

Vergencias fusionales. Exploración e importancia en la práctica clínica

Fusion Vergences. Exploration and Importance in Clinical Practice

Lourdes Rita Hernández Santos^{1*} <https://orcid.org/0000-0002-9551-1916>

Pedro Daniel Castro Pérez¹ <https://orcid.org/0000-0002-0151-7584>

Lucy Pons Castro¹ <https://orcid.org/0000-0003-0757-6048>

Sirley Sibello Deustua¹ <https://orcid.org/0000-0002-4641-7018>

Madlena González Duquesne¹ <https://orcid.org/0000-0002-7270-9129>

¹Instituto Cubano de Oftalmología Ramón Pando Ferrer. La Habana, Cuba.

*Autor para la correspondencia: lourdesrita@infomed.sld.cu

RESUMEN

La vergencia fusional se define como la vergencia estimulada por la disparidad retiniana que genera un movimiento vergencial para mantener la visión binocular simple, son movimientos binoculares disyuntivos en los que ambos ojos se dirigen en la misma dirección para fijar un objeto y a la vez se desplazan en sentido opuesto. La amplitud de fusión desempeña un importante papel en mantener una visión binocular simple. Los valores fuera de la norma son significativos en el diagnóstico de posibles disfunciones binoculares no estrábicas. Con este artículo se pretende mostrar los diferentes criterios relacionados con la evaluación de la amplitud de las reservas fusionales, cual es la prueba más usada y los rangos considerados dentro de límites normales, para lo que se realizó una búsqueda en diferentes publicaciones y textos de la especialidad.

Palabras claves: vergencia fusional; heteroforia; convergencia; divergencia.

ABSTRACT

Fusional vergence is defined as the vergence stimulated by retinal disparity that generates a vergence movement to maintain simple binocular vision, they are

disjunctive binocular movements in which both eyes are directed in the same direction to fix an object and at the same time they move in opposite way. Fusion amplitude plays an important role in maintaining single binocular vision. Values outside the norm are significant in the diagnosis of possible non-strabismic binocular dysfunctions. This article aims to show the different criteria related to the evaluation of the amplitude of fusional reserves, which is the most used test and the ranges considered within normal limits, for which a search was carried out in different publications and texts of the specialty.

Keywords: fusional vergence; heterophoria; convergence; divergence.

Recibido: 16/08/2022

Aprobado: 21/03/2022

Introducción

La visión binocular es la unión de las imágenes provenientes de ambos ojos, que neurológicamente se combinan para tener una percepción única (fusión) y en profundidad del objeto observado (estereopsis).⁽¹⁾

Para poder realizar el acto de la visión binocular normal es preciso un tono muscular (vergencia tónica) normal; movimientos conjugados (versiones) normométricos y congruentes y que los movimientos de vergencia sean normales.⁽²⁾

La vergencia fusional se define como la vergencia estimulada por la disparidad retiniana, que genera un movimiento vergencial para mantener la visión binocular simple.⁽³⁾ Los movimientos vergenciales son movimientos binoculares disyuntivos en los que ambos ojos se dirigen en la misma dirección para fijar un objeto y a la vez se desplazan en sentido opuesto (ambos ojos aducen para la convergencia o abducen para la divergencia).

Cualquier vergencia puede inducirse colocando prismas frente a los ojos. Para estimular la vergencia fusional positiva se debe provocar disparidad retiniana bitemporal, para esto se utilizan prismas de base externa, de igual manera para estimular la vergencia fusional negativa se debe provocar disparidad retiniana binasal, utilizando prismas de base interna. Normalmente se tiene una demanda de vergencia fusional que está determinada por el estado fórico. Se debe tener

presente que una exoforia genera siempre una demanda de vergencia fusional positiva y una endoforia genera una demanda de vergencia fusional negativa para evitar la diplopía. Se definen así las reservas fusionales positivas y las reservas fusionales negativas, como la cantidad de vergencia fusional que queda en reserva para mantener la fusión motora, más allá de la demanda necesaria.⁽⁴⁾ La relación entre el valor de la foria y las reservas fusionales correspondiente determina si la foria está descompensada o no.

La vergencia constituye el movimiento fundamental y básico de la visión binocular combinándose en la vida cotidiana y de modo permanente con los movimientos de versión (sacádicos, vestibulares y optocinéticos), lo que constituye uno de los soportes sobre el que reposa la visión binocular.

La convergencia es un movimiento más rápido que la divergencia, lo que demuestra que presenta un mecanismo independiente de control. Al incidir un estímulo sobre puntos dispares o no correspondientes se genera diplopía que es compensada por el movimiento de vergencias. Con el cambio de profundidad del objeto ambas fóveas toman la fijación (fovealización) a través de una variación en el ángulo formado por los ejes visuales para fusionar las so imágenes en una sola. La excitación debe caer en ambas retinas y la respuesta motora del movimiento de vergencia será más amplia cuanto más periférico sea el estímulo. La variación de la distancia del objeto de fijación es la que condiciona el estímulo binocular que desencadena el movimiento de vergencia.

En un individuo normal en posición primaria de mirada al mirar un objeto situado en el infinito los ejes oculares se encuentran paralelos y la acomodación relajada. A medida que el objeto se acerca se hace un ajuste binocular con el objetivo de evitar la visión borrosa variando la acomodación para lograr que la imagen incida en la retina de los dos ojos (verla nítida) y por otro lado se varía el paralelismo de los ejes oculares hacia la convergencia para que ambas imágenes caigan en la fóvea de ambos ojos permitiendo la fusión y la visión única. Este mecanismo se conoce como relación convergencia acomodativa/acomodación y se expresa en dioptría prismática de convergencia acomodativa que se utiliza por cada dioptría esférica de acomodación.

Los mecanismos y elementos estructurales que cooperan con los movimientos de vergencias permanecen en el campo de la hipótesis según Perea,⁽²⁾ quien refiere

que se desconoce su asociación con los otros elementos de la tríada sin cinética acomodación y miosis.

La medición de las vergencias fusionales es fundamental en la evaluación de la binocularidad para detectar disfunciones binoculares no estrábicas cuando sus valores se encuentran fuera de los rangos considerados como normales.

En la actualidad con los adelantos científico-técnicos y la introducción de nuevas tecnologías ha aumentado el trabajo en las distancias cercanas e intermedias aumentando así las exigencias visuales, lo que hace necesario el poder contar con un sistema visual saludable que permita un buen rendimiento visual y logrando un adecuado desempeño laboral y académico. Una de las variables más importantes en este sistema son las vergencias fusionales lo que ha motivado esta revisión para abordarla no solo desde el punto de vista teórico sino práctico, incentivando así la necesidad de realizar estudios en pacientes con visión binocular normal para obtener valores normativos. Los artículos fueron consultados e idiomas español e inglés, disponible en textos completos y resúmenes en algunas bases de datos como PubMed, Ebsco, Google Académico, Scielo, entre otras.

Desarrollo

Existen diferentes clasificaciones de las vergencias pero en esta revisión bibliográfica solo se incluyen las vergencias según la orientación del movimiento ocular y según el estímulo necesario para su activación.

Clasificación según dirección del movimiento:⁽⁵⁾

- Vergencias horizontales: convergencia y divergencia
- Vergencias verticales: infravergencia y supravergencia
- Ciclovergencias: inciclovergencia y exciclovergencia

Clasificación según el estímulo necesario para que la vergencia se active (también conocida como clasificación de Maddox):^(5, 6)

- Vergencia tónica.
- Vergencia proximal
- Vergencia acomodativa.

- Vergencia fusional.

La clasificación de Maddox sirve para tener una idea básica sobre el funcionamiento de las vergencias, aunque actualmente está demostrado que es un mecanismo más complejo debido a que existe una mayor interacción entre cada uno de sus componentes:

- Vergencia tónica: es la posición de alineamiento fisiológico. Es la que adoptan los ojos en ausencia de estímulos visuales, debida al tono muscular. Representa la posición del ojo en ausencia de disparidad, borrosidad, o estímulo proximal. A partir de esta se estructuran las demás. Si la vergencia tónica no es la adecuada, el paciente presentará forias. Cuando es deficiente tendrá una exoforia, mientras que si es excesiva tendrá una endoforia.
- Vergencia acomodativa: Se produce por la relación que existe entre la acomodación y la convergencia (ligadas fisiológicamente junto con la miosis por estar todas ellas inervadas por el tercer nervio craneal. Para Maddox, es la más importante de todas junto con la fusional. Es la vergencia inducida por un cambio en la acomodación que se pone de manifiesto al existir un estímulo que provoca borrosidad.

Su valor condiciona la foria del paciente en visión próxima, es decir, si al acomodar a una cierta distancia el paciente tiene una vergencia mayor a la necesaria, tendrá endoforia en visión próxima aunque no presente foria en visión lejana. Por el contrario, si es inferior a la necesaria, presentará una exoforia.

El componente de la vergencia acomodativa en la medición de las reservas fusionales es el intervalo en el que el paciente consigue mantener una imagen haplópica, aunque borrosa ya que el sistema varía su acomodación para poder variar la vergencia asociada.

- Vergencia fusional: respuesta motora refleja a un estímulo binocular cuya misión es evitar la diplopía secundaria a la excitación de dos puntos retinianos dispares. Esta vergencia junto con la acomodativa son las encargadas de modular, controlar y hacer el reajuste final a la vergencia tónica y a la vergencia proximal. Es la encargada de controlar las forias y algunas divergencias, así como la única defensa ortóptica que existe. Es el componente

de la vergencia en el que se pueden modificar sus rangos a través de entrenamiento visual.⁽²⁾

- Vergencia proximal: representa la vergencia de búsqueda. Es la que se produce ante la sensación de proximidad de un objeto. Seguida por la vergencia fusional y acomodativa que culminan de forma lenta el movimiento disyuntivo logrando la haplopía en perfecta binoculaidad.

Clínicamente, las reservas fusionales se utilizan para la medida de las vergencias fusionales positivas y negativas mediante la adición de potencia prismática, que genera una disparidad de fijación y a su vez una demanda de vergencias que es lo que medimos.

Para la exploración del sistema vergencial existen diferentes métodos y técnicas de medida, que de modo general podemos dividirlos en:

- Técnicas objetivas: dentro de las técnicas objetivas está la videooculografía, considerada el mejor método que existe en la actualidad para el estudio del sistema vergencial.⁽²⁾
- Técnicas subjetivas: los prismas sueltos o barra de prismas para medir las vergencias a pasos⁽⁷⁾ y los prismas de Risley del foróptero para medir las vergencias suaves.

El objetivo, en ambos métodos, es cuantificar la capacidad que tiene una persona de emplear sus vergencias para mantener una imagen única, es decir, lograr la visión binocular. Al aumentar la potencia del prisma de manera gradual induce una disparidad retiniana, por lo que el individuo tiene que reaccionar empleando su sistema de vergencias para compensar esa disparidad. Se realiza en visión lejana, en visión próxima, en horizontal y vertical.

Para poder determinar el estado en que se encuentra el sistema vergencial hay que evaluar varios parámetros incluyendo el punto próximo de convergencia, la presencia de foria y la amplitud y facilidad de vergencias.

A continuación se expone como realizamos cada procedimiento.

Medida del punto próximo de convergencia

El punto próximo de convergencia^(7, 8) es un parámetro básico del sistema visual y representa la amplitud de convergencia que posee un sujeto, es decir, el punto más cercano del espacio donde un individuo es capaz de mantener la fusión binocular. Se expresa en centímetros.

Para la valoración del punto próximo de convergencia se determina tanto el punto de ruptura como el de recobro de la visión binocular. Ambos se obtienen de manera objetiva y subjetiva. La medida subjetiva del punto próximo de convergencia consiste en la aproximación de un estímulo (tarjeta acomodativa) hacia el sujeto hasta que indique ver doble (ruptura), alejando después el objeto hasta que se recupere la visión binocular (recobro). La medida objetiva se realiza observando el momento en el que el sujeto desvía un ojo, situación que indica la ruptura de la fusión, así como cuando los ojos retoman la bifijación (recobro de la fusión), siendo esta medida objetiva la más empleada en niños y adultos poco cooperadores.

La medida comienza situando delante del sujeto un estímulo a 40 cm, generalmente de una agudeza visual 20/30, llevando su mejor corrección óptica. El estímulo se va acercando sucesivamente al sujeto a la altura de los ojos y en la línea media hasta que el paciente refiera que ve doble o bien hasta que el examinador observe que un ojo se desvía. Este punto indica el punto próximo de convergencia de ruptura, debe medirse con una regla milimétrica obteniendo la distancia en cm desde el plano de la gafa de prueba hasta la distancia donde se haya quedado el estímulo de fijación. Seguidamente, se aleja el estímulo hasta que se recupera la visión simple anotando el resultado obtenido como el punto próximo de convergencia en recobro. Se toma en 3 ocasiones y se anota el promedio. Cuando el sujeto no refiere ver doble y el estímulo de fijación puede situarse hasta la nariz, generalmente se anota HLN (hasta la nariz) y algunos suelen considerarlo con un valor de 1 cm para análisis estadísticos.⁽⁷⁾

El estudio del punto próximo de convergencia se completa con el test del salto de convergencia. Se pide al paciente que mire un objeto situado a un metro y a continuación que tome la fijación de otro objeto situado a quince centímetros, anotando la respuesta obtenida. Normalmente el movimiento vergencial de refijación debe ser suave y rápido.⁽²⁾

Existen diversos tipos de estímulos de fijación pero el más aceptado es la tarjeta acomodativa. El empleo de las tarjetas no acomodativas pueden provocar que la vergencia acomodativa fluctúe, creando así una inconsistencia en la medida del punto próximo de convergencia.⁽⁷⁾

Con respecto a los valores normativos del punto próximo de convergencia existen distintos puntos de corte según los diferentes estudios.⁽⁹⁾ Pero la mayoría coincide en que por encima de 10 cm se considera un valor anormal, estimándose como signo diagnóstico de las disfunciones binoculares no estrábicas.

Por último, tener en cuenta que el punto de recobro tiene que diferenciarse del punto de ruptura en 4 cm aproximadamente.

La desviación latente o heteroforia es aquella desviación relativa de los ejes visuales cuando los ojos están disociados que se presenta en ausencia de fijación y fusión binocular. Para su estudio y medida es necesario emplear métodos que rompan la fusión, es decir, tenemos que disociar la imagen que recibe cada ojo. Cuando rompemos la fusión no se manifiesta en condición binocular normal, salvo que las reservas de vergencias fusionales que se requieren para mantener esta fusión estén al límite; presentándose una desviación latente o manifiesta de los ejes visuales.⁽¹⁰⁾

Para el estudio de la heteroforia existen varios métodos según la preferencia de los autores variando los resultados entre ellos.

Dentro de los métodos de estudio para disociar la visión binocular se puede citar:

- Cover test (CT): se consigue la disociación con la oclusión de un ojo.
- Método de Von Graefe: la disociación es por prismas.
- Varilla de Maddox: disociación por formas.
- Test de Shöber: disociación por filtros coloreados.
- Disociación por filtros polarizados.

Al evaluar clínicamente las amplitudes de vergencias fusionales se deben tener en cuenta varios aspectos: ^(7, 10)

- Las vergencia fusional se miden en dioptrías prismáticas.
- La medida de la vergencia fusional está influenciada por la supresión. La evaluación de las amplitudes de vergencias fusionales sin el estudio de la

supresión puede dar valores de ruptura elevados, si el paciente presenta un escotoma de supresión la ruptura no es detectada hasta que el estímulo no caiga fuera del escotoma de supresión por lo que serán obtenidos valores altos de vergencia.

- Los rangos de vergencia fusional son una medida clínica de las habilidades del paciente para mantener la visión binocular única.
- La vergencia fusional valora la capacidad que tiene el sistema visual para mantener la fusión mientras se varía el estímulo de vergencia y se mantiene constante el estímulo de acomodación.
- La vergencia fusional demandada está relacionada con la heteroforia que tenga el individuo, de modo que una exoforia crea una demanda de vergencia fusional positiva, la endoforia una demanda de vergencia fusional negativa y una hiperforia de un ojo necesita de la infravergencia de este. Esta demanda puede ser considerada como la mayoría de vergencia fusional necesaria para evitar la diplopía en condiciones normales de visión.⁽¹⁰⁾
- La evaluación del rango de vergencias es una herramienta diagnóstica importante en el examen del paciente sintomático. Si el paciente tiene una esodesviación examinar primero las amplitudes de divergencia fusional y si presenta una exodesviación las amplitudes de convergencia.
- En los niños las reservas fusionales se puede medir con barra de prismas o con prismas sueltos, pero en todo caso, se basará en la observación objetiva de los movimientos oculares en los instantes de rotura y recobro en vez de aguardar la respuesta del niño (lo mismo sucede al evaluar el punto próximo de convergencia). El punto de desenfoque puede no ser percibido por muchos niños por lo que apenas responderán a los pequeños instantes de ruptura y recobro de la imagen.⁽³⁾
- La medida de los rangos de vergencia en el espacio libre mediante barra de prismas se parece más a las condiciones habituales y es especialmente útil al medir a niños pequeños pues permite ver los ojos del paciente y controlar de forma objetiva la fiabilidad de las respuestas del sujeto.

Cuando se realiza un estudio de la visión binocular, para caracterizar las amplitudes de vergencias fusionales de un paciente se miden tres parámetros:^(5, 7)

- Emborronamiento: Punto en el que se ha estimulado al máximo la vergencia fusional. A partir de aquí entra también en juego la vergencia acomodativa con el fin de mantener una imagen binocular y haplópica aunque borrosa.
- Rotura: Punto a partir del cual el paciente ya no dispone de vergencia acomodativa para utilizar y no es capaz de compensar la disparidad. En el punto de rotura el paciente verá doble.
- Recobro: Este punto nos da información sobre la habilidad que tiene nuestro paciente para recuperar la visión binocular después de que se produjese una situación de diplopía.

Existen varios factores que pueden modificar el resultado en la evaluación de la amplitud de vergencia:

- Orden en que se miden las vergencias: se recomienda medir siempre las reservas fusionales negativas antes que las positivas, dado que el examen de la vergencia de base externa es una prueba de estimulación, y pueden presentarse efectos que interfieran con los resultados de la siguiente medición.⁽⁵⁾ De igual manera deben medirse primero las reservas fusionales en visión lejana y luego a distancias menores, ya que la contracción muscular de la medición en visión próxima puede alterar el resultado posterior. Al iniciar el estudio por la convergencia puede dar lugar a espasmo de esta y falsear los resultados aportando una amplitud de divergencia disminuida.

Cuando hay una alta demanda de convergencia, la respuesta del sistema visual no finaliza un instante después de que desaparezca el estímulo, sino que cesa de forma gradual debido a la acomodación. Por ello, se recomienda que si por algún motivo se miden primero las positivas, esperar un rato hasta medir las negativas o intercalar las verticales u otra medida que no requieran de convergencia para minimizar el error lo máximo posible.^(5, 7)

Un estudio llevado a cabo por Hadassah Academic College (Department of Optometry)⁽¹¹⁾ cuantificó cómo variaban los resultados si las reservas se medían en un sentido o en otro. Los resultados obtenidos mostraron que los valores de las vergencias fusionales negativas medidas después de las positivas eran inferiores en promedio que cuando se medían antes de las positivas, tanto en la ruptura como en el recobro. Por otra parte, las positivas apenas sufrían variación si se medían primeras o segundas.

En su investigación Fray hace referencia a lo que señaló Cridland de que la convergencia se afecta si es examinada después de la divergencia, pero la divergencia no es afectada significativamente si es examinada después de la convergencia, sin embargo, plantea que la divergencia es significativamente reducida cuando es examinada después de la convergencia en sujetos con función binocular normal, aconsejando que en estos pacientes asintomáticos la divergencia debe ser medida primero. Sin embargo en pacientes con esotropía medir primero la divergencia y en exotropía la convergencia.⁽¹²⁾

- El tamaño del estímulo usado cuando evaluamos los valores normales: Rowe reporta diferencias según use un estímulo central, parafoveal, o periférico en el examen de las amplitudes de vergencias fusionales planteando que los rangos de vergencia son más altos cuando se miden con estímulos periféricos comparados con centrales o parafoveales.⁽¹³⁾
- La edad: hay que tener siempre en cuenta la edad del paciente cuando evaluamos valores normales de amplitud de fusión. Las amplitudes de divergencia se reducen con la edad en pacientes con esotropía a distancia.⁽¹⁴⁾ Fray encontró una correlación negativa entre la edad y la amplitud de convergencia (ruptura y recobro), no así la divergencia.⁽¹²⁾
- Heteroforias: la relación de las heteroforias con las vergencias fusionales ha sido estudiada por numerosos autores.^(8, 10, 13) Los síntomas subjetivos no dependen de la magnitud de la foria sino del poder de la fusión que presente el paciente, una heteroforia importante si tiene buena amplitud de fusión puede presentar menos sintomatología que otra más pequeña con AF deficiente.⁽⁶⁾
- Estado de ánimo: estudios reportan que las medidas de amplitudes de vergencias fusionales pueden ser influenciadas por el estado de ánimo.⁽¹²⁾

Medida de las vergencias suaves horizontales de lejos⁽⁷⁾

1. El paciente utilizará el valor del subjetivo en visión lejana (visión lejana) en el foróptero y se ajusta la distancia interpupilar para esa distancia con la sala iluminada moderadamente.
2. Proyectar una línea vertical del optotipo de agudeza visual 20/20 (o la máxima agudeza visual que presente el sujeto).
3. Colocar los prismas de Risley con el cero vertical (para poder introducir valores prismáticos BT o BN) delante de AO.
4. Preguntar al sujeto si puede ver nítidas las letras del optotipo y pedirle que las mantenga todo lo nítidas que pueda y que avise cuando las letras se vuelvan borrosas, o presente diplopía y cuando se vuelvan a juntar en una sola columna. (Estos valores se corresponderán con los puntos de borrosidad, ruptura y recobro).
5. Se empieza midiendo la divergencia fusional o vergencia fusional negativa (prismas BN) y posteriormente se mide la convergencia fusional o vergencia fusional positiva (prismas BT).
6. Medida de la divergencia: Aumentar lenta y simétricamente en AO la potencia prismática, aproximadamente a 3 Δ por segundo, BN hasta que el sujeto refiera ver el optotipo ligeramente borroso (punto de borrosidad), anotar mentalmente el valor de la suma de ambos prismas.
7. Recordar que si el paciente refiere borrosidad en divergencia en visión lejana significa que la acomodación no estaba totalmente relajada, lo cual puede estar asociado a una hipocorrección hipermetrópica o hipercorrección miópica. Por tanto, el valor esperado es que no exista punto de borrosidad en divergencia de lejos.
8. Continuar aumentando binocularmente el valor prismático BN hasta que el sujeto refiera la diplopía del optotipo (punto de ruptura), anotar mentalmente el resultado de la suma de ambos prismas. Disminuir simétricamente la potencia prismática hasta que el sujeto indique que las dos imágenes se juntan en una sola (punto de recobro).
9. Se anota el valor total en Δ del resultado del punto de borrosidad/ruptura/recobro.

10. Medida de la convergencia: se procede de la misma forma que para la medida de la divergencia pero se introducen prismas BT en su lugar. Aquí si tiene que referir el sujeto punto de borrosidad, además de punto de ruptura y recobro. Anotar el valor total en Δ de la misma forma que anteriormente.
11. Si el sujeto refiere movimiento de los optotipos sin diplopía el motivo más común es la presencia de supresión. Anotar -supresión- como resultado de la prueba e intentar realizar la prueba con un control antisupresor (polarizados, rojo/verde, etc.)

Medida de las vergencias suaves horizontales de cerca⁽⁷⁾

1. La técnica para medir las vergencias fusionales horizontales en visión próxima es exactamente la misma que para la medida en visión lejana, exceptuando que la línea del optotipo se sitúa a 40 cm, se ajusta la distancia pupilar para cerca y tiene que estar directamente iluminada con la lámpara auxiliar de la columna de refracción. En este caso, la presencia del punto de borrosidad en divergencia (BN) es normal a diferencia de la medida en visión lejana.
2. Al sujeto se le colocará el valor del subjetivo en visión lejana o en visión próxima si fuera présbita en el foróptero. La distancia interpupilar se ajustará para cerca. Repetir los pasos del 3 al 11 del método de lejos.

Medida de las vergencias suaves verticales de lejos

1. El sujeto utilizará el valor del subjetivo en visión lejana en el foróptero, con ajuste de la distancia interpupilar. La sala permanecerá moderadamente iluminada.
2. Proyectar una línea horizontal del optotipo de agudeza visual equivalente a 20/20 (o la máxima agudeza visual que presente el sujeto).
3. Colocar los prismas de Risley con el cero horizontal (para poder introducir valores prismáticos BS o BI).
4. Informar al sujeto que avise cuando las letras se vean dobles y cuando se vuelvan a juntar en una sola imagen.
5. Medida de la infravergencia vertical: Aumentar lenta y simétricamente en un solo ojo la potencia prismática BS, a una velocidad no superior a 1 Δ por segundo, hasta que el sujeto refiera diplopía del optotipo (punto de ruptura).

Disminuir la potencia prismática hasta que el sujeto indique que las dos imágenes se juntan en una sola (punto de recobro). Anotar el valor total en Δ del resultado del punto de ruptura/ recobro.

6. Medida de la supravergencia vertical: se realiza de la misma forma que la medida de la infravergencia vertical pero introduciendo prismas BI.

Medida de las vergencias suaves verticales de cerca:

1. La técnica para medir las vergencias fusionales verticales en visión próxima es exactamente la misma que para la medida en visión lejana, exceptuando que la línea del optotipo se sitúa a 40 cm y tiene que estar directamente iluminada con la lámpara auxiliar de la columna de refracción.
2. El sujeto utilizará el valor del subjetivo en visión lejana (o visión próxima si fuera présbita) en el foróptero.
3. Repetir los pasos del 2 al 6 del método de lejos.

Vergencias a pasos⁽⁷⁾

Por otro lado, el estudio de las vergencias a pasos es básicamente igual al de vergencias suaves con la diferencia de que la inclusión de prismas se hace de manera monocular y se introducen los prismas de 2 Δ en 2 Δ a pasos; lo cual presenta la ventaja de la rapidez de la prueba ya que no hay que sumar la cantidad prismática de cada prisma de Risley colocado en cada ojo. Presenta la desventaja de que al saltar de dos en dos es muy posible no poder diagnosticar el punto de borrosidad al analizar las vergencias horizontales, ya que directamente referiría diplopía y recobro.

Sinoptóforo

Vesely⁽¹⁵⁾ en su investigación hace referencia a lo planteado por Duke-Elder y Hromádková que señalan como valores normales de convergencia 30 grados, divergencia 8 grados y vertical 3 grados. Los valores pueden fluctuar en dependencia del tamaño del test empleado. En el sinoptóforo es preferible comenzar con la convergencia tornando los brazos del mismo hacia adentro hasta que el paciente vea doble, luego se tornan hacia afuera midiéndose la divergencia. Otros consideran que un rango de 5 grados de convergencia y 3 de

divergencia son requeridos aunque señalan que en la práctica diaria los valores positivos son más altos.⁽¹⁶⁾

Facilidad de vergencia

La facilidad o flexibilidad de vergencia valora la habilidad de los ojos para realizar movimientos de vergencia fusional en un periodo de tiempo dado. Por tanto, es un parámetro que evalúa la capacidad que tiene un individuo para converger y divergir de forma rápida y exacta en un determinado periodo de tiempo. Se expresa en ciclos por minuto.⁽¹⁷⁾

La flexibilidad de vergencia se considera un examen de tipo cualitativo de gran información en clínica ya que simula lo que los ojos realizan en su quehacer diario a nivel visual (cambios rápidos de vergencia y acomodación).

Procedimiento⁽⁷⁾

Iluminación ambiental alta y un cronómetro. En la medición de la flexibilidad de vergencia se utilizan prismas de BT y BN que permiten converger y divergir de forma alterna al individuo. Pueden utilizarse prismas sueltos, barra de prismas o insertados en un dispositivo llamado flipper. Al medir la flexibilidad de vergencia en visión próxima se utiliza un optotipo acomodativo situado a 40 cm con letras de agudeza visual 20/30 dispuestas verticalmente. Se comienza interponiendo delante de los ojos prismas BN. Cuando el paciente refiere ver único el test, se debe presentar de forma rápida los prismas BT hasta que vuelva a ver único el optotipo. La medida se realiza durante 1 min, contabilizándose el número de ciclos que el estímulo puede fusionarse a través de la presentación alterna de los prismas, considerando que cada ciclo incluye la fusión a través de los dos tipos de prismas. Se debe anotar la dirección de cada base y los ciclos por minuto (cpm). Se debe mantener una imagen simple mientras modificamos el valor de vergencia requerida para ello medimos la cantidad de ciclos que es capaz de realizar en un minuto.

Es una función análoga a la flexibilidad acomodativa. Una queja que pueden presentar los pacientes en edad escolar es la visión doble transitoria cuando cambian la fijación del cuaderno a la pizarra o viceversa.

Existe diversidad de criterio entre los autores sobre que potencia prismática sería la ideal para la medición de la flexibilidad de vergencia (Tabla 1).⁽⁷⁾ Lorena Soria en su tesis señala que la más aceptada son los que usan 3 Δ BN y 12 Δ BT son las más repetibles y válidas coincidiendo con varios autores.⁽¹⁸⁾

Tabla 1. Valores normativos de la flexibilidad de vergencia para la combinación de 3 Δ BN y 12 Δ BT varía según los autores⁽⁷⁾

Artículo	Valores normativos de la flexibilidad de vergencia
Gall y cols.(1998)	15
Melville y Firth(2002)	12 \pm 4
McDaniel y Fogt (2010)	14 \pm 6
Momeni-Moghaddam y cols (2014)	10

En función de estos valores, un valor menor de 8 cpm se consideraría un valor anormal, pudiendo llegar a considerarse signo diagnóstico de disfunciones binoculares no estrábicas.

Pocos artículos son los que comparan ambos métodos de medición. Soria Peñas señala en su investigación que Antona y cols. concluyen que los dos métodos utilizados para evaluar las vergencias fusionales mostraban buena repetibilidad para medir la vergencia fusional negativa, pero la repetibilidad se reducía para las mediciones de vergencia fusional positiva. El nivel de concordancia que observaron entre los métodos fue tal que no recomiendan su uso intercambiable en la práctica clínica.⁽⁷⁾

También señala que Goss y Becker encontraron que los rangos de vergencia con la barra de prisma eran mayores que con los prismas de Risley. Esto podría darse por varias razones. En primer lugar, la mayor visión periférica con barra de prismas ya que ésta es más limitada con el foróptero. En segundo lugar, los pasos de la potencia prismática del diasporámetro es continuado mientras que con la barra de prisma hay mayor diferencia en estos. En tercer lugar, los prismas de Risley nos ofrecen mayor información ya que nos dan el valor del punto de borrosidad, ruptura y recobro; en cambio la barra de prisma no valora el punto de borrosidad. Por otro lado, observan que el diasporámetro ofrece la ventaja de interponer los prismas a la vez binocularmente y con la barra de prismas esto no ocurre. Concluyeron que los rangos de vergencia fusionales determinados por la

barra de prisma no se pueden utilizar indistintamente con los prismas de Risley, proporcionando estos últimos mayor información.^(7, 8, 17)

El Vergence Trainer es una aplicación para androide desarrollada por Smart Things for vision para la medida de las vergencias fusionales de manera subjetiva y da información de las reservas fusionales horizontales del paciente. Además, puede ser útil en el entrenamiento de las vergencias en pacientes de terapia visual, que pueden realizar ejercicios en la consulta y en su casa desde cualquier dispositivo Androide.

Gracia realizó un estudio comparando los resultados obtenidos con la herramienta Vergence Trainer y los que se obtienen en las técnicas convencionales (barra de prismas), para determinar si son intercambiables y validar esta herramienta en el estudio de las reservas fusionales, donde encontró que existe una mayor repetitividad en los test realizados con la aplicación Vergence Trainer.⁽⁵⁾

Interés clínico de las vergencias fusionales

A pesar de que los estándares para las vergencias se han establecido desde inicios del 1900 no existe una uniformidad en los valores normativos sobre todo en los niños.

Se plantea que los niños tienen reservas fusionales diferentes a los adultos, lo cual puede estar relacionado con los test empleados en niños usando principalmente barra de prismas.

A nivel clínico, las técnicas que más se utilizan son el foróptero o la barra de prismas. En los pacientes que les sea difícil definir el punto de emborronamiento solo se informará el punto de rotura y recobro.

El análisis del estado binocular del paciente, no solo es útil para caracterizar disfunciones binoculares no estrábicas, sino también para evaluar la evolución de un paciente tras un tratamiento de terapia visual o durante el mismo, así como en pacientes intervenidos quirúrgicamente de cirugía de catarata o refractiva.

El diagnóstico diferencial entre tropía y foria es fundamental para un manejo adecuado de cada caso. Las forias deben ser tratadas si se descompensan y producen sintomatología al sujeto. Para determinar de la manera más objetiva posible qué forias requieren corrección y cuáles no se emplean fundamentalmente dos criterios.^(7, 8, 13)

- Criterio de Sheard: es el más utilizado para realizar el diagnóstico de alteraciones de la visión binocular. Postula que para que un sujeto presente visión binocular confortable se requiere que el valor de la reserva fusional tiene que ser como mínimo el doble que el valor de su foria. También se utiliza para determinar el valor a alcanzar en las vergencias fusionales en un programa de entrenamiento visual o el prisma a prescribir.
- Criterio de Percival: propone que para que una foria no provoque problemas el valor cero se tiene que situar en el tercio medio del rango de fusión de vergencias Este criterio es menos empleado que el de Sheard en la práctica clínica. Algunos autores lo prefieren para el caso de las endoforias, reservando el criterio de Sheard para las exoforias.

Para poder mantener la fijación binocular y la fusión es importante considerar la cantidad de dioptrías prismáticas necesarias para la distancia de trabajo deseada, la cual está condicionada por la distancia interpupilar del paciente.

Fu y colaboradores en su estudio en pacientes con exotropía intermitente medidos con prismas encontraron que las amplitudes de convergencia fusional medias fueron significativamente inferior en niños con exotropía intermitente que en niños normales tanto de lejos como de cerca y las amplitudes de divergencia medias fueron significativamente mayores en niños con exotropía.⁽¹⁹⁾

Presbicia

Cundo una persona présbita refiere disconfort visual a pesar de usar sus lentes correctoras hay que pensar en alguna disfunción de las vergencias o acomodación. García Montero y colaboradores⁽²⁰⁾ realizaron una revisión sobre las alteraciones de la visión binocular después de la cirugía refractiva y de catarata. La mayoría de los problemas encontrados después de estas cirugías realmente estaban presentes antes de la misma. Las alteraciones binoculares reportadas después de la cirugía refractiva fueron más frecuentes en la cirugía corneal la cual es por otra parte, el proceder más realizado, y encontraron una disminución de la amplitud de vergencias fusionales en la visión cercana como la alteración más frecuente , destacaron que la anisometropía preoperatoria es una fuente

importante de alteraciones de la visión binocular postoperatoria recomendando el estudio de la visión binocular preoperatorio en estos pacientes.

La cirugía refractiva en sujetos normales puede alterar la visión binocular normal preoperatoria, por eso se recomienda realizar a los pacientes que van a ser sometidos a este tipo de cirugía una evaluación completa de la visión binocular sean pacientes asintomáticos o con antecedentes de problemas binoculares en los cuales es frecuente la descompensación binocular posterior a la cirugía.

Con el avance de las nuevas tecnologías ha aumentado el uso de pantallas de video como monitor de pantalla plana o computadoras personales, tablets, móviles que se han convertido en componentes de uso habitual en la casa y en el trabajo. Majumder C y Sinathamby⁽²¹⁾ realizó un estudio para ver el efecto de la iluminación en la vergencia fusional positiva cuando usan pantallas de video, encontrando que con baja iluminación el valor de la vergencia fusional positiva es mayor lo que provoca síntomas astenópicos después de períodos prolongados de trabajo de cerca, siendo la iluminación un factor a tener en cuenta mientras realizamos trabajos de cerca y concluyeron que existe una diferencia estadísticamente significativa en las vergencia fusional positiva para cerca bajo diferentes niveles de iluminación.

Los valores normativos difieren según los diferentes estudios. En el departamento se emplean como rangos de normalidad los referidos por el Dr. Perea (Tabla 2).

Tabla 2. Valores normativos de vergencia fusional

Vergencia fusional	Rotura recobro
Divergencia:	
– Lejos	8-6
– Cerca	12-10
Convergencia:	
– Lejos	22-18
– Cerca	35-30
Vertical	3-6

En la comunidad oftalmológica no existe un criterio unánime en la realización de los test para el estudio de las amplitudes de vergencia fusional, varían los reportes según se usen prismas rotatorios, barra de prismas, prismas sueltos o sinoptóforo y según el tamaño del estímulo.

Un buen examen de la función vergencial y su correcta interpretación proporciona información muy valiosa para detectar disfunciones en la visión binocular. Se hace necesario un test estándar para el examen de las amplitudes fusionales con el objetivo de unificar criterios para poder realizar diagnósticos con más exactitud. Recomendamos realizar un estudio en niños y adultos sin alteraciones de la visión binocular para conocer los rangos de normalidad.

Referencias bibliográficas

1. León Álvarez A, Medrano SM, Márquez MM. Rangos de referencia de heteroforias y reservas fusionales entre los 6 y los 60 años de edad. Cienc Tecnol Salud Vis Ocul. 2017;15(1):47-58.
2. Perea García J. Estrabismo. 2da. ed. España: Artes gráficas Toledo, S.A.U; 2008.
3. López Alemany A. Optometría Pediátrica. Xàtiva: Ulleye; 2004.
4. Grosvenor T. Optometría de Atención Primaria. Ed. España Masson; 2005.
5. Gracia P. Validación clínica de una nueva técnica de medida de las reservas fusionales binoculares. [TESIS]. Universidad de Zaragoza;2015
6. Sreenivasan V, Babinsky EE, Wu Y, Candy TR. Objective Measurement of Fusional Vergence Ranges and Heterophoria in Infants and Preschool Children. Invest Ophthalmol Vis Sci. 2016;57(6):2678-88.
7. Soria L. Protocolo para la evaluación de la función vergencial en un examen optométrico. [TESIS].Facultad de Farmacia Universidad de Sevilla; 2017 <https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/64674/14TFG%20LORENA%20SORIA%20PE%20D1AS.pdf?sequence=1>
8. Lança CC, Rowe FJ. Measurement of fusional vergence: a systematic review. Strabismus. 2019;27(2):88-113.
9. Lavrich JB, Warner NJK, Hauschild AJ, Thau A, Wasserman BN, DeBenedictis C, Schnall B, Manley D, Gunton KB, Padidam S, Landy JE. Inconsistent diagnostic criteria for convergence insufficiency. J AAPOS. 2019;23(1):32.e1-32.e4.
10. Wajuihian SO. Prevalence of heterophoria and its association with near fusional vergence ranges and refractive errors. Afr Vision Eye Health. 2018;77(1):a420.

11. Sassonov O, Sassonov Y, Koslowe K, Shneur E. The effect of test sequence on measurement of positive and negative fusional vergence. *Optom Vis Dev.* 2010;41(1):24-27
12. Fray KJ. Fusional Amplitudes: Developing Testing Standards. *Strabismus.* 2017;25(3):145-155.
13. Rowe FJ. Fusional vergence measures and their significance in clinical assessments. *Strabismus.* 2010;18 (2):48-57.
14. Oatts JT, Salchow DJ. Age-related distance esotropia - fusional amplitudes and clinical course. *Strabismus.* 2014; 22(2):52-57.
15. Veselý, Petr & Synek, Svatopluk. Simple Binocular Vision Examination on Synoptophore. Determination of Normative Database of Healthy Adult Subjects Examination of Binocular Vision on Synoptophore. *Collegium antropologicum.* 2013,37 (1):145-51.
16. Pateras, E. and Tzamouranis, D. "Technique for Measuring Strabismus with Synoptophore - Review", *Asian Journal of Research and Reports in Ophthalmology.* 2020;3(2):6-12.
17. Cacho P, García A. Evaluación clínica de la visión binocular. Montés Micó R En: *Optometría: Principios básicos y aplicación clínica.* 1ra ed. Barcelona. Elsevier España; 2011. pp. 289-320.
18. Sathyan S, Beena NF, Nair D, Varughese AM. Convergence insufficiency. *Kerala J Ophthalmol.* 2016;28(2):88-95.
19. Fu T, Wang J, Levin M, Su Q, Li D, Li J. Fusional vergence detected by prism bar and synoptophore in chinese childhood intermittent exotropia. *J Ophthalmol.* 2015;2015:987048.
20. García Montero, M., Albarrán, C., Garzón, N., Pérez, R., López, E., Ondategui-Parra, JC. Binocular vision alterations after refractive and cataract surgery: a review. *Acta ophthalmologica.* 2018;97(2):145-155.
21. Majumder C, Sinathamby L. Effect of Illumination over Positive Fusional Vergence when Using VDU as Target. *J Clin Exp Ophthalmol.* 2017; 8(3):656.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no tienen conflicto de intereses.