

**Gaceta**

ARTÍCULO CIENTÍFICO

La disparidad de fijación: concepto y manejo clínico

La diferencia de alineación de los ejes visuales en la Disparidad de Fijación en la gran mayoría de situaciones se produce como un efecto fisiológico no produciendo sintomatología al paciente. Sin embargo, existen ciertas situaciones en las que la Disparidad de Fijación sí que produce sintomatología al paciente, produciéndose como consecuencia del estrés de los sistemas de vergencia y acomodativo con el objetivo de mantener la visión binocular. Existen además evidencias científicas de que determinados hábitos de lectura, patologías como las migrañas y pacientes disléxicos con problemas de lectura y de aprendizaje pueden observar un incremento significativo de la Disparidad de Fijación, estando asociados a Disparidades de Fijación anormales. Debido a la información que proporciona la medida de la Disparidad de Fijación resulta de especial interés la cuantificación de la misma en la práctica clínica, existiendo en la actualidad diferentes tests y dispositivos clínicos que se utilizan comúnmente para la medida de la Disparidad de Fijación, como la Curva de Vergencias Forzadas, el Disparómetro de Sheedy, la Unidad de Mallet y la Carta de Wesson entre otros.

PALABRAS CLAVE

Disparidad de Fijación, estereopsis.

1. CONCEPTO DE DISPARIDAD DE FIJACIÓN (DF)



En condiciones normales, cuando observamos un objeto en visión binocular, los ejes visuales de ambos ojos no forman exactamente un ángulo igual al formado por el objeto que estamos visualizando¹. Existe un área en el espacio objeto denominada espacio de Panum para la cual se produce fusión sensorial aunque los ejes visuales no crucen exactamente sobre el objeto observado, siendo posible una pequeña desviación de los ejes visuales manteniendo condiciones de haptopía^{2,3}. El valor de tolerancia de las vergencias está

Javier Tomás Juan, MSc

Investigador colaborador

Facultad Ciencias de la Salud, Universidad de La Salle

David P. Piñero Llorens, PhD

Coleg. 11.103.

Departamento de Óptica, Farmacología y Anatomía,

Universidad de Alicante

Departamento de Oftalmología (OFTALMAR),

Hospital Internacional Medimar, Alicante

determinado por dicha área de fusión de Panum que permite que no sea necesario que la imagen se proyecte en áreas correspondientes de la retina o en las respectivas foveolas para que se produzca la fusión sensorial y el objeto se vea simple, sino que la imagen puede caer en una determinada área, manteniéndose visión haplopíca⁴. Por el contrario, si cualquier punto se proyecta fuera del área de Panum o si los ejes visuales se cruzan más allá del espacio de Panum el objeto se verá en diplopía⁵.

La diferencia de alineación de los ejes visuales que permite fusión sensorial, es lo que se denomina Disparidad de Fijación^{1,5}. Ogle describió por primera vez en el año 1949 el concepto de Disparidad de Fijación³, sugiriendo que la magnitud de la Disparidad de Fijación está relacionada con la fuerza que realizan los músculos extraoculares durante la fusión⁶. La Disparidad de Fijación no es considerada como una desviación heterotrópica debido a que la desviación producida está dentro de los límites normales fisiológicos. Cuando la magnitud de la Disparidad de Fijación es pequeña, el objeto se proyecta dentro de las áreas fusionales de Panum, mientras que si la disparidad de fijación es grande podemos estar ante causas anómalas o problemas visuales en visión cercana^{2,7}. Existen numerosas teorías sobre la Disparidad de Fijación; las teorías clásicas afirman que se produce como consecuencia del estrés del sistema de vergencias, mientras que otras teorías por el contrario afirman que la Disparidad de Fijación se produce para estimular el sistema de vergencias fusionales⁸.

Schor en el año 1983 describió a la Disparidad de Fijación como la diferencia entre el ángulo que forma el punto de fijación ($\alpha_{\text{estímulo}}$) y el ángulo que forman las líneas visuales principales (α_{real}):⁹

$$DF = \alpha_{\text{real}} - \alpha_{\text{estímulo}}^9$$

En vergencias la fórmula de la Disparidad de Fijación vendría determinada por la diferencia entre la Vergencia Estímulo (VS) y la Vergencia Respuesta (VR), por lo que a medida que se incremente la Vergencia Estímulo (VS), la Disparidad de Fijación se incrementará proporcionalmente. Es introduciendo un factor G, el cual depende de los integradores neuronales, describiendo la sensibilidad a los estímulos de disparidad y siendo representado por una vergencia de velocidad⁸:

$$DF: VS - VR = (VS - V_{\text{bias}}) / (1 + G)^8$$

Patel et al describieron un modelo de red neuronal que incorporaba dos direcciones vergenciales, dos caminos oponentes para convergencia (G_{con}) y di-

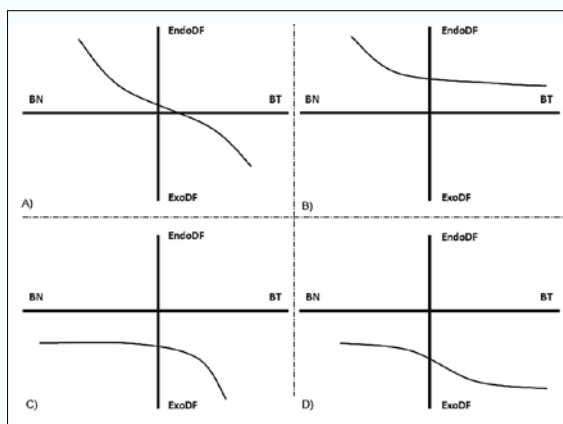


Figura 1.

A) Curva de Disparidad de Fijación Tipo I (normal). B) Curva de Disparidad de Fijación Tipo II asociada a endoforia. C) Curva de Disparidad de Fijación Tipo III asociada a exoforia. D) Curva de Disparidad de Fijación Tipo IV (anormal).

vergencia (G_{div}), siendo la Disparidad de Fijación proporcional a la asimetría entre la sensibilidad dinámica de convergencia y divergencia⁸.

DF Asimetría dinámica $(G_{\text{con}} - G_{\text{div}}) / (G_{\text{con}} + G_{\text{div}})^8$
Representando los factores de ganancia como velocidades de vergencia ($G_{\text{con}} = V_{\text{con}}$ y $G_{\text{div}} = V_{\text{div}}$), se deduce que una Esodisparidad de Fijación se producirá cuando la velocidad de convergencia sea superior a la velocidad de divergencia. Por el contrario, una Exodisparidad de Fijación se producirá cuando la velocidad de convergencia sea inferior a la velocidad de divergencia⁸.

2. CARACTERIZACIÓN DE LA DISPARIDAD DE FIJACIÓN EN LA PRÁCTICA CLÍNICA

La Disparidad de Fijación puede ser fisiológica, no estando asociada a ningún efecto sintomático para el paciente. Por otro lado, también puede estar relacionada con el estrés de los sistemas de los sistemas de vergencia y acomodativo¹⁰. La Disparidad de Fijación fisiológica se produce como un efecto fisiológico con el objetivo de evitar la diplopía, siendo necesaria para los movimientos de vergencia de los globos oculares¹⁰. Sin embargo, la presencia de Disparidad de Fijación debido al estrés del sistema de vergencias se produce como una situación anómala para mantener la visión binocular cuando hay una incapacidad de neutralizar una heteroforia.

La investigación sugiere que el análisis de la Disparidad de Fijación es muy útil para la evaluación del sistema binocular y acomodativo, pudiéndose clasificar la Disparidad de Fijación en la práctica clínica en horizontal, vertical o torsional. Aunque la ➔



➔ Disparidad de Fijación afectará a la estereopsis independientemente de si la Disparidad de Fijación es horizontal o vertical⁵. Se considera que la Disparidad de Fijación horizontal presenta mayor importancia en la observación de los objetos en profundidad (visión estereoscópica o estereopsis)¹¹. Estudios científicos demuestran que los efectos de la Disparidad de Fijación parecen observarse en mayor medida cuando la Disparidad de Fijación vertical y horizontal se producen simultáneamente⁵.

Disparidad de Fijación horizontal

La Disparidad de Fijación horizontal es la que más suele presentarse en la práctica clínica. Cuando en condiciones de visión binocular los ejes visuales se cruzan por delante del objeto de fijación decimos que existe Endodisparidad o Esodisparidad de Fijación ($DF > 0$), considerándose que el sujeto presenta un exceso de convergencia de los ejes visuales; si los ejes visuales se cruzan por detrás del objeto fijado decimos que existe Exodisparidad de Fijación ($DF < 0$), considerándose que el sujeto por el contrario presenta un déficit de convergencia de los ejes visuales^{7,12,13}. Cuando la desviación es de pocos minutos de arco, Endodisparidad de Fijación y Exodisparidad de Fijación puede presentarse en sujetos con visión binocular normal, no dando lugar a visión doble debido a que los ejes visuales se cruzan en el interior del espacio de Panum^{3,12}. Sin embargo, para grandes Disparidades de Fijación, estudios científicos demuestran que el sujeto puede padecer signos astenopecicos¹², principalmente asociados con Exodisparidades de Fijación¹.

Disparidad de Fijación Vertical

La Disparidad de Fijación Vertical no parece tener tanta importancia en la visión estereoscópica como sucede con la Disparidad de Fijación horizontal. La Disparidad de Fijación vertical suele presentarse como una hiperdisparidad de Fijación del ojo derecho (OD) u ojo izquierdo (OI), o por el contrario una hipodisparidad de Fijación del OD u OI.

Disparidad de Fijación Torsional

La Disparidad de Fijación Torsional no suele presentarse en la práctica clínica.

3. SIGNIFICACIÓN CLÍNICA DE LA DF

Ogle en el año 1950 estudió la Disparidad de Fijación utilizando un disparómetro y dibujando una curva que representaba los valores de Disparidad de

Fijación para diferentes excentricidades inducidas por prismas con el fin de inducir diplopía, denominándose Curva de Vergencias Forzadas. La Curva de Vergencias Forzadas para la medida de la Disparidad de Fijación es uno de los métodos más habituales que se suelen utilizar en la práctica clínica, principalmente en los pacientes que presenten síntomas visuales, permitiendo el estudio del impacto de diferentes problemas visuales binoculares^{2,14}. Algunas curvas están asociadas con síntomas astenopecicos y con anomalías de la visión binocular, existiendo una tipificación de las mismas¹⁴. La Curva Tipo I es simétrica considerándose que no está asociada con ningún síntoma¹⁴. Las Curvas Tipo II y III pierden la simetría que se aprecia en la Curva Tipo I, estando asociada a heteroforias (*Figura 1*). La Curva Tipo IV, sin embargo, a pesar de ser simétrica se asocia a problemas oculomotores. Como norma general, se considera que en algunos casos puede cambiar el tipo de curva si pasamos de visión lejana a visión cercana². El 46,3 % de la población presenta la Curva Tipo I², el 17,2% de la población se considera que presenta la Curva Tipo II, el 6,8% la Curva Tipo III y el 2,3% de los casos están asociados a la Curva Tipo IV².

El valor de la Disparidad de Fijación en pacientes con visión binocular normal, está comprendido en unos pocos minutos de arco⁸, soliendo ser comúnmente inferior a los 10 minutos de arco^{1,6,14} y siendo casi siempre inferior a 25 minutos de arco⁸. Pequeñas cantidades de Disparidad de Fijación son toleradas, no provocando síntomas visuales, considerándose que conforme se incrementa la Disparidad de Fijación en 1 minuto de arco se penaliza directamente la estereopsis⁵. Disparidades de Fijación elevadas, además de producir una disminución del reconocimiento y la detección estereoscópica del paciente, se considera que están asociadas con un incremento de la Heteroforia Horizontal^{5,8}.

Pacientes con esoforias tienden a tener mayor Disparidad de Fijación y más síntomas aunque se trate de pequeñas cantidades de heteroforia⁵, sugiriendo que en la práctica clínica Disparidades de Fijación superiores a 6 minutos de arco en Exodisparidad de Fijación y 4 minutos de arco en Esodisparidad de Fijación deben ser consideradas de importancia diagnóstica⁵. Existen estudios científicos que evidencian la existencia de casos de pacientes que con heterotropías que tienen Disparidades de Fijación opuestas⁸.

4. MANEJO CLÍNICO Y TRATAMIENTO DE LA DISPARIDAD DE FIJACIÓN

Para detectar y medir la Disparidad de Fijación desde el punto de vista clínico, no puede ser utilizado el Cover Test debido a que se trata de ángulos muy pequeños. Generalmente se utilizan dos tipos de instrumentos para medir la Disparidad de Fijación, los que la miden directamente como el Disparómetro de Sheedy (*Figura 2*)², la Tarjeta de Saladín, la Carta de Wesson (*Figura 3*) y la Carta de Wolf, y los que únicamente miden la foria asociada como la Unidad de Mallet (*Figura 4*), linterna de Bernell y el test vectográfico. La Disparidad de Fijación también puede evaluarse mediante postimágenes², siendo útiles en aquellas ocasiones en las que no se tenga claro el diagnóstico exacto o se baraje la posibilidad de prescribir prismas al paciente. Además de medir la Disparidad de Fijación en condiciones estáticas, puede ser medida en condiciones dinámicas mediante dispositivos de seguimiento ocular, los cuales realizan grabaciones de los movimientos oculares, proporcionando las coordenadas de la mirada respecto a la superficie de una pantalla bidimensional¹⁵.

El Disparómetro de Sheedy y la Tarjeta de Saladín han sido utilizados para la medición de la Disparidad de Fijación, considerándose que generalmente la Tarjeta de Saladín presenta mejor repetibilidad y proporciona magnitudes más pequeñas de Esodisparidad de Fijación y Exodisparidad de Fijación que las obtenidas con el Disparómetro¹⁴. Sheedy y Saladín encontraron que las exoforias tienden a tener menor Disparidad de Fijación, pudiendo tolerar sin síntomas cantidades de foria más elevadas que las esoforias⁵. La unidad de Mallet consta de las letras "OXO" (*Figura 5*), las cuales son visualizadas binocularmente, y dos marcas verticales de material polarizado, visualizadas cada una de ellas de forma disociada a través de gafas polarizadas o gafas rojo-verde, pidiéndole al paciente que haga coincidir las líneas verticales sobre la letra "X". Si no coinciden exactamente significará que existe Disparidad de Fijación³, pudiéndose posteriormente mediante prismas determinar el valor exacto de la foria asociada³. La Disparidad de Fijación detectada mediante la Unidad de Mallet está asociada con una reducción de los potenciales visuales evocados y de la agudeza visual binocular⁶. Tal y como se había descrito anteriormente,



Figura 2.
Disparómetro de Sheedy.



Figura 3.
Carta de Fijación de Wesson.

la Disparidad de Fijación en estos casos también muestra una disminución de la estereoagudeza⁶. Algunos estudios científicos sugieren que la migraña no está relacionada con las heteroforias horizontales, si pudiéndose encontrar una correlación con las hiperforias. Sin embargo, otros estudios científicos sugieren que en pacientes con migraña es más común que exista Disparidad de Fijación y heteroforia¹⁶. En algunos casos se ha podido comprobar que mediante la corrección de la desviación visual del paciente, los síntomas producidos por la migraña se consigue que remitan¹⁶.

5. VARIACIONES DE LA DF EN DIVERSOS CAMBIOS DE LAS CONDICIONES BINOCULARES

La Disparidad de Fijación puede ser inducida en situaciones en las cuales se produzca una alteración de las condiciones ambientales, como por ejemplo disminuyéndose la iluminación ambiental a niveles mesópicos o realizando la lectura a una distancia de trabajo demasiado cercana⁶. Los usuarios de ordenadores que prefieren tener el monitor a distancias más lejanas de lo habitual presentan curvas de Disparidad de Fijación anormales, siendo más propensos a experimentar síntomas visuales al trabajar a distancias más cercanas⁶. Estudios científicos demuestran que como norma general durante la lectura suele producirse en la gran mayoría de sujetos





Figura 4.
Unidad de Mallett.

⊖ Endodisparidad de Fijación⁷, no estando claro si la Disparidad de Fijación puede afectar tras largos períodos de fijación⁷.

Heller y Radach postularon que la Disparidad de Fijación horizontal está presente en la lectura, sugiriendo que los ojos no necesariamente fijan el mismo punto en una misma palabra. A su vez, estudios científicos demuestran que los niños presentan una Esodisparidad de Fijación bastante superior a la que presentan los adultos¹³.

Otros estudios demuestran que en niños disléxicos con problemas de lectura y de aprendizaje se observa un incremento significativo de la Disparidad de Fijación cuando realizan tareas de lectura, considerándose que es muy probable que la Disparidad de Fijación anormal altere la percepción visual del niño, pudiendo ser la causa de los síntomas que padecen como el

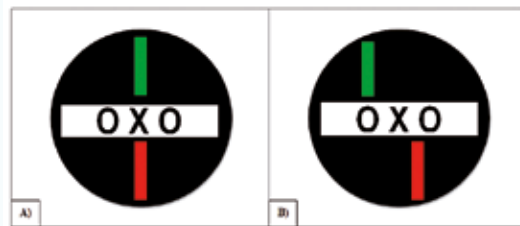


Figura 5.

A) Apariencia del test de la Unidad de Mallett en ausencia de Disparidad de Fijación. B) Apariencia del test de la Unidad de Mallett con Disparidad de Fijación.

movimiento de las letras alrededor de una palabra o confusión de las mismas. En los niños disléxicos existen diferencias oculomotoras que podrían perturbar el proceso fusional, dando lugar a la Disparidad de Fijación, asociándose los movimientos sacádicos a la Disparidad de Fijación. Se ha observado que la Disparidad de Fijación de los niños con dislexia es superior cuando se les pide que lean una frase que cuando se les pide que lean letras aisladas^{17,18}.

CONCLUSIONES

Son diversos los test que se utilizan en la práctica clínica para la medida de la Disparidad de Fijación, siendo importante su cuantificación debido a que se ha comprobado que en ciertas situaciones puede encontrarse incrementada, permitiendo que una vez corregida la desviación visual del paciente los síntomas producidos remitan. ●●●

REFERENCIAS

1. **Jaschinski W, Jainta S, Kloke WB.** Objective vs subjective measures of fixation disparity for short and long fixation periods. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2010; 30: 379-390.
2. **Pons M, Martínez FM.** Fundamentos de la visión binocular. Publicaciones de la Universidad de Valencia. 2004; 274-280.
3. **Perea J.** Estrabismos. José Perea García. 2008; Cap 7: 20-22.
4. **Brautaset RL, Jennings JA.** Measurements of objective and subjective fixation disparity with and without a central fusion stimulus. 2006 Feb, *Med Sci Monit*, págs. 12(2):MT1-4.
5. **James SJ.** Stereopsis From a Performance Perspective. *Optometry and Vision Science.* 2005; 82 (3): 186-205.
6. **Karania R, Evans BJW.** The Mallett Fixation Disparity Test: influence of test instructions and relationship with symptoms. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2006; 26: 507-522.
7. **Jainta S, Hoormann J, Kloke WB, Jaschinski W.** Binocularity during reading fixations: Properties of the minimum fixation disparity. *Vision Res.* 2010 Aug 23; 50(18): 1775-85.
8. **Svede A, Hoormann J, Jainta S, Jaschinski W.** Subjective fixation disparity affected by dynamic asymmetry, resting vergence, and nonius bias. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2011 Jun 21; 52(7): 4356-61.
9. **Jaschinski W.** Fixation disparity and accommodation for stimuli closer and more distant than oculomotor tonic positions. *Vision Res.* 2001 Mar; 41(7): 923-33.
10. **Abd-Manan F, Jenkins T, Kaye N.** The magnitude of foveal suppression during fixation disparity in presbyopic patients. *Malays J Med Sci.* 2003 Jul; 10(2): 50-9.
11. **Ukwade MT, Bedell HE, Harwerth RS.** Stereopsis is perturbed by vergence error. *Vision Res.* 2003 Jan; 43(2):181-93.
12. **Jaschinski W, Bröde P, Griefahn B.** Fixation disparity and nonius bias. *Vision Res.* 1999 Feb; 39(3): 669-77.
13. **Nuthmann A, Kliegl R.** An examination of binocular reading fixations based on sentence corpus data. *J Vis.* 2009 May 29; 9(5): 31.1-28.
14. **Frantz KA, Elston P, Michalik E, Templeman CD, Zoltoski RK.** Comparison of Fixation Disparity Measured by Saladin Card and Disparometer. *Optometry and Visual Science.* 2011 June; 88: 6:E733-E741.
15. **De Luca M, Spinelli D, Zoccolotti P, Zeri F.** Measuring fixation disparity with infrared eye-trackers. *J Biomed Opt.* 2009 Jan-Feb; 14(1):014013.
16. **Harle DE, Evans BJ.** Subtle binocular vision anomalies in migraine. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2006 Nov; 26(6): 587-96.
17. **Kirkby JA, Blythe HI, Drieghe D, Liversedge SP.** Reading text increases binocular disparity in dyslexic children. *PLoS One.* 2011 Apr 6; 6(11):e27105.
18. **Jainta S, Kapoula Z.** Dyslexic children are confronted with unstable binocular fixation while reading. *PLoS One.* 2011 Apr 6; 6(4): e18694.