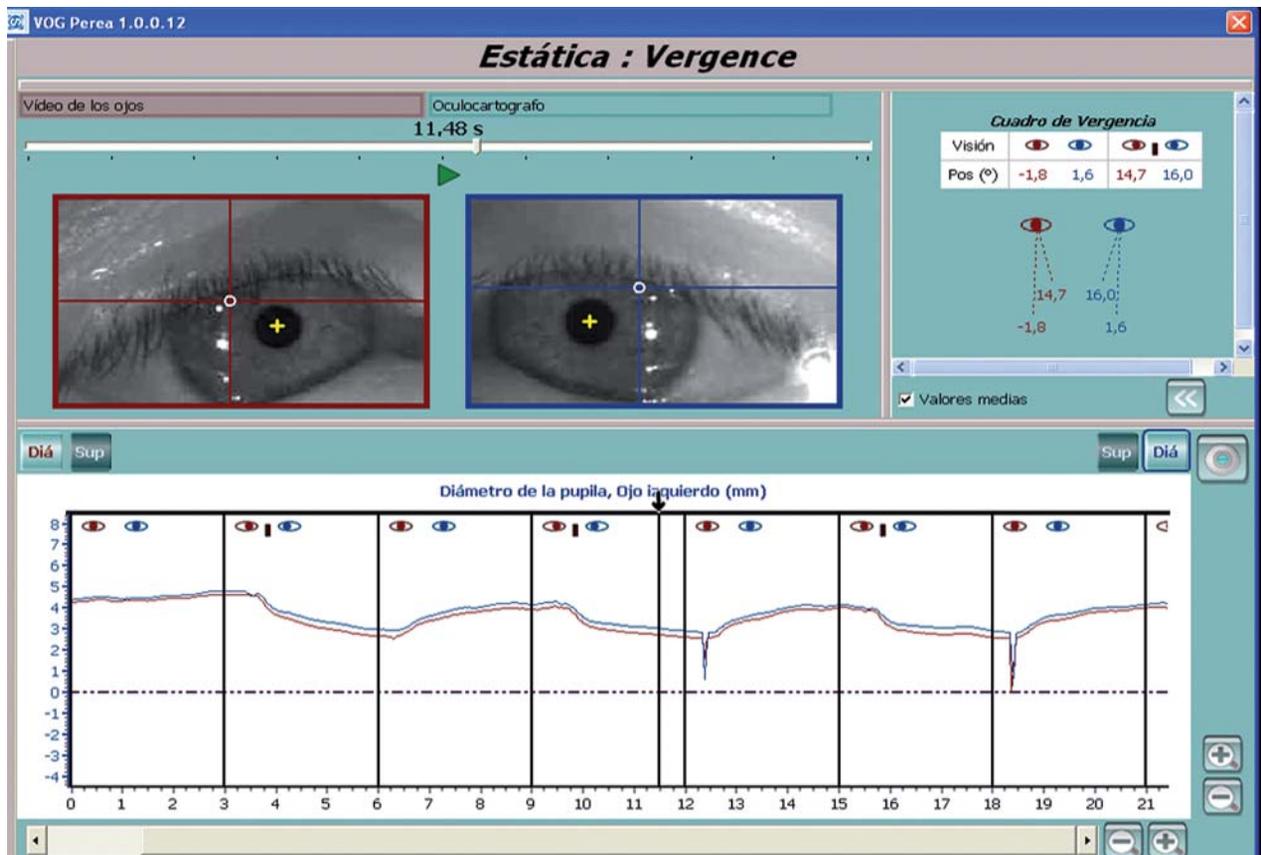


Figura 8. Representa un momento de la prueba de vergencia, en el que hemos decidido determinar los diámetros pupilares. Si se precisara, también pueden comprobarse las superficies. En este instante (11,48s) de máxima convergencia, se aprecia netamente en el Oculógrafo la disminución del diámetro pupilar en ambos ojos, en virtud de la sincinesia que hay entre convergencia y miosis. También, la pequeñísima anisocoria (ligeramente más dilatada la pupila del OI), visible en el Oculoscopio y Oculógrafo.

cualquier prueba de las que figuran en el Protocolo, podemos saber en todo momento y en tiempo real, el valor exacto del diámetro y superficie de ambas pupilas relacionándolo con el concreto movimiento que en ese preciso instante estén haciendo los ojos (fig. 8).

2. Posición de reposo sin fijación

Es la primera valoración a hacer en el síndrome estrábico. Analiza la posición que adoptan los ojos cuando están influidos únicamente por las propiedades viscoelásticas de elementos anatómicos (estructuras intraorbitarias) ligados al aparato suspensor de ojo, y por el tono muscular («tono oculogiro» de Maurice Quééré). Esta posición se consigue, bien ocluyendo los dos ojos (Annette Spiellmann), bien sometiendo al paciente a situación de oscuridad (Jean Bernard Weiss).

Tapando ambos ojos, la cámara de vídeo detecta su comportamiento al perder la fijación y pasar al estado posicional de *vergencia tónica (posición estática de Lancaster)* (figs. 9 y 10). En esta situación, los ojos sólo están influidos por estímulos luminosos retinianos sin estructura, en la que el individuo no precisa esforzarse para ver configuración alguna. De este modo, se hace el análisis sin estimulación retiniana que conlleve fijación bi-ocular (acomodación, fusión, vergencia proximal, etc.). Es la situación menos inervacional, si exceptuamos la posición anatómica de reposo absoluto.

La cámara del vídeo-oculógrafo capta el movimiento de los ojos, y registra la posición en que quedan, apreciándose todo el proceso en pantalla (Oculoscopio) con mucha más nitidez que como se ve a través de los cristales translúcidos de Emile Javal, difundidos en la exploración de la motilidad ocular por Annette Spiellmann.

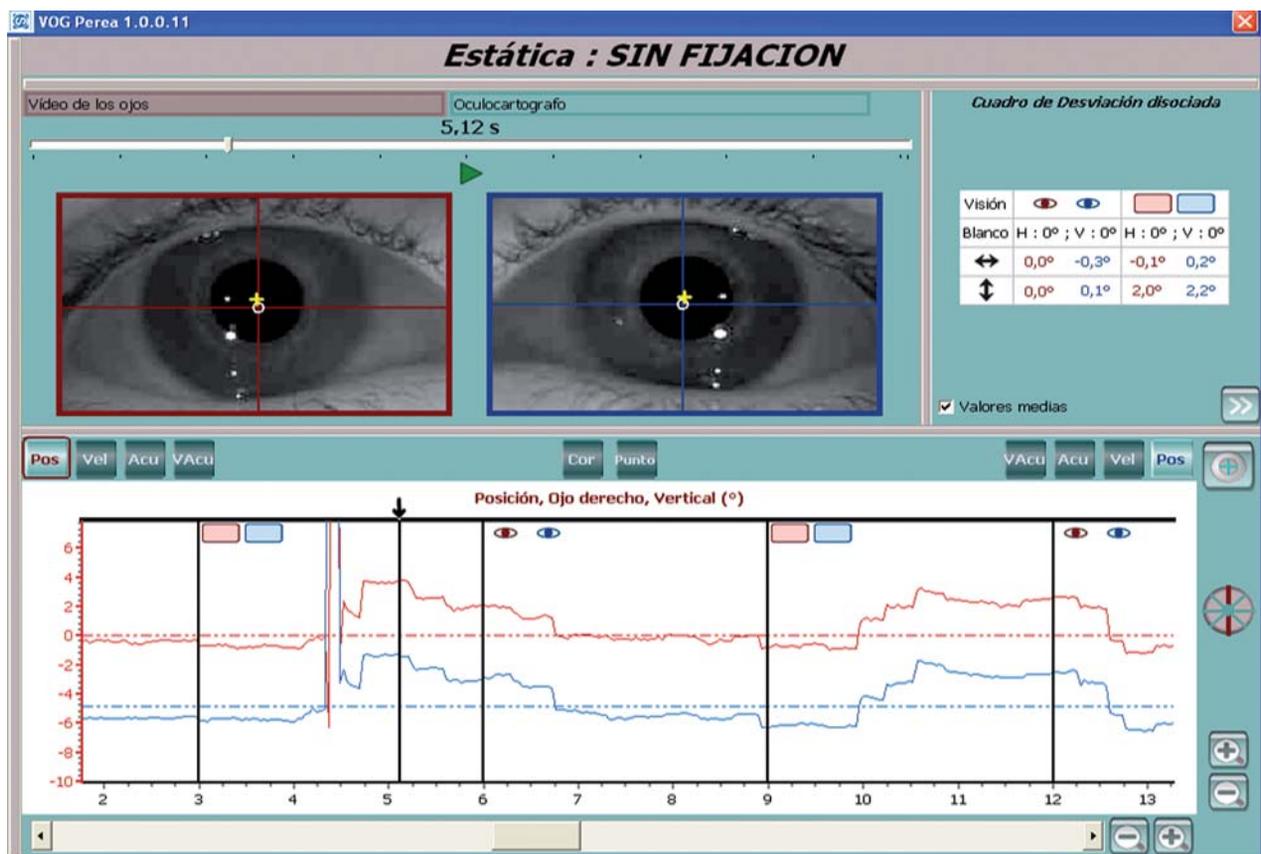


Figura 9. Posición de reposo sin fijación. Al ocluir los dos ojos de este paciente, hay movimiento bi-ocular de supra-versión de 2°.

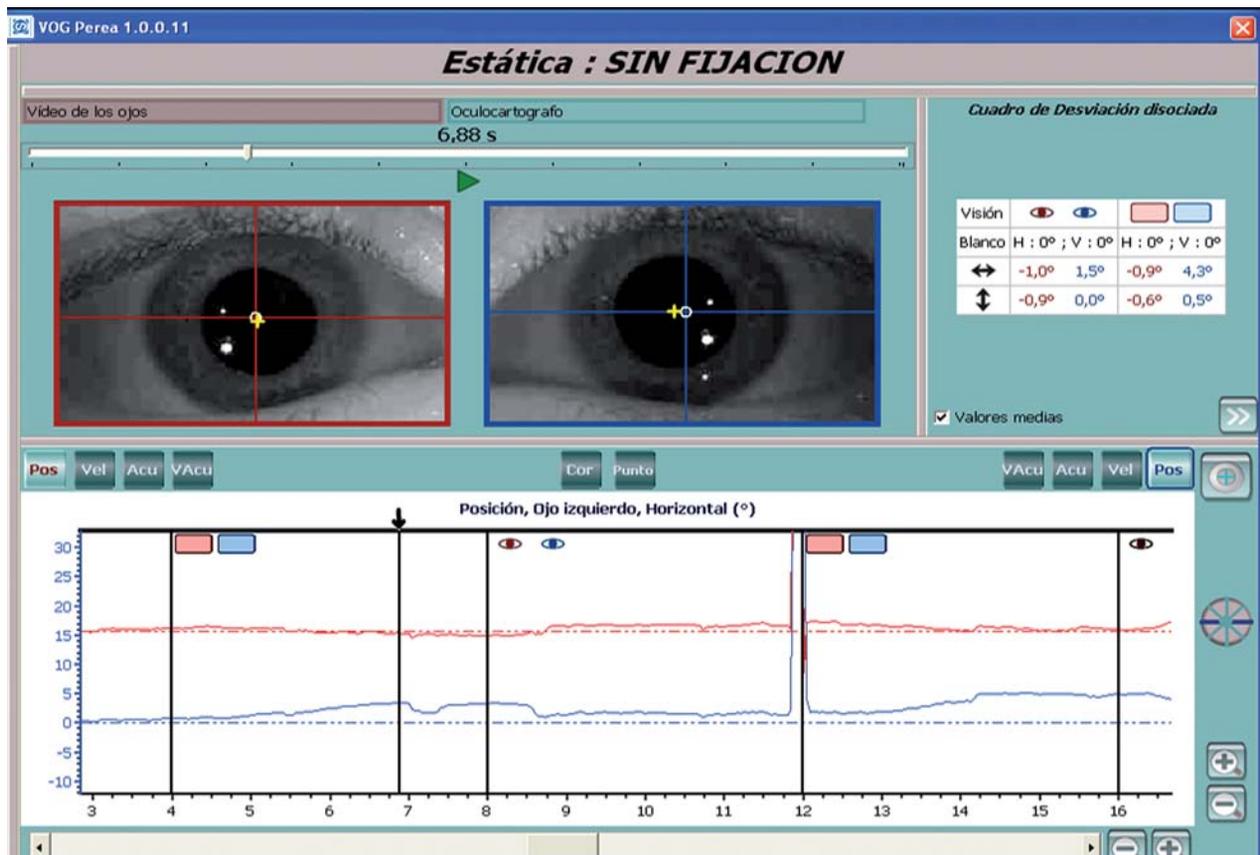


Figura 10. Posición de reposo sin fijación. En este otro caso, al tapar ambos ojos el ojo izquierdo hace endoducción de 3°.

- Si bajo oclusión bilateral la desviación desaparece, el estrabismo no es anatómico ni tónico, sino que estará condicionada por la acomodación o por la fijación.
- Si bajo oclusión bilateral la desviación se mantiene, el estrabismo es anatómico o tónico. La anestesia general profunda hará el diagnóstico diferencial.
- Si bajo oclusión bilateral la desviación disminuye, puede tratarse de estrabismo acomodativo parcial o de un caso en el que se asocian componente anatómico y tónico.

3. Posición de fijación disociada

Para disociar la visión binocular invitamos al paciente a mirar el estímulo central fijo, y, ocluyendo un ojo durante 3 segundos, comprobamos el movimiento que experimenta éste tras la pantalla, y también el de su homólogo des-

cubierto. A continuación, se procede a hacer lo mismo con el otro ojo y ver si hay simetría, o no, en los comportamientos.

La fijación disociada permite diagnosticar, cuantificar y registrar gráficamente heteroforias (figs. 11-16), DVD (figs. 17-18a), DHD (fig. 18b) y nistagmos latentes (fig. 19a y 19b).

Utilizando vídeo-oculografía en heteroforias, no es preciso practicar cover-test, ni usar el cristal de Maddox con valoración prismática. El vídeo-oculógrafo detecta el más pequeño movimiento horizontal y vertical y en el Cuadro de desviación disociada queda cuantificado, apreciándose con toda nitidez en el Oculoscopio y Oculógrafo el desarrollo de los movimientos de desviación y restitución.

El estudio de la DVD es otro de los grandes logros de la vídeo-oculografía. Muy fácil practicar la maniobra de Bielschowsky con la escala de filtros rojos de Bagolini, al igual que la de Posner con pantallas translúcidas.

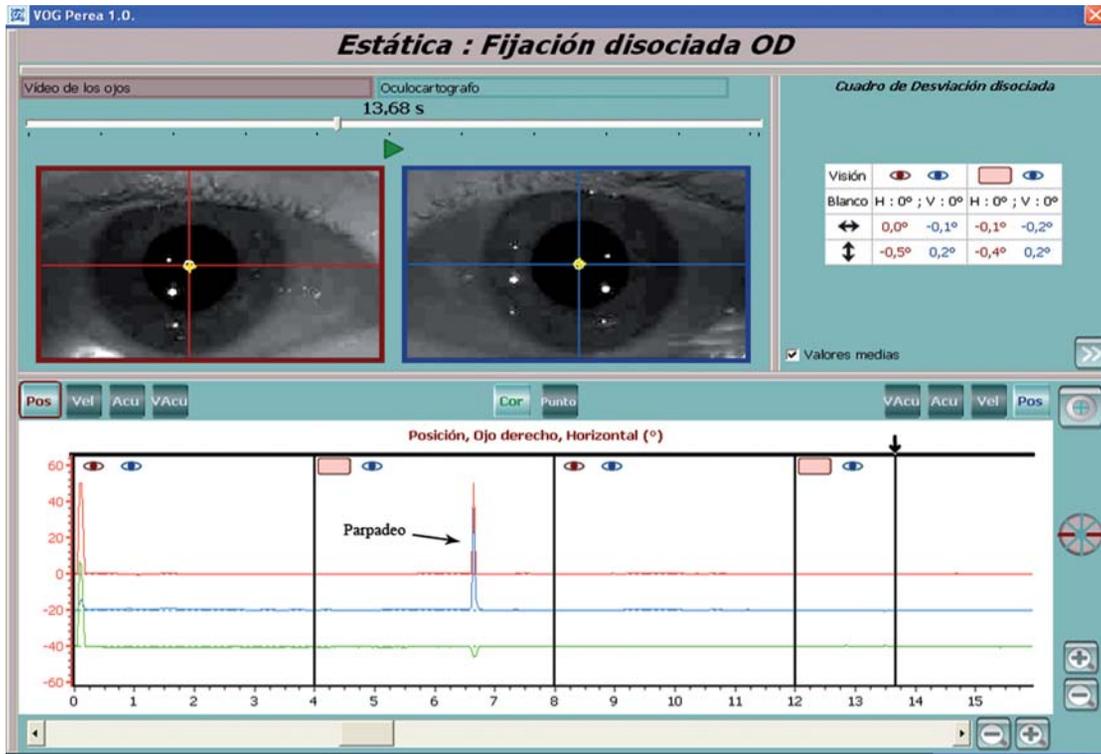


Figura 11. Ortoforia. Al ocluir el OD (representado su movimiento en rojo), se aprecia en el Oculógrafo la invariabilidad de la línea sin hacer movimiento alguno, sólo alterada por un parpadeo bi-ocular. El gráfico verde expresa la diferencia entre las gráficas de ambos ojos (en rojo el OD y en azul el OI), que, obviamente, es nula en este caso de ortoforia.

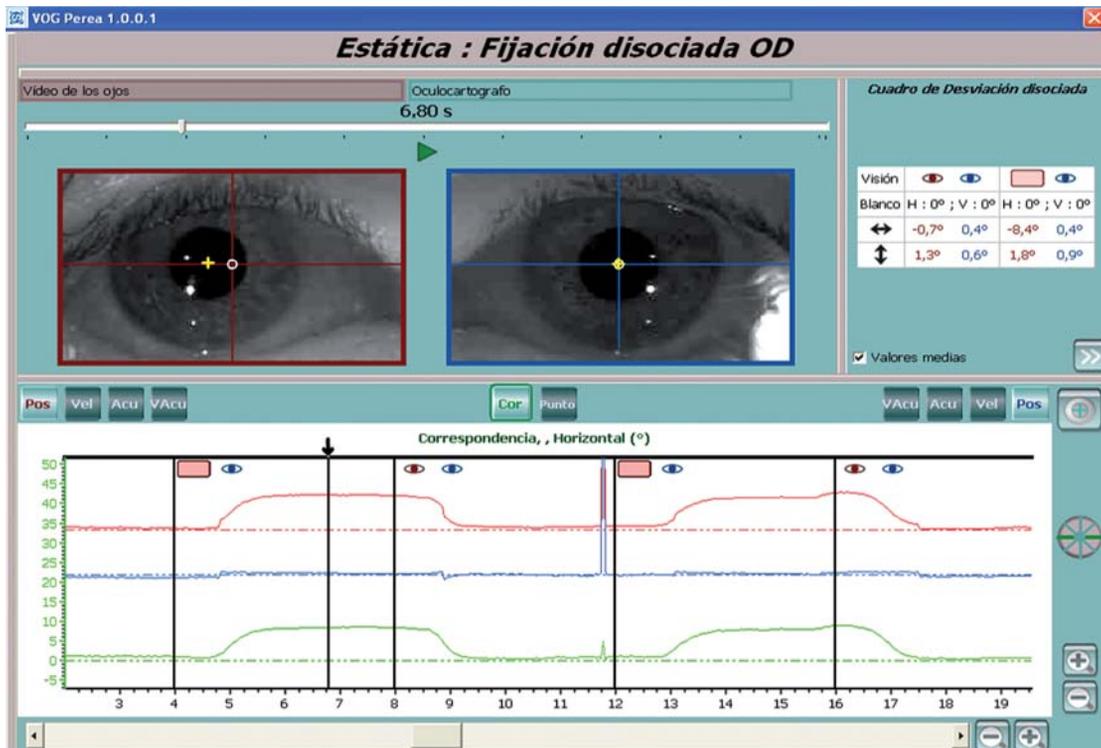


Figura 12. Exoforia de $-7,7^\circ$. Al tapan el OD, el gráfico de este ojo (en rojo) ejecuta en el Oculógrafo el movimiento fórico lento correspondiente. El Cuadro de desviación disociada (ángulo superior derecho) cuantifica los ángulos medios. El gráfico verde anuncia la diferencia entre ambos ojos.

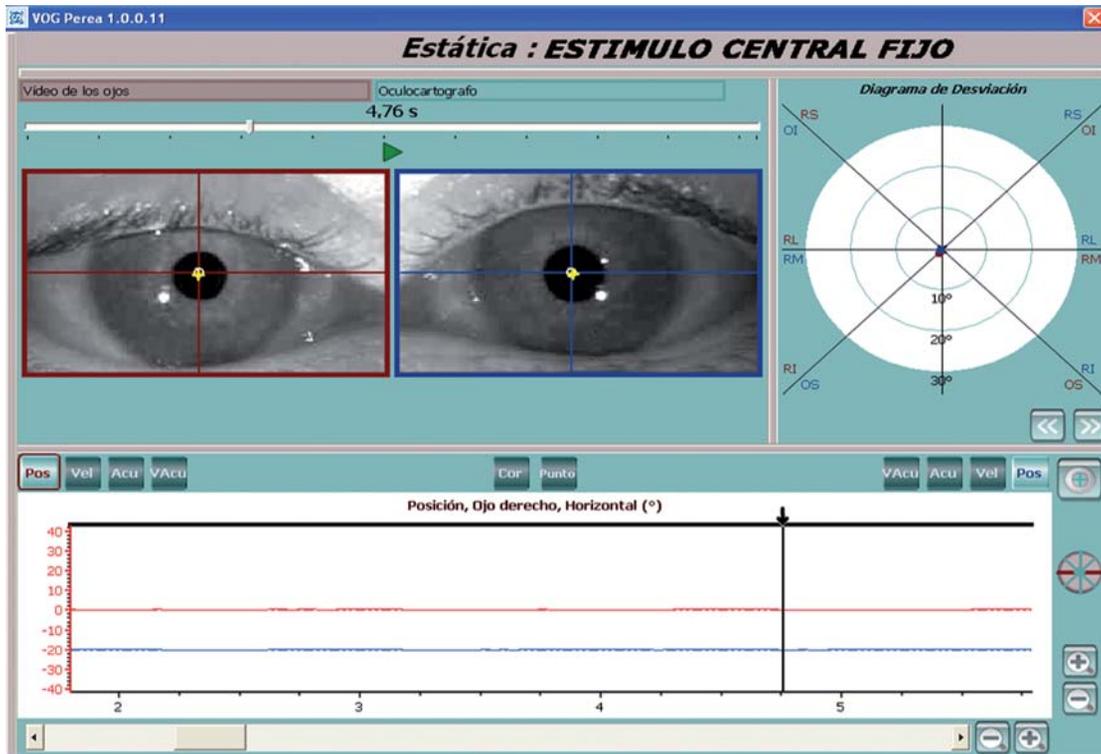


Figura 13. Caso límite foria-tropia sin disociar. Al comienzo de la prueba y sin disociar, el paciente permanece en ortotropía. Es reflejado en el Oculoscopio, en el Oculógrafo y en el Diagrama de desviación situado en el ángulo superior derecho. En esta situación el paciente tiene visión binocular.

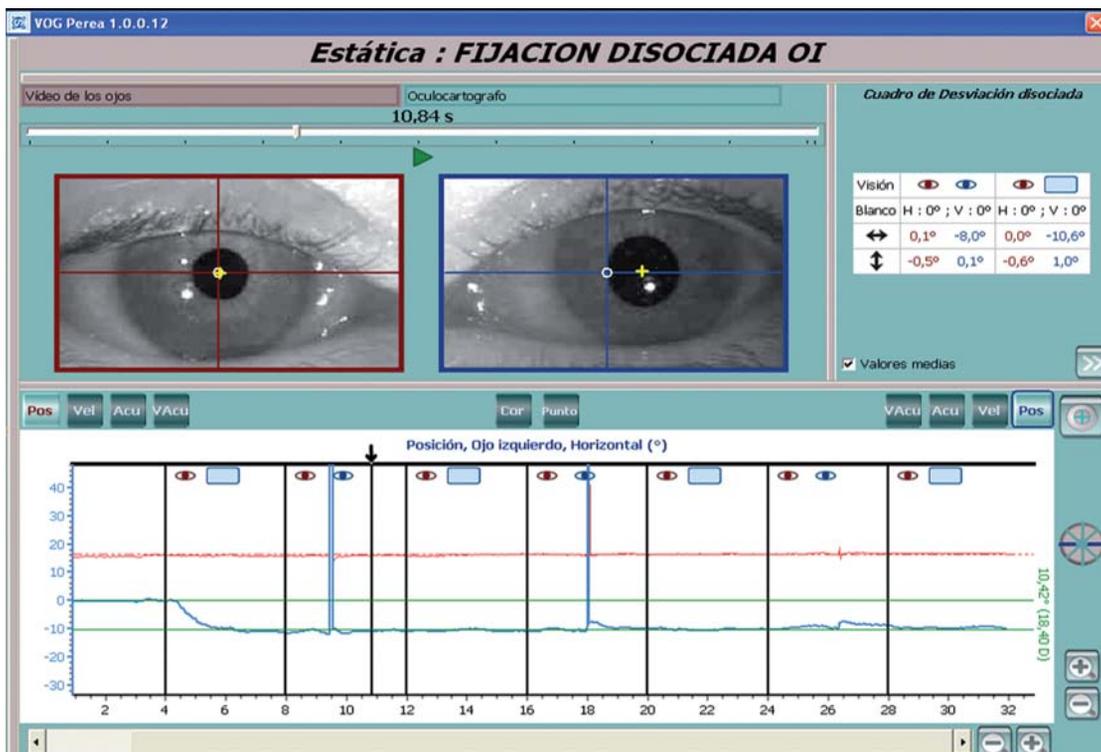


Figura 14. Corresponde al caso anterior, que tras oclusión del OI (gráfica azul), este ojo se sitúa en $-10,42^\circ$, manteniendo esta posición el resto del tiempo de la prueba, aun en los momentos en que se desocluje el ojo izquierdo (no siendo capaz de recomponer la fusión), como se ve en el Oculoscopio y en el Oculógrafo.

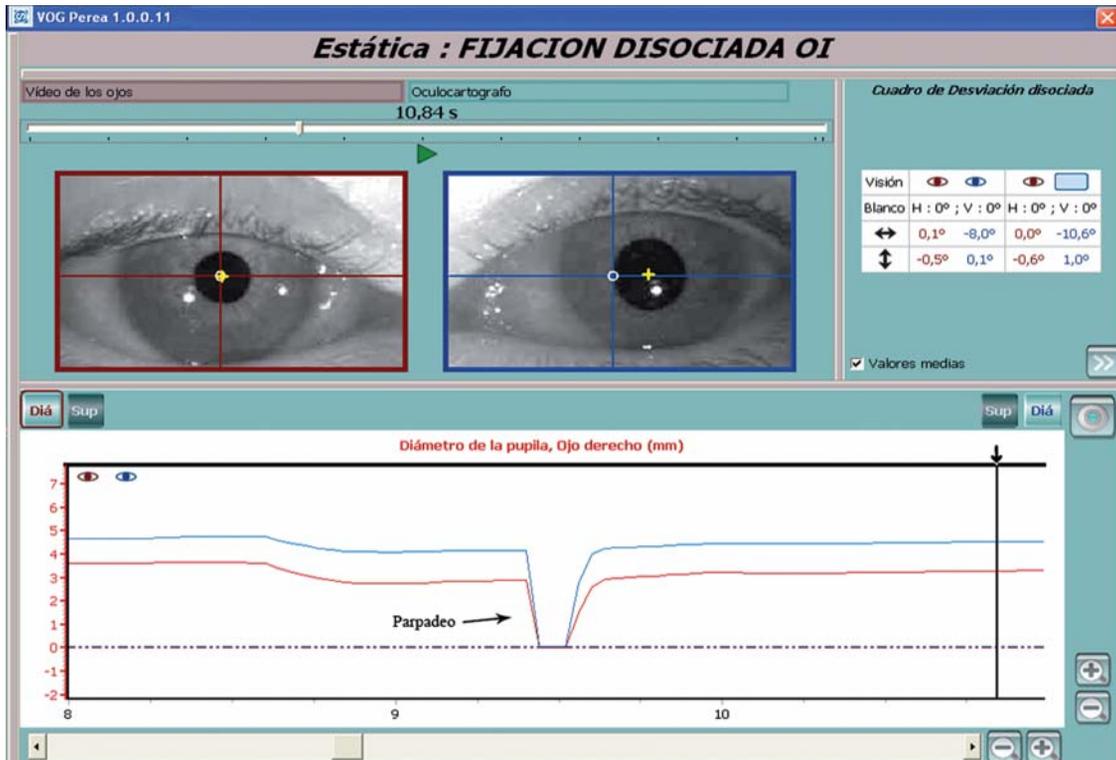


Figura 15. Mismo caso de las figura 14 e idéntico momento de la prueba (10,84s), apreciándose en la gráfica del Oculocopio y del Oculógrafo la anisocoria del paciente (3,6 mm la pupila del OD frente a 4,6 mm la del OI). Los valores de diámetros y superficies pupilares, como antes dije, pueden buscarse en cualquier instante de cada prueba.

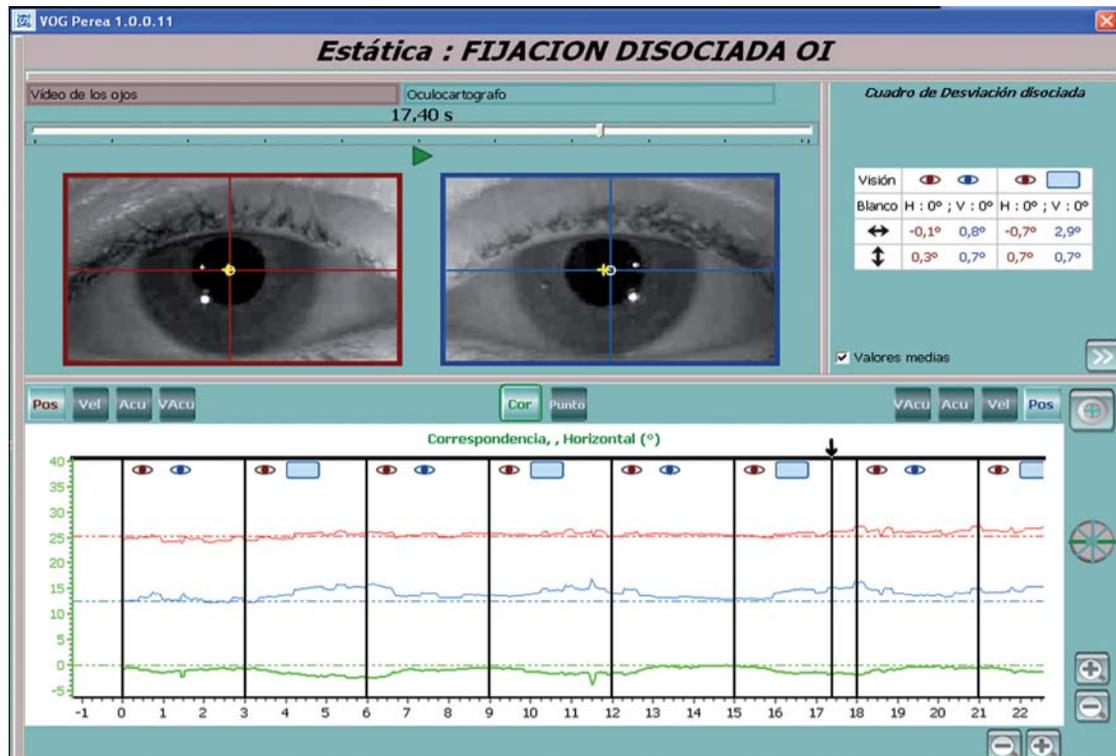


Figura 16. Endoforia OI de 2°. La irregularidad de las gráficas roja (OD) y azul (OI) es lógica al tener que magnificar bastante para detectar 2°, sobre todo si el paciente no colabora adecuadamente.

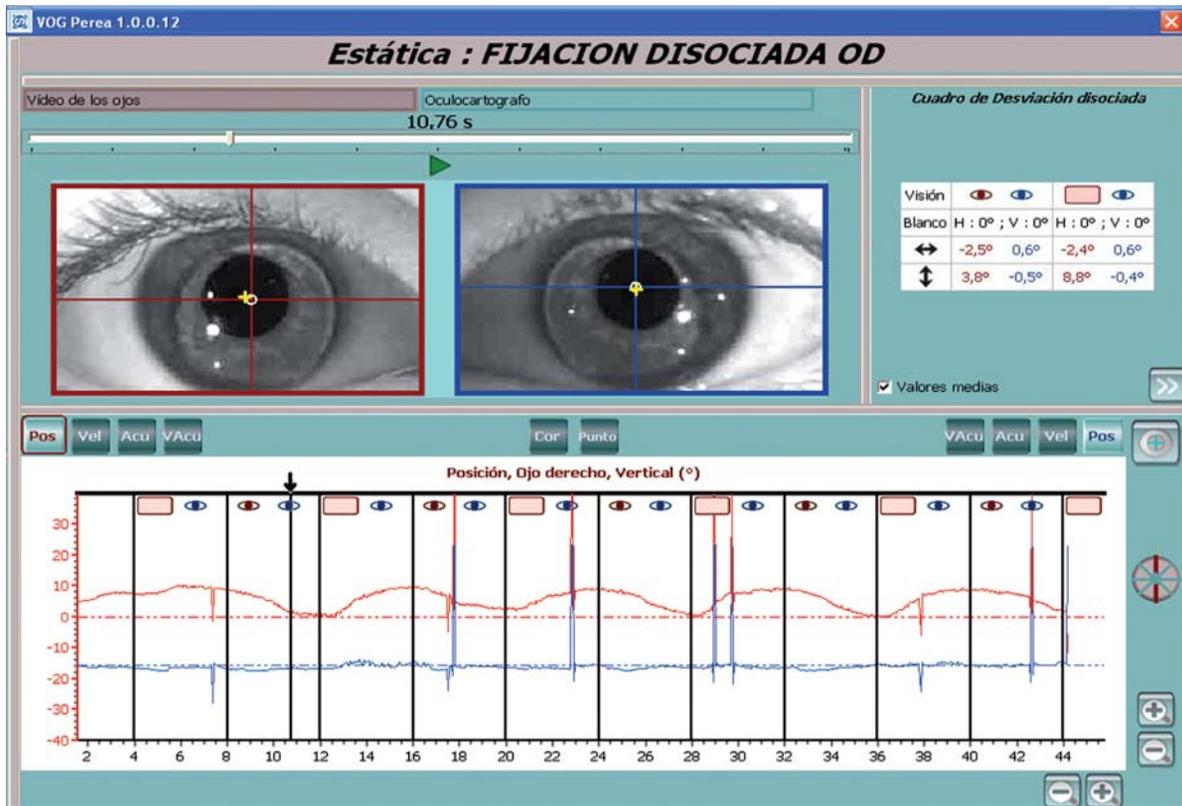


Figura 17. Endotropía congénita. Intervenido quirúrgicamente a los 3 años. Buen aspecto estético en «fijación asociada».

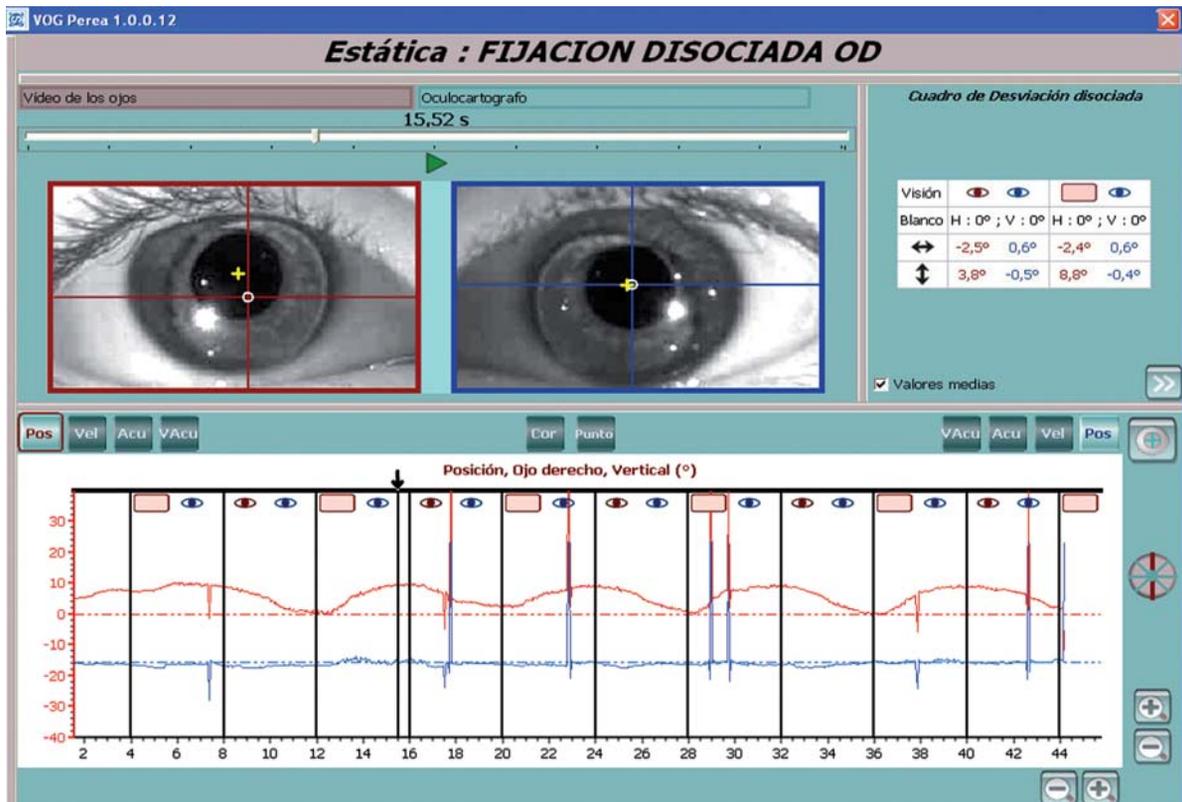


Figura 17a. DVD en OD. Paciente de la figura 17 al ocluir el OD.

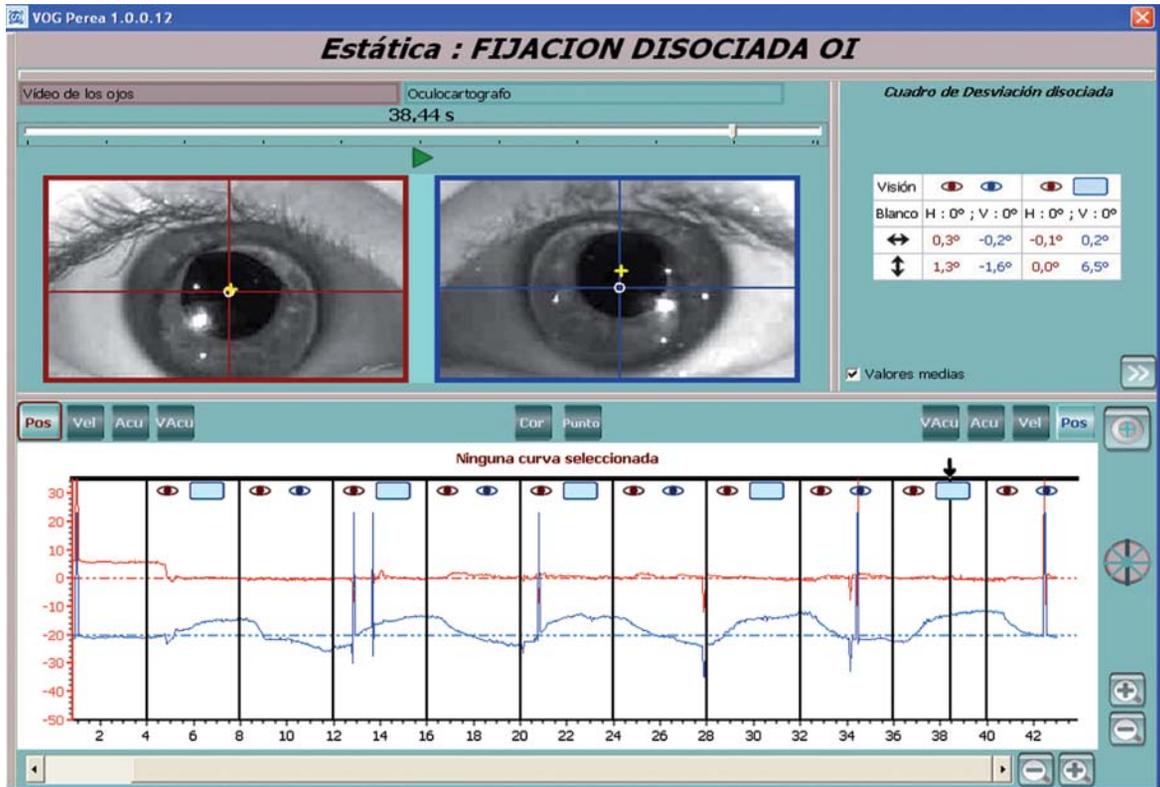


Figura 17b. DVD en OI. Paciente de la figura 17 al ocluir OI. Se trata, pues, de una DVD bi-ocular, ligeramente asimétrica.

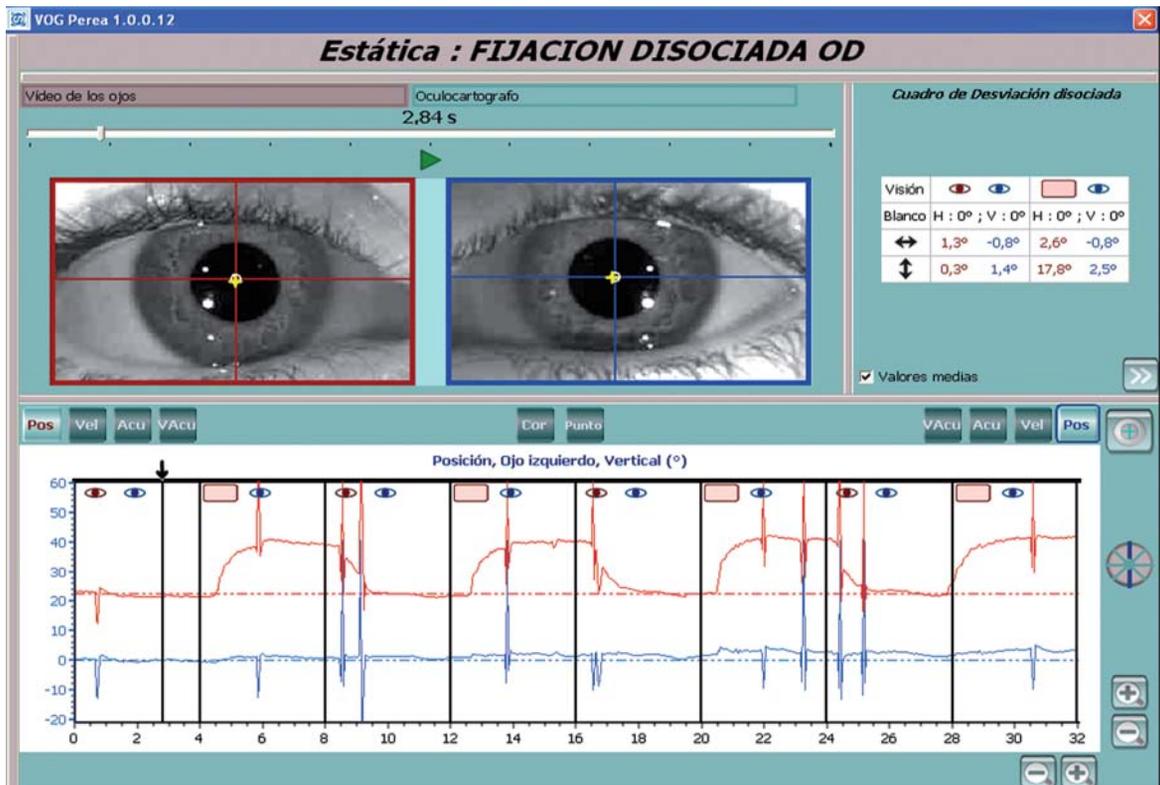


Figura 18. Endotropía congénita. Intervenida quirúrgicamente a los 7 años. La gráfica representa un momento de fijación asociada (ambos ojos abiertos). Estéticamente la posición bi-ocular es correcta en PPM.

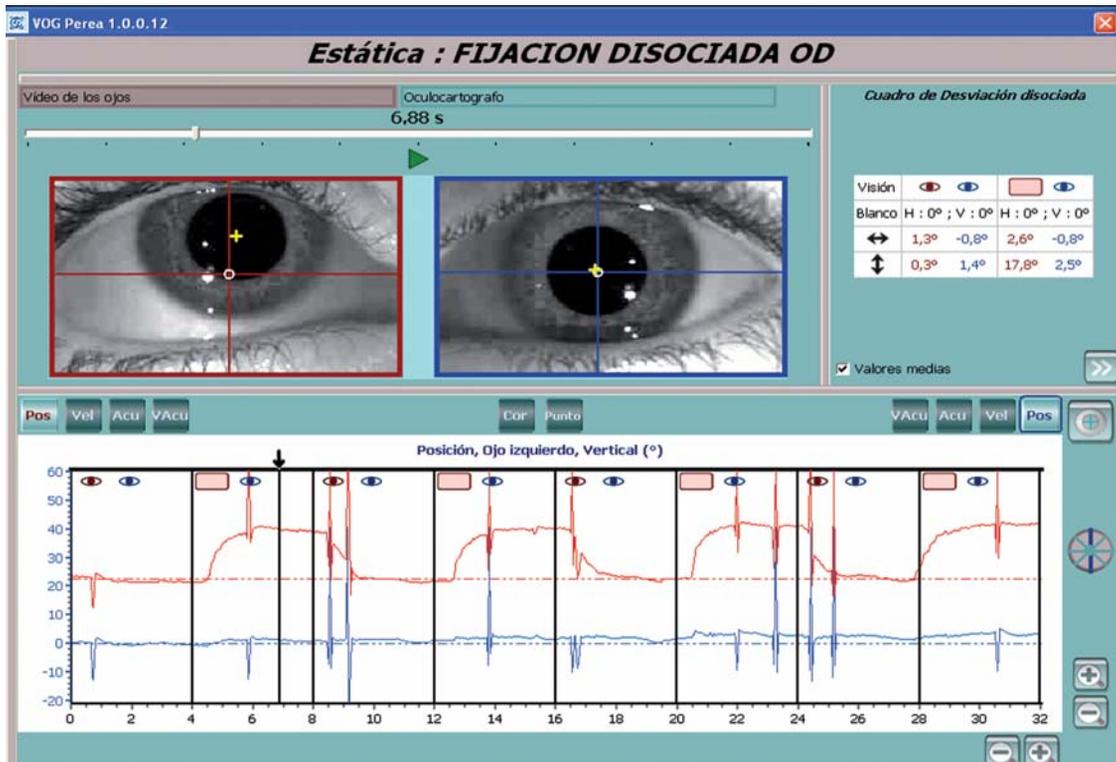


Figura 18a. Paciente de la figura 18 al ocluir OD. Se trata de una DVD (forma compensada de Julio Prieto) de 15,4°. Evidente el nistagmo manifiesto-latente que se aprecia en la gráfica al comparar la homogeneidad de las líneas en ojos destapados con los dientes nistágmicos de las curvas en las que el OD está cubierto.

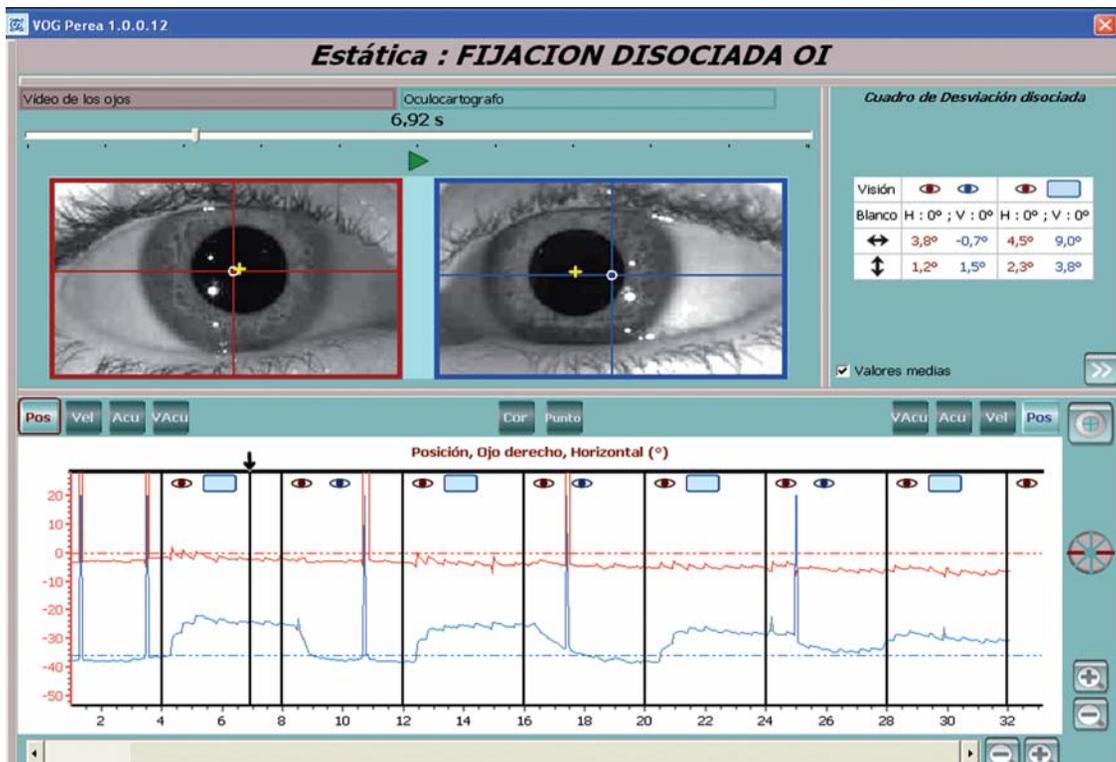


Figura 18b. Mismo paciente de la figura 18 al ocluir el OI. Ahora lo que se ve, además del nistagmo manifiesto-latente, es una DHD (endotropía de oclusión).

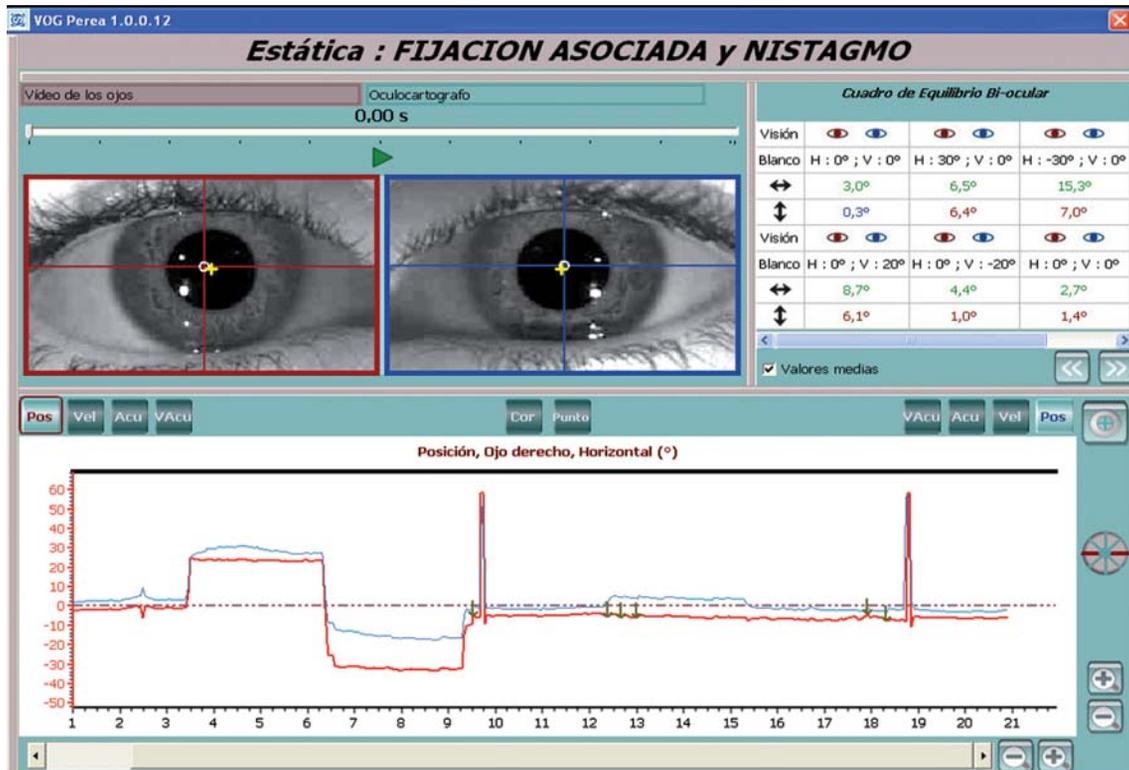


Figura 19a. Nistagmo latente. Gráfica de fijación asociada mirando de frente y en posiciones cardinales. En el Cuadro se observa incomitancia de versión. Se detecta, asimismo, algún movimiento nistágmico en resorte.

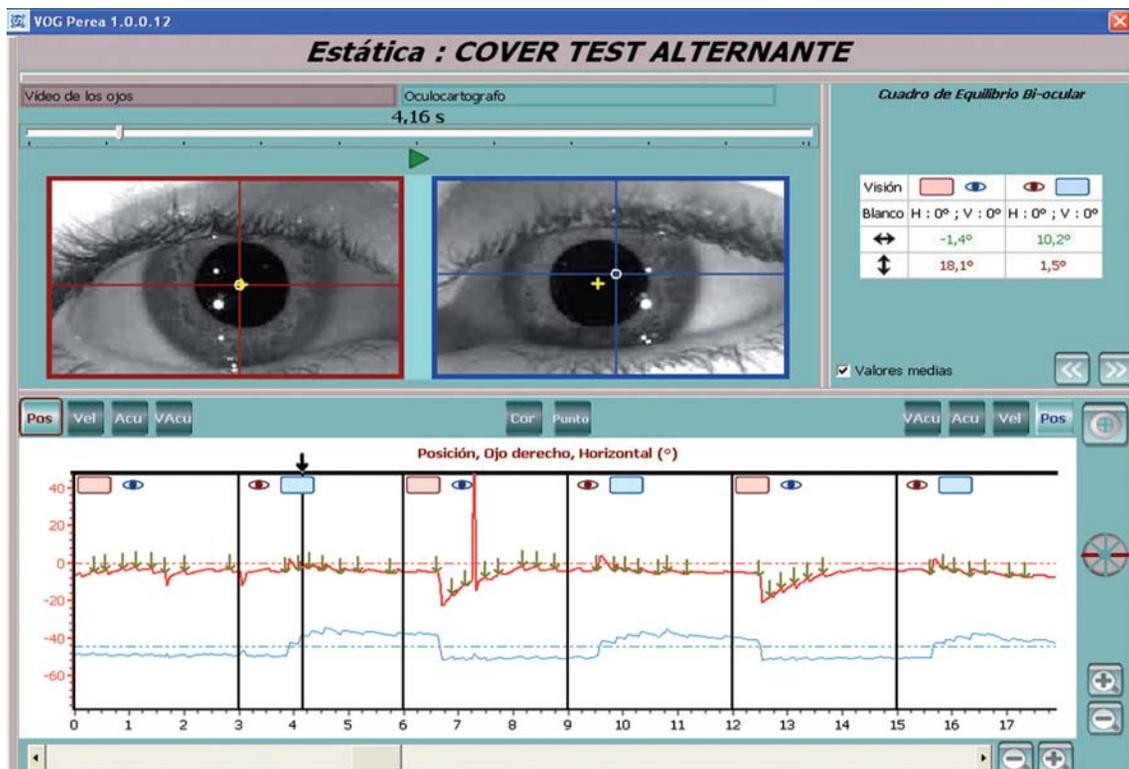


Figura 19b. Enfermo de la figura 19a, al practicar el cover test. La oclusión alterna de cada ojo aumenta de modo muy importante el movimiento nistágmico (nistagmo manifiesto-latente).

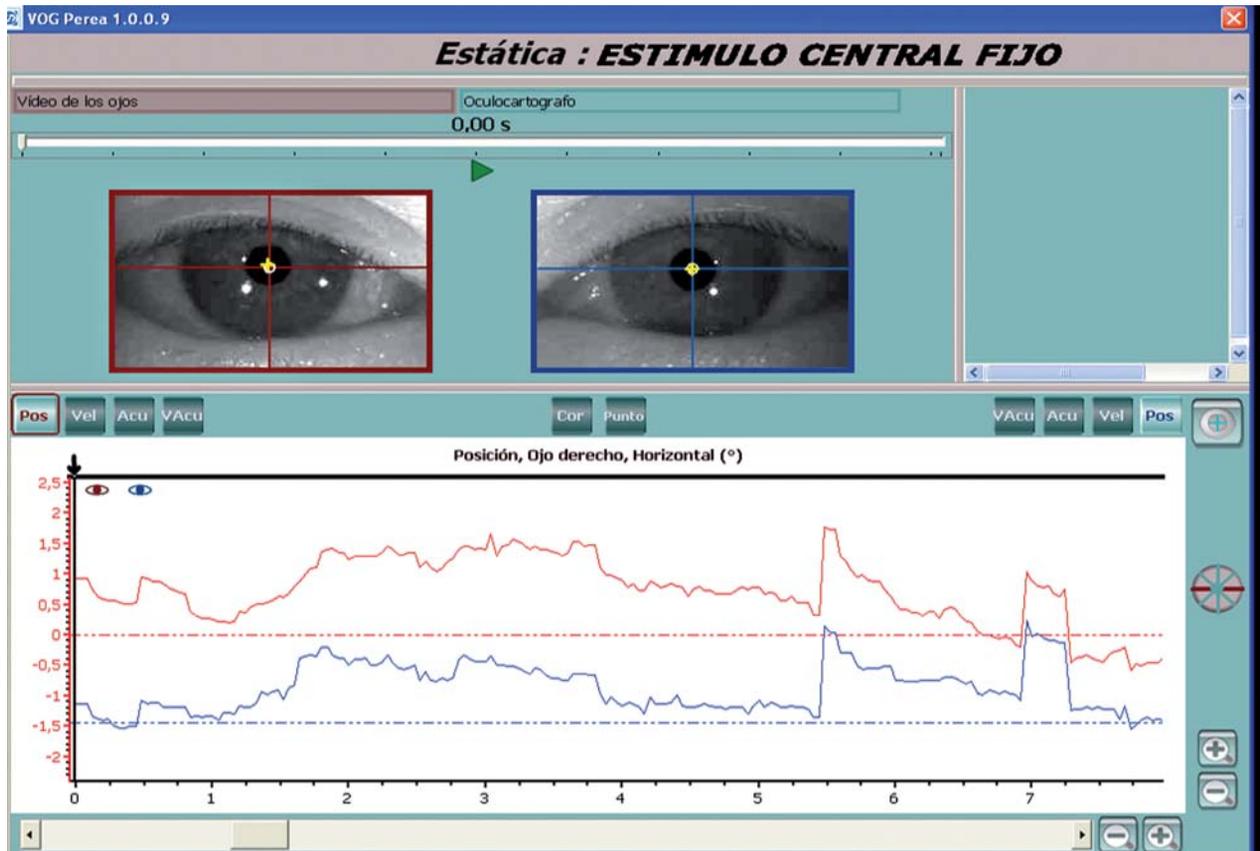


Figura 20a. Micromovimientos.

Por último, es sencilla la detección del nistagmo latente y manifiesto-latente. Solo es preciso ocluir un ojo para desencadenar o aumentar el nistagmo en resorte, cuantificando frecuencia, simetría y congruencia.

Para realizar estos tests, la vídeo-oculografía es de mucha más efectividad, con valoraciones de mayor exactitud y rigor que ayudándose con pantallas translúcidas u otros medios disociantes y determinación prismática de los movimientos efectuados.

4. Fijación asociada y nistagmo

Se invita al paciente a mirar un estímulo central fijo en la pantalla con los dos ojos abiertos. Esta prueba puede durar sólo 10 segundos. De este modo comprobamos: micromovimientos (fisiológicos) (figs. 20a y 20b), macromovimientos (nistagmo) y, en caso de estrabismo, posición de equilibrio recíproco y

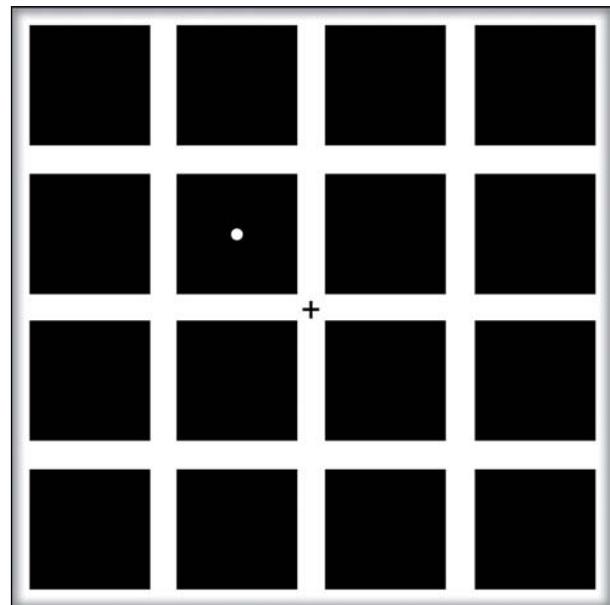


Figura 20b. Micromovimientos. Fijando el pequeño círculo blanco durante medio minuto, se pasa a mirar atentamente la cruz central de la cuadrícula de Hering. El individuo percibe la post-imagen de la rejilla blanca, observando que, lejos de encontrarse estable, está animada de pequeños micromovimientos.

dominancia ocular. Esta posición concluye con la práctica de oclusión unilateral (cover-uncover) para detección de estrabismo bajo mínima disociación y, también, el diagnóstico de pseudoestrabismo y microtropía. El test es optativo de poderlo situar a cualquier distancia que interese.

A continuación, manteniendo el paciente los ojos abiertos variamos la posición del test en sentido horizontal (+30° y -30°) comprobando de este modo el ángulo objetivo en posiciones laterales para detectar posibles incomitancias de versión (figs. 21-23). También situaremos el estímulo en posiciones verticales (+20° y -20°) buscando síndromes alfabéticos (figs. 24-26).

La variación de lugar del estímulo es aprovechada para determinar si hay, o no, nistagmo en alguna posición de mirada, y, en caso afirmativo, ver si existe zona de máximo y mínimo disturbio (bloqueo) (figs. 27-30).

Si hubiera nistagmo, pasamos a hacer la prueba específica de éste, en la que valoraremos el defecto con ojos abiertos, con uno y otro ojo ocluido, cuantificándolo en hercios (Hz).

5. Cover-Test alternante

A diferencia del estudio de fijación asociada (ambos ojos descubiertos), este apartado valora el ángulo de estrabismo en estado de máxima disociación. Al ocluir uno y otro ojo de modo alterno (*cover-test alternante*), podemos detectar incomitancias según ojo fijador (incomitancia de fijación). También, valores angulares con el añadido de foria (ángulos máximos). (figs. 31a-32b).

Existe la posibilidad de valorar mediante cover test alternante el ángulo objetivo en posición primaria, y en posiciones laterales y verti-

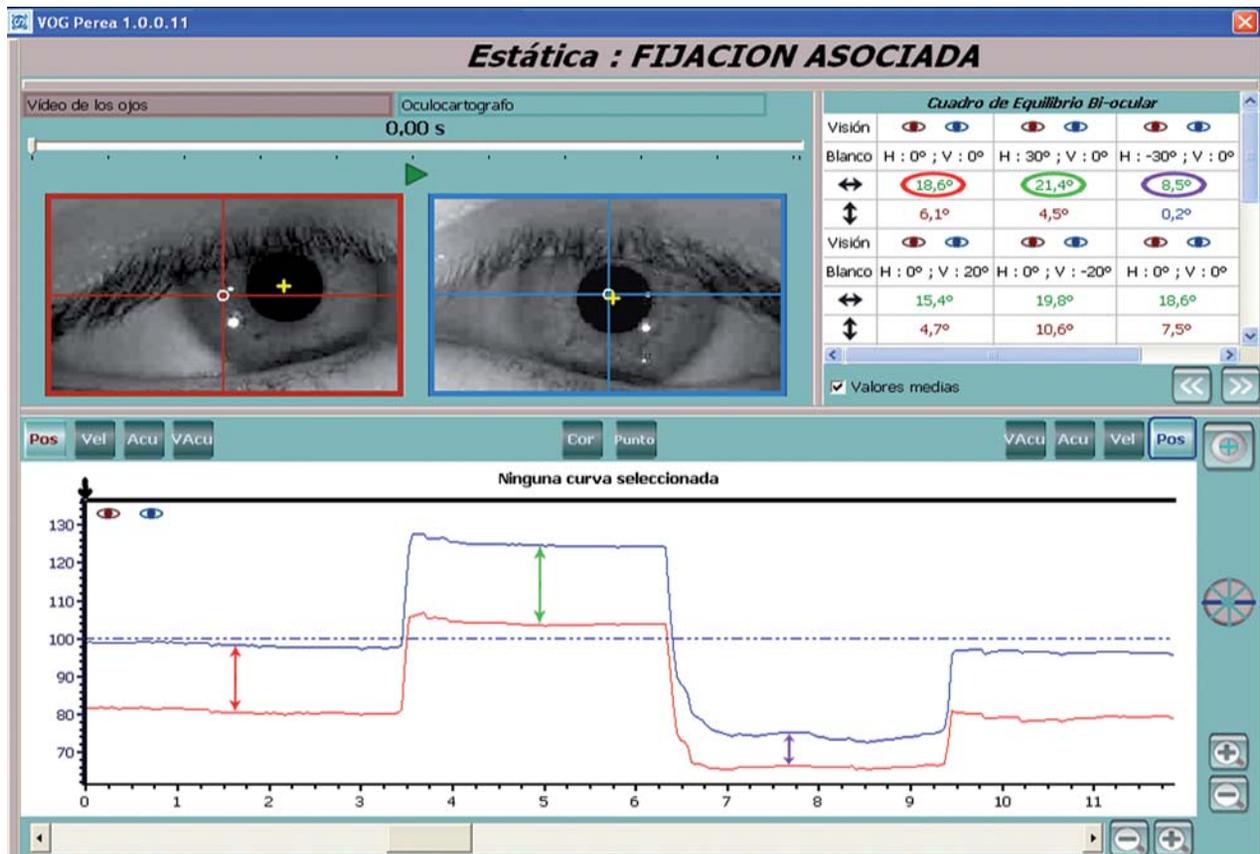


Figura 21. Incomitancia de versión. Como puede verse en el Cuadro de Equilibrio bi-ocular, en el eje 0° hay diferencia angular, tanto horizontal como vertical (la incomitancia de versión en el eje 0° se ha remarcado en colores, tanto en el Oculógrafo como en el Cuadro de Equilibrio bi-ocular). En lo que respecta al patrón alfabético la diferencia es de 4° entre la supra (15,4°) e infraversión (19,8°).

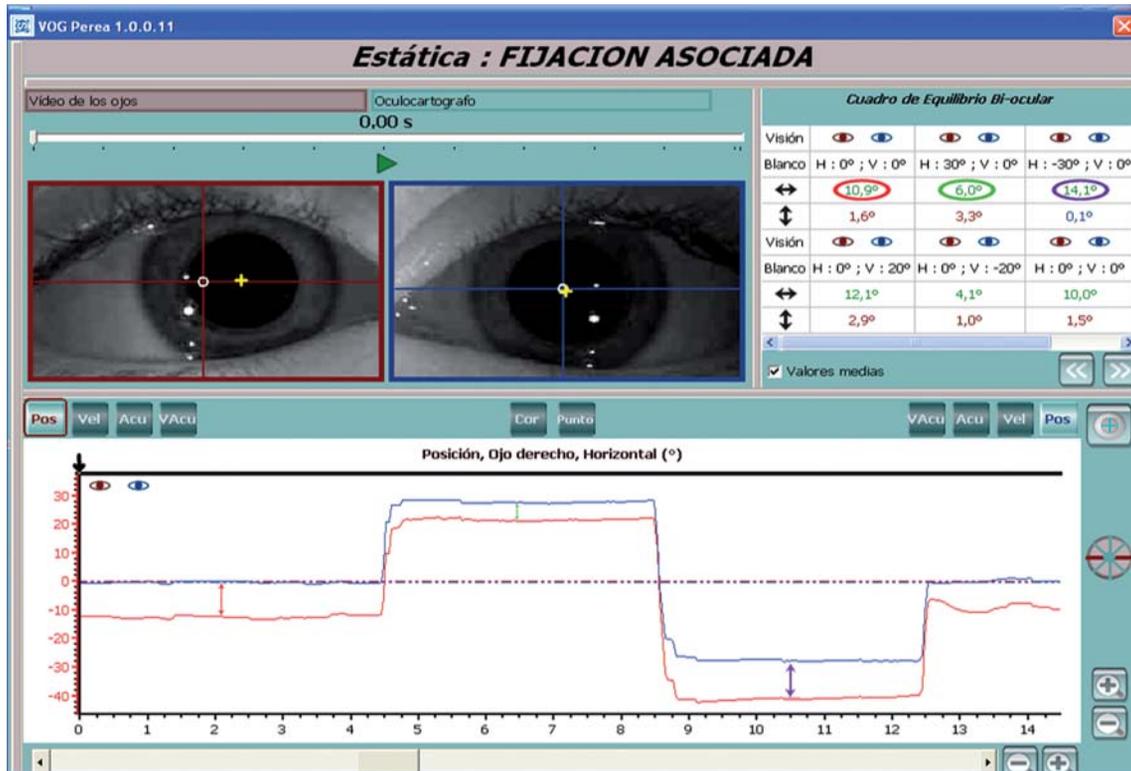


Figura 22. Otro caso de incomitancia de versión (10,9° de frente, 6,0° en dextroversión, y 14,1° en levoversión).

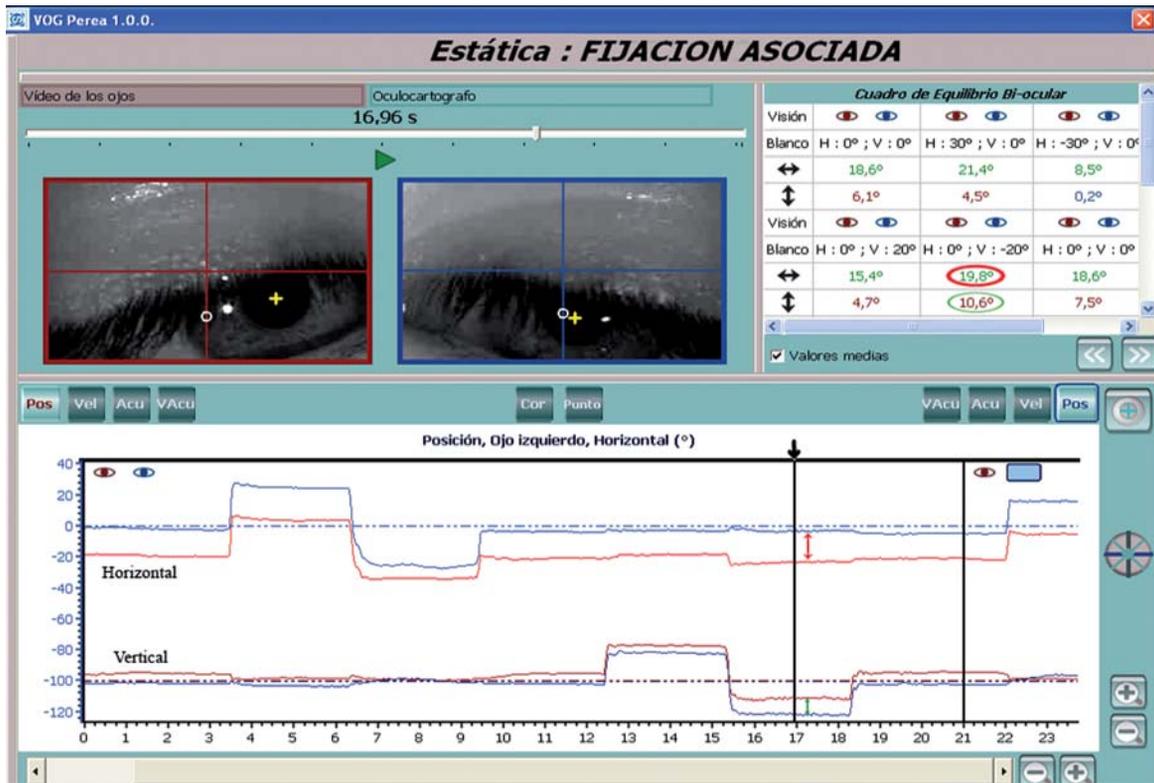


Figura 23. Corresponde al caso de la figura 21. Se aprecia, además de la endotropía en infraversión de 19,8° (gráfico superior del Oculógrafo), la dificultad del OD en llegar a su objetivo: se queda a 10,6° por encima del OI (ver el Cuadro de Equilibrio bi-ocular, en el Oculoscopio, y en el gráfico inferior del Oculógrafo).

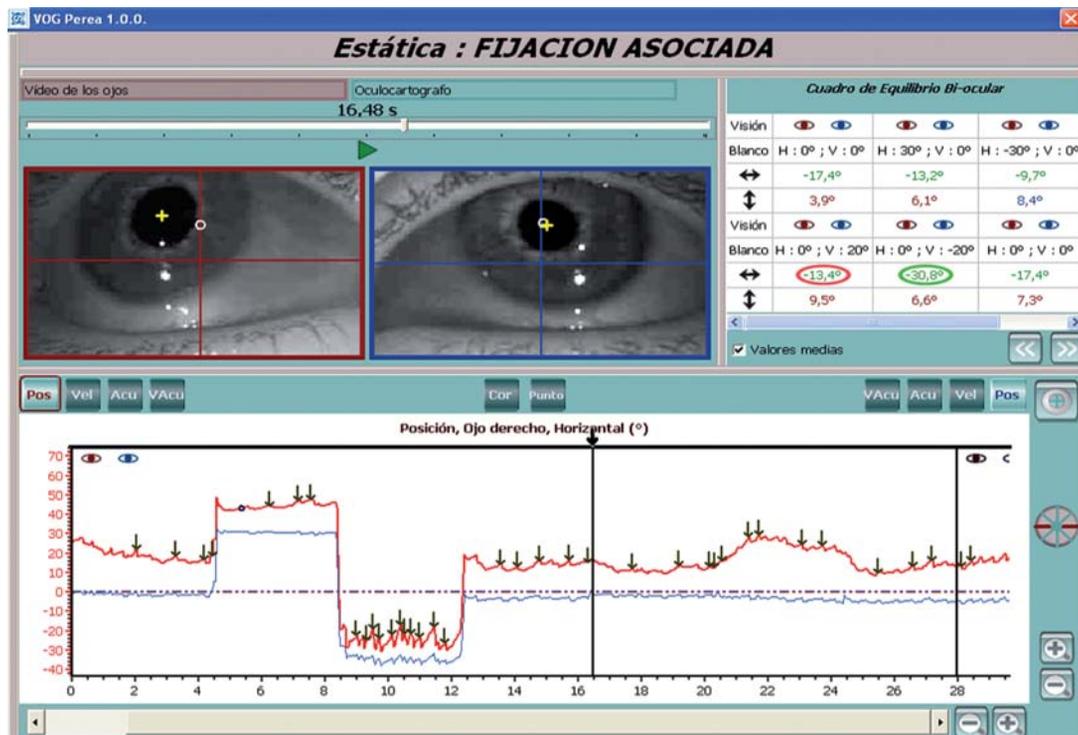


Figura 24. Este caso (con exotropía OD de $-17,4^\circ$ en PPM) presenta, también, incomitancia de versión (visible en el Cuadro de Equilibrio bi-ocular y en el Oculógrafo), síndrome en «A» ($-13,4^\circ$ en supraversión y $-30,8^\circ$ en infraversión, remarcado en color rojo y verde) y nistagmo con máximo disturbio en levoversión (reflejado en el Oculógrafo). El Oculoscopio indica el momento en el que el paciente se encuentra en supraversión ($-13,4^\circ$).

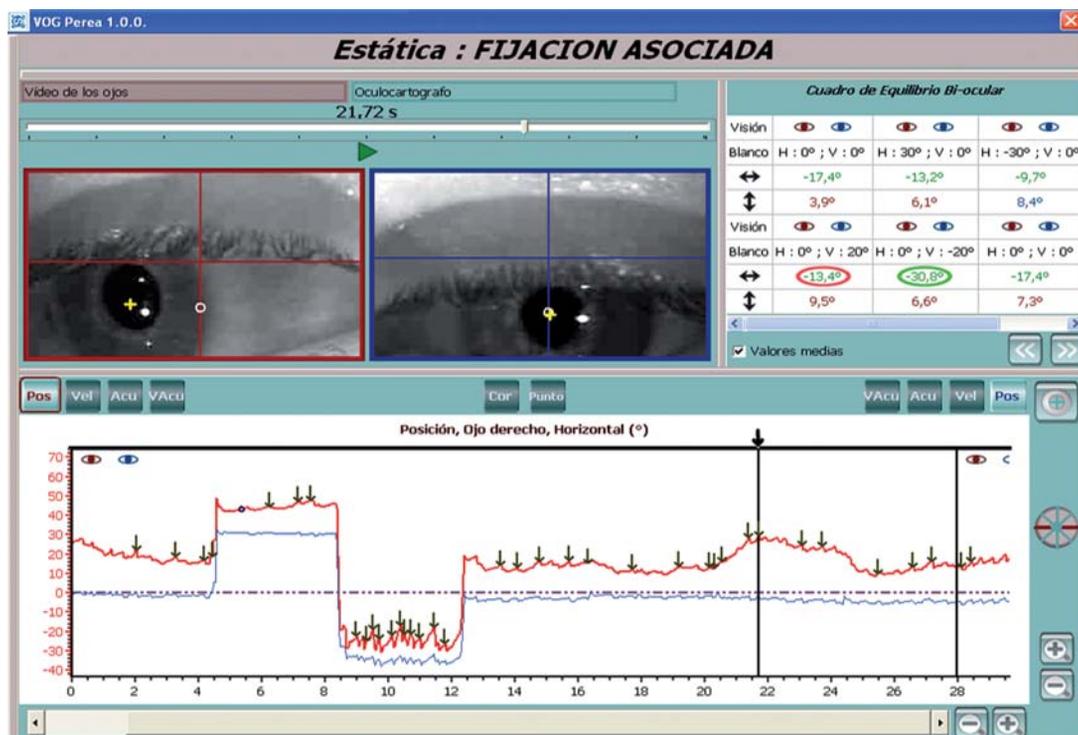


Figura 25. Corresponde al caso anterior para mostrar el patrón alfabético. El Oculoscopio recoge la posición de infraversión. El síndrome en A es patente en el Oculoscopio y Oculógrafo de las figuras 24 y 25, y también, en el Cuadro de Equilibrio bi-ocular (valores circundados en rojo y verde).

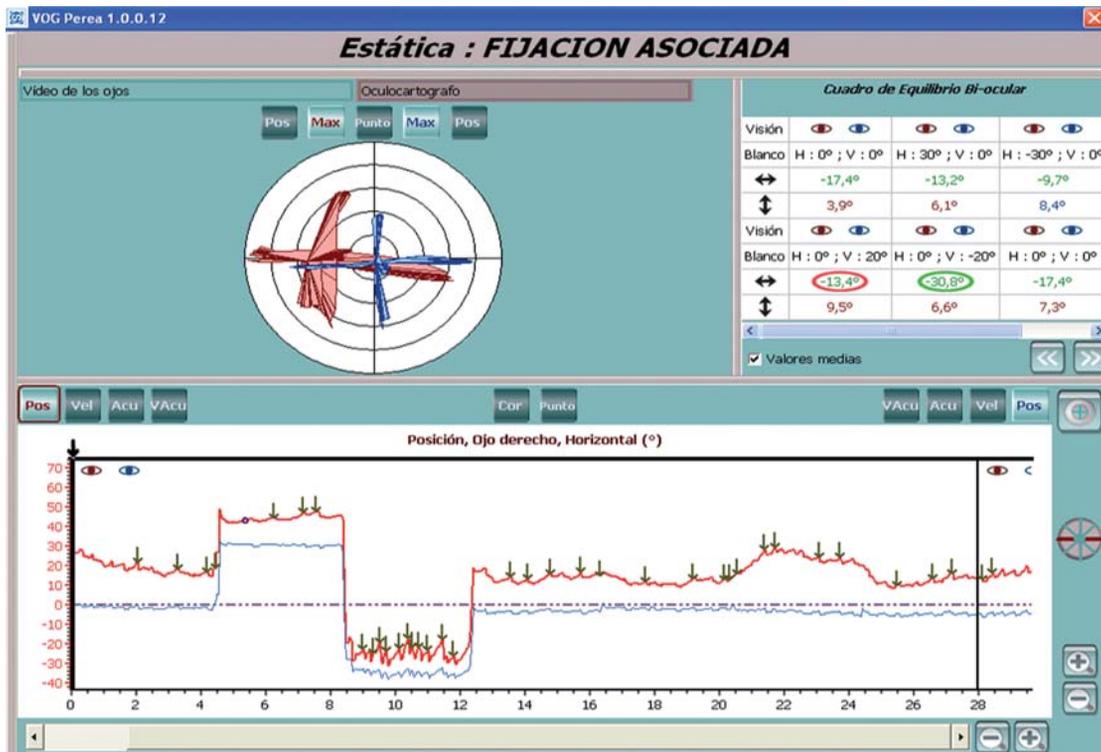


Figura 26. El Oculocartógrafo (Diagrama superior) refleja fielmente la exotropía del OD y el síndrome en «A» con mayor separación de los dos extremos inferiores de las ramas verticales de las dos cruces.

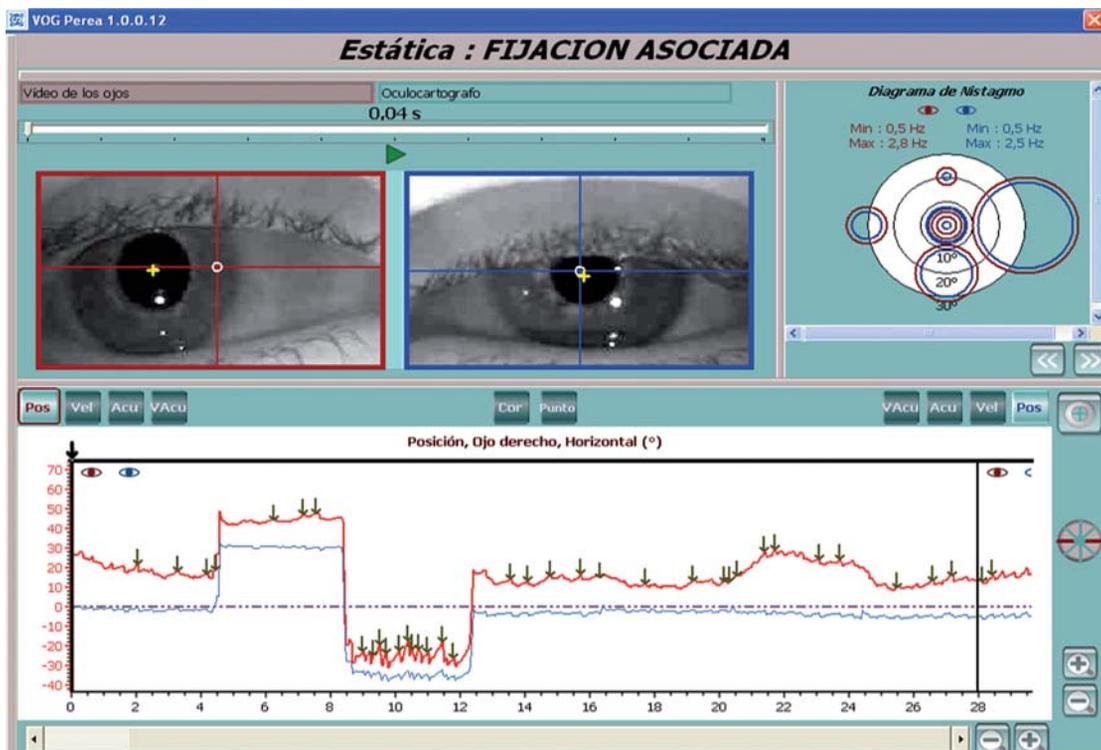


Figura 27. Mismo caso de las figuras 24, 25 y 26. El Diagrama de Nistagmo muestra, con los círculos más amplios, la zona de máximo disturbio, que es la posición de leversión reflejada en el Oculógrafo, referido al lugar que presenta mayor número de marcadores de nistagmo.

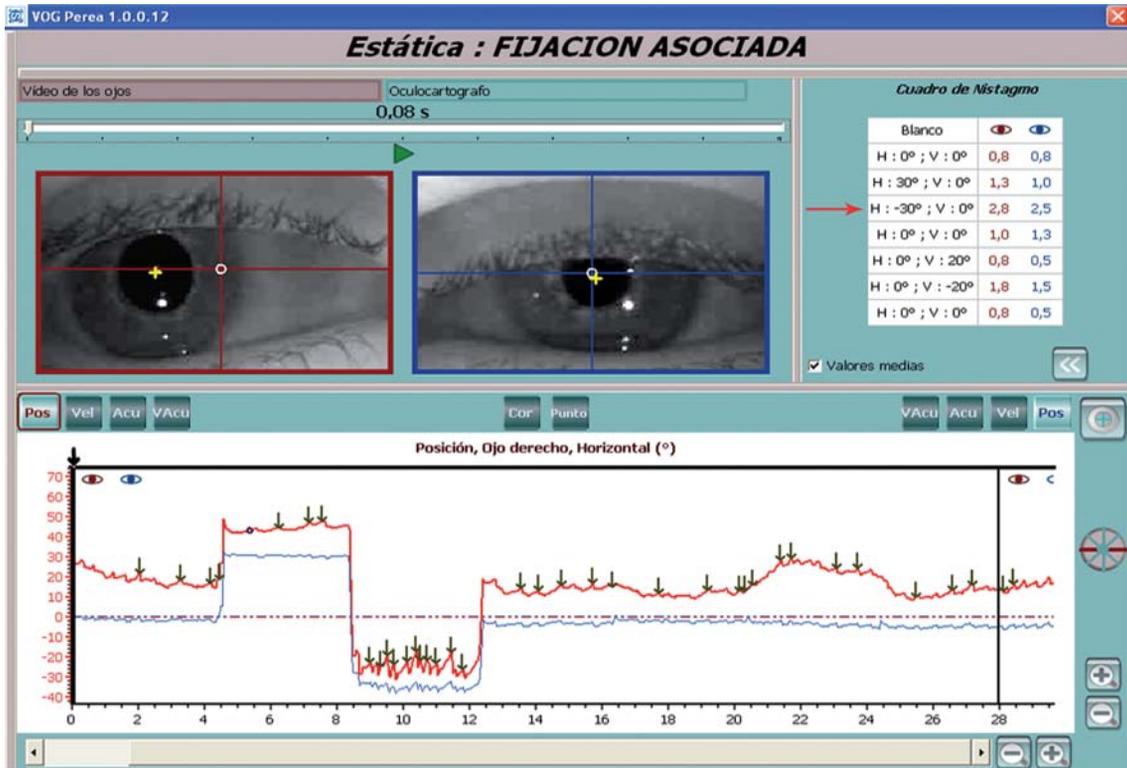


Figura 28. También corresponde al paciente anterior. El Cuadro de nistagmo refleja la frecuencia en hercios (Hz). Se ve que la mayor corresponde a la posición de levoversión (-30°), señalado con la flecha roja.

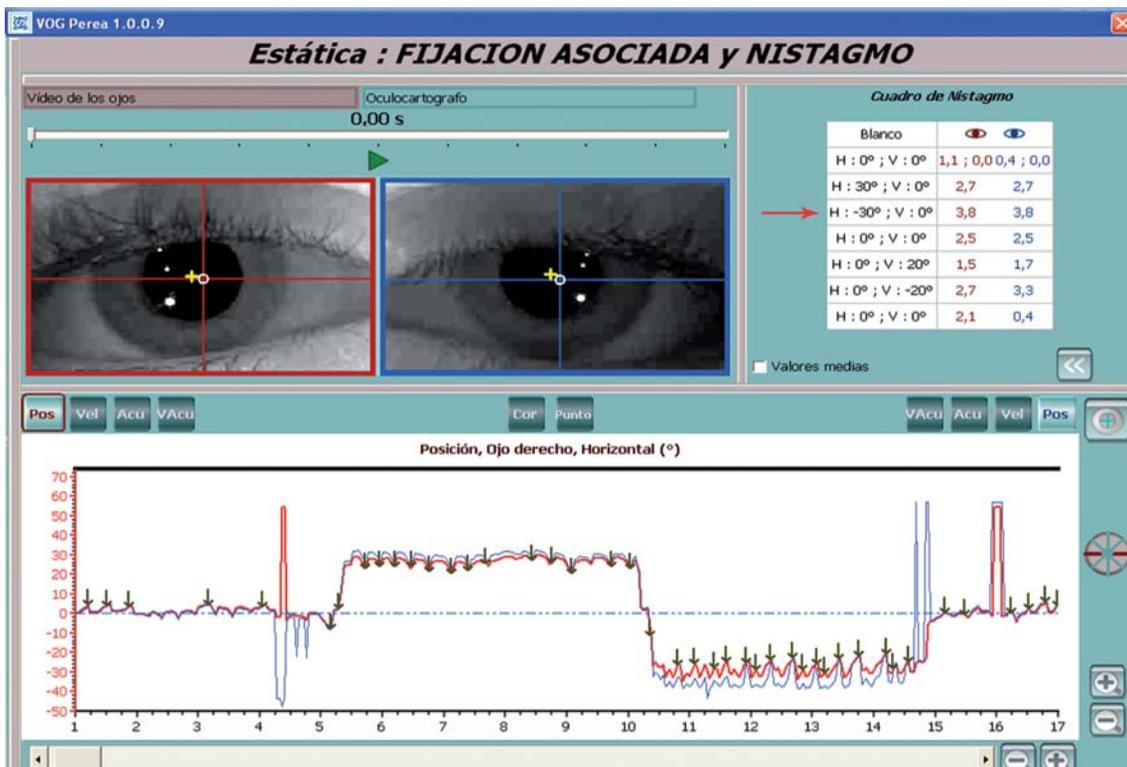


Figura 29. Nuevo caso de nistagmo con máximo disturbio en levoversión. Lo resalta la flecha roja del Cuadro de nistagmo, que aporta los valores de frecuencia en hercios (Hz).

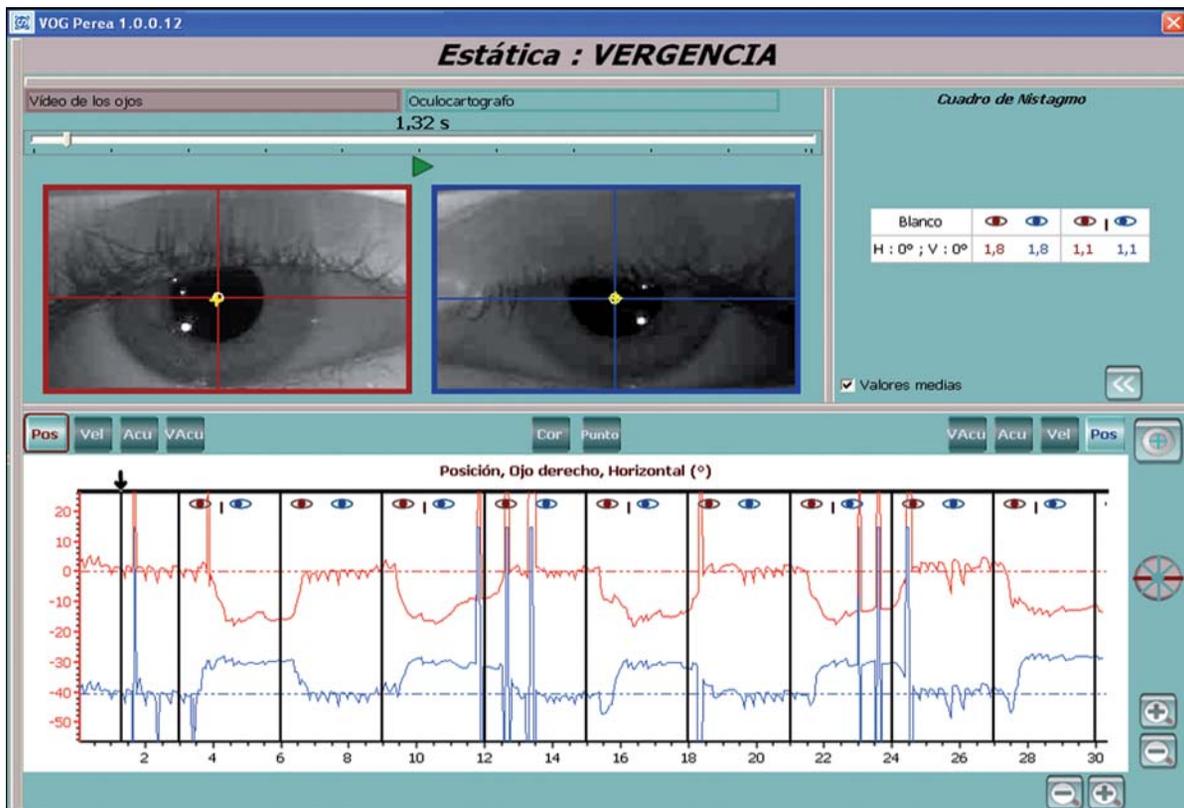


Figura 30. Nistagmo con bloqueo o, al menos, disminución importante de la frecuencia del mismo en convergencia.

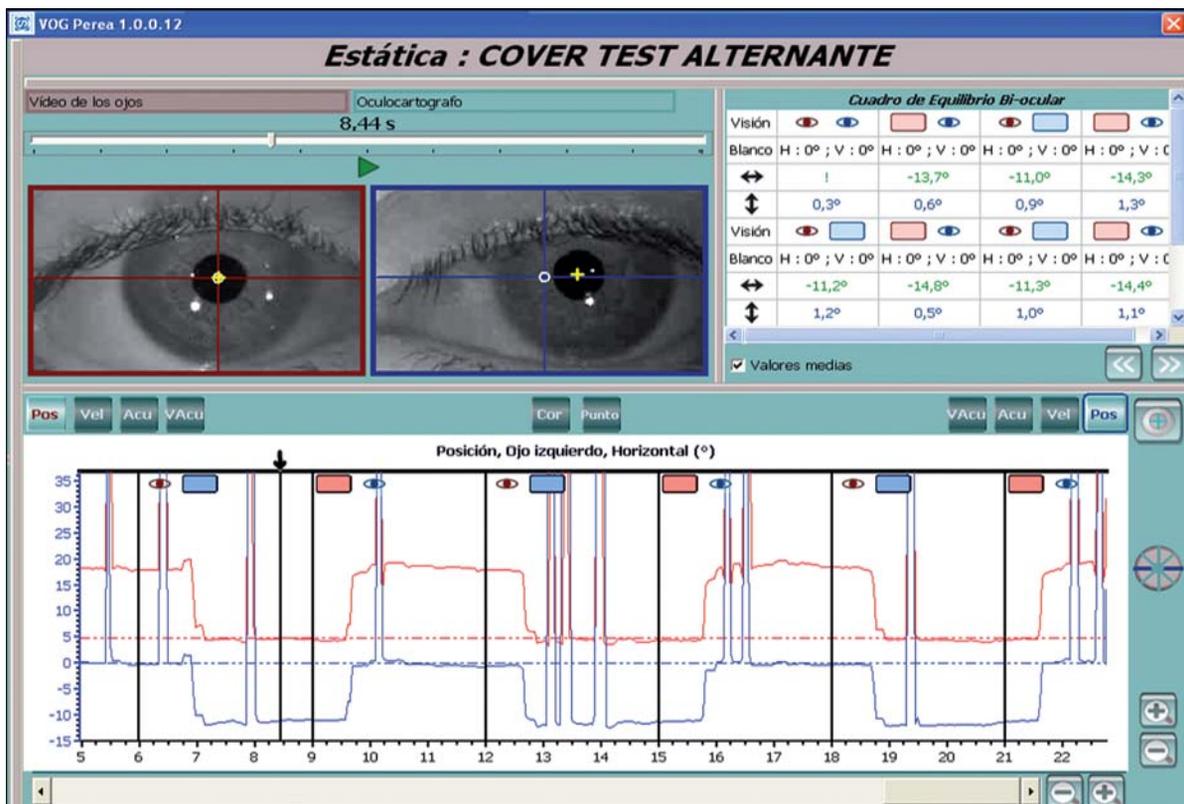


Figura 31a. Cover test alternante. Exotropía fijando OD. Los artefactos verticales de la gráfica son parpadeos.

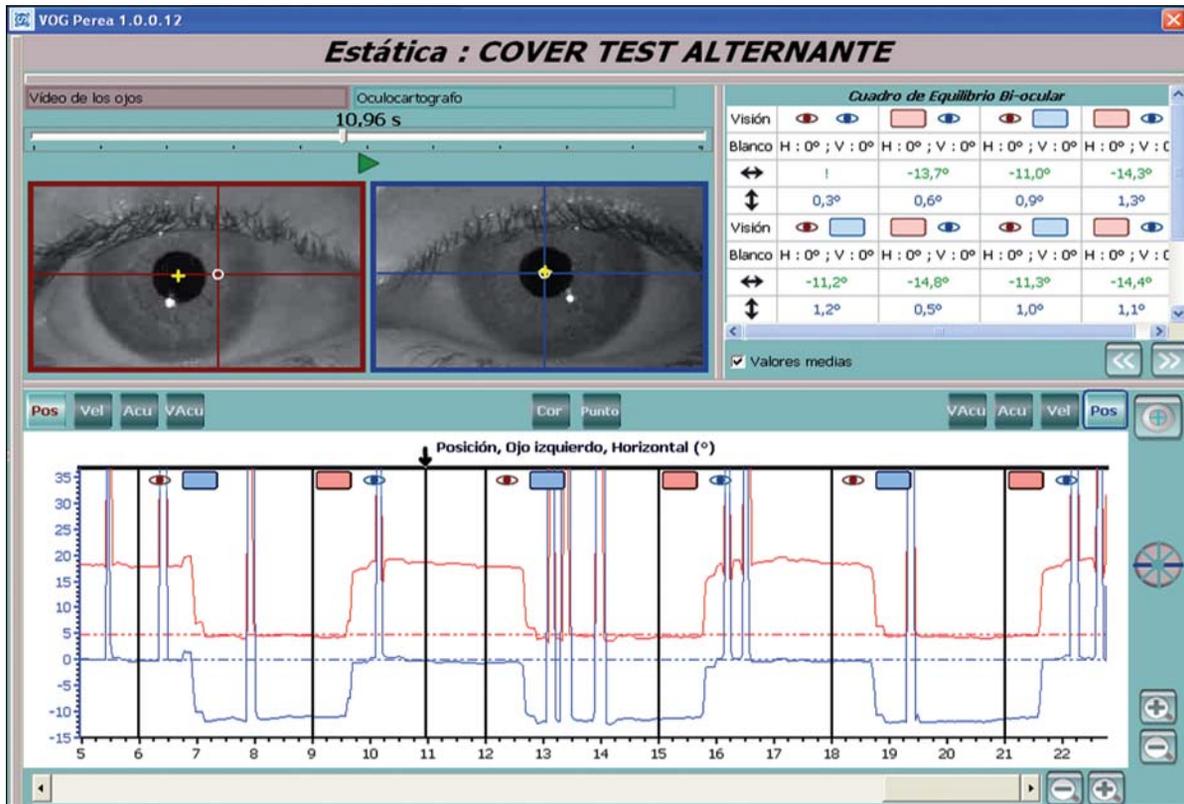


Figura 31b. Cover test alternante. Caso de la figura 31a fijando OI.

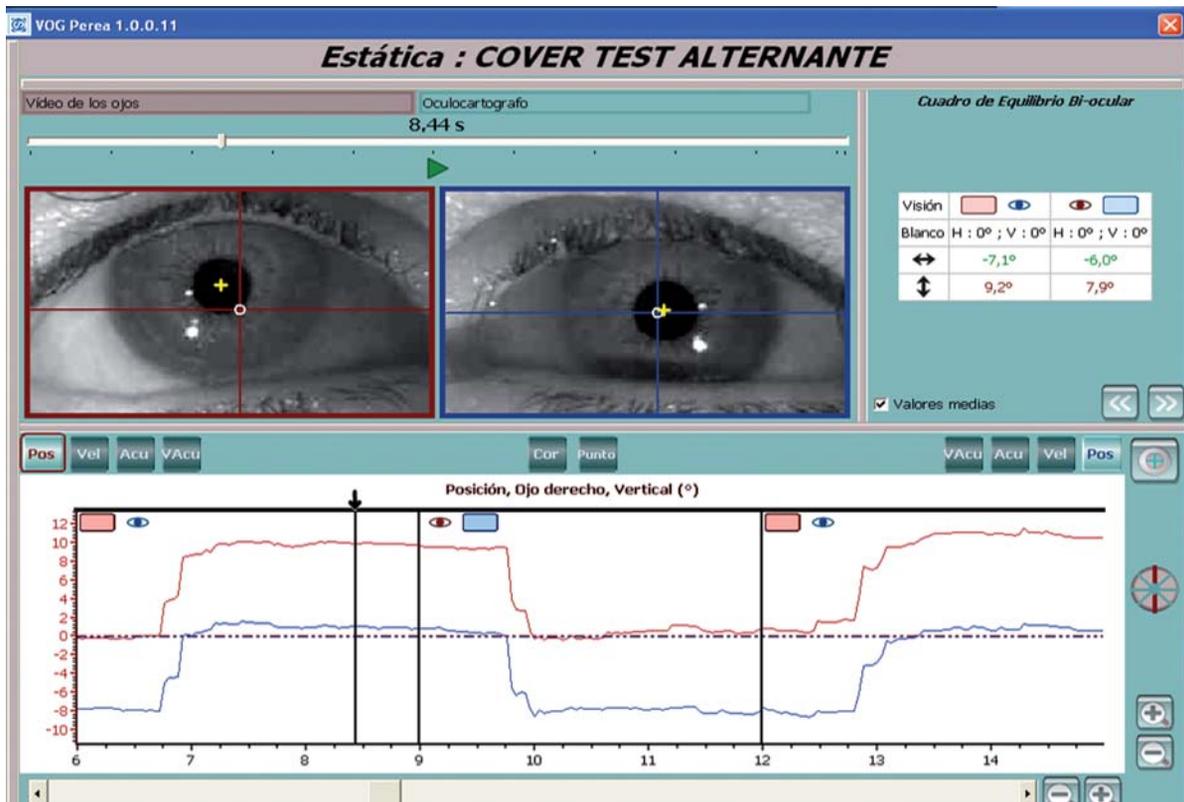


Figura 32a. Cover test alternante. Fijando OI, exotropía OD de -7,1° e hipertropía OD de 9,2°.

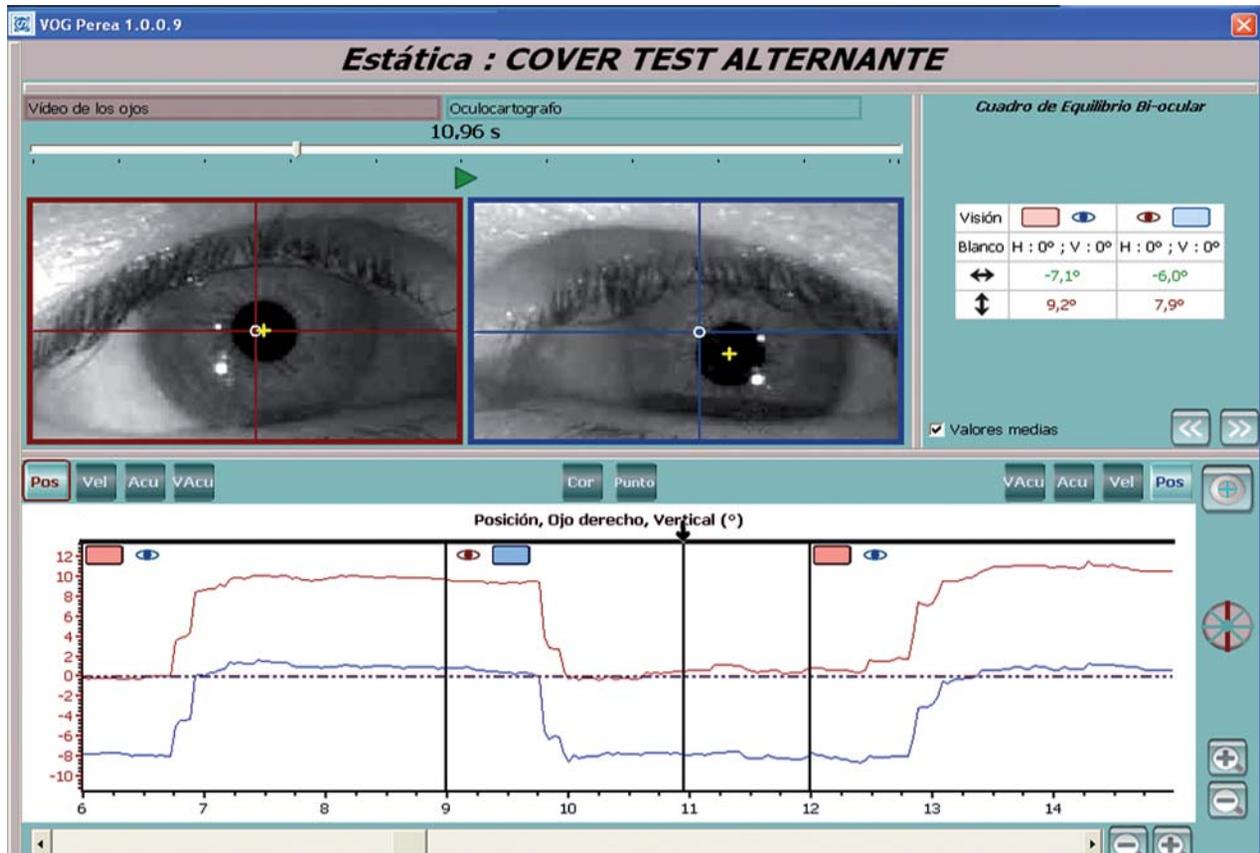


Figura 32b. Cover test alternante. Caso de la figura 32a, fijando OD. Exotropía OI de $-6,0^\circ$ e hipertropía OD de $7,9^\circ$. En el Cuadro de Equilibrio bi-ocular aparecen siempre los valores del ojo más alto: Si es el OD se verá en color rojo, si es el OI en color azul. En el caso que nos ocupa, en ambas situaciones, fijando uno y otro ojo, el OD está siempre más alto que su congénere (mayor diferencia cuando fija el OI).

cales buscando incomitancias de versión y síndromes alfabéticos.

La gran ventaja de la vídeo-oculografía sobre la cuantificación angular clásica es que esta exploración se realiza sin prismas. Adviértase que las lentes prismáticas a partir de 20 dioptrías introducen efecto de distorsión que dificulta la prueba. Un estrabismo de 25 grados corresponde a 47 dioptrías prismáticas, valor dióptrico que imposibilita totalmente su práctica.

6. Test de Irvine-Jampolsky (Test de las 4 dioptrías)

El test de Irvine (1944), difundido por Arthur Jampolsky en 1964, interpreta ciertos síntomas que pueden ser consecuencia de microtropía. Tales son: ambliopía funcional monocu-

lar y/o deficiente estereoagudeza en pacientes aparentemente ortotrópicos, en los que el cover-test es incapaz de diagnosticar la microdesviación.

La vídeo-oculografía permite cuantificar y registrar movimientos oculares muy pequeños (hasta medio grado). Así, es procedimiento muy útil para practicar el *test de las 4 dioptrías* de Irvine-Jampolsky (figs. 33a y 33b).

La vídeo-oculografía demuestra los hechos siguientes:

I. El test de las 4 dioptrías tiene todo valor en términos absolutos para diagnosticar la microtropía. Magnífico test y extraordinariamente práctico, pero hay que interpretarlo adecuadamente. Se trata de comparar el microefecto al anteponer el prisma a uno y otro ojo, con resultado de movimiento bi-ocular cuando se hace ante el ojo dominante y ausencia de movi-

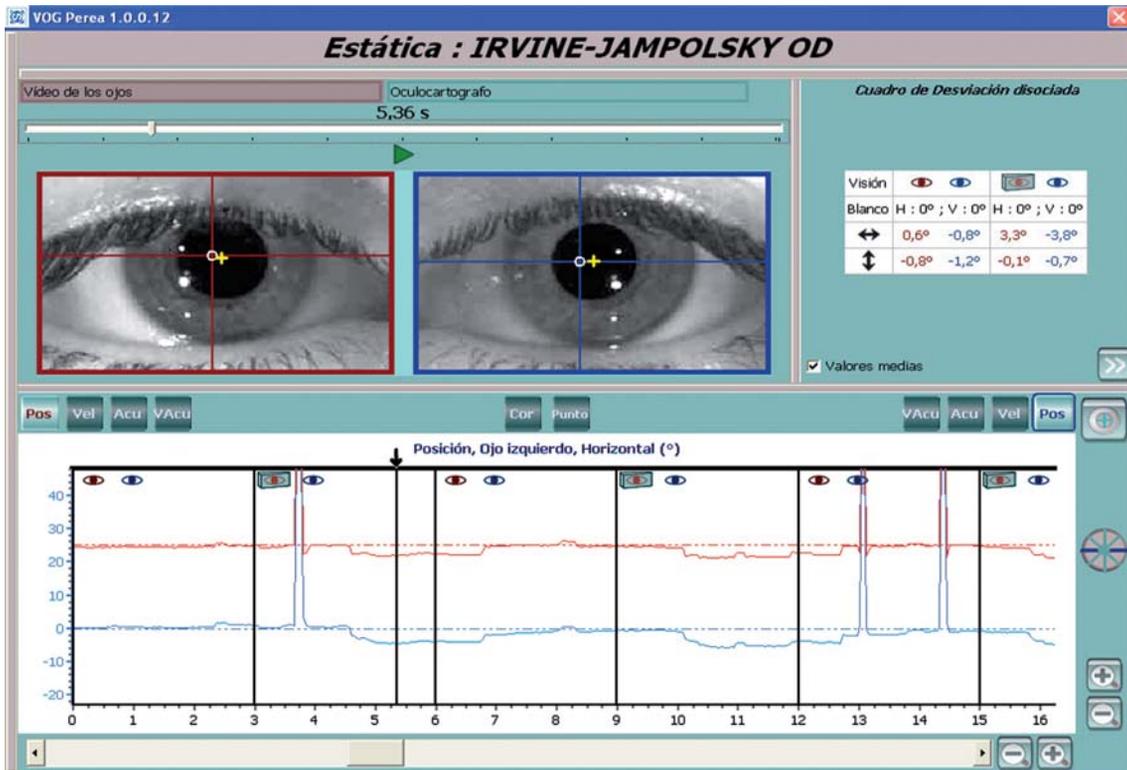


Figura 33a. Microtropía. Al anteponer el prisma de 4 dioptrías (base temporal) al ojo director (OD), hay desplazamiento aductor de este ojo prismado, que le acompaña su homólogo (OI) en virtud de la Ley de Hering.

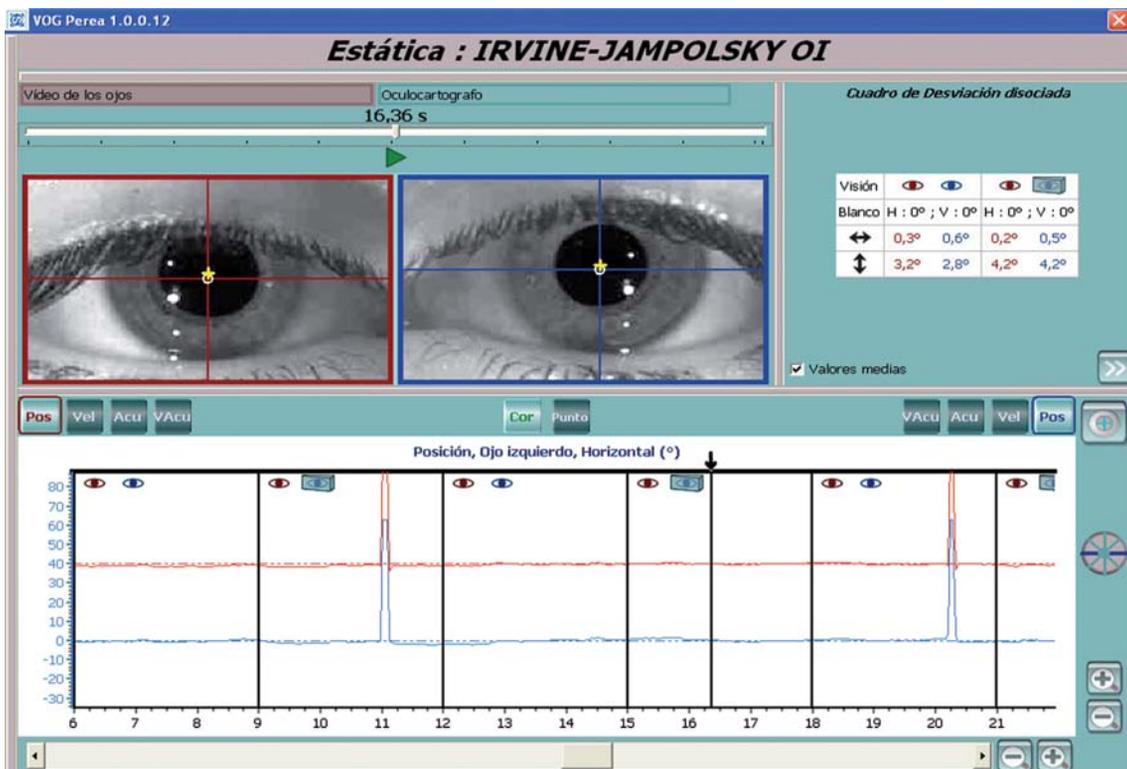


Figura 33b. Microtropía. Enfermo de la figura 33a. Si el prisma de 4 dioptrías (base temporal) se sitúa ante el ojo no-director (OI), al recaer la imagen en el «escotoma de Harms» no se produce movimiento alguno.

miento al realizarlo sobre el ojo desviado, debido al escotoma de neutralización de la microtropía, que se extiende desde el «*punto zero*» de Jampolsky hasta la fovea del ojo desviado (*escotoma de Harms*). «*Aquí debe terminar el estudio*», sin hacer comparación alguna sobre lo que sucede en el paciente normal, donde pueden acontecer no una, como hasta ahora hemos venido diciendo, sino varias situaciones.

II. En el test de las 4 dioptrías prismáticas no tiene interés alguno hacer comparaciones entre lo que ocurre en microtropía y ortotropía, pues este dato puede inducir a confusión, debido a que en el paciente normal el prisma de 4 D base temporal antepuesto a un ojo puede provocar no uno, sino diferentes resultados. Hasta el momento presente, nuestra investigación por vídeo-oculografía ha detectado hasta 4 tipos clínicos (A, B, C y D), y no uno como hasta ahora, usualmente, se ha venido admitiendo.

1.ª opinión: Rodman Irvine (1944), David Romero Apis (2000), Julio Prieto-Carlos Souza (2005) y José Perea (2008) afirmaron que cuando el prisma de 4 D base temporal se antepone a un ojo en el individuo normal (con buena fusión), mientras que el otro ojo sigue fijando el estímulo, el ojo prismado realiza un movimiento lento de convergencia de fusión asimétrica para compensar la diplopía funcional que el prisma provoca.

2.ª opinión: Julio Alberto Mocerrea (1978), Joseph Lang (1973), Annette Spielmann (1989), Suzane Veroneau Troutman (1997) y von Noorden (1997) escriben que lo que ocurre es que el prisma de 4 D base temporal puesto delante de un ojo, al ocasionar la diplopía correspondiente induce un movimiento de aducción de este ojo para mantener la fijación, que se acompaña de otro desplazamiento conjugado de abducción de su homólogo, en virtud de la ley de Hering, siendo este último el que al final realiza el movimiento de convergencia de fusión asimétrica.

Es decir, dos opiniones distintas y totalmente dispares, que justifican que el test de Irvine-Jampolsky haya tenido detractores, pues era muy difícil valorar directamente estos movimientos sin poseer medios técnicos.

III. Hasta el momento actual, mediante vídeo-oculografía realizada en pacientes normales, he detectado los tipos clínicos siguientes:

Tipo A: El ojo prismado hace un movimiento lento de convergencia fusional asimétrica para fusionar con el otro ojo la imagen que ha desplazado el prisma en él.

Tipo B: Ausencia de movimiento en los dos ojos. El ojo no prismado sigue fijando el test, y el otro es incapaz de hacer el movimiento de convergencia fusional, manteniéndose la diplopía cruzada que desde el primer momento provocó el prisma.

Tipo C: El ojo prismado realiza un movimiento de aducción rápido, que es acompañado por el otro ojo en un sacádico conjugado, de acuerdo a la ley de Hering. El paciente es incapaz de modificar esta situación, por lo que seguirá en situación de diplopía cruzada.

Tipo D: El ojo prismado hace un movimiento de refijación aductora para situar la imagen retiniana desplazada por el prisma sobre su fovea, lo que conlleva un sacádico del otro ojo cumpliendo la ley de Hering. Finalmente este ojo no prismado realiza un movimiento de convergencia fusional asimétrica para evitar la diplopía provocada por el prisma.

7. Ducciones

El estudio de las ducciones con el vídeo-oculógrafo aporta más rigor que el que se realiza con linterna de forma habitual en clínica. Puede comprobarse el estado del campo de mirada del paciente. Es, asimismo, procedimiento recomendable a utilizar cuando se inicia el estudio de parálisis.

8. Versiones

El estudio de las versiones es, tal vez, la aplicación más importante que puede hacerse con videocámara. La exploración se realiza en binocular y monocular, fijando uno y otro ojo. Como característica más importante de la gráfica obtenida en el individuo normal es la

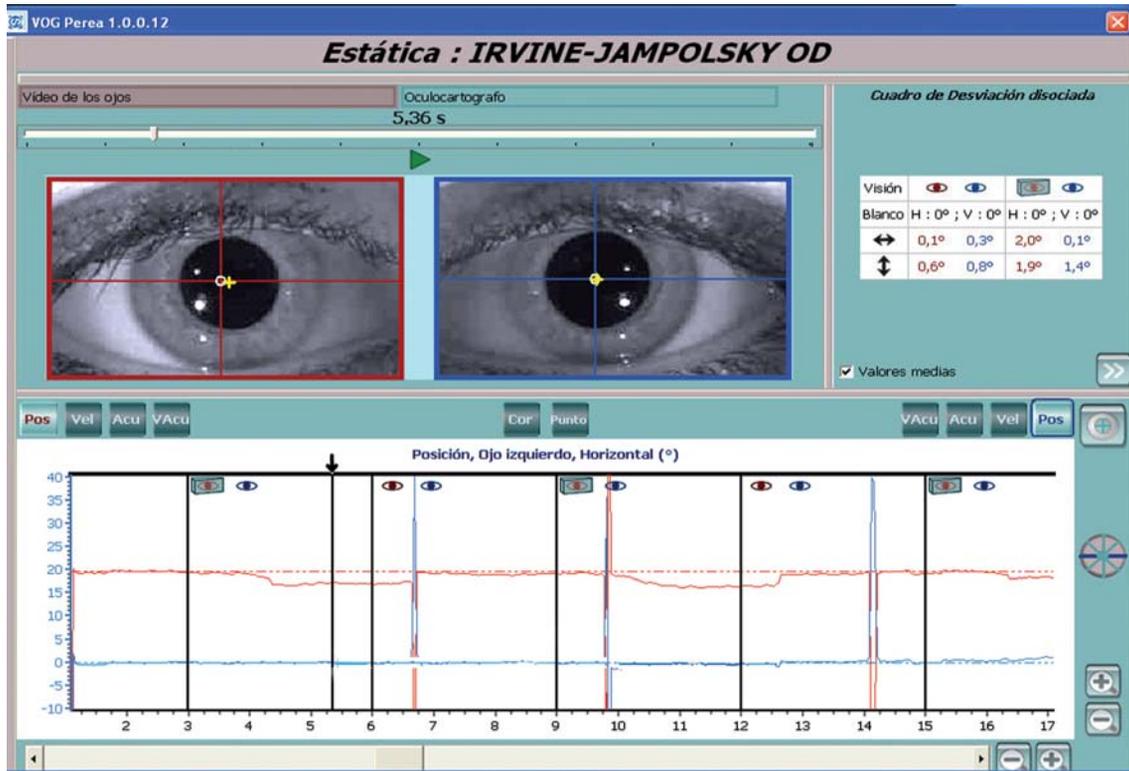


Figura 34. Test de las 4 D en paciente normal. Tipo clínico A de mi clasificación. En la gráfica del Oculoscopio se ve la línea recta de OI que mantiene la fijación y el movimiento «lento» de convergencia fusional asimétrica del OD prismado.

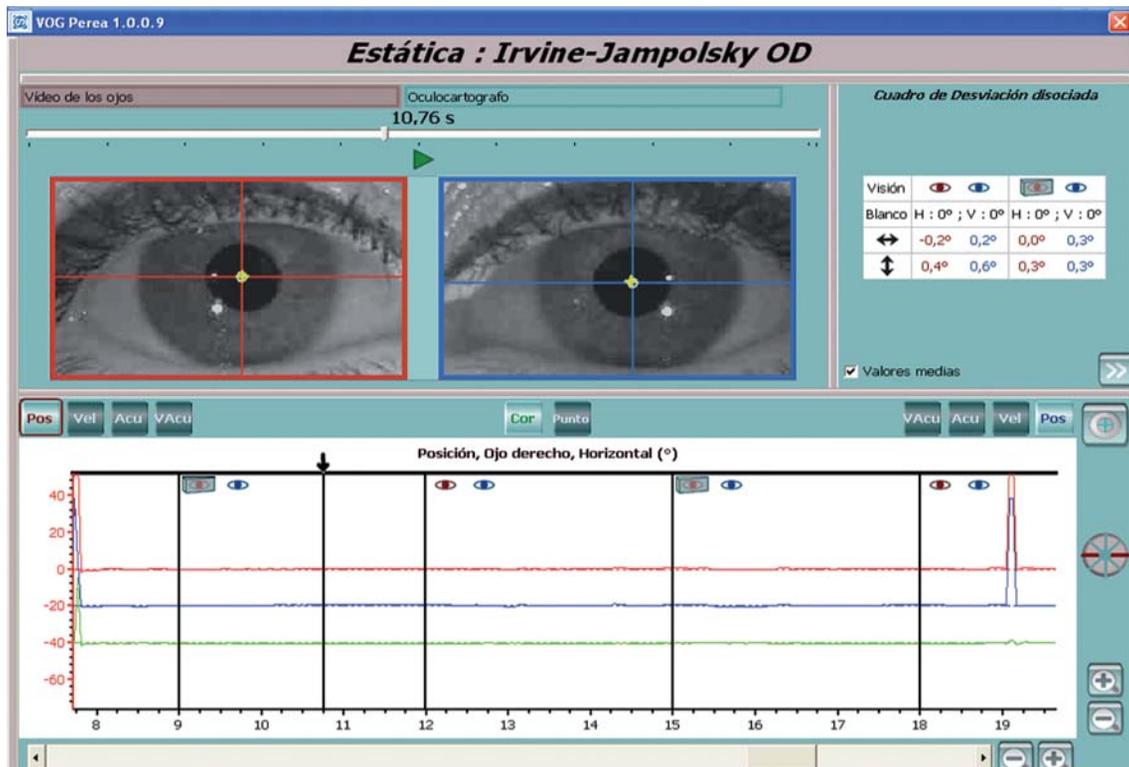


Figura 35. Test de las 4 D en paciente normal. Tipo clínico B. Al anteponer el prisma al OD no se aprecia movimiento alguno en ambos ojos.

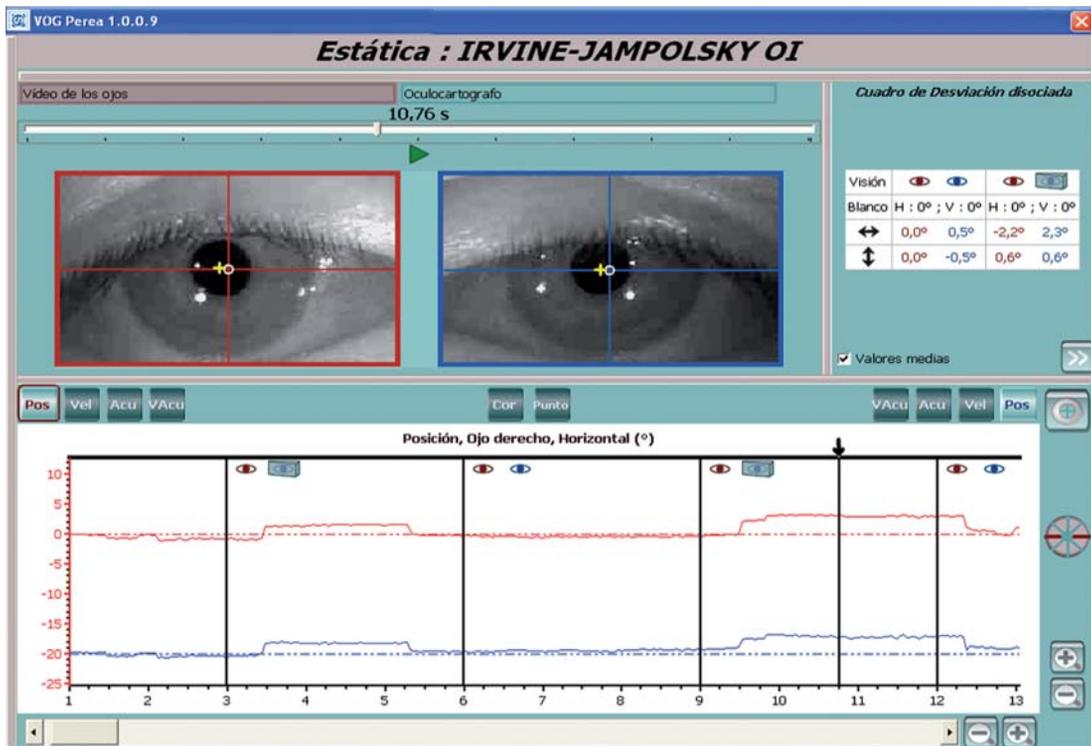


Figura 36. Test de las 4 D en paciente normal. Tipo clínico C. En este otro paciente, al colocar el prisma ante el OI hay movimiento «rápido» de aducción de este ojo, acompañado por otro conjugado del OD, sin poder fusionar ambas imágenes para vencer la diplopía cruzada provocada por el prisma.

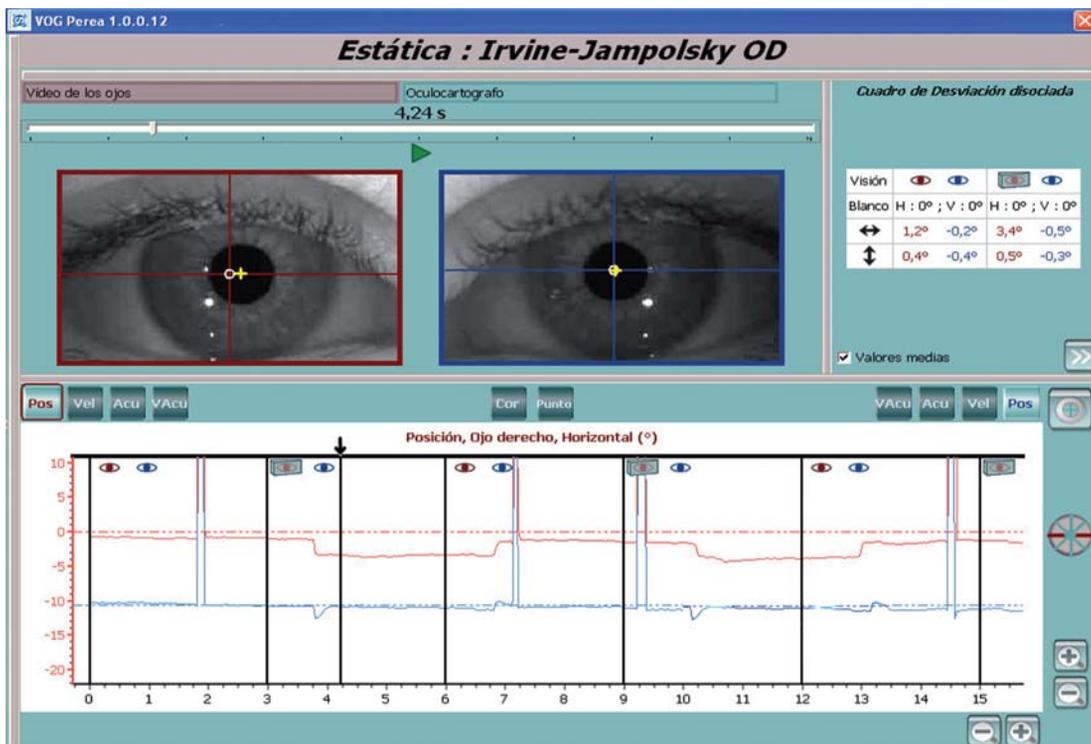


Figura 37. Test de las 4 D en paciente normal. Tipo clínico D. En este tipo clínico, el prisma situado ante el ojo derecho induce un movimiento «rápido» de aducción de este ojo, que acompaña en movimiento conjugado (Ley de Hering) el OI. A partir de este momento el OI recompone la fusión por convergencia asimétrica de este ojo.

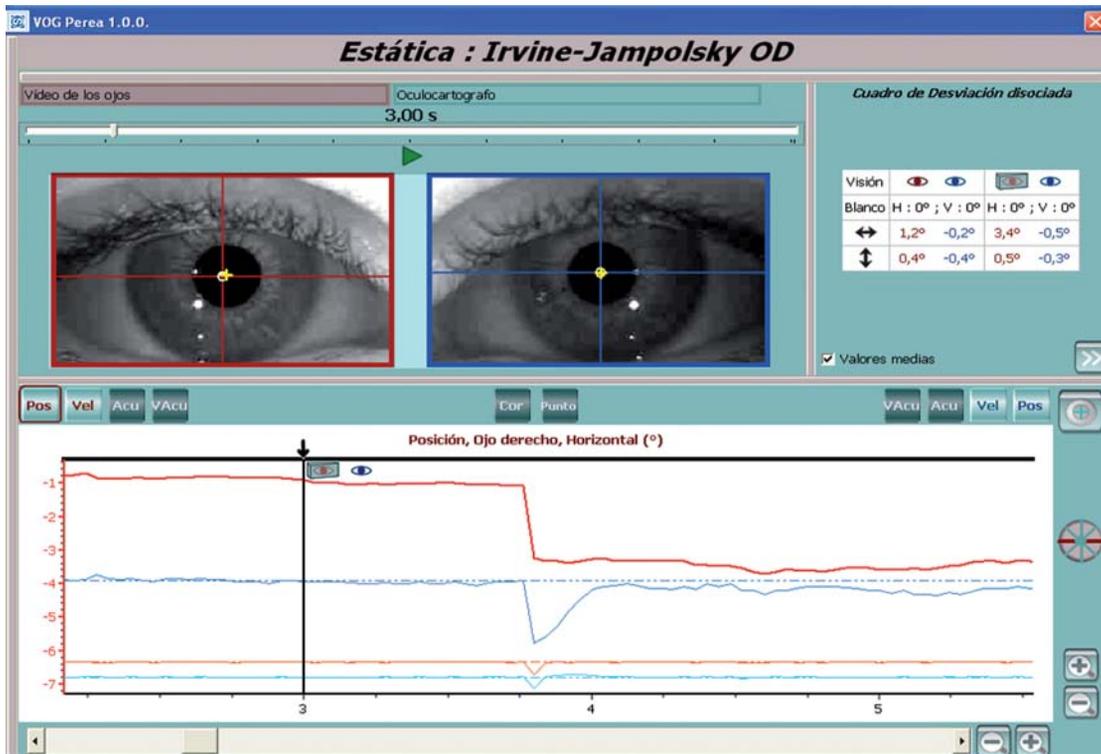


Figura 37a. Caso de la figura 37. Representa el momento (3,00s) en el que se antepone al OD el prisma de 4 D base externa. Antes de iniciar el movimiento hay un período de latencia (en este caso de 760 ms), como puede verse comparando la figura 1 y la figura 2 [ésta representa el instante (3,76s) de inicio del movimiento].



Figura 37b. Momento (3,76s) en el que termina la fase de latencia y el OD va a comenzar el movimiento aductor (rápido) para situar la imagen del objeto fijado sobre su fovea.

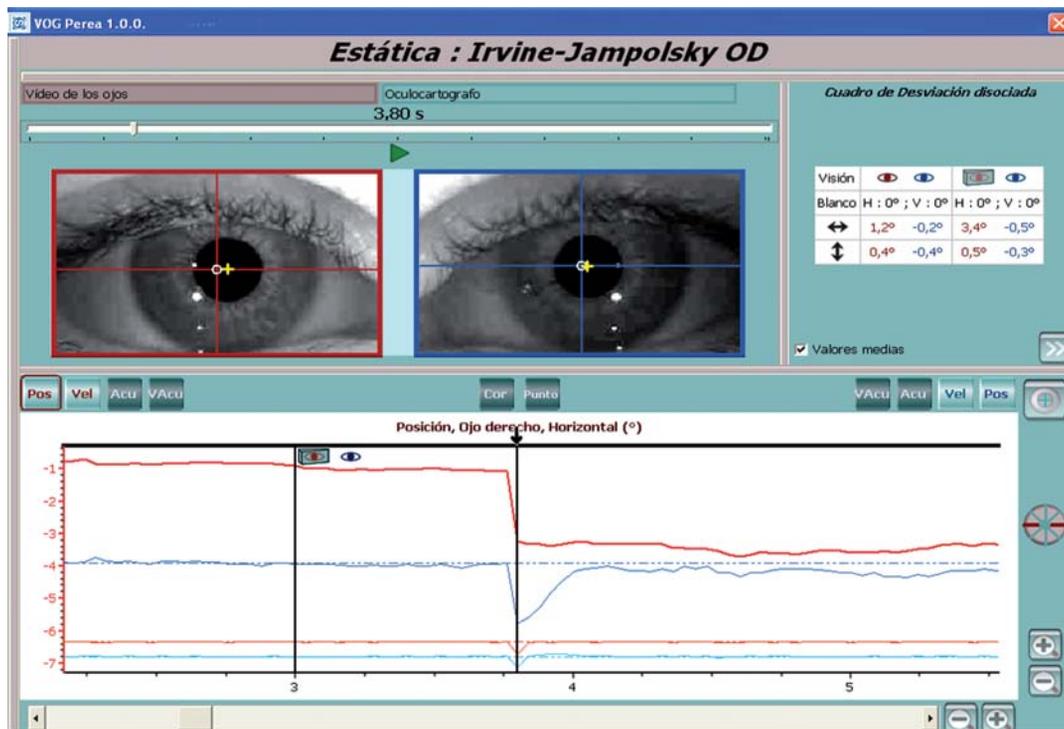


Figura 37c. El ojo con prisma (OD) realiza un movimiento de aducción para situar la fóvea en el lugar donde ha sido desplazada la imagen en la retina de este ojo prismado. Al tiempo, el ojo sin prisma (OI) es arrastrado, por la ley de Hering, en movimiento conjugado sacádico por el del ojo derecho. El paciente queda en situación de diplopía. En el Oculoscopio se ve cómo los dos ojos efectúan el mismo movimiento en correspondencia motora. Las velocidades del movimiento, reflejadas en las dos gráficas inferiores son, asimismo, perfectamente sinérgicas.



Figura 37d. El ojo sin prisma (OI) recompone la situación con un movimiento lento de aducción (convergencia fusional asimétrica), para vencer la diplopía. En el Oculoscopio se aprecia el OD con la desviación de 4 dioptrías (2°) debido al prisma, mientras que el OI está perfectamente recto fusionando con su homólogo.

correspondencia motora, sinergia o congruencia, que resulta en virtud de la ley de Hering (1879) y de la Ley de Equivalencia Motora de Quére. Gráficas exactas de los dos ojos en morfología, amplitud y velocidad. Son:

- Movimientos sacádicos: Binocular y monocular (fij. OD y fij. OI) (figs. 38-43).
- Movimientos de seguimiento: Binocular y monocular (fij. OD y fij. OI) (figs. 44-50).
- Nistagmo optocinético: Binocular y monocular (fij. OD y fij. OI) (figs. 51 y 52).

Estos movimientos de versión se efectúan en sentido horizontal, vertical, y oblicuo (derecho e izquierdo). Es decir, partiendo de la posición primaria de mirada, verificaremos las respuestas de los movimientos ejecutados hacia las posiciones secundarias (dextro-levo versión y supra-infraversión) y terciarias (supra-dextro,

infra-dextro versión y supra-levo e infla-levo versión).

9. Coordimetría sacádica y de seguimiento

Es la prueba fundamental a practicar en paresias y parálisis óculomotoras. También en síndromes restrictivos. Sustituye la pantalla de Lancaster, con la ventaja de poderse realizar a pacientes con correspondencia retiniana anómala (figs. 55-58).

10. Vergencias

Las vergencias permiten al individuo fijar objetos a diferentes distancias. Este movimien-

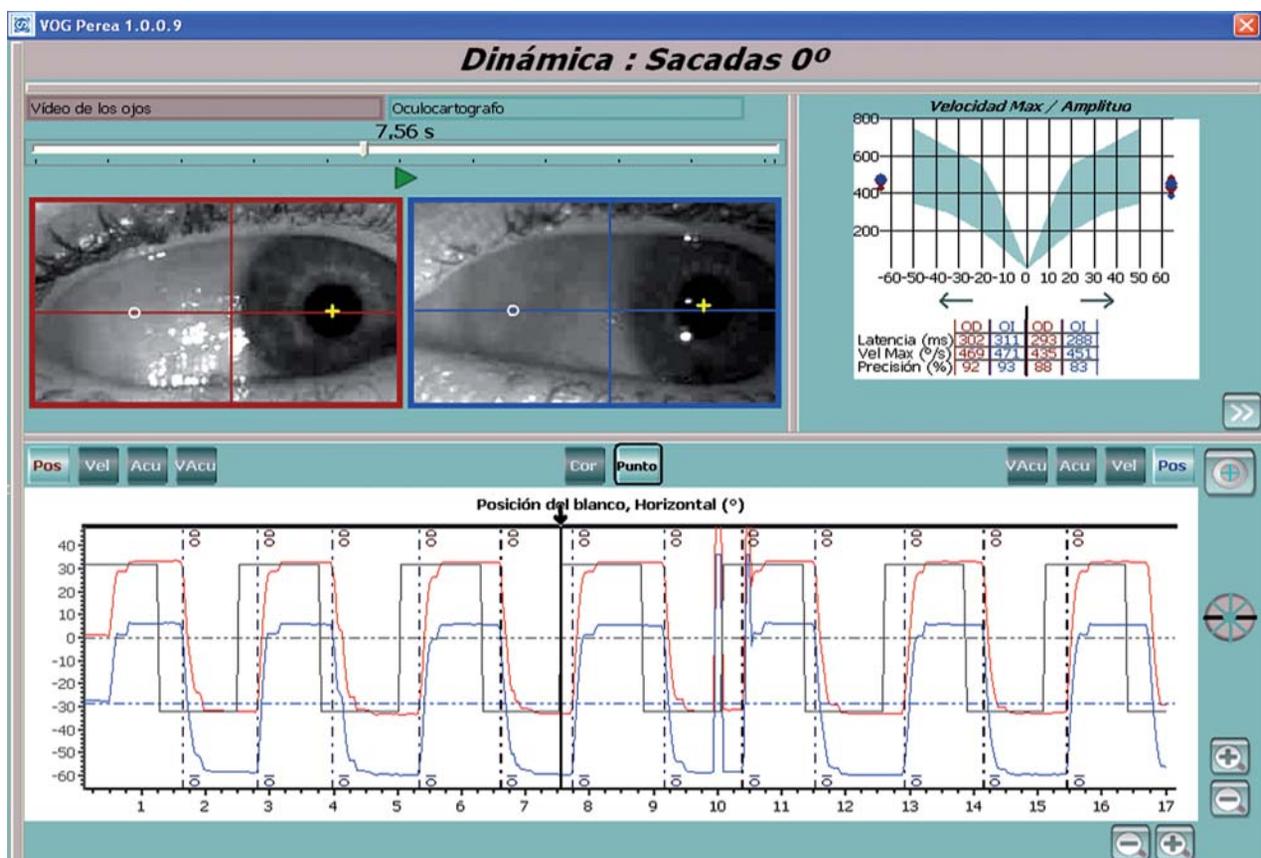


Figura 38. Movimientos sacádicos. El OD (en rojo) mantiene correspondencia motora con el OI (en azul). La gráfica gris muestra el «testigo», o sea, el movimiento que hace el estímulo que han de seguir fielmente ambos ojos. El testigo (gris) es el referente para determinar la latencia. La marca vertical gris discontinua señala el inicio del movimiento de los ojos. El Oculoscopio indica el instante (7,56s), en el que se ha movido el estímulo (circulo blanco), también marcado en el Oculógrafo (como se ve coincide el momento (flecha negra) con el inicio de la gráfica gris (estímulo)). El Diagrama del ángulo superior derecho señala las medias de los parámetros: latencia, velocidad máxima y precisión.

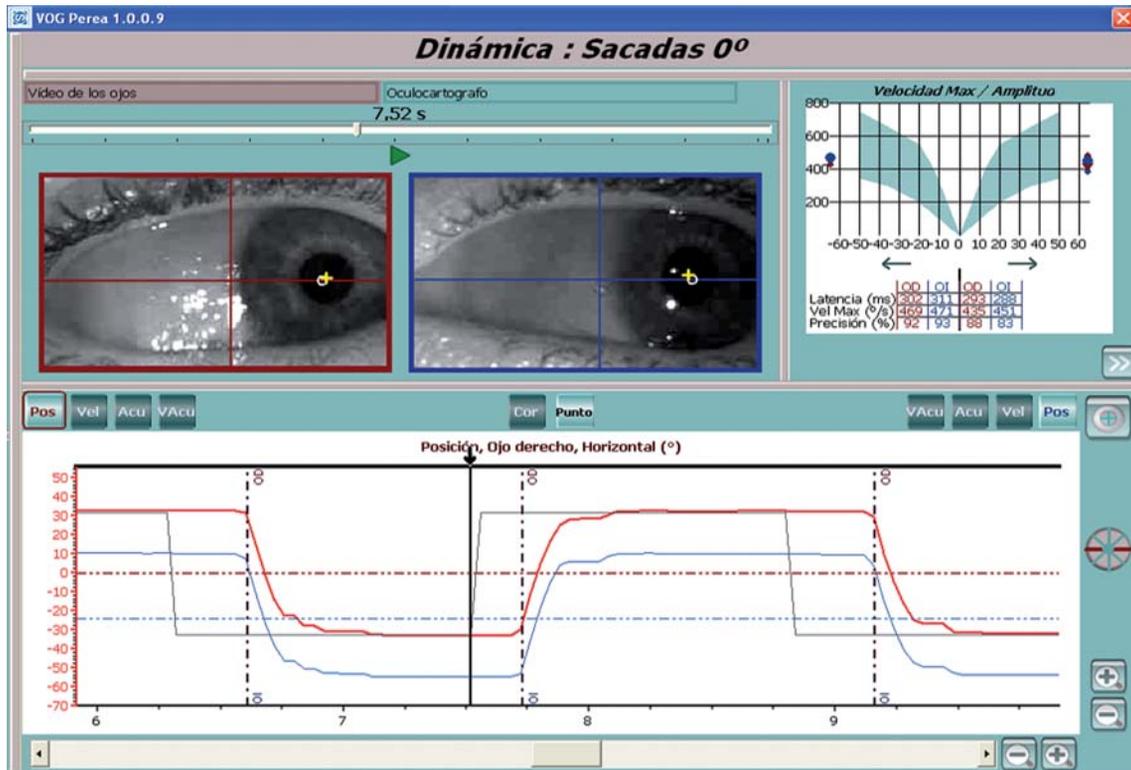


Figura 38a. Detalle del 4.º movimiento sacádico de dextroversión de la figura 38. Instante previo, en ambos ojos, al desplazamiento del estímulo a la derecha del paciente.

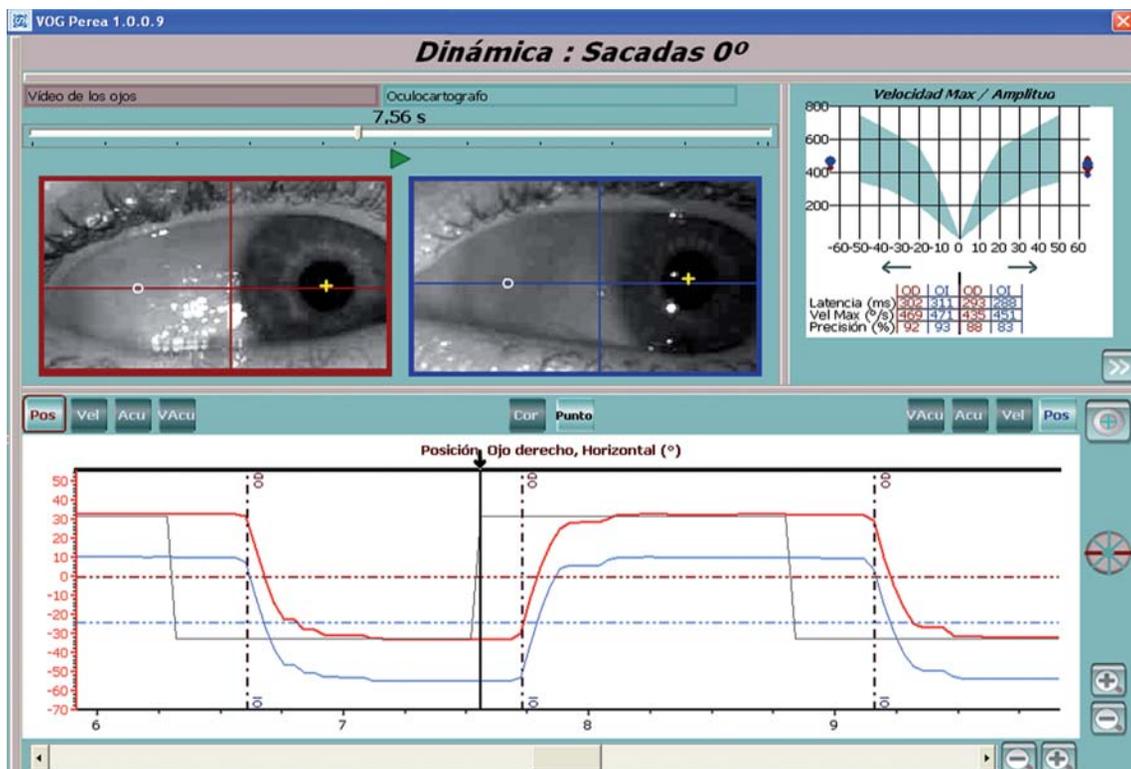


Figura 38b. Pormenor del 4.º movimiento sacádico de dextroversión de la figura 38. En este momento (7,56s) el estímulo se ha desplazado 30º la derecha. El paciente aun está en levoversión en fase de latencia.

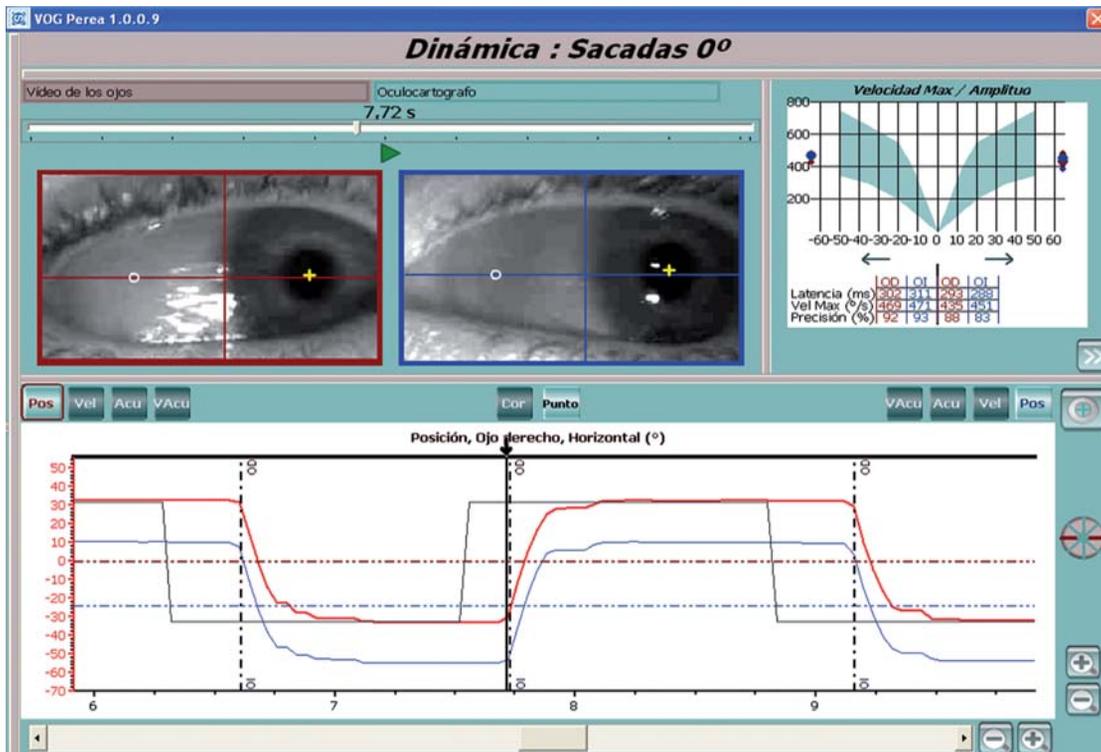


Figura 38c. Precisión sobre el 4.º movimiento sacádico de dextroversión de la figura 38. Instante a partir del cual, pasado el período de latencia, va a iniciar el movimiento a la derecha (dextroversión) buscado el objeto «diana».

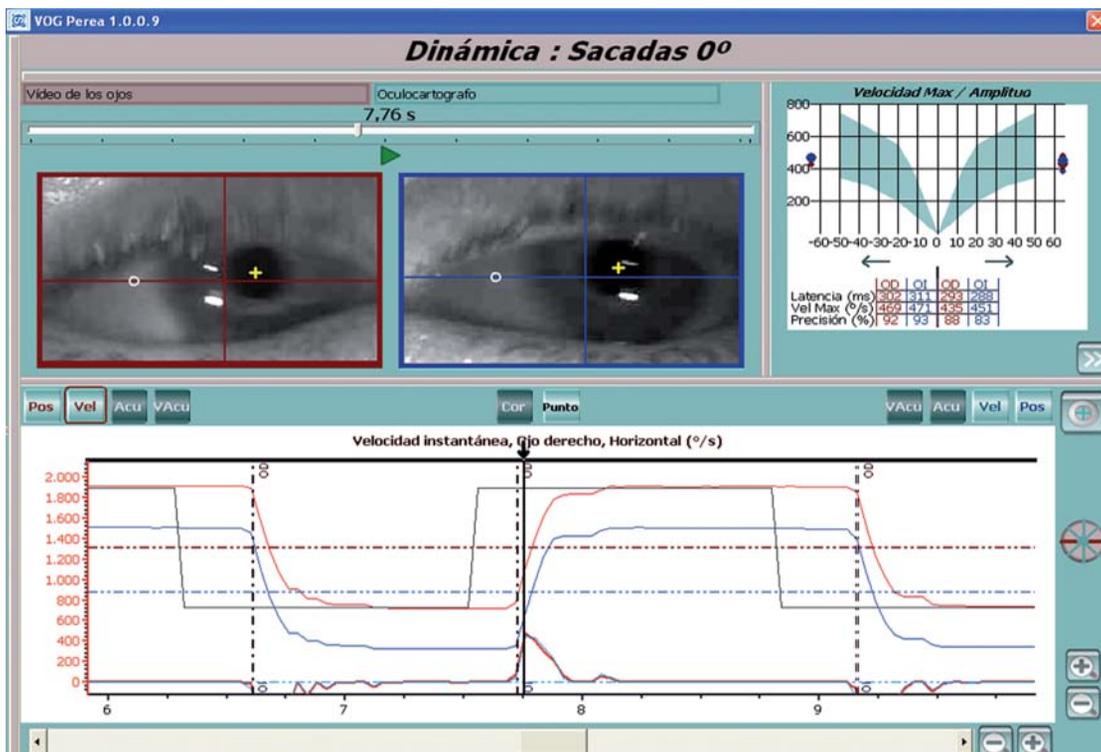


Figura 38d. Detalle del 4.º movimiento sacádico de dextroversión de la figura 38. Aquí, ambos ojos han efectuado la fase más rápida del movimiento. Lo indican las gráficas inferiores superpuestas de OD y OI del Oculógrafo, que representan las velocidades máximas.

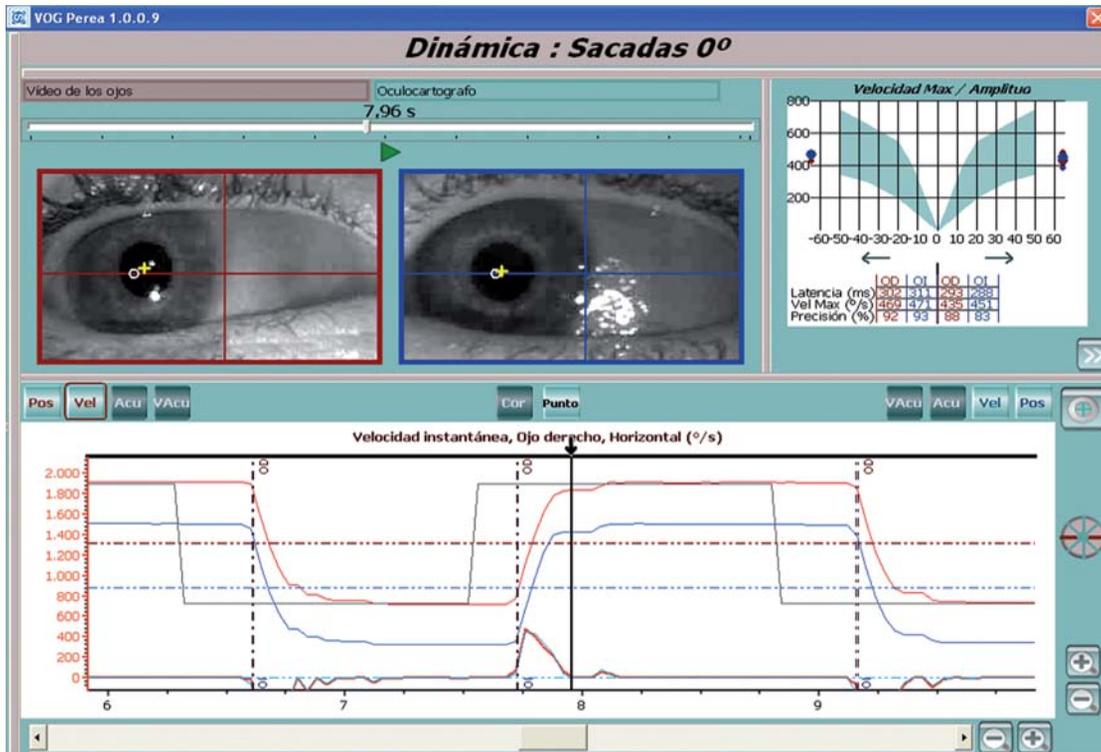


Figura 38e. Aclaración del 4.º movimiento sacádico de dextroversión de la figura 38. En este momento ha terminado la fase más lenta de la sacada y comienza una pequeña latencia necesaria para que el individuo comprenda si debe, o no, hacer corrección sacádica y en que sentido (por hipometría o hipermetría).

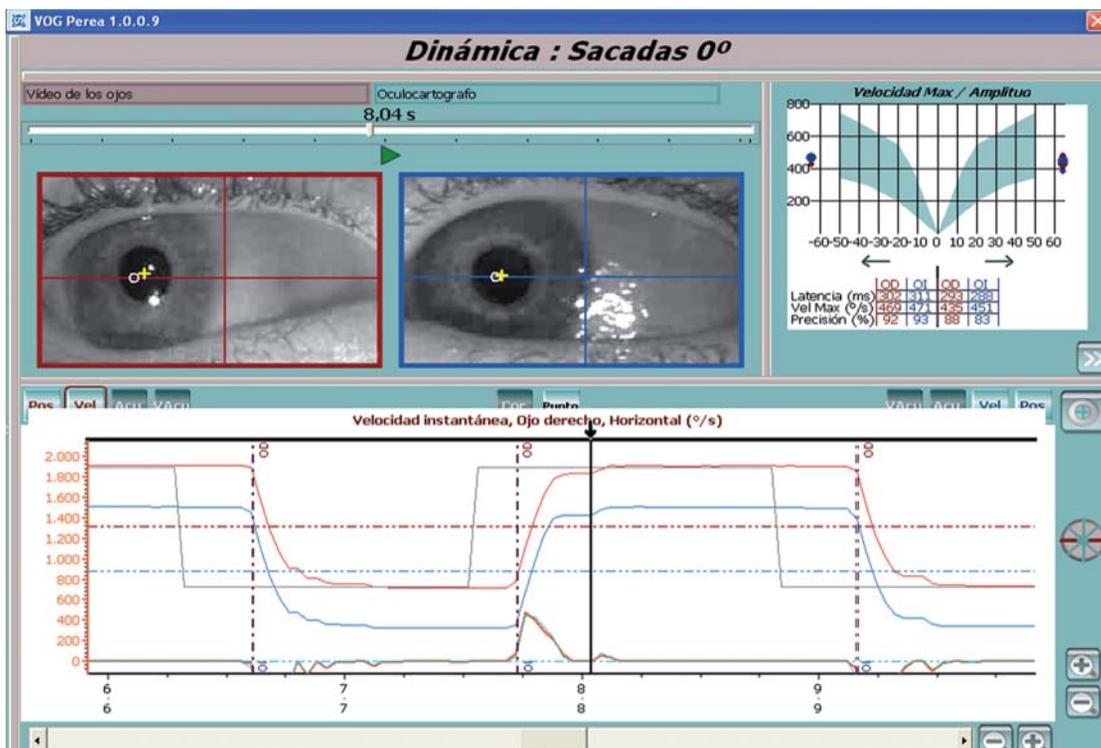


Figura 38f. Más sobre el 4.º movimiento sacádico de dextroversión de la figura 38. Termina esta pequeña fase de latencia, que es de 80 ms. Aquí comienza la pequeña corrección sacádica, que representa ese pequeño accidente que se ve tanto en la gráfica del movimiento como en el de las velocidades (parte inferior del Oculógrafo).

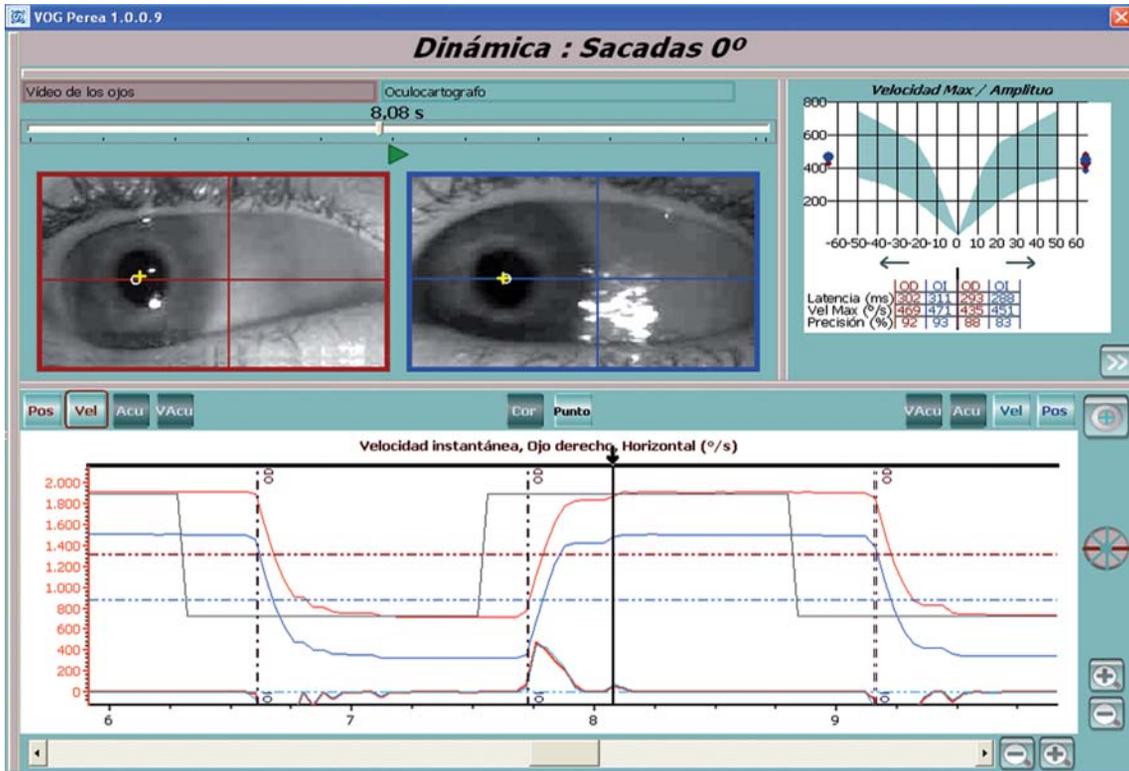


Figura 38g. Sigue el 4.º movimiento sacádico de dextroversión de la figura 38. Sacádico de corrección hipométrica de 40 ms.

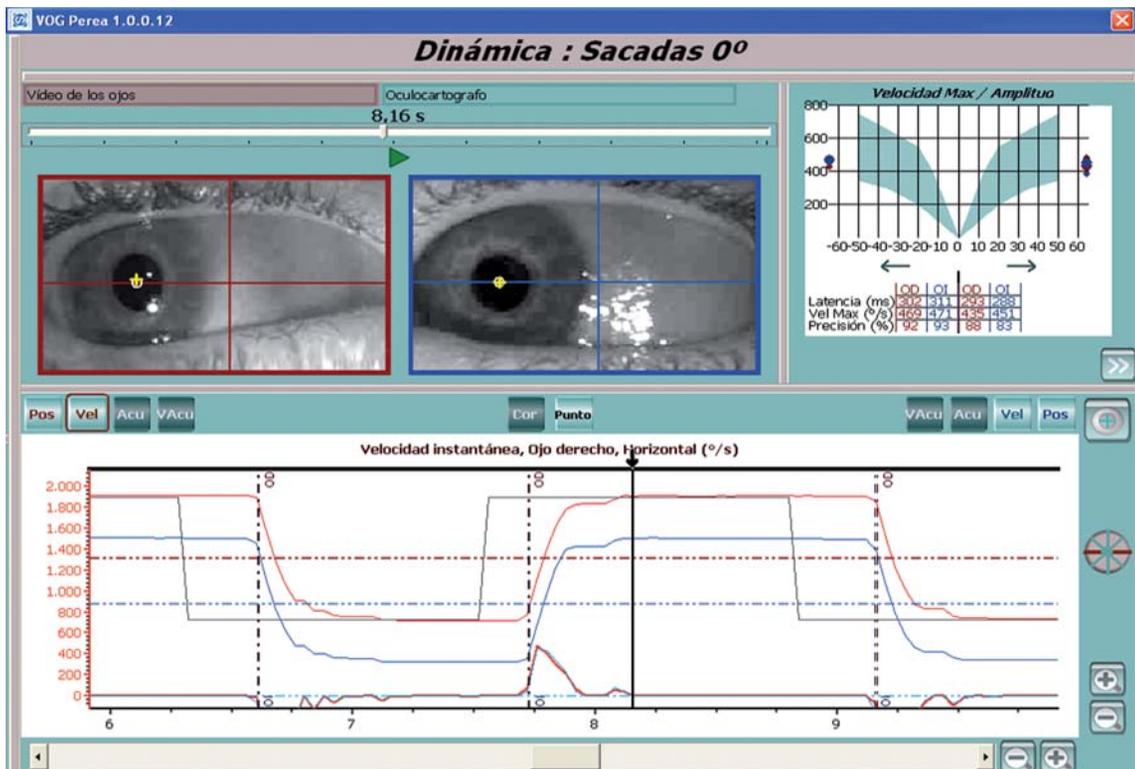


Figura 38h. Otro detalle del 4.º movimiento sacádico de dextroversión de la figura 38. Tras la corrección sacádica, ambos ojos están fusionando el estímulo.

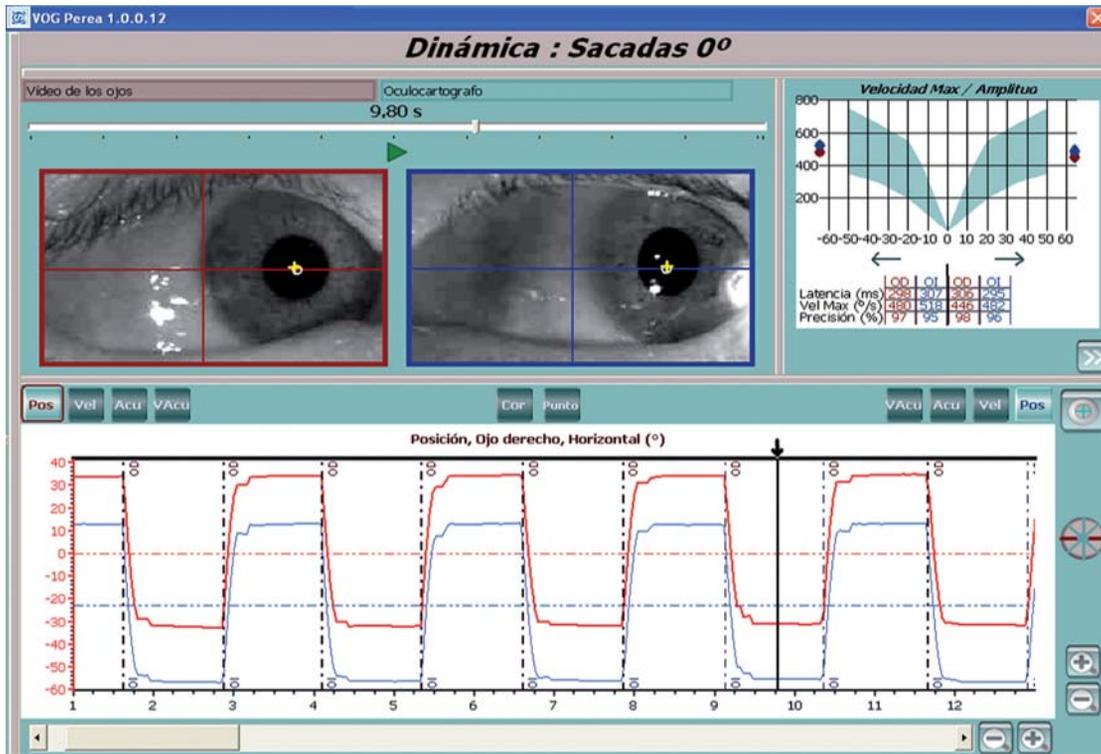


Figura 39. Movimientos sacádicos sin pasar por el centro. Representa unas sacadas normales de amplitud 60°. Se ve la perfecta correspondencia motora.

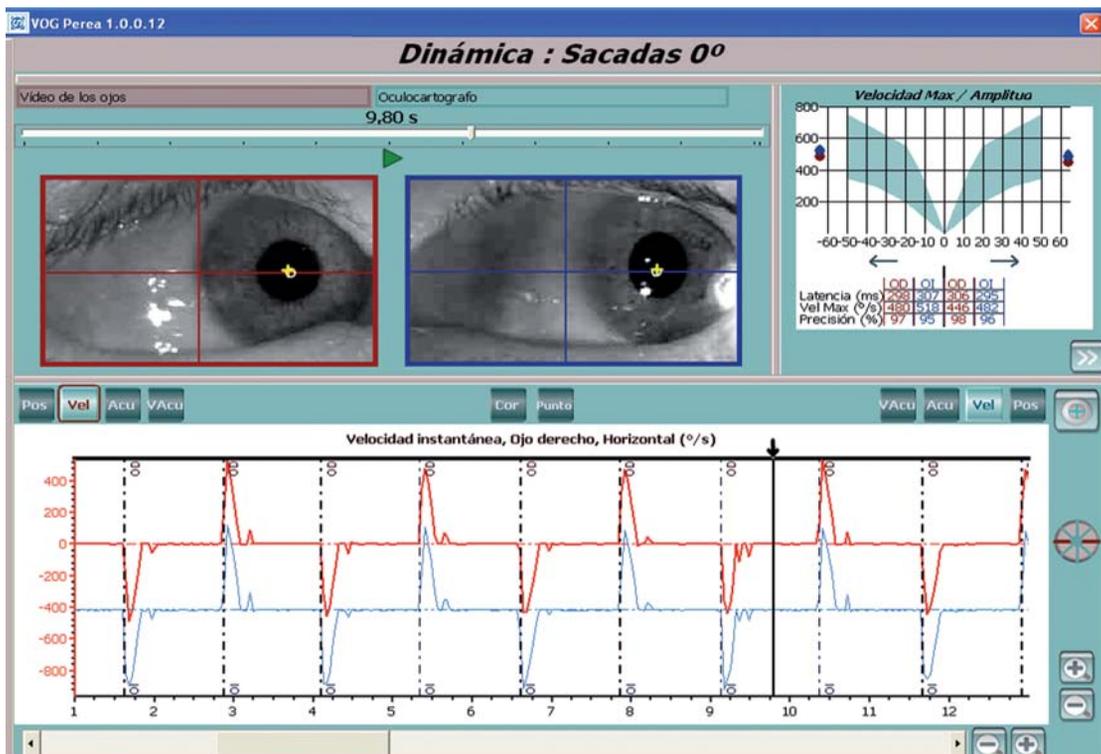


Figura 40. Sigue el caso anterior. Aquí están expuestas las velocidades máximas en grados por segundo, que se aprecian en perfecta sinergia. Vemos cómo cada sacada de la figura 39 tiene su propia velocidad, y la cúspide es la terminación de la fase más rápida de cada movimiento sacádico. En casi todos ellos hay un pequeño sacádico de corrección por hipometría y dos en alguno.

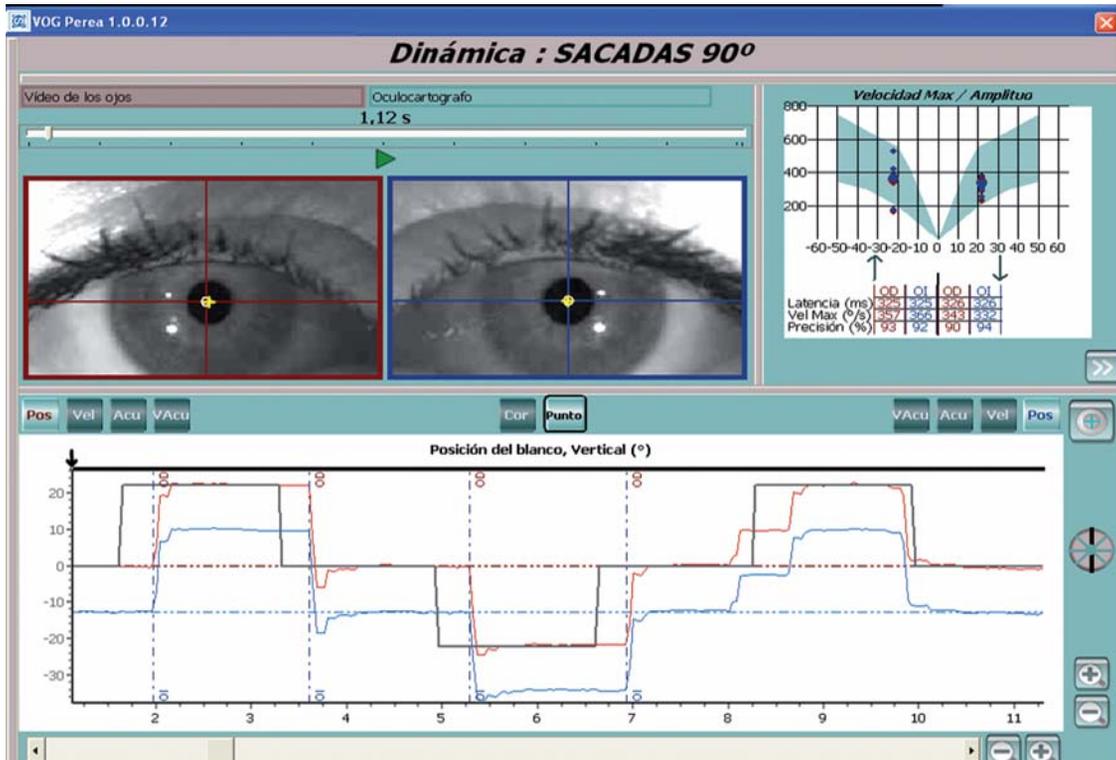


Figura 41. Movimientos sacádicos verticales pasando por el centro. La distancia recorrida es 24° en cada movimiento (supraversión e infraversión). En gris el desplazamiento del estímulo. La anarquía sinérgica del último movimiento en el Oculógrafo corresponde al adelantamiento de los ojos al estímulo.

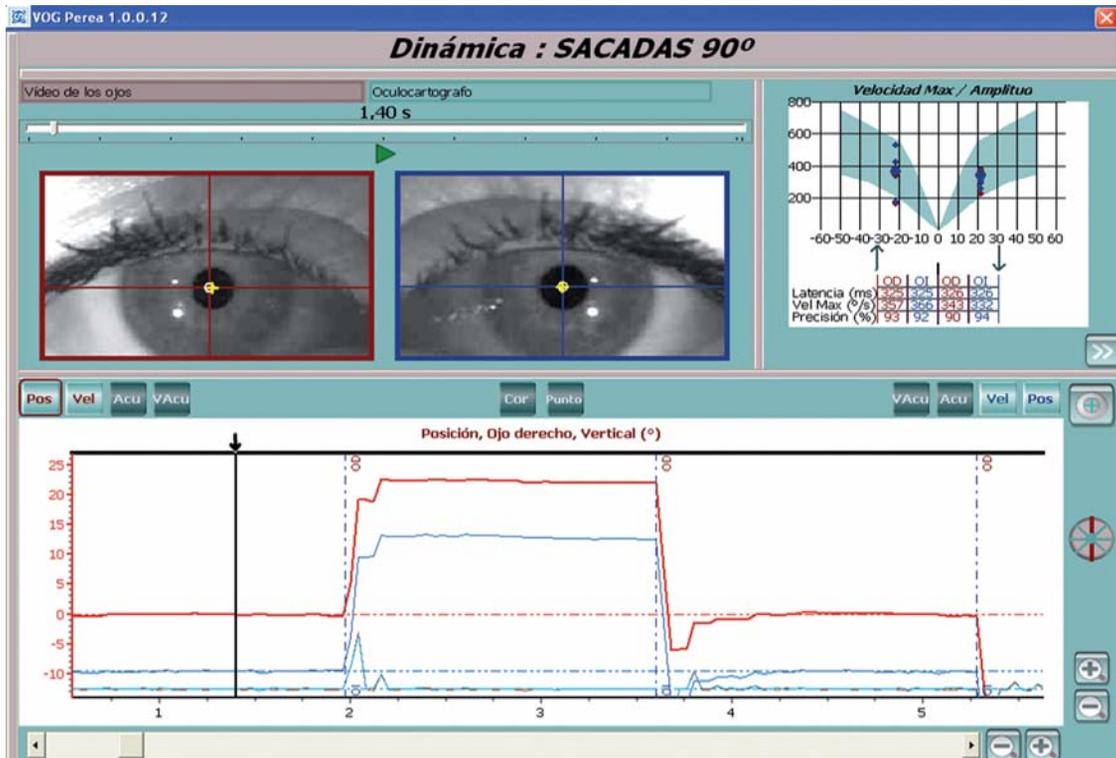


Figura 41a. Sobre el enfermo de la figura 41 (1,40s). Paciente mirando el estímulo central en espera de que éste se desplace hacia arriba.

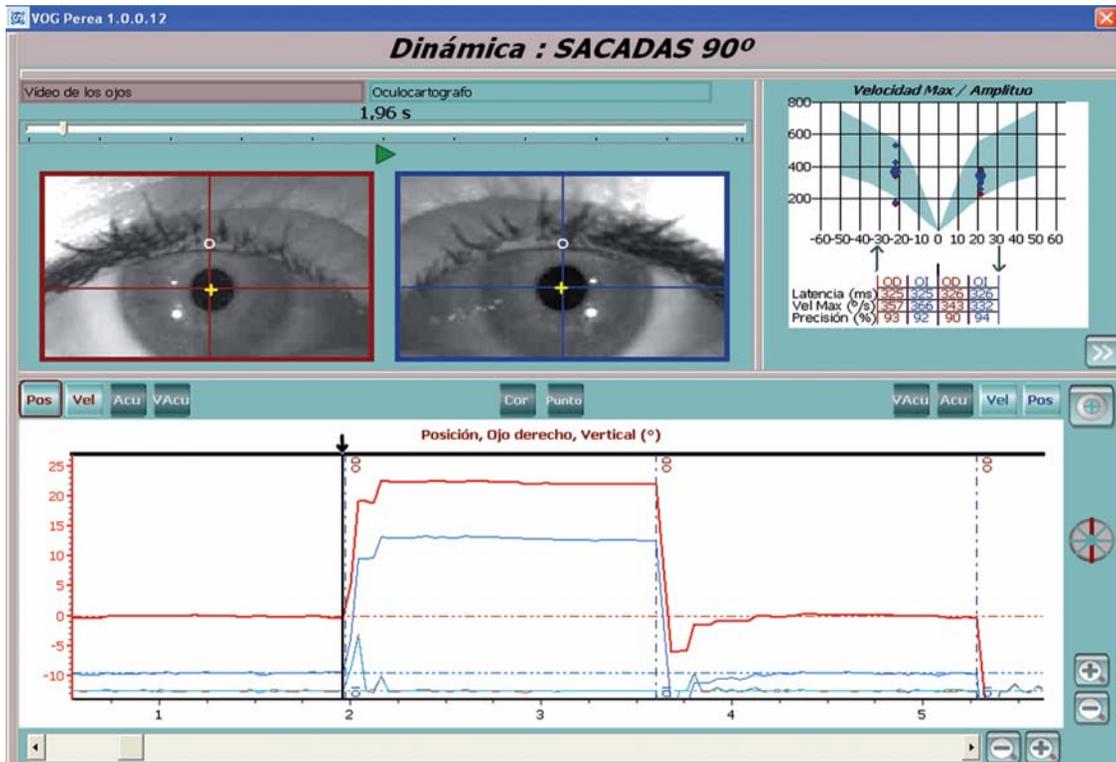


Figura 41b. Siguiendo momento del enfermo de la figura 41 (1,96s). En el Oculoscopio se ve el estímulo ya desplazado, pero el paciente aun está en fase de latencia.

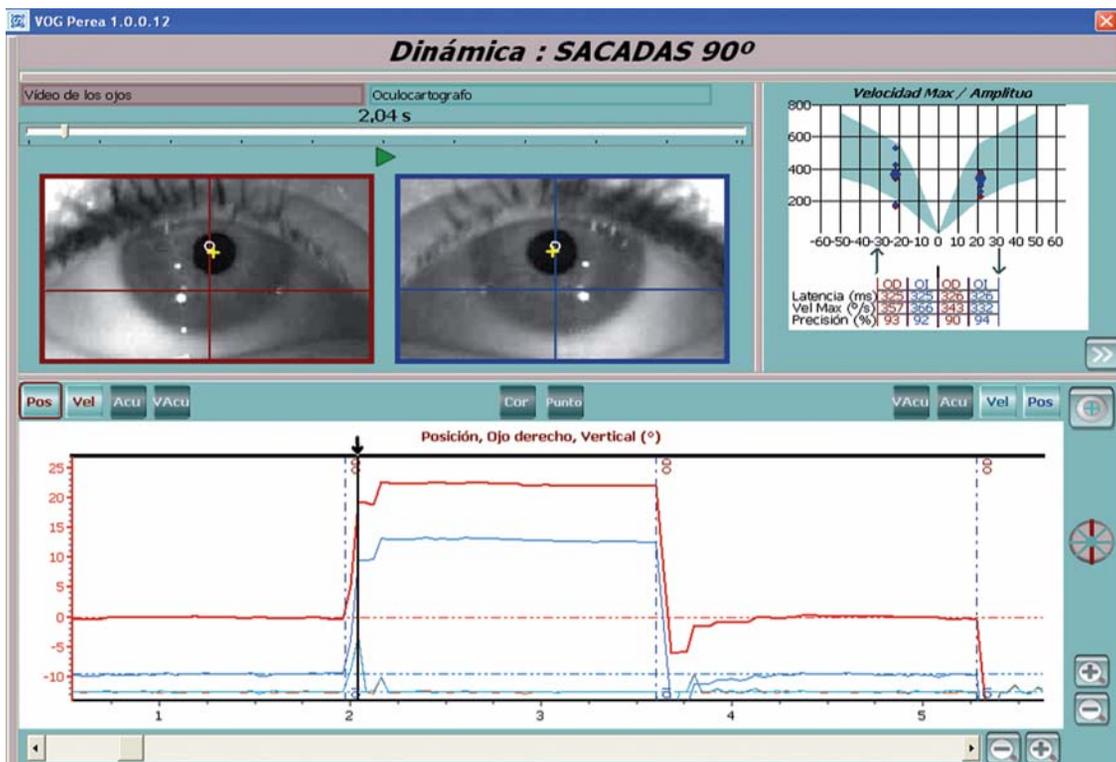


Figura 41c. Precisión sobre el enfermo de la figura 41 (2,04s). Movimiento sacádico sinérgico en ambos ojos, que ha quedado hipométrico. En el Oculógrafo se ve que sigue una pequeña «pausa» de latencia, en la que el individuo toma conciencia de que aun no ha conseguido llegar a su objetivo.

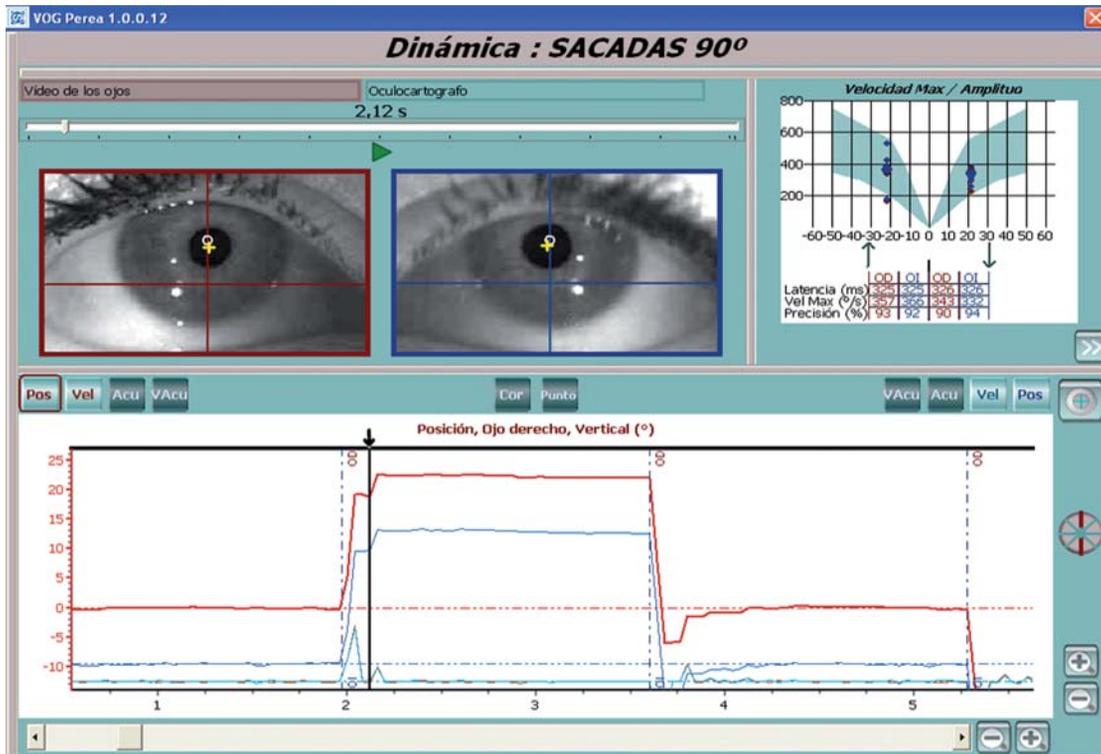


Figura 41d. Otro detalle del enfermo de la figura 41 (2,12s). Tras esa «pausa» el paciente está a punto de hacer la corrección sacádica por hipometría.

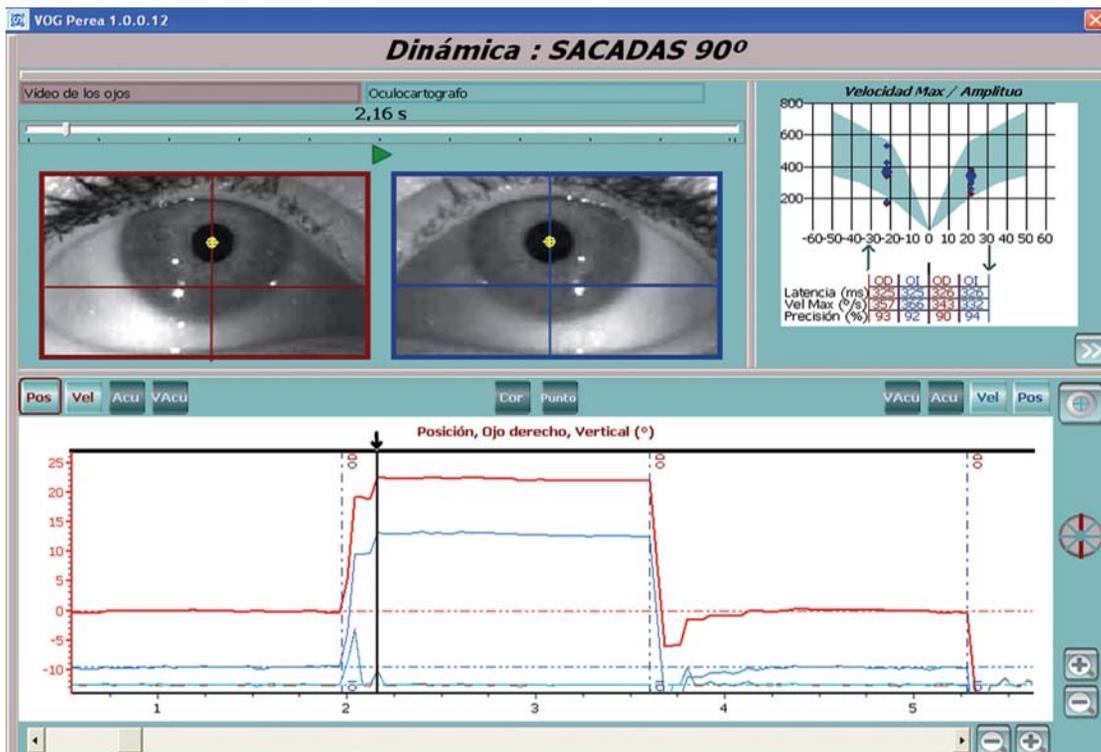


Figura 41e. Mismo enfermo de la figura 41 (2,16s). Sacádico de corrección, con el que el paciente consigue llegar al objetivo. En el gráfico inferior del Oculógrafo hay constancia de las velocidades. Refleja el primer movimiento (más importante), y el segundo, más pequeño, mostrando el correctivo sacádico (la flecha negra marca el instante sobre la cúspide de la velocidad de rectificación hipométrica).

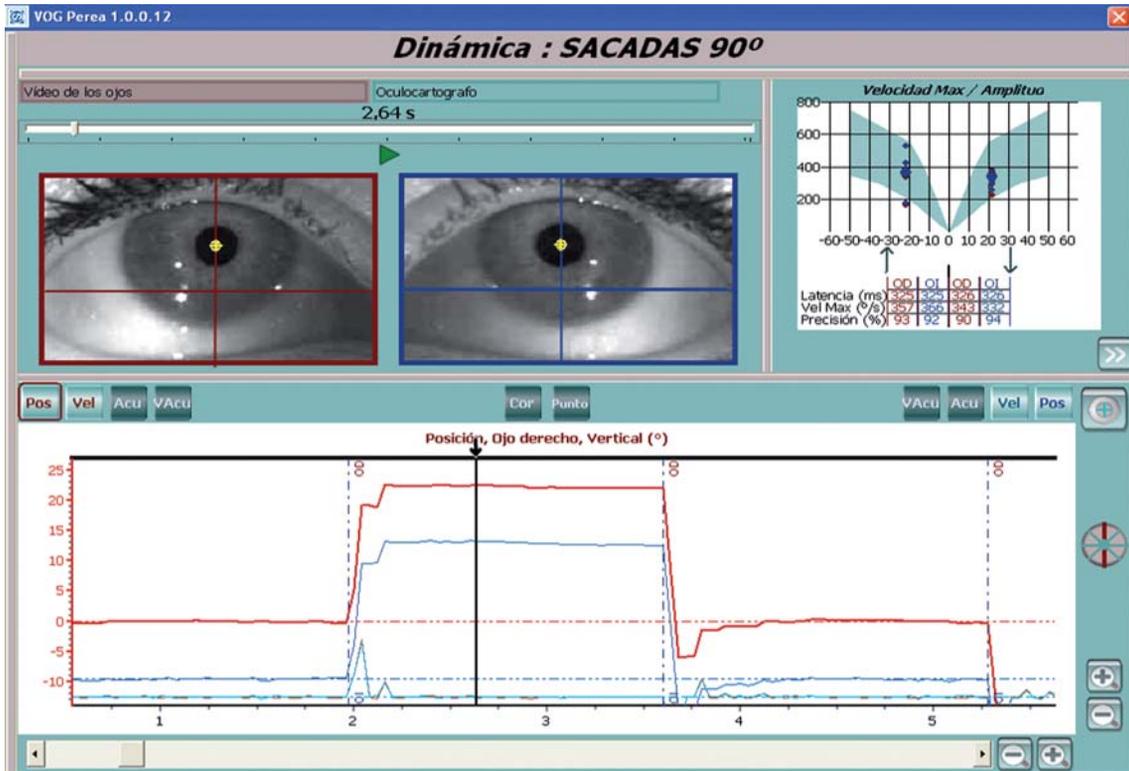


Figura 41f. Más sobre el enfermo de la figura 41 (2,64s). Mantenimiento de los ojos en supraversión en espera de que vuelva a moverse el estímulo.

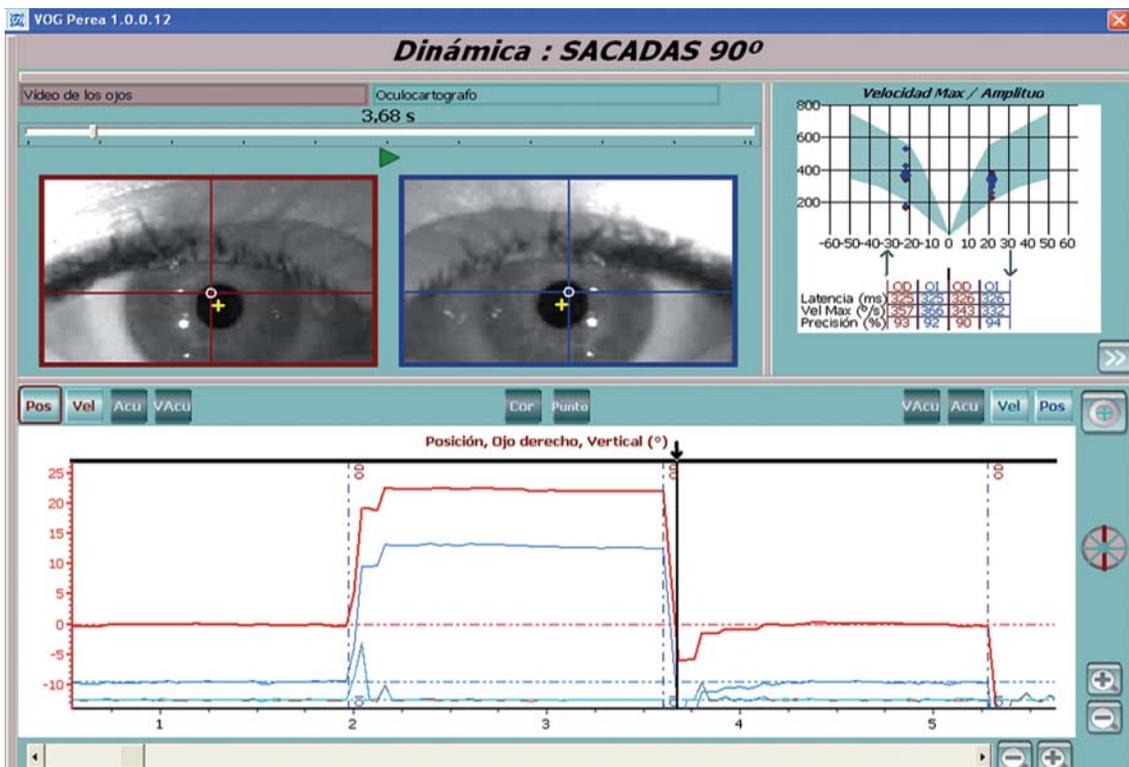


Figura 41g. Estímulo en posición de infraversión. Los ojos, en la búsqueda del objeto-diana, han hecho un movimiento (esta vez hiper métrico), pasándose del objetivo pretendido, y tratarán de rectificar.

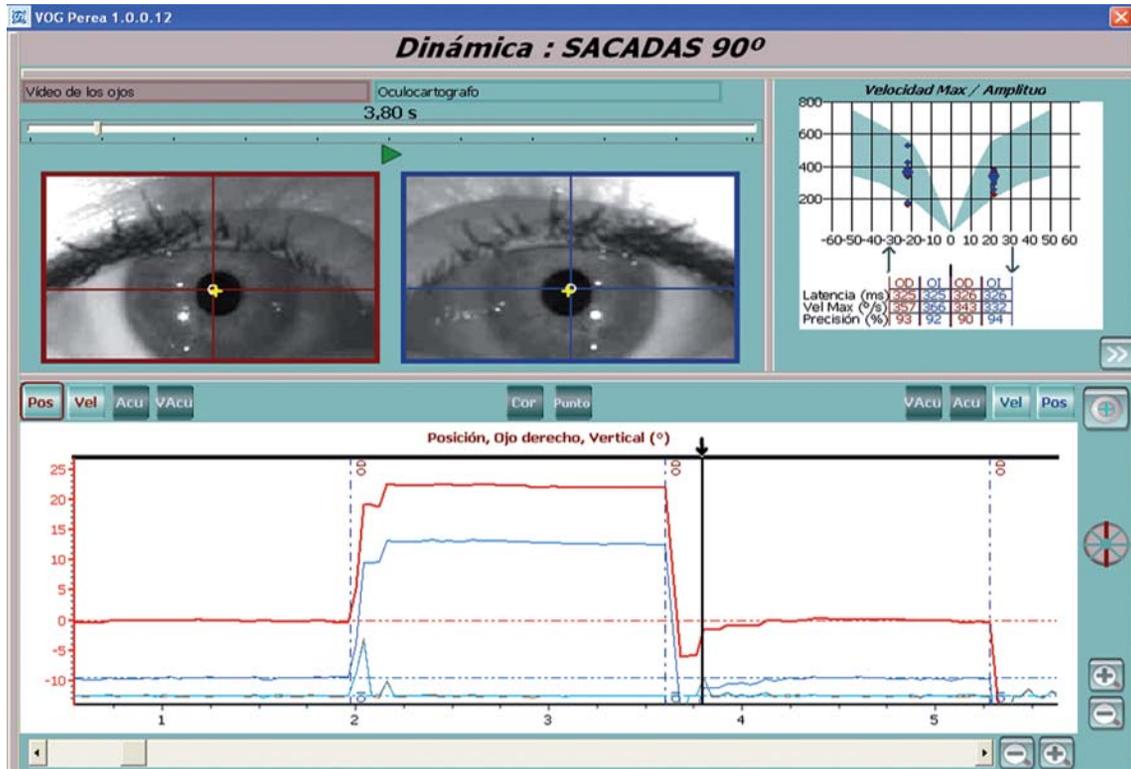


Figura 41h. Rectificación realizada. En este caso, a diferencia de lo que hemos visto en la figura 41e, ha habido una corrección sacádica por hipermetría.

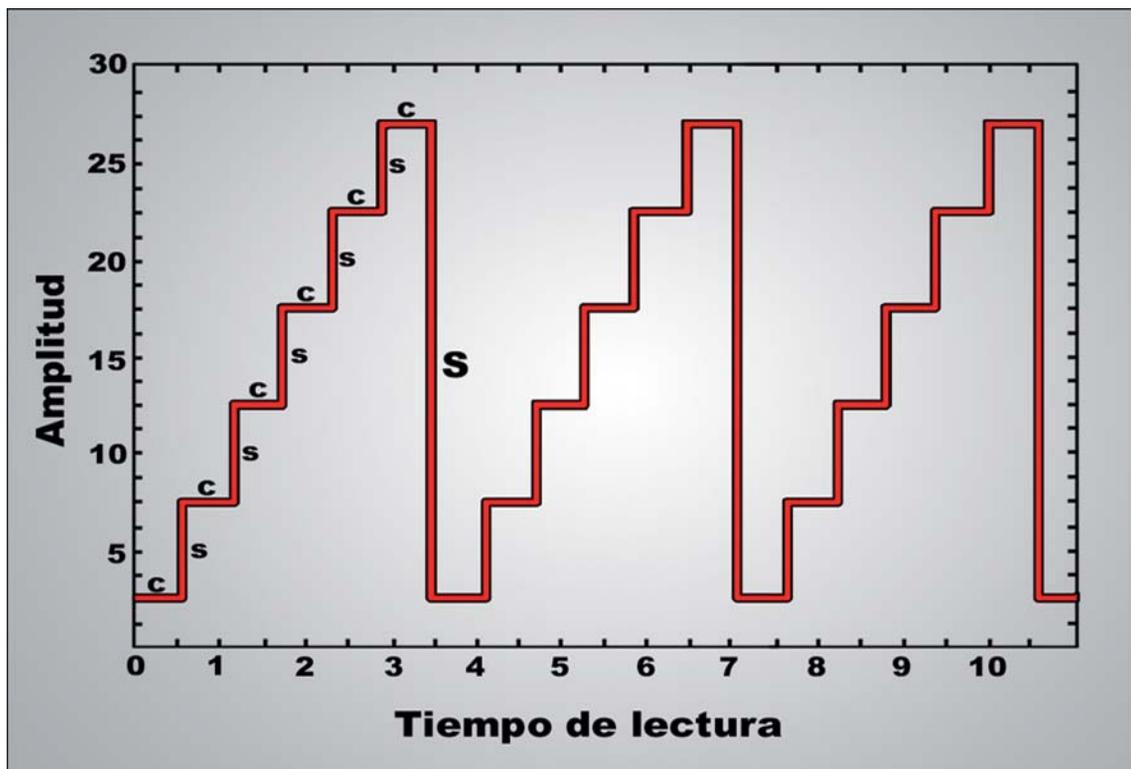


Figura 42. Esquema de los movimientos sacádicos en la lectura. «c» representa la comprensión del texto. «s» corresponde a una microsacada. «S» es el cambio de línea.

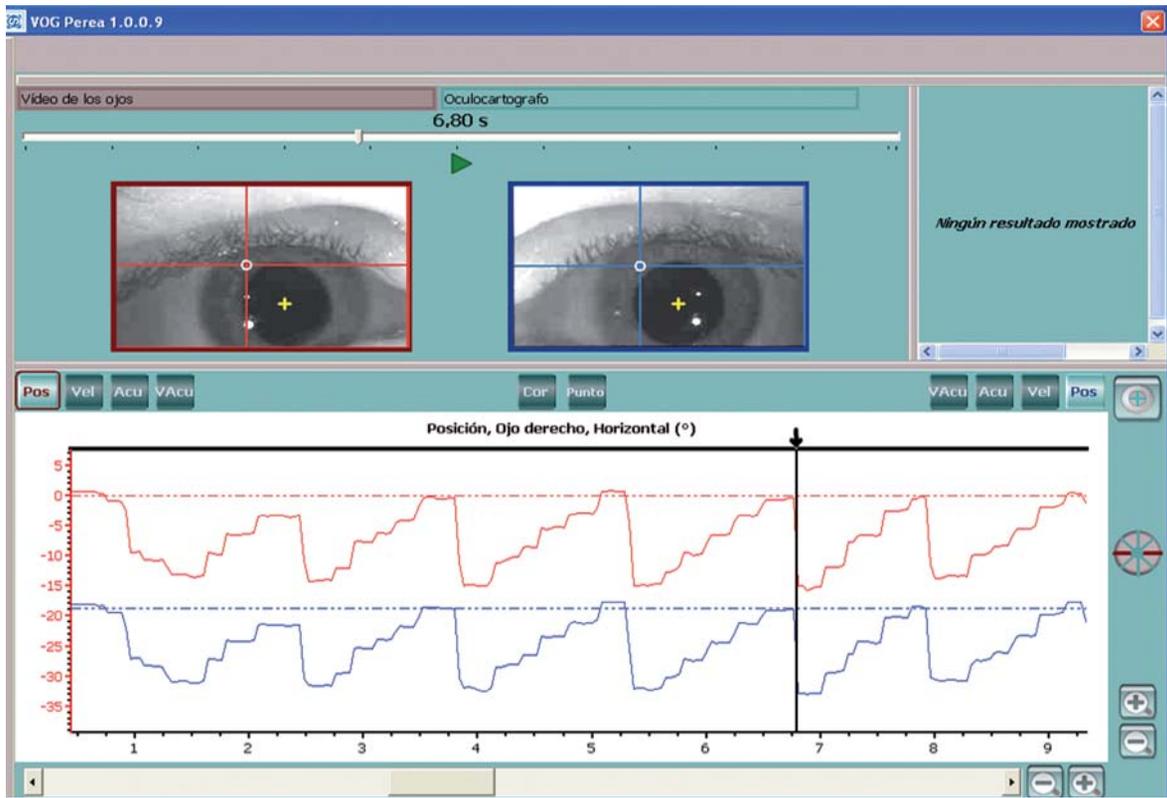


Figura 43. Movimientos sacádicos normales en la lectura. El Oculoscopio refleja el momento de los ojos en el cambio de línea.

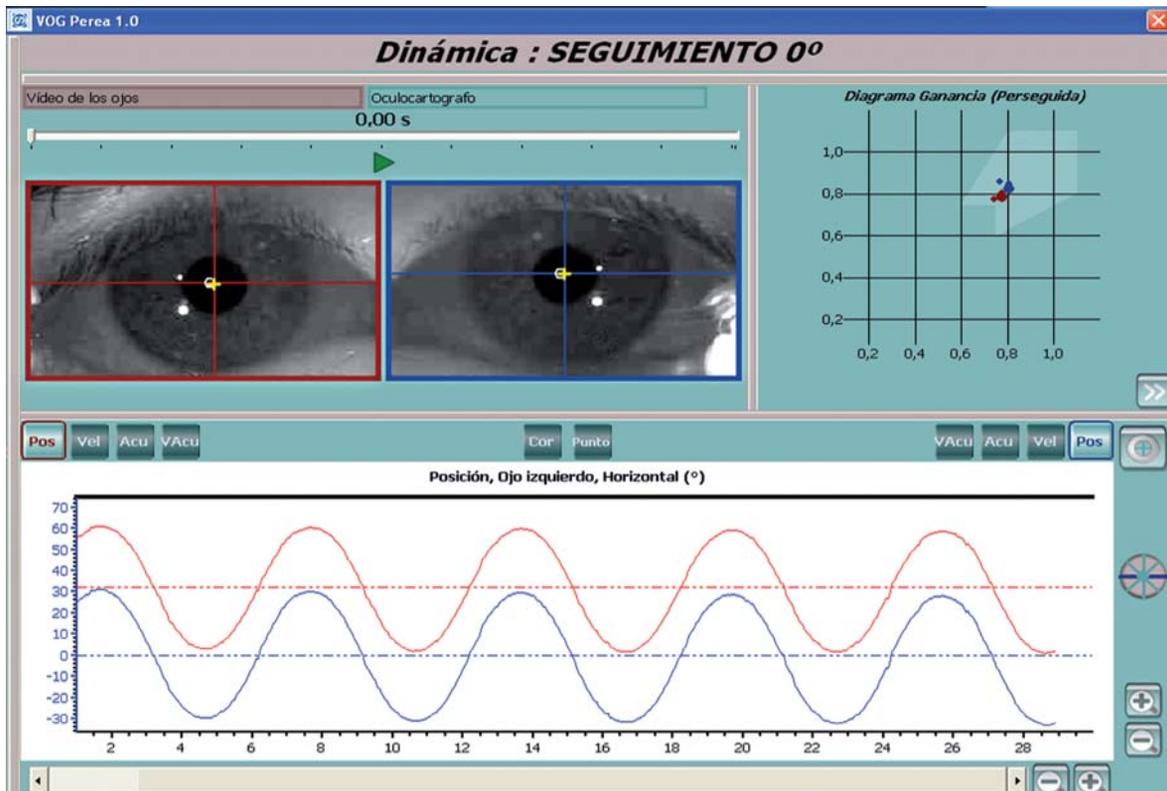


Figura 44. Movimiento de seguimiento normal.

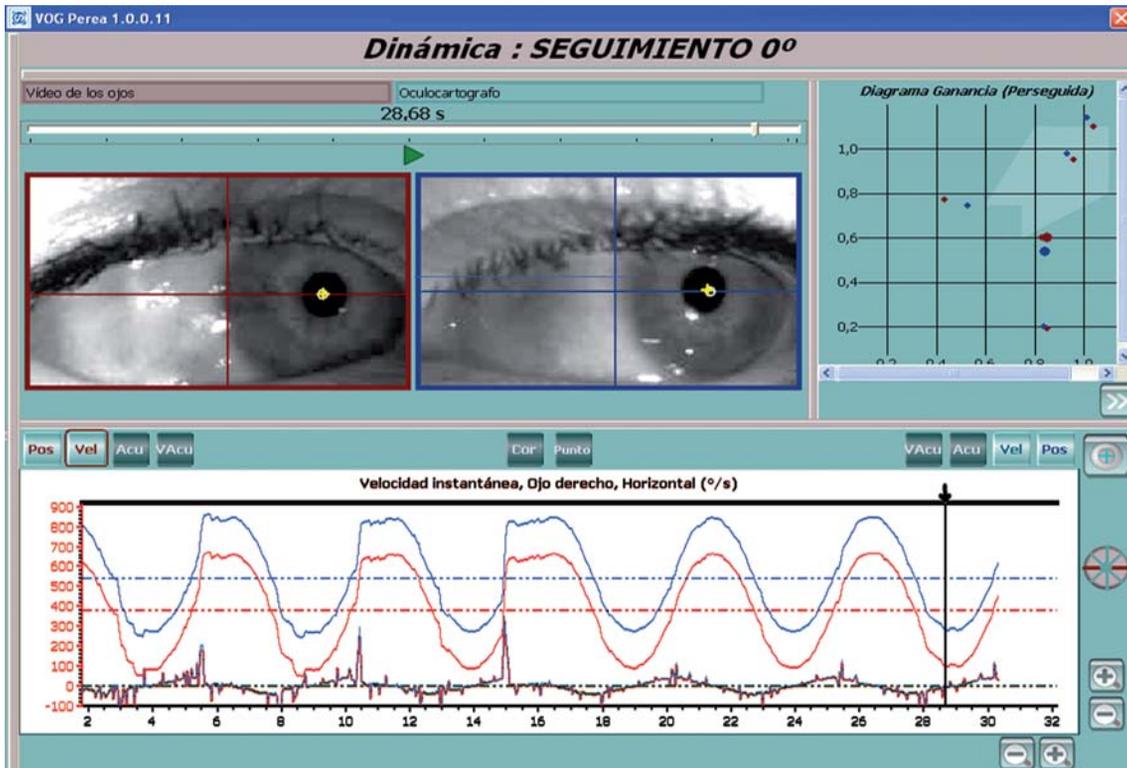


Figura 45. Movimiento de seguimiento normal. Este paciente ha necesitado algunos movimientos previos para darse cuenta de lo que se le pide. Lo reflejan los primeros desplazamientos anárquicos al compararlo con los dos últimos movimientos de la pantalla del Oculógrafo, rigurosamente normales.

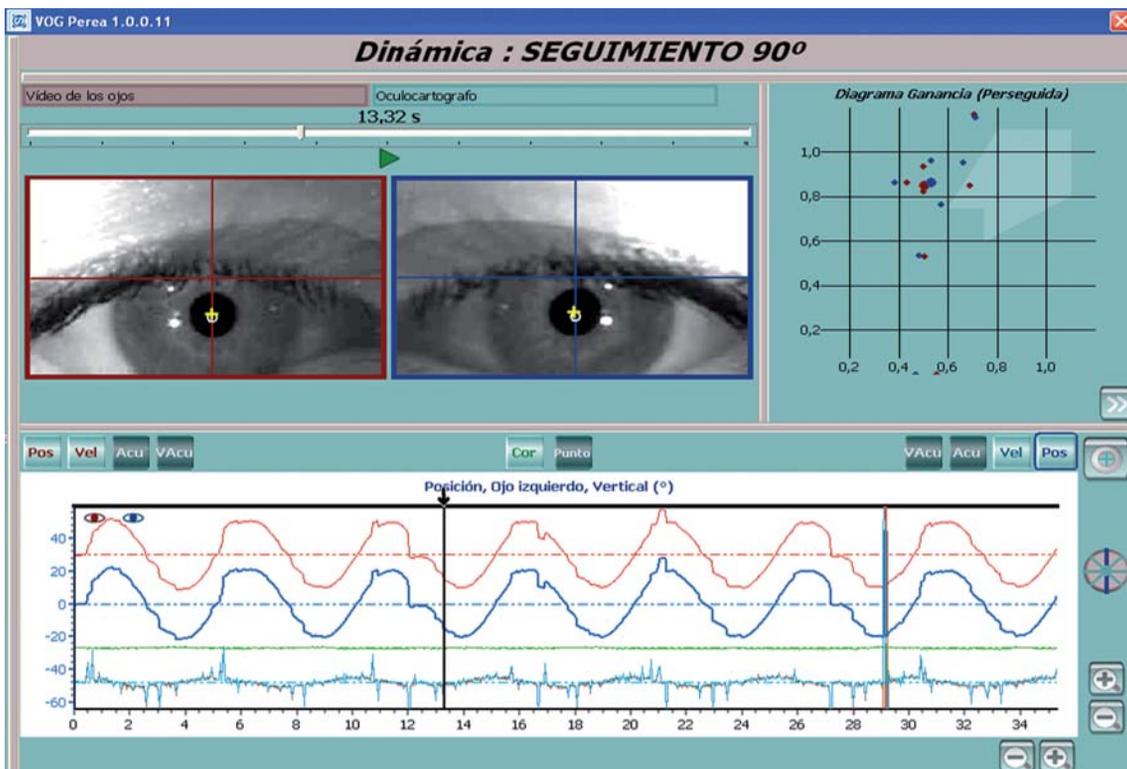


Figura 46. Movimientos de seguimiento en paciente normal no colaborador. Son ondas anárquicas, aunque en perfecta correspondencia motora.

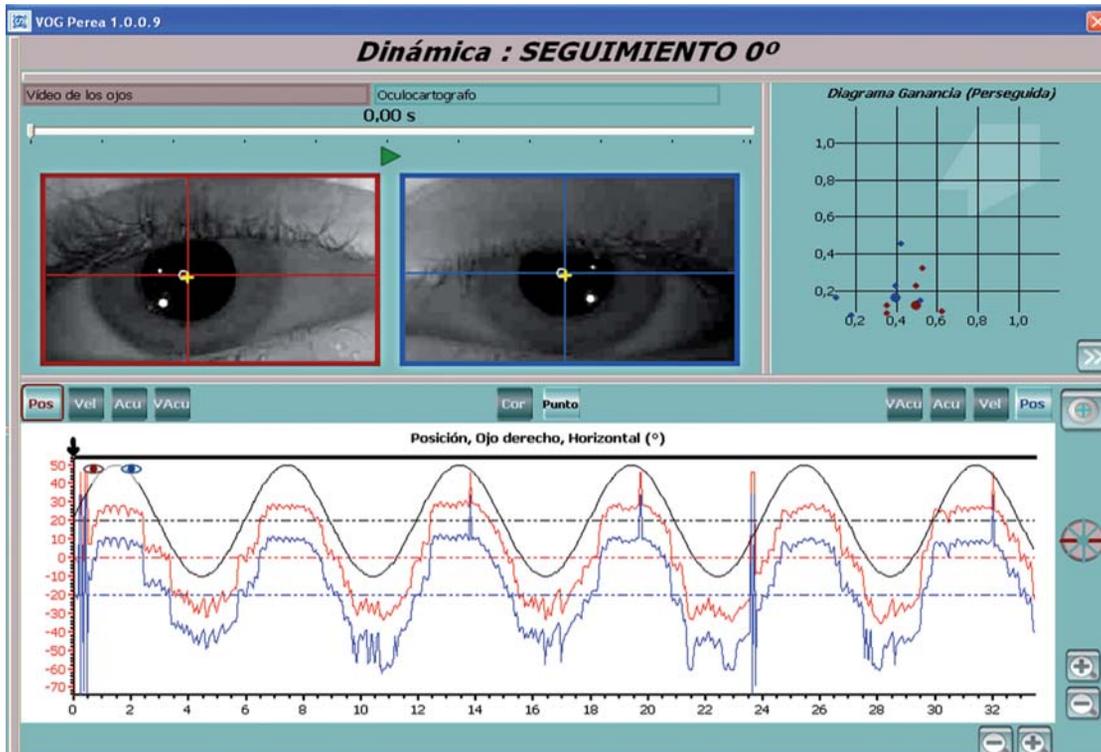


Figura 47. Movimiento de seguimiento en paciente con nistagmo. No obstante, es manifiesta la normal correspondencia motora o sinergia bi-ocular de acuerdo a la Ley de Hering.

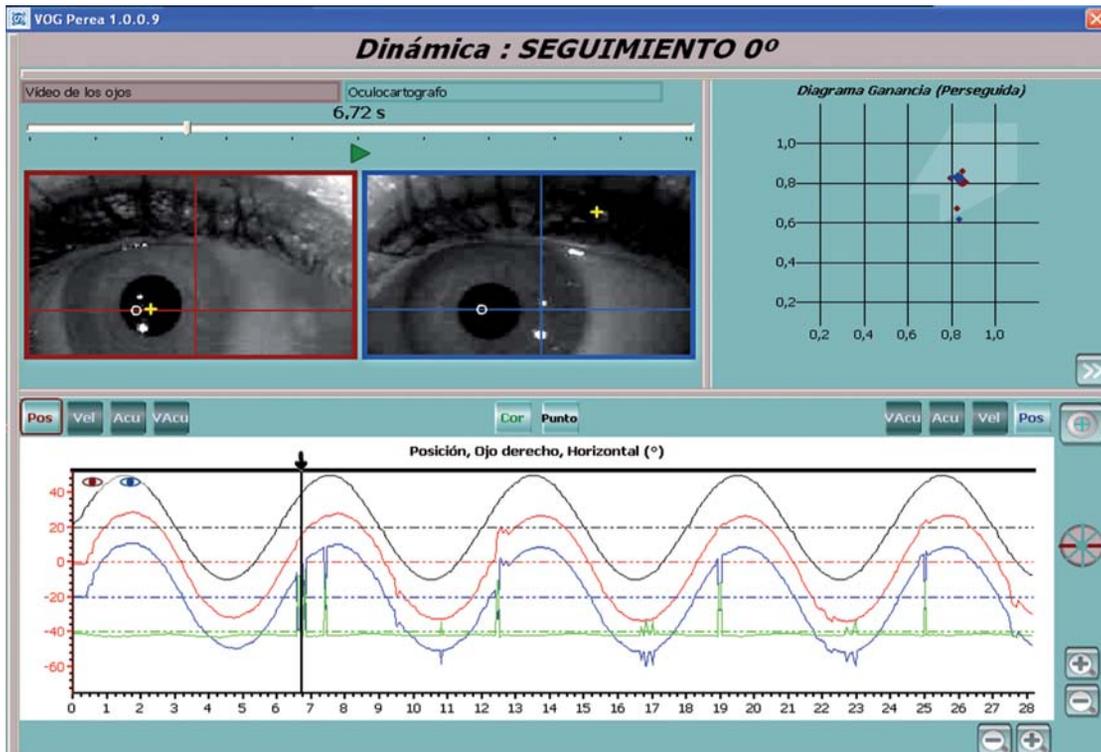


Figura 48. Movimiento de seguimiento normal. En el Oculógrafo se ve un accidente en el OI (gráfica azul), señalado con la flecha negra. Muestra la fuga que, por error técnico, hace la marca que corresponde al centro pupilar del OI (cruz amarilla) buscando el negro del teñido de las pestañas de la paciente, tal y como se aprecia en el Oculoscopio. Corolario: La exploración siempre ha de hacerse desmaquillados los ojos.

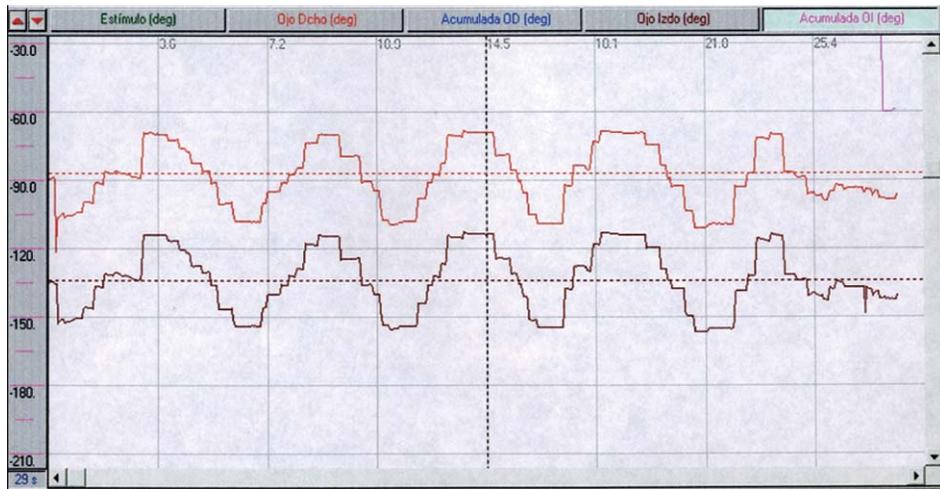


Figura 49. Movimiento de seguimiento sin percepción visual. Está constituido por pequeños movimientos sacádicos que deforman la onda dándole aspecto en «rueda dentada».

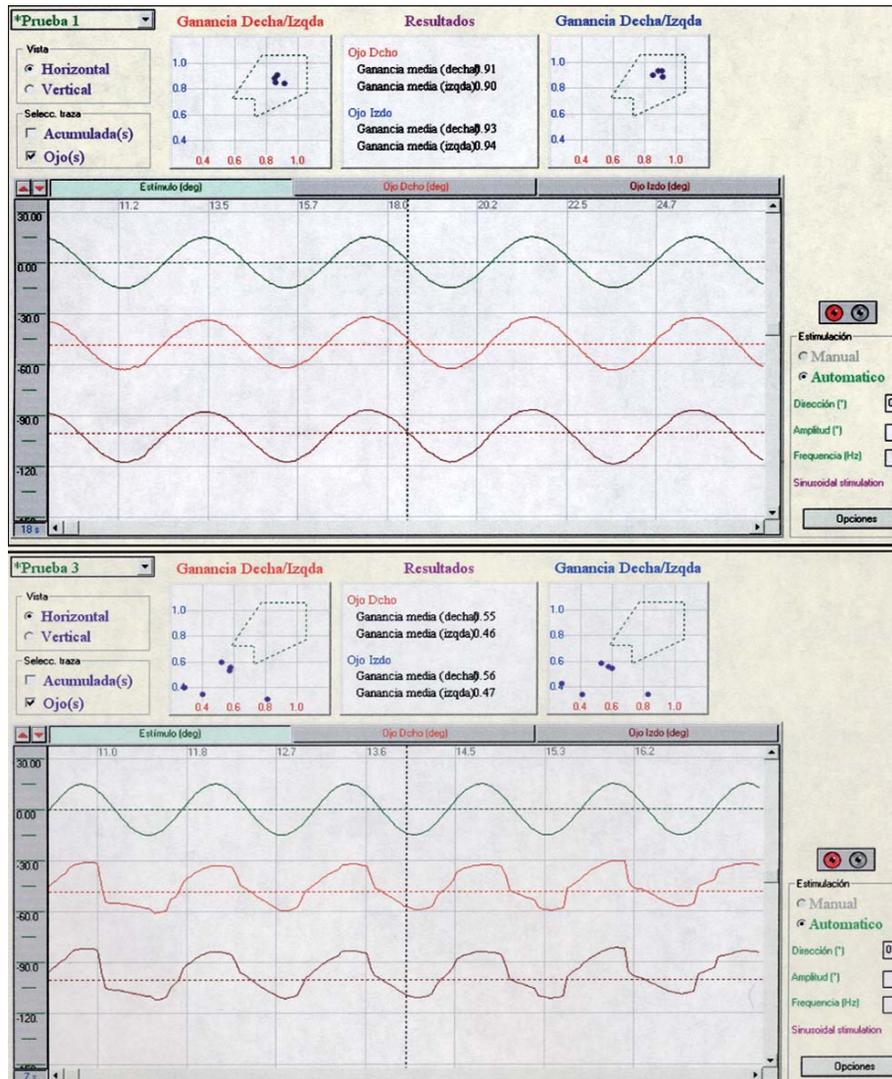


Figura 50. Gráfico superior: Movimiento de seguimiento realizado a velocidad normal. Gráfico inferior: Movimiento de seguimiento practicado a velocidad muy elevada. Se aprecia cómo está alterada la morfología de las ondas.

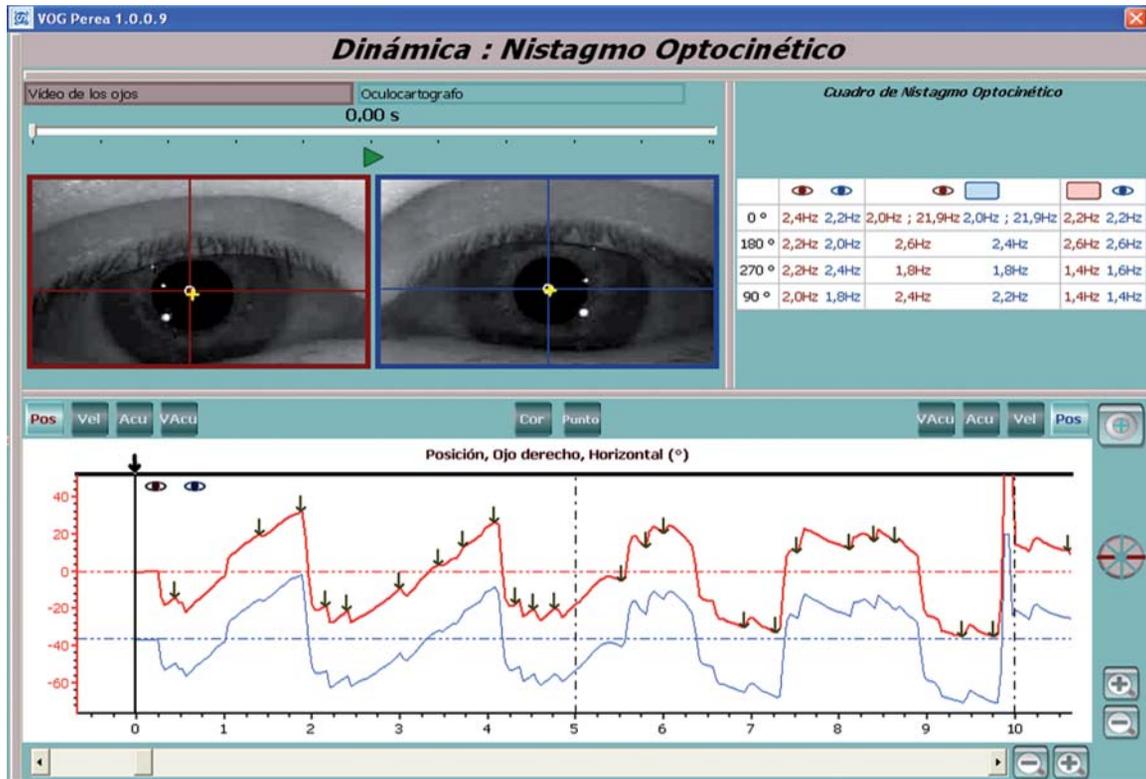


Figura 51. Nistagmo optocinético normal. Ambos ojos descubiertos. Cumplimenta la Ley de Hering (ley de la correspondencia motora binocular).

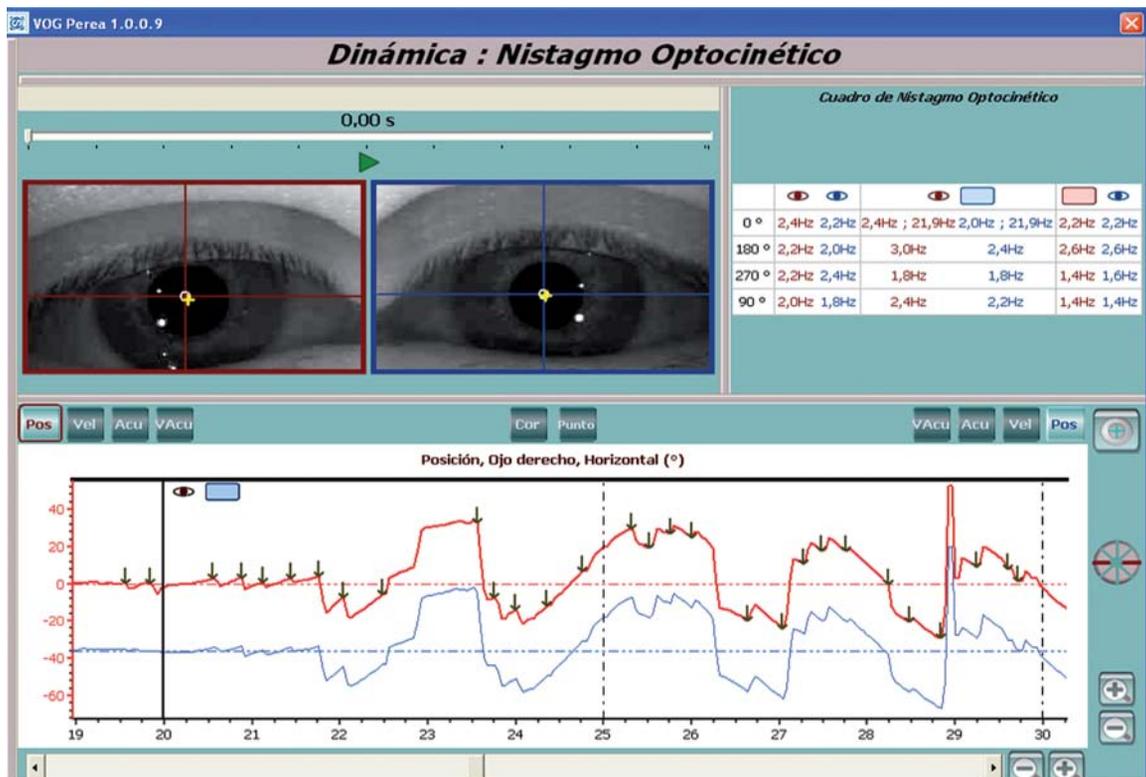


Figura 52. Nistagmo optocinético normal. Ojo izquierdo ocluido. En la gráfica queda reflejada la Ley de Equivalencia motora de Quérec.

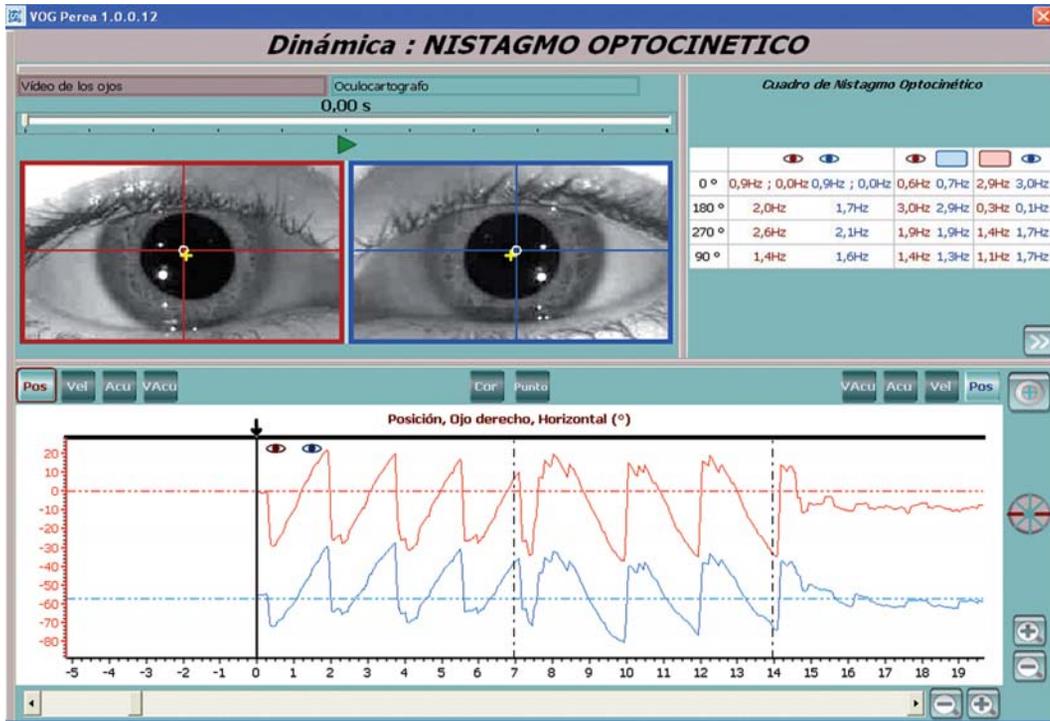


Figura 53. Endotropía congénita intervenida quirúrgicamente hace 23 años. Buen resultado estético. A pesar del tiempo transcurrido, persiste asimetría del nistagmo optocinético. Aquí se refleja la disminución de la respuesta optocinética en ambos ojos cuando el movimiento del test se dirige a la derecha, es decir, en el sentido de abducción del ojo fijador (OD) (hipoexcitabilidad naso-temporal). Es normal cuando el desplazamiento del test se hace de temporal a nasal.

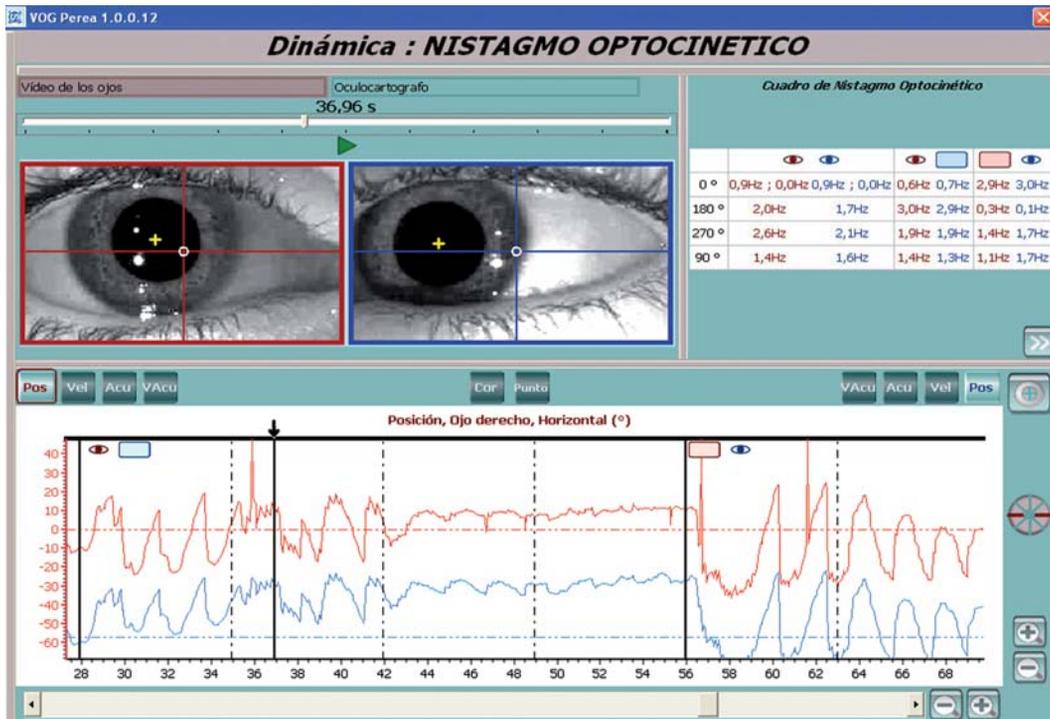


Figura 54. Enfermo de la figura 53. Son gráficas asimétricas según fije uno u otro ojo (falta de cumplimiento de la Ley de Equivalencia motora de Quére). Siendo dominante OD, cuando el OI está ocluido, la hipoexcitabilidad ocurre al desplazarse el test hacia la derecha del paciente. Cuando está cubierto el OD, la hipoexcitabilidad se aprecia en el desplazamiento del test hacia la izquierda.

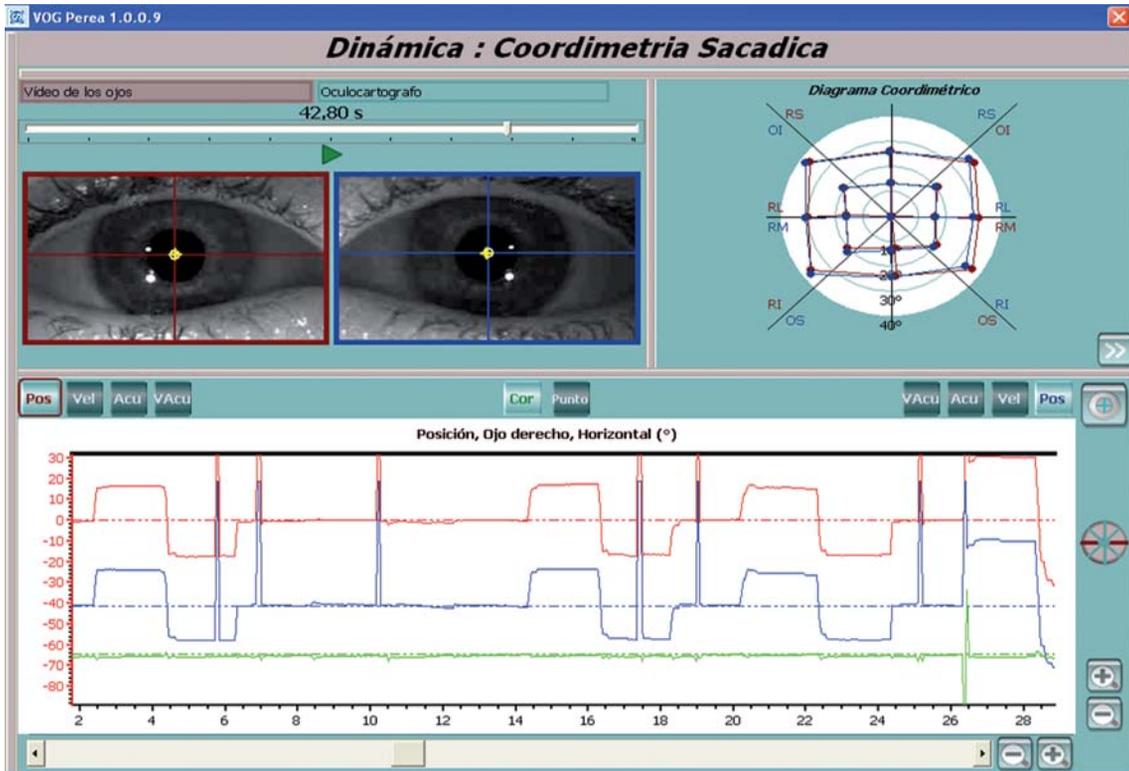


Figura 55. La Coordimetría sacádica, a diferencia de la de seguimiento, tiene en cuenta la estabilización del objetivo alcanzado por los ojos. Presenta gráfica similar a la de la pantalla de Lancaster.

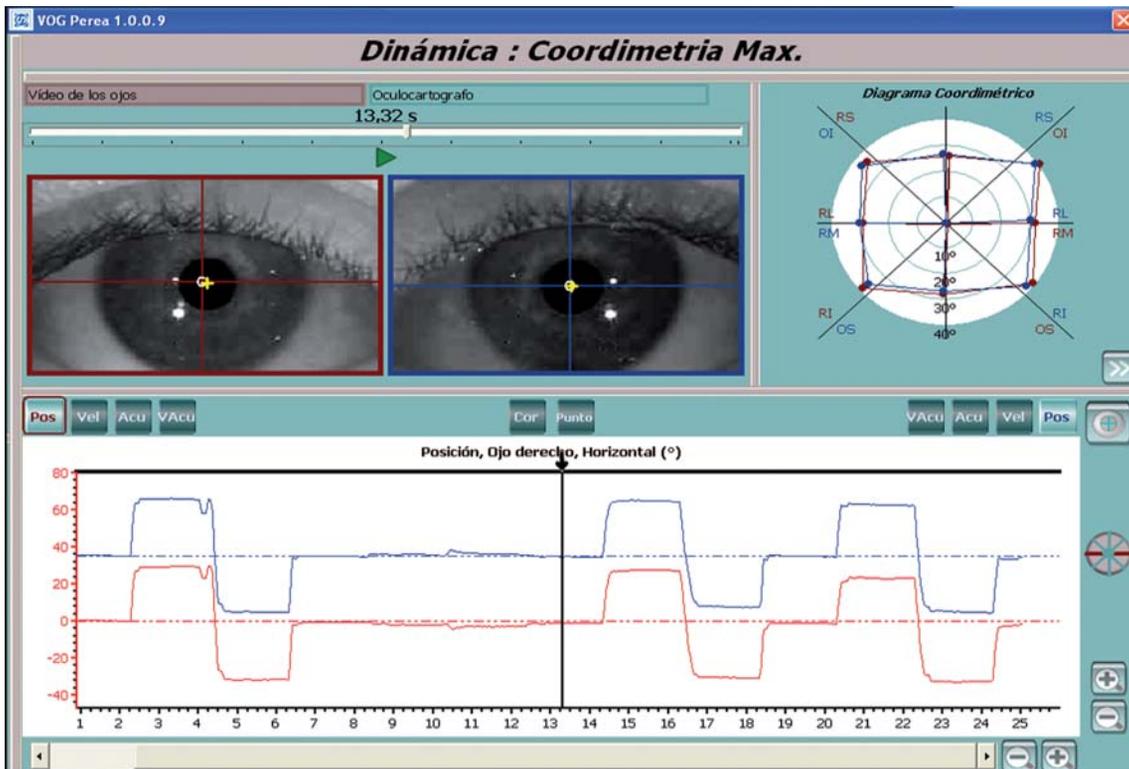


Figura 56. Coordimetría sacádica. Para su realización hemos tomado sólo los valores máximos (horizontal +30°, horizontal -30°, vertical +24°, vertical -24° y oblicuos de 35°). Tiempo estimado en este estudio: 25 segundos.

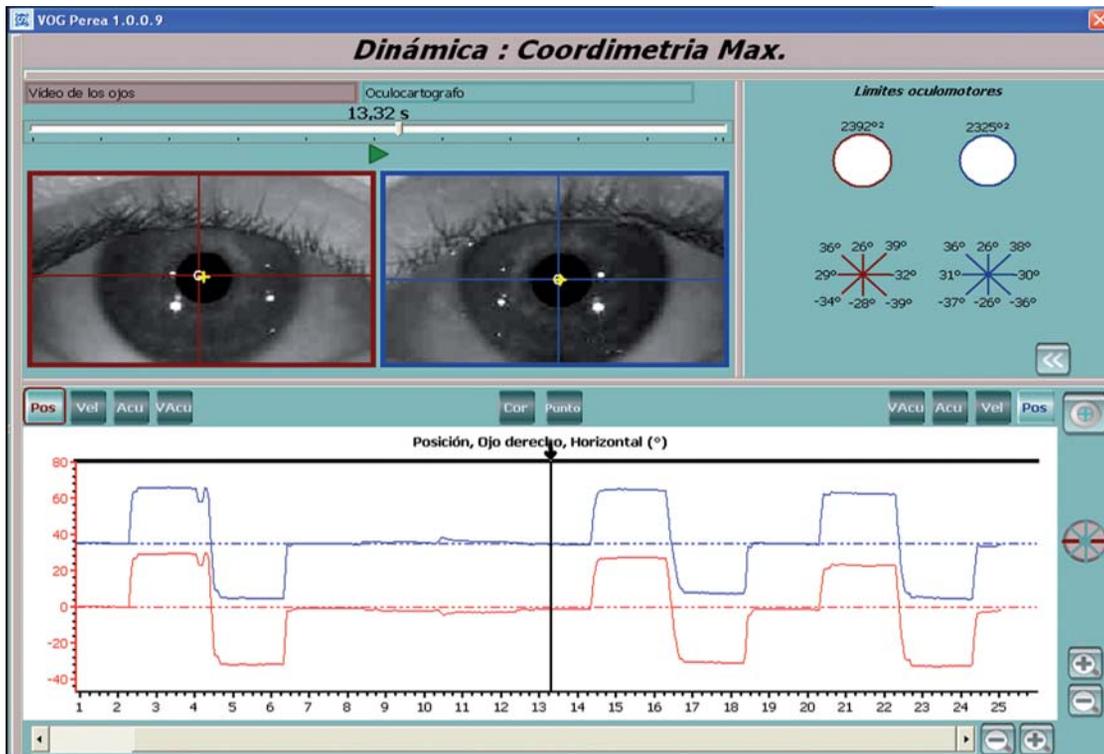


Figura 57. Viene de la figura 56. En el Diagrama están reflejados los límites óculomotores de cada movimiento y la superficie que comprende los desplazamientos realizados por cada ojo.

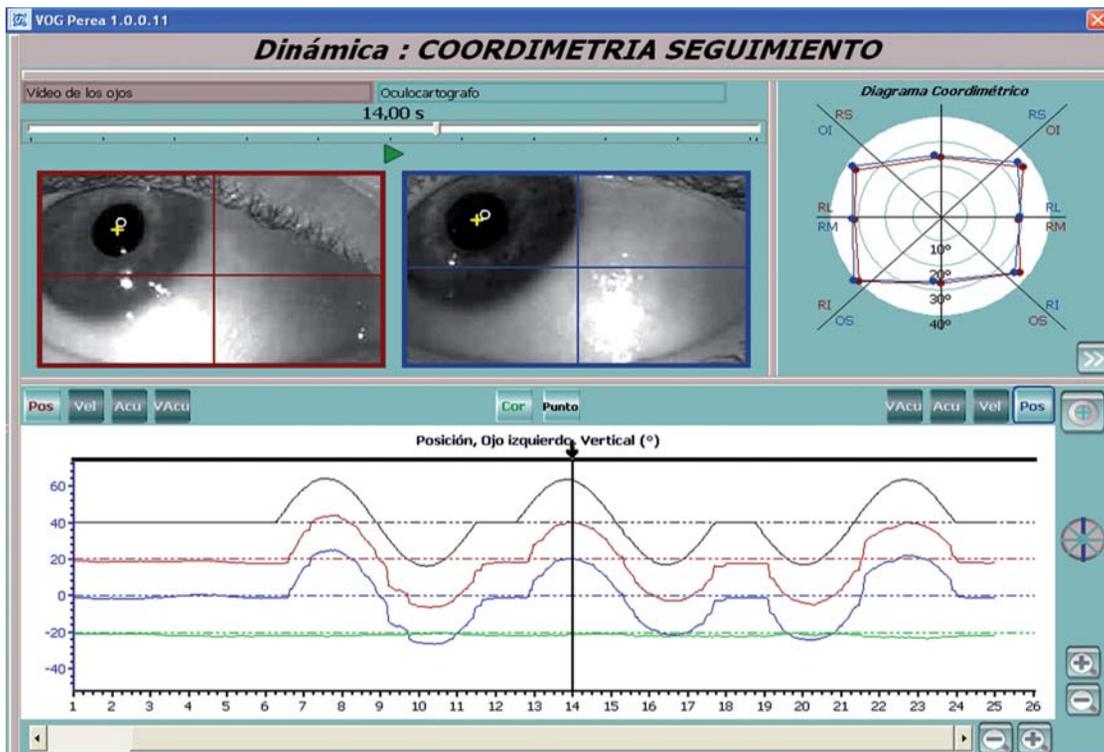


Figura 58. Coordimetría de seguimiento. En esta prueba, a diferencia de la Coordimetría sacádica, el Equipo tiene en cuenta el valor máximo alcanzado en cada dirección: horizontal +30°, horizontal -30°, vertical +24°, vertical -24° y oblicuos de 35°.

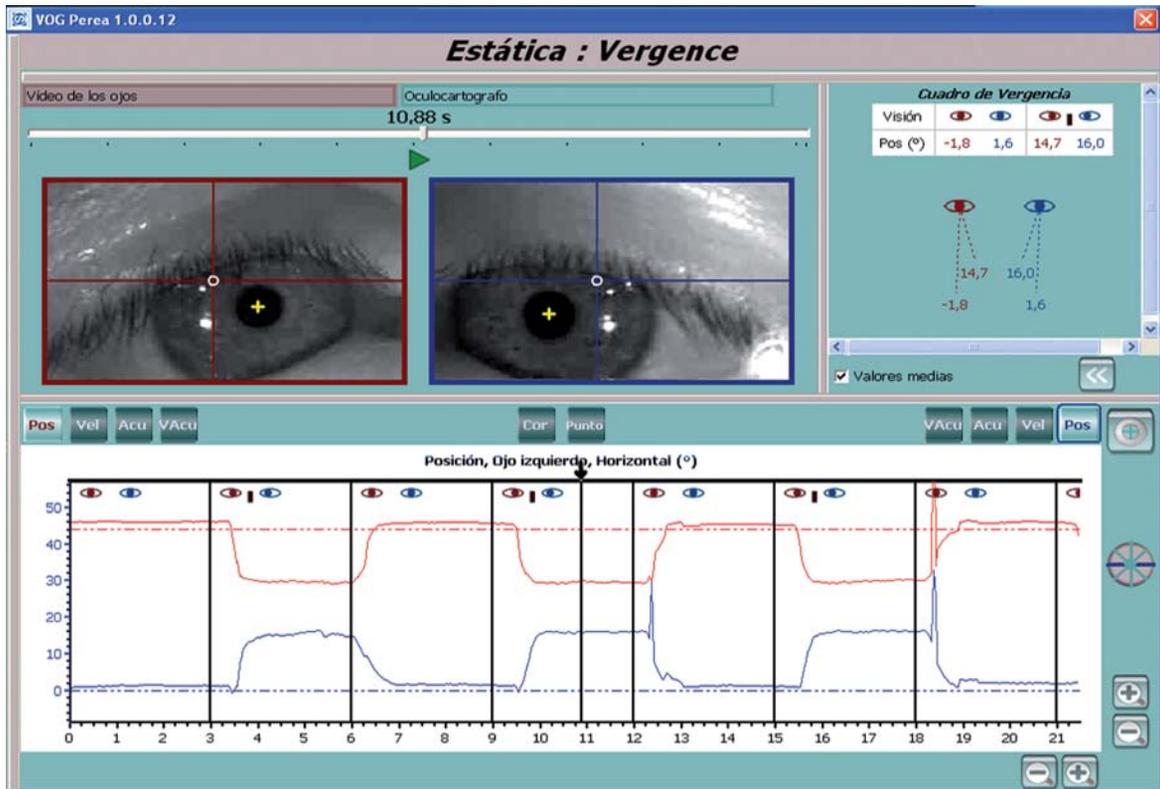


Figura 59. Vergencia de refijación normal. Se aprecia como dato interesante la falta de correspondencia motora de ambas curvas en el movimiento de vergencia estrictamente horizontal.

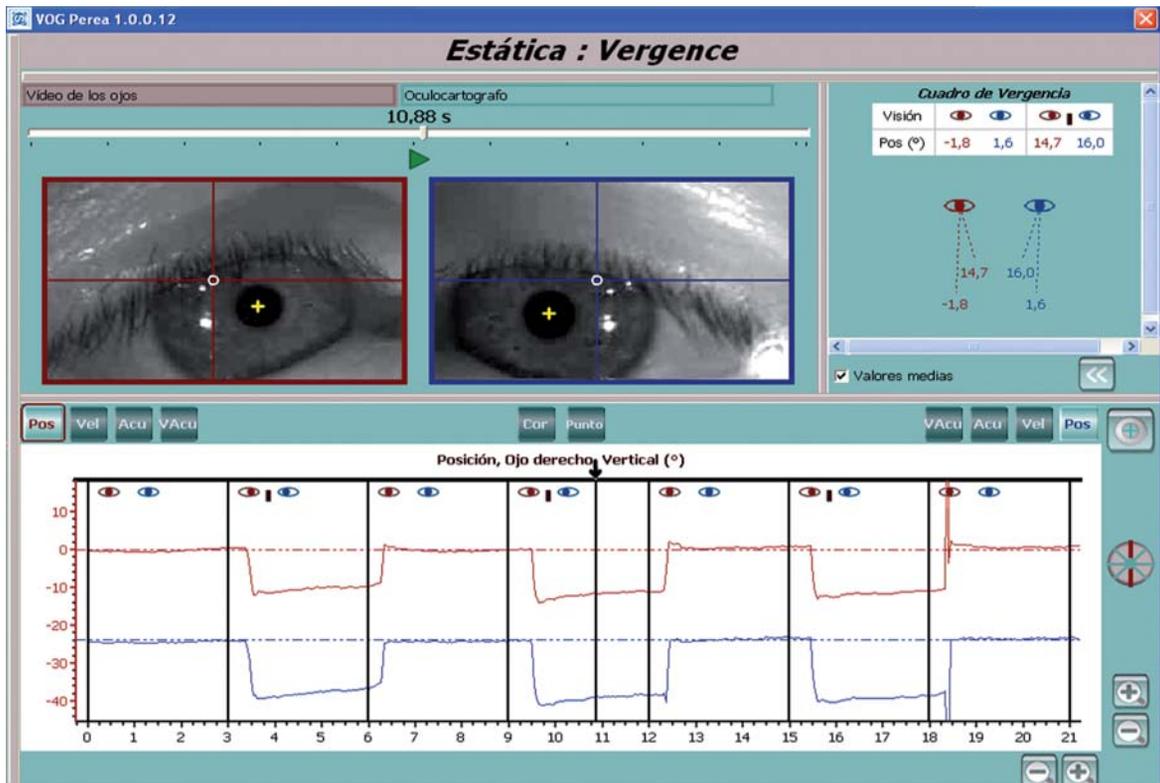


Figura 60. Caso anterior, pero destacando solo la parte vertical del movimiento de convergencia, observando la perfecta sinergia del movimiento de versión. Dato determinante de que versión y vergencia caminan por senderos distintos.



Figura 61. Movimiento de «vergencia simétrica» normal. (1) Meseta de fijación de lejos. (2) Fase rápida de aducción. (3) Fase lenta de convergencia complementando a la anterior. (5) Fase rápida de abducción. (6) Fase lenta de abducción.

to no solo se debe explorar como actualmente: valorando la función mediante vergencias guiadas (dato artificial), o en estática solicitando el movimiento fusional (vergencia fusional), y acomodativo (vergencia acomodativa) mediante lentes prismáticas y esféricas respectivamen-

te, comparando el inicio y el final del movimiento. Estos movimientos disyuntivos deben estudiarse bajo el aspecto dinámico y en el mayor número de direcciones posibles. El estudio de las vergencias en estática aporta datos interesantes del equilibrio binocular en este

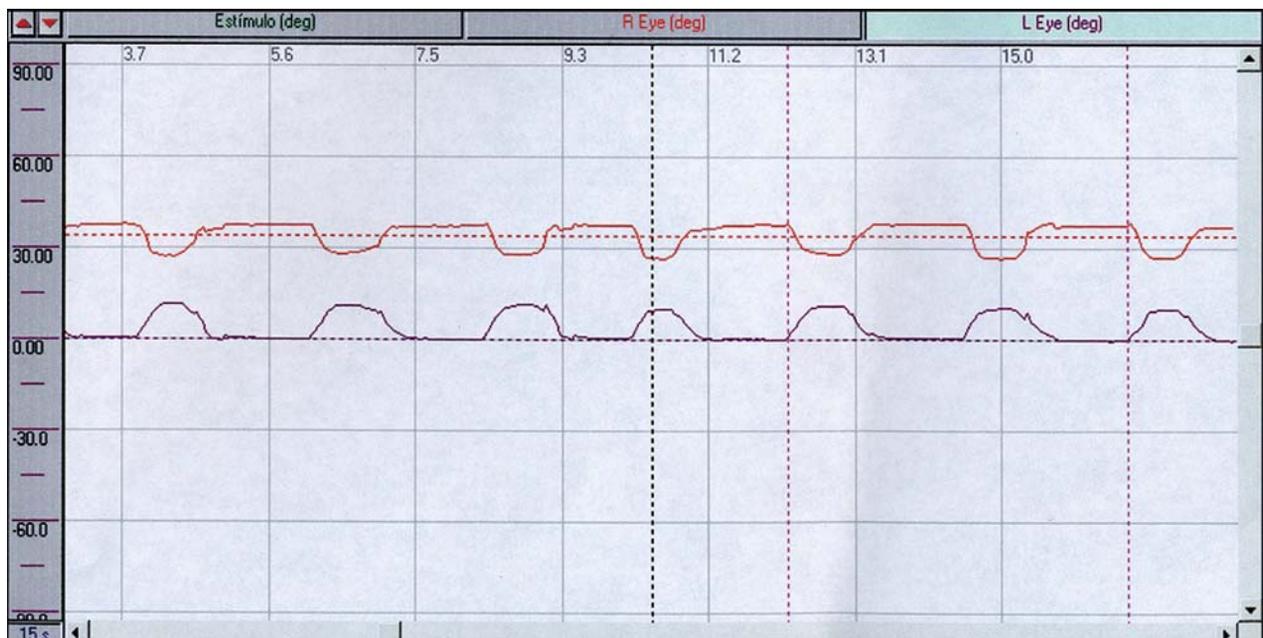


Figura 62. Vergencia mental. Movimientos de vergencia realizados con persona entrenada, inducidos, no por estímulo visual alguno, sino por el «deseo» de converger.



Figura 63. Vergencia asimétrica normal. Ambos ojos descubiertos y ojo derecho (en rojo) axial. Es expresivo el fenómeno de Johannes Müller al hacer la refijación lejos-cerca. El O I (en azul) marca un movimiento de convergencia normal, pero el OD que por su situación debería crear una recta inmóvil al no tener que hacer convergencia alguna, logra una abducción versional rápida, aunque de menor amplitud que la del OI, seguida de un movimiento de aducción lento para conseguir su meta: la fusión).

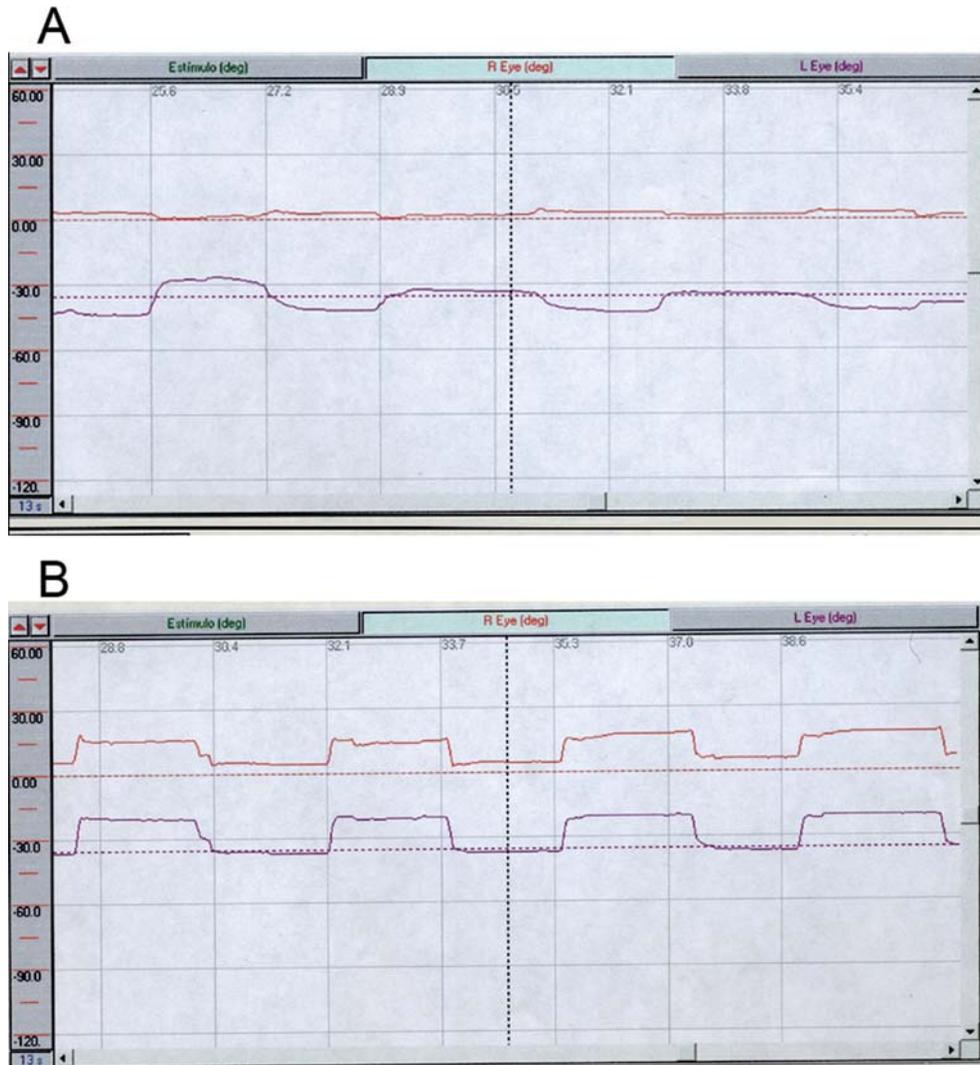


Figura 64. Vergencia asimétrica normal. A) Ojo axial descubierto. Se aprecia falta de convergencia del OD (en rojo) situando axialmente al estímulo y movimiento de convergencia lento del OI descentrado. B) Ojo axial cubierto. Aquí el ojo descentrado (OI) descubierto (en azul) hace un movimiento aductor de convergencia normal, que es acompañado por otro rápido conjugado del OD (en rojo) ocluido.

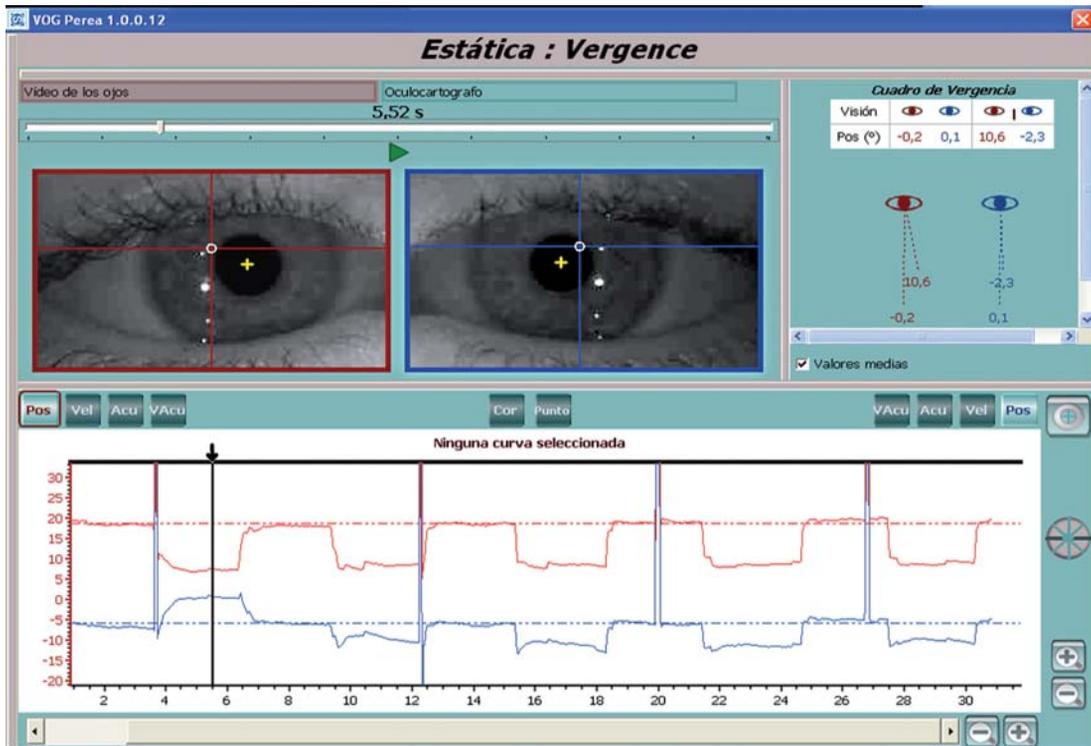


Figura 65. Insuficiencia de convergencia. Solo le es posible converger en el primer movimiento. A partir del segundo y hasta el final, al movimiento de convergencia del OD le acompaña otro conjugado de versión del OI simulando un sacádico.

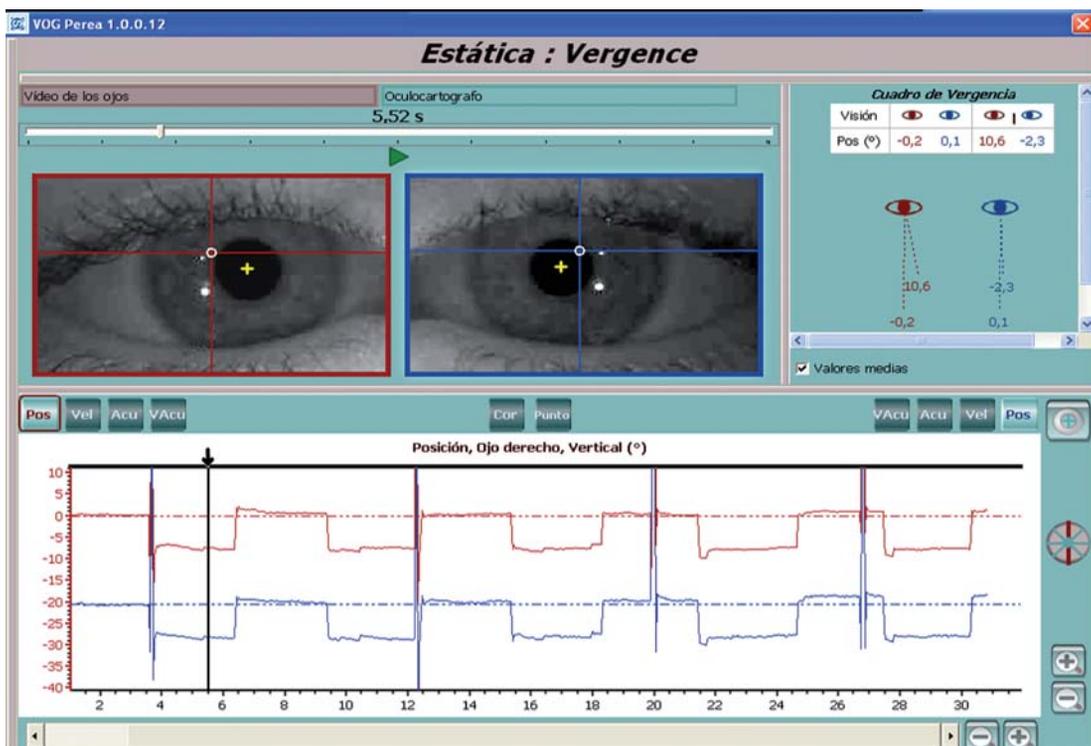


Figura 66. Siguiendo el caso anterior y en el mismo instante (5,52s) pero recogiendo gráficamente sólo el desplazamiento vertical producido al practicar el movimiento de convergencia. Contrasta la correspondencia motora en esta gráfica, en la que sólo está representado el movimiento de versión vertical, con la anterior en la que muestra el movimiento horizontal de vergencia, que es asinérgico.

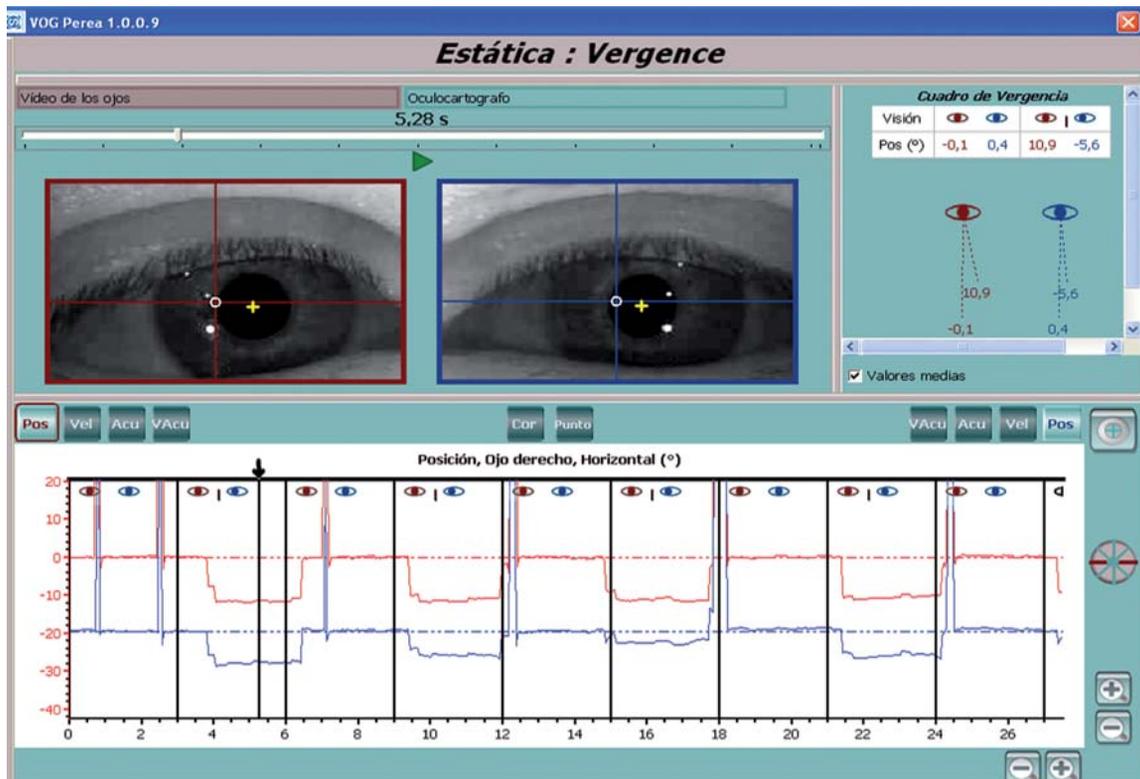


Figura 67. Insuficiencia de convergencia. Se ve la falta de convergencia desde el primer movimiento, simulando sacádicos, que se aprecian tanto en el Oculoscopio, en el Oculógrafo y en el Cuadro de vergencia.

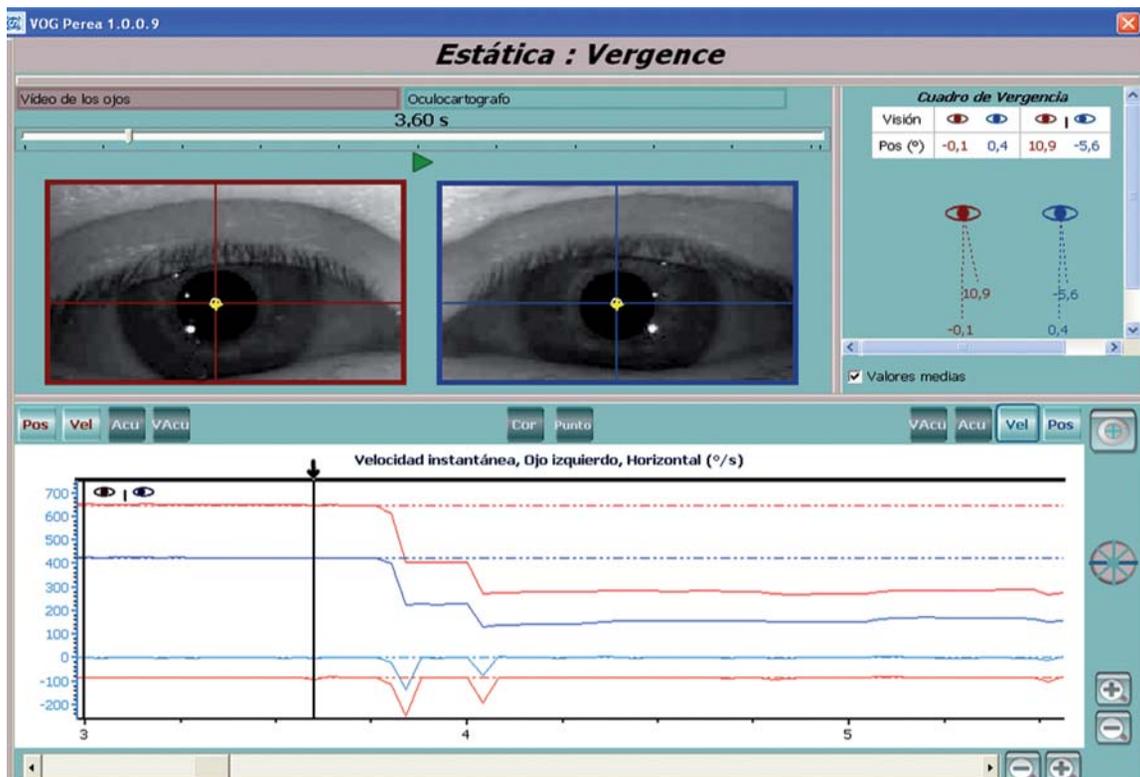


Figura 67a. Momento del 1º movimiento de convergencia del paciente de la figura 67. Representa la posición de los ojos a los 3,60s antes de iniciar la convergencia (en pleno período de latencia).

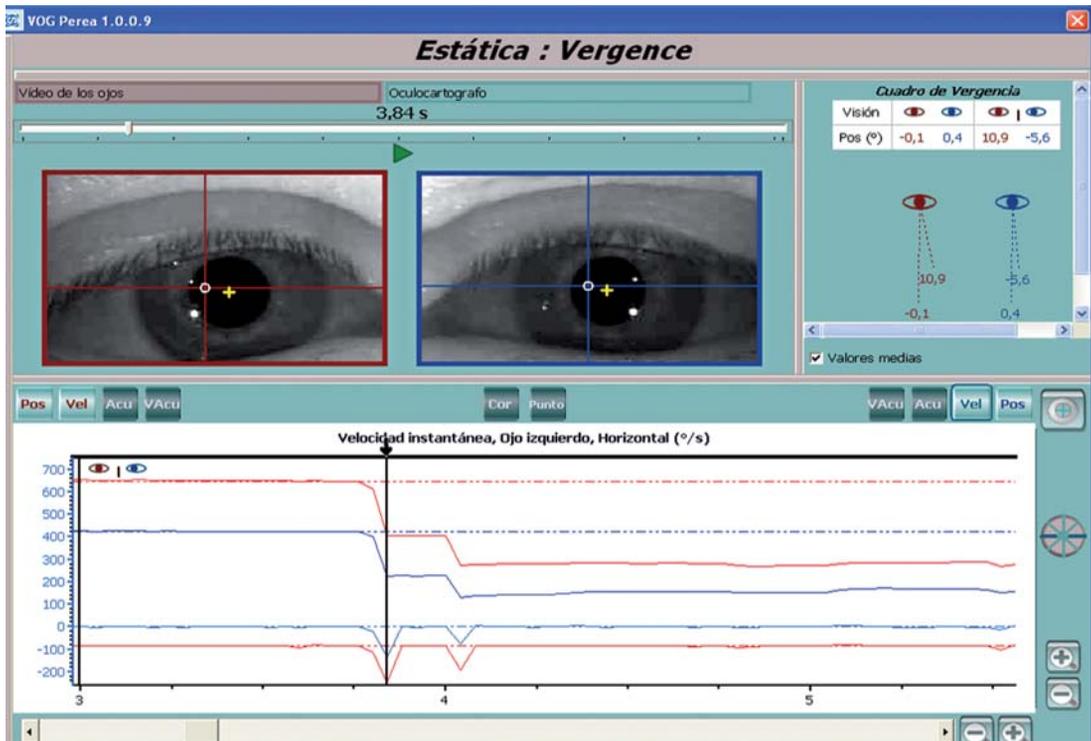


Figura 67b. Segundo detalle de la figura 67. En este instante de convergencia, el OD ha realizado un primer movimiento rápido de refijación. El OI, incapaz de converger, acompaña al OD en movimiento conjugado rápido hacia su izquierda. Las dos gráficas inferiores del Oculógrafo representan las velocidades de ambos ojos, que, como se ve, guardan perfecta correspondencia motora.

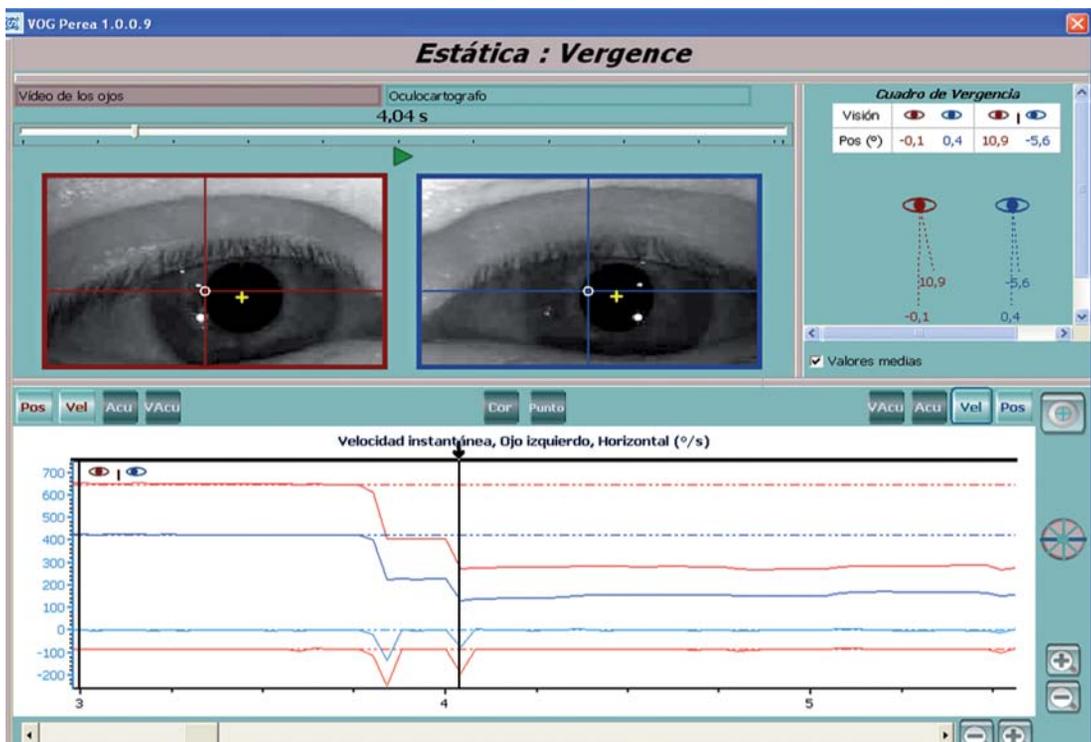


Figura 67c. Tercer detalle de la figura 67. Aquí, tras un pequeño período de latencia, el OD para conseguir su objetivo vuelve a hacer otro movimiento de vergencia rápido (aunque más pequeño que el anterior). El OI (fiel subordinado), lo acompaña en nuevo movimiento conjugado.

modo, pero no dicen nada de la cinética. Llevados, incluso, a este terreno de exploración, los movimientos que consiguen despertar los prismas y las lentes esféricas en EOG y VOG son exageradamente tímidos, de amplitud muy pequeña e irregular.

Obtenemos la experiencia mediante VOG-Perea siguiendo la forma inductiva de refijación lejos-cerca y cerca-lejos, tal y como lo hizo Maurice Quéré con EOG, situando un test a 1,00 m y el otro a 15 cm. Así practicamos:

— *Vergencia simétrica*: binocular y monocular (fijando OD y fijando OI).

— *Vergencia asimétrica binocular*: Axial OD y Axial OI.

— *Vergencia asimétrica monocular*: Axial descubierto y axial cubierto.

Actualmente no se debe renunciar ni prescindir de algunas pruebas legadas por nuestros maestros del siglo XIX y los tres primeros cuartos del XX. Sin embargo, y al igual que dijo Larmande de la Electro-oculografía en la década de los 80 del pasado siglo, considero, en base a la investigación que he realizado, que la video-oculografía debe estimarse «útil irremplazable». Tratemos de «avanzar» como dijo Quéré. No debemos resignarnos, y pensemos que estamos finalizando la primera década del siglo XXI.

Bibliografía

- Adler FH. Physiology of the eye. Clinical application (1st ed. 8th). Edición: Mosby. Saint-Louis. 1950.
- Adler FH. Fisiología del ojo. Edición: Panamericana. Buenos Aires. 1980.
- Alpern M y col. The relation of horizontal saccadic and vergence movements. Arch Ophthalmol 1956; 56: 685.
- Arruga A. Diagnóstico y tratamiento del estrabismo. Ponencia de la Sociedad Oftalmológica Hispanoamericana. Edición: Bermejo. Madrid. 1961.
- Barlow HB. Eye movements during fixation. J Physiol 1952; 116: 290.
- Bechac G y col. Interés de la R.N.M. en fisiología y patología oculomotora en particular para comprensión de los movimientos verticales en el Síndrome de Duane. Acta Estrabolog 1995; 39.
- Becker W y col. Further properties of the human saccadic system: eye movements and correction saccades with and without visual fixation points. Vision Res 1969; 9: 1247.
- Beisner DH. Reduction of ocular torque by medial rectus recession. Arch Ophthalmol 1971; 85: 13.
- Berard y col. Cirugía de los estrabismos. Ponencia de la Sociedad Francesa de Oftalmología. Edición: Masson. París. 1984.
- Berg AV van de. Kinematics of eye movement control. Proc R Soc Lond B Biol Sci 1995; 260: 191.
- Bernstein J. Les sens. Edición: Librairie Germer Baillière et Cie. París. 1883.
- Bicas H. Medidas angulares na rotina oftalmológica: Variações do efeito de prismas em função de seus posicionamentos. Rev Bras Oftalmol 1980; 39: 5.
- Bicas H. Estudos da mecânica ocular. I. Sistemas de definição das rotações oculares. Arq Bras Oftalmol 1981; 44: 18.
- Bicas H. El uso de prismas en la semiología del estrabismo. Encuentro Estrabológico Iberoamericano. Edición: Industria Gráfica Altair. Madrid 1994.
- Bicas H. Consideraciones sobre los factores mecánicos en la acción de los músculos oculares. Acta Estrabolog. 1996; 161.
- Boeder P. An analysis of the general type of unioocular rotations. Am J Ophthalmol 1957; 57: 200.
- Boeder P. The cooperation of extraocular muscles. Am J Ophthalmol 1961; 51: 469.
- Bourron M y col. Les mouvements oculaires en pratique courante. Colloque de Nantes. 1989.
- Breinin G. Electromyographic evidence for ocular muscles proprioception in man. Arch Ophthalmol 1957; 57: 176.
- Breinin GM. Quantitation of extraocular muscle innervation. Arch Ophthalmol 1957; 57: 644.
- Breinin GM. The structure and function of extraocular muscle. An appraisal of the duality concept. Am J Ophthalmol 1971; 72: 1.
- Breinin GM. The extra-ocular muscles. Am J Ophthalmol 1971; 72: 1.
- Brown G. Neuromuscular transmission in extrinsic muscles of the eye. J Physiol 1941; 99: 379.
- Carpenter RHS. Movements of the eyes. 2.ª Edición: Pion Limited. London 1977.
- Castanera Pueyo A. Estrabismos y Heteroforias. Edición: Editorial Paz Montalvo. Madrid. 1971.
- Clark RA, Miller JM, Demer JL. Location and stability of rectus muscles pulleys inferred from muscle paths. Invest Ophthalmol Vis Sci 1997; 38: 227.
- Clark RA, Miller JM, Demer JL. Three-dimensional location of human rectus pulleys by path inflection in secondary gaze positions. Invest Ophthalmol Vis Sci 2000; 41: 3787.
- Collewijn H, Erkelens CJ, Steinman RM. Trajectories of the human binocular fixation point during

- conjugate and non conjugate gaze-shifts. *Vision Res* 1997; 37: 1049.
- Collins CC y col. Extraocular muscle forces in normal subjects. *Invest Ophthalmol* 1981; 20: 652.
- Demer JL y col. Evidence for fibromuscular pulleys of the recti extraocular muscles. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1995; 36: 1125.
- Demer JL, Miller JM, Poukens V. Surgical implications of the rectus extraocular muscle pulleys. *J Ped Ophthalmol Strab* 1996; 33:208.
- Demer JL. Clarity of words and thoughts about strabismus. *Am J Ophthalmol* 2001; 132: 757.
- Dodge R. An experimental study of visual fixation. *Psychol Monogr* 1907; No. 35.
- Duane A. A new classification of the motor anomalies of the eye. *Ann Ophthalmol Otolaryngol* 1896; 5: 969.
- Duane A. Binocular movements. *Arch Ophthalmol* 1933; 9: 759.
- Duke-Elder S. *System of ophthalmology* Vol VI. Edición: H.Kimpton. Londres. 1973.
- Ellerbrock JV. Experimental investigation of vertical fusional movements. *Am J Ophthalmol* 1949; 26: 327, 388.
- Fender DH. Torsional motions of the eyeball. *Br J Ophthalmol* 1955; 39: 65.
- Fender DH y Nye PW. An investigation of the mechanisms of eye control. *Kibernetik* 1961; 1: 81.
- Flourens MJP. *Experiences sur les canaux semi-circulaires des mammifères*. Memoire lu à l'Academie Royale des Sciences. 1828.
- Gavián Alonso C y Arruga Ginebreda J. *Sistema oculomotor*. Ponencia oficial del II Congreso nacional de oto-neuro-oftalmología. 1986.
- Gay AJ y col. *Eye movements disorders*. Edición: Mosby. St. Louis. 1974.
- Gay AJ y col. *Trastornos oculomotores*. Traducido por J.M.Grau Veciana. Edición: Ediciones Toray. Barcelona. 1976.
- Gleason G y col. Directionally selective short-term no conjugate adaptation of vertical pursuits. *Vision Res* 1993; 33: 65.
- Haslwanter T. Mathematics of three dimensional eye rotations. *Vision Res* 1995; 35: 1727.
- Hécaen H. *Neuropsychologie de la Perception visuelle*. Edición: Masson. París. 1972.
- Helmholtz H. *Optique physiologique*. Traducción por Emile Javal. Edición: Reimpresión por Jacques Gabay en 1989, de la original de 1867 (París), autorizada por Masson e hijos.
- Herranz MT y col. Ensayo teórico sobre las aplicaciones estrabológicas de un programa computarizado de motilidad ocular. *Acta Estrabologica* 1990; 19.
- Hess WR. Eine neue Untersuchungsmethode bei Doppelbildern. *Arch Augenhk* 1909; 62: 233.
- Hess A y col. Slow fibers in the extraocular muscles of the cat. *J Physiol* 1963; 169: 780.
- Heywood S. Voluntary control of smooth eye movements and their velocity. *Nature* 1972; 238: 408.
- Hewitt RS. Torsional eye movements. *Am J Ophthalmol* 1951; 34: 253.
- Hugonnier R&S. *Strabismes*. Edición: Masson. París. 1981.
- Irvine SR. A simple test for binocular fixation: clinical application useful in the appraisal of ocular dominance, amblyopia ex-anopsia, minimal strabismus and malingering. *Am J Ophthalmol* 1944; 27: 740.
- Jampel RS. Ocular torsion and the function of the vertical extraocular muscles. *Am J Ophthalmol* 1975; 79: 292.
- Jampel RS. Ocular torsion and the primary retinal meridians. *Am J Ophthalmol* 1981; 91: 14.
- Jampolsky A. The prism test for strabismus screening. *J Pediatr Ophthalmol* 1964; 1-30.
- Jampolsky A. Some anomalies of binocular vision. In *The First International Congress of Orthoptics*. Edición: Mosby. St. Louis. 1968.
- Jampolsky A. Ocular divergence mechanisms. *Trans Am Ophthalmol* 1970; 68: 730.
- Kaufman PL. *Adler Fisiología del ojo*. Madrid. Elsevier. 2003.
- Krewson WE. Action of the extraocular muscles. *Trans Am Ophthalmol* 1950; 48: 443.
- Lamare. Les mouvements des yeux dans la lecture. *Bull Soc Ophtalmol Fr* 1882; 354.
- Landolt E. *Examen des mouvements normaux et pathologiques des yeux*. Edición: G. Steinheil. París. 1916.
- Le Grand Y. *Optique physiologique* Tomo 3º. Edición: Masson. París. 1956.
- Le Grand Y. *Optique physiologique* Tomo 1º. Edición: Masson. París. 1965.
- Leigh RJ, Zee DS. *The neurology of eye movements* 3.ª Ed. 1999. Oxford University Press.
- Lévi-Schoen A. *L'étude des mouvements oculaires*. Edición: Dunod. París. 1969.
- Maxwell JS, King WM. Dynamics and efficacy of saccadefacilitated vergence eye movements in monkeys. *J Neurophysiol* 1992; 68: 1248.
- Maxwell JS, Schor CM. Head-position-dependent adaptation of nonconcomitant vertical skew. *Vision Res* 1997; 37: 441.
- Maxwell JS, Schor CM. Adaptation of torsional eye alignment in relation to head roll. *Vision Res* 1999; 39: 4192.
- Mok D y col. Rotation of Listing's plane during vergence. *Vision Res* 1992; 32: 2055.
- Moses RA. *Fisiología del ojo*. Edición: Panamericana. Buenos Aires. 1980.
- Noorden GK, Von Mackensen G. Pursuit movements of normal amblyopic eyes: an electroophthalmographic study. I. Physiology of pursuit movements. *Am J Ophthalmol* 1962; 53: 325.

- Paliaga GP y col. Rotations oculaires et reflets cornéens. *Ophthalmologica* 1980; 181: 231.
- Perea J. Estrabismos. 1.^a Edición: Artes Gráficas Toledo S.A.U. 2006.
- Perea J. Estrabismos. 2.^a Edición: Artes Gráficas Toledo S.A.U. 2008.
- Perea J. Test de las 4 dioptrías ¿realidad o quimera? *Acta Estrabol* 2008; Volumen 2. 83-88.
- Pigassou R. La coordinación motriz binocular. Sus características en el sujeto normal. Sus perturbaciones y su tratamiento en el estrábico. *Acta Estrabol* 1978; 41.
- Pons Moreno AM, Martínez Verdú FM. Fundamentos de visión binocular. Edición: Guada Impresores S.L. Valencia. 2004.
- Quéreau JV. Rolling of the eye around its visual axis during normal ocular movements. *Arch Ophthalmol* 1955; 53: 807.
- Quéré MA, Duprey C. Actions primaires et champ d'action des muscles oculomoteurs. *Ann Oculistique* 1969; 202: 433.
- Quéré MA, Larmande AM. Les troubles moteurs et opto-moteurs dans les strabismes infantiles. L'électro-oculographie pendular. *Ann Oculistique* 1970; 203: 717.
- Quéré MA y col. Étude électro-oculographique del mouvements de poursuite I. *Ann Oculistique* 1972; 205: 1307.
- Quéré MA y col. Étude électro-oculographique del mouvements de poursuite II. *Ann Oculistique* 1972; 205: 1321.
- Quéré MA, Delplace MP Étude électro-oculographique del mouvements de poursuite III. *Ann Oculistique* 1973; 206: 37.
- Quéré MA. Le traitement précoce des strabismes infantiles. Edición: Doin. París. 1973.
- Quéré MA, Pecherau A. Les acquisitions électro-oculographiques recentes dans le strabisme. *J Fr Orthopt* 1979; 169.
- Quéré MA, Pecherau A. L'électro-oculographie de la convergence. Aspects physiologiques et dérèglements spécifiques. *Bull Mem Soc Fr Ophtalmol* 1979; 91: 249.
- Quéré y col. Le signe de l'anesthésie dans les ésootropies fonctionnelles. Etude stadistique de 318 cas. *Bull Mém Soc Fr Ophtalmol* 1980; 92: 308.
- Quéré MA, Pecherau A. Étude électro-oculographique des mouvements de vergence symetrique. I. La vergence symetrique. II. La vergence asymetrique. *J Fr Ophtalmol* 1981; 4: 25. 4: 421.
- Quéré MA y col. Fisiopatología de los movimientos de persecución. *Acta Estrabol* 1981; 85.
- Quéré MA. Physiopathologie clinique de l'équilibre oculo-moteur. Edición: Masson. París 1983.
- Quéré MA y col. L'inexcitabilité optocinetique dans l'abduction. *Bull Mem Soc Fr Ophtalmol* 1983; 95: 211.
- Quéré MA y col. Equilibre oculo-moteur et accommodation-convergence. *J Fr Orthopt* 1987; 7.
- Quéré MA y col. Les mouvements oculaires en pratique courante. Colloque de Nantes. 1989.
- Reydy R. Sinergia entre la información visual y la propiocepción en el sistema postural. *Acta Estrabol* 1987; 3.
- Roth A y col. La chirurgie oculo-motrice. Edición: Masson. París. 1995.
- Rogez JP. La cycloversión (physiologie et pathologie). Tesis médica. Tours. 1971.
- Saraux H, Biais B. Physiologie oculaire. Edición: Masson. París. 1983.
- Schmidt JG y Smith KU.- Feedback analysis of eye tracking of auditory and tactual stimuli. *Am J Optom* 1971; 48: 204.
- Schor CM. Adler. Fisiología del ojo. Edición: Elsevier. Madrid. 2004.
- Scobee RG. The oculo-rotary muscles. Edición: Mosby. St Louis. 1952.
- Spielmann A. Les strabismes. Edición: Masson. París. 1991.
- Starkiewicz W. Rôle du système musculaire dans la pathogenése et la thérapie du strabisme. Edición: Zakl, Graficzne. Poznan. 1958.
- Tour RL, Asbury T. Overcorrection of esotropia following bilateral 5 mm medial rectus recession. *Am J Ophthalmol* 1958; 45: 644.
- Tweed D, Vilis T. Implications of rotational kinematics for thye oculomotor system in three dimensions. *J Neurophysiol* 1987; 58: 323.
- Tweed D, Cadera W, Vilis T. Computing three-dimensional eye position quaternions and eye velocity from serarch coil signals. *Vision Res* 1990; 30: 97.
- Tweed D, Vilis T. Geometric relations of eye position and velocity vectors during saccades. *Vision Res* 1990; 30: 111.
- Van der Hoeve J. Ocular movements. *Trans Ophtalmol Soc UK*. 1932; 52: 1.
- Volkmann FC. Vision during voluntary saccadic eye movements. *J Opt Soc Am* 1962; 52: 571.
- Weiss JB. Intérêt de l'E.O.G. *J Fr Orthopt* 1983; 101.
- Wiener N. Cibernetics or control and communication in the animal and the machina. Edición: John Wiley and Hernann et cie. New York and Paris. 1948.