

DESARROLLO BINOCULAR NORMAL

AUTOR

Thomas Salmon: Northeastern State University, USA

PAR REVISOR

Scott Steinman: Southern California College of Optometry, USA

INTRODUCCIÓN AL DESARROLLO VISUAL BINOCULAR

Muchos de los problemas visuales son el resultado del desarrollo anormal del sistema visual durante los primeros años de formación. Si se comprende el curso normal del desarrollo visual binocular, es posible aislar mejor las causas de estos problemas e intervenir para proteger el desarrollo visual de estos pacientes. Mucho trabajo se ha realizado en las últimas décadas, pero queda mucho por descubrir. La investigación de la visión infantil (así como exámenes visuales para niños) presenta retos especiales:

- Es difícil comunicarse con los infantes
- Se distraen fácilmente
- Se cansan rápido

Por lo tanto, se han desarrollado pruebas de examen, algunas de las cuales se parecen a pruebas diseñadas para animales.

TÉCNICAS UTILIZADAS PARA ESTUDIAR LA PERCEPCIÓN ESPACIAL Y LA VISIÓN BINOCULAR EN INFANTES

Una técnica clásica es el **abismo visual**. Se coloca al bebé en una superficie elevada, que tiene una fuerte caída en un borde. El abismo está cubierto por una espesa capa de vidrio para proteger al bebé de caer, pero ya que es transparente, el peligroso precipicio es visible para el bebé si se acerca al borde. Esta prueba fue originalmente diseñada para realizarse en los bebés con edad suficiente para gatear.

La mayoría de los bebés, cuando los llamaban por sus madres se desplazan a lo largo de la superficie, pero se detenían en el borde. Esto demostró que podían percibir la profundidad. Para los bebés demasiado pequeños para gatear, su respuesta al abismo visual se puso a prueba monitoreando de su ritmo cardíaco al colocarlos cerca del borde. Ver la ilustración del artículo de la revista Scientific American por Gibson y Walker (1960).

Algunos investigadores estudiaron las respuestas infantiles a la colisión inminente de los objetos, o evaluaron su habilidad para alcanzar objetos. Estos estudios mostraron que la percepción de profundidad mejorada en función de la edad, sin embargo debido a las pruebas, era difícil distinguir cuánto de esto era simplemente asociado a una mejora en la atención del niño o al desarrollo real de la visión. También es difícil, a esta edad, distinguir la influencia de las claves monoculares y la profundidad estereoscópica.

Más recientemente, se ha utilizado la técnica de la **mirada preferencial** para evaluar la percepción de la disparidad binocular del bebé. Un ejemplo se muestra en la figura de **Adler 24-39** (9^a edición). A un niño lleva anteojos Polarizados se le presentan dos objetos. Un de ellos contiene un estereograma de puntos aleatorios, mientras que el otro es sólo un patrón de puntos aleatorios plano. El supuesto es que el bebé preferirá mirar el estereograma si puede percibir la profundidad estereoscópica. Si no tiene estereopsis su mirada será aleatoria. Una versión comercial de la prueba de mirada preferencial de estereoagudeza, es la llamada prueba Randot Stereo Smile (Fig. 33.1), está disponible en Stereo Optical Company (<http://www.stereooptical.com/>), la misma compañía que vende la prueba de la mosca (Stereo Fly Test).

Al presentar un estereograma de puntos aleatorios, el niño ve las imágenes dispares en cada ojo. Esto podría interpretarse como un tipo especial de **no correlación**, pero no es no correlación al azar; la porción dispar se ha desplazado horizontalmente. Detecta realmente el sistema visual de los niños pequeños la disparidad estereoscópica, o está simplemente detectando la no correlación entre las dos imágenes? Esto fue probado experimentalmente mediante la comparación de cómo los bebés respondieron a pares de imágenes que tenían disparidades horizontales o verticales. En ambos casos, el mismo tipo de no correlación existía entre las imágenes derecha e izquierda. Los investigadores encontraron que los niños con aparente estereopsis no mostraron preferencia por la no correlación vertical. Esto quiere decir que está realmente detectaron la estereopsis, y no sólo la no correlación.



Figura 33.1 La prueba Randot Stereo Smile

Otra forma de estudiar la visión binocular en los infantes es registrar los PVE (potenciales visuales evocados) mientras al niño se le presenta objetos que contienen disparidades binoculares. Cuando los objetos son visibles, la respuesta eléctrica de la corteza visual es evidente en el trazo RVE (respuesta visualmente evocada).

CRONOLOGÍA DEL DESARROLLO DE LA VISIÓN BINOCULAR

PERIODO CRÍTICO

Hay un período de tiempo crítico para el desarrollo de la visión normal, que comienza varios meses después del nacimiento y continúa hasta una edad de 6-8 años. Para que una persona desarrolle visión binocular normal, ambos ojos deben recibir imágenes retinales de buena calidad y correlacionadas (es decir, que no haya cataratas o grandes errores de refracción no corregidos, ni estrabismo) durante este tiempo. Si la calidad de la imagen no es buena, esto dará lugar a la **ambliopía**.

Si las imágenes son de buena calidad, pero son bastante no correlacionadas (por ejemplo, debido a estrabismo), entonces la agudeza visual puede desarrollarse normalmente, pero la fusión binocular no. En el caso de la privación monocular, revertir con la **oclusión** (oclusión del ojo de mejor visión), es posible si se inicia temprano en el período crítico, puede prevenir el desarrollo de la ambliopía y puede restablecer el desarrollo normal binocular (suponiendo que no hay estrabismo). Después del período crítico, el desarrollo anormal del sistema binocular será permanente aún la oclusión u otros tratamientos no restaurarán la visión binocular.

El período crítico para el desarrollo binocular no empieza hasta por lo menos dos meses después del nacimiento, lo cual es bueno, ya que es cuando el sistema motor ocular se ha desarrollado lo suficiente para que la fusión motora sea posible. Citando de Steinman (p. 275) :

"Si el período crítico se comenzara exactamente al momento del nacimiento, la diplopía que el bebé experimentaría a partir de los movimientos no coordinados de los ojos podría tener una fuerte influencia perjudicial sobre el desarrollo visual, en particular, el desarrollo de la visión binocular. Sería casi seguro que cada niño desarrollaría problemas visuales binoculares. Por lo cual sería ventajoso para el sistema visual esperar, es decir, para mantener a raya el período crítico para el desarrollo de la binocularidad hasta que el control de los músculos extraoculares que se precisa pueda ser ejercido por el niño. Esto es, de hecho, lo que sucede. El período crítico para la visión binocular no comienza inmediatamente después del nacimiento, y la visión binocular tarda meses en comenzar a desarrollarse. Por ejemplo, los bebés humanos no desarrollan la ambliopía en la presencia de cataratas o estrabismo antes de los 2 meses de edad".

El periodo crítico en humanos parece estar dividido en dos fases:

- Fase infantil – varios meses después del nacimiento hasta alrededor de los 8 meses de edad
- Fase posinfantil – desde alrededor de los 8 meses hasta los 9 años de edad

Durante la fase infantil inicial, las funciones visuales parecen desarrollarse rápidamente, pero en la fase de posinfantil la tasa de desarrollo se desacelera. Durante la fase infantil, la agudeza visual mejora de forma rápida y la estereopsis se desarrolla durante este tiempo. Los estudios anatómicos confirman que este es un momento de rápido crecimiento (**Figura de Adler 24-48**). El gráfico superior muestra el fuerte aumento en el volumen de la corteza cerebral y la densidad de sinapsis por milímetro cúbico durante los primeros 10 meses de vida. El aumento de la agudeza visual se muestra en el gráfico inferior.

El crecimiento en el sistema magno celular comienza más pronto y procede más rápido que el sistema parvo celular. Por lo tanto las funciones magno, tales como la percepción del movimiento, se desarrollan más rápido que las funciones de parvo, como la agudeza visual o la estereopsis fina estática.

FUSIÓN MOTORA Y MOVIMIENTOS OCULARES	<p>Un requisito previo para la fusión sensorial es la fusión motora. La Figura de Adler 24-44 muestra que los recién nacidos suelen tener la alineación ocular inestable, y el estrabismo intermitente es común. La mayoría de los bebés de este rango de edad tienen un exotropía intermitente (curva superior), algunos varían entre exo intermitente y desviaciones de endo (curva central), un número pequeño tienden a mostrar solamente endotropía ocasional (curva inferior). Se observa que hay una marcada disminución en los desalineamientos oculares entre los 3 y 6 meses de edad. Alrededor de los 6 meses de edad, la mayoría de estos niños están fijando normalmente.</p> <p>Es importante entender que este estrabismo variable, intermitente y temporal (normalmente exotropía) es parte del desarrollo visual binocular normal para la mayoría de los bebés. Una madre que asiste a consulta puede estar preocupada porque los ojos de su bebé de 3 meses de edad parecen desviarse de vez en cuando. Se le puede tranquilizar diciéndole que esto es común en ese rango de edad, y a medida que el sistema visual madura, la exotropía ocasional suele desaparecer y se desarrolla visión binocular normal. Citando de Tychsen (Adler, p 808):</p> <p><i>"La vergencia en los recién nacidos es inestable, vacilante entre la deficiencia y el exceso de convergencia. Los errores de hipo convergencia son más comunes. La vergencia se vuelve extraordinariamente precisa a los 6 meses, lo que implica un desarrollo sustancial de la recepción de las moto neuronas que codifican la convergencia".</i></p> <p>Al principio, el sistema motor ocular muestra una preferencia por los movimientos de seguimiento para los objetos que se mueven desde el campo temporal hacia la nasal. Esto se puede apreciar mediante la oclusión de un ojo y observando el ojo fijador. Ver Fig. 24-43 en Adler (9ª edición). Entre los 3-5 meses, el recién nacido normal desarrolla la capacidad de seguir objetos en movimiento sin problemas en cualquier dirección. Citando de Adler figura 24-43:</p> <p><i>"Cuando un juguete se mueve del lado temporal al nasal frente al ojo fijador, la búsqueda es suave. El seguimiento está ausente o es en "rueda dentada" cuando el objetivo se mueve en sentido nasal - temporal. Los movimientos de los dos ojos son conjugados, y la dirección de la asimetría se invierte instantáneamente con el cambio de ojo fijador, de manera que la dirección de seguimiento es siempre sólida para objetos dirigidos nasalmente en el campo visual. [...] La asimetría indica inmadurez de las conexiones de procesamiento del movimiento binocular en la corteza visual".</i></p>
FUSIÓN SENSORIAL Y ESTEREOPSIS	<p>Del 1-3 meses de edad, el sistema visual del niño se vuelve capaz de realizar la percepción simultánea de las imágenes (grado 1 de fusión de Worth). A los 3 meses muestran una aversión a la rivalidad, lo que indica que tienen la capacidad de fusión plana de las imágenes (grado 2 de fusión de Worth) y entre 3 y 5 meses de repente desarrolla la estereopsis (grado 3 de fusión de Worth).</p> <p>El desarrollo de la estereopsis no se corresponde con el desarrollo de la agudeza visual, la cual es pobre en el nacimiento pero constantemente mejora en los primeros años. Al nacer, al parecer no hay estereopsis, pero esta percepción comienza a desarrollarse hacia los 4 meses. A continuación, muestra una mejora brusca de los niveles cercanos a los del adulto en unas pocas semanas. La Figura de Adler 24 -41A ilustra esto. Generalmente las niñas desarrollan estereopsis aproximadamente un mes antes que los niños.</p> <p>Se descubrieron diferencias significativas entre los sexos en las edades de inicio de ambas de la estereopsis y la respuesta a la rivalidad binocular. Los sujetos de sexo femenino tienden a mostrar una aparición más temprana que los de sexo masculino. Dado que las diferencias no se encuentran en las mediciones de agudeza en rejilla, se sospecha que están fuertemente limitados por factores de la retina, sus descubridores han sospechado que son específicos de los procesos que ocurren en la corteza cerebral. Held et al (1994) especularon que la influencia neuro trófica de los altos niveles de testosterona presente en los hombres durante los primeros meses de la vida, combinados con la intensa sinaptogénesis de este período pueden ser los factores causantes de la diferencia entre sexos.</p>

La sensibilidad a la disparidad cruzada (los objetos más cerca de la fijación) generalmente se desarrolla alrededor de 3 semanas antes que la estereopsis de disparidad no cruzada. A los **6 meses de edad**, el infante promedio tiene un umbral de estereopsis de **60 segundos de arco**.

MODELO DE HELD DE LAS DOS ETAPAS DEL DESARROLLO

Los estudios histológicos de la corteza visual mostraron que tempranamente en la vida la recepción aferente del CGL en la corteza visual primaria (V1) no está claramente separada en columnas de dominancia ocular. Poco a poco durante los primeros seis meses, las columnas de dominancia ocular emergen, y esto puede ser importante para el desarrollo de la fusión sensorial binocular.

Recordando que en el sistema visual del adulto (Capítulo 32), las neuronas del CGL que primero hacen sinapsis en las capas V1 IVC α y β son monoculares. Es decir, que reciben el aporte del ojo derecho o izquierdo a través del CGL. Están, sin embargo, organizadas en columnas de dominancia ocular. Pero esta segregación en las columnas de dominancia ocular derecha / izquierda no está presente al nacer.

Como se muestra en la **figura de Adler 24-47**, antes de la aparición de las columnas de dominancia ocular, existe una considerable superposición entre los axones procedentes del CGL, de modo que algunas de las primeras neuronas de orden en la capa IVC son inicialmente binoculares - tienen conexiones tanto del ojo derecho como del izquierdo. Citando de Steinman (p. 279):

"Esta superposición de la información de los dos ojos dentro de la capa 4C impide la existencia de binocularidad y estereopsis, pues las células de la capa 4C destinadas a convertirse en células binoculares reciben dos entradas con información mixta de ambos ojos, en lugar de dos entradas con información distintiva del ojo izquierdo y derecho".

A medida que el área visual madura en los primeros meses de vida, las neuronas se especializan y se segregan en las columnas de dominancia ocular. Como tal, cada una de las neuronas de primer orden (capa IVC α y β) recibe la entrada desde el lado derecho o el ojo izquierdo, pero no ambos. En el nivel inmediatamente superior (la capa IVB o las capas II o III), las recepciones de los ojos derecho e izquierdo se combinan en las neuronas realmente binoculares en la corteza visual madura. Citando de Held (Regan p 175):

"Otra explicación posible para el desarrollo binocular se deriva de la observación de que las columnas de dominancia ocular de capa IVC, o bien no están segregadas o están segregadas de manera incompleta al nacer. [...] El modelo afirma que sólo cuando se consigue la segregación es que las señales de los ojos separados pueden combinarse de manera que formen circuitos que comparan las recepciones de los dos ojos. Tales circuitos pueden ser la base de la discriminación de disparidad binocular y la rivalidad binocular. Según la información fragmentaria disponible, esta segregación se produce en la corteza visual humana durante los primeros meses de vida".

BIBLIOGRAFÍA

- Steinman et al. **Foundations of Binocular Vision**. McGraw-Hill, New York, 2000. Chapter 9.
- Schwartz S. **Visual Perception - 2nd Edition**. Appleton & Lange, Stamford, CT, 1999. Chapter 17.
- Held in Regan D. **Binocular Vision (Vol 9 in Vision and Visual Dysfunction, 1991)**.
- Gibson EJ and Walk RD. (1960). **The "visual cliff."** Scientific American, 202, 67—71.
- Kaufmann PL. **Adler's Physiology of the Eye, 9th Ed**. Mosby Yearbook, St. Louis.1992.
- Benjamin W. Borish's **Clinical Refraction**. WB Saunders, Philadelphia. 2006.
- Cline D, Hofstetter HW and Griffin JR. **Dictionary of visual science. 4th Edition**. Butterworth-Heinemann, Michigan. 1997.
- Kaufmann PL, Alm A and Francis HA. **Adler's Physiology of the Eye, 10th Ed**. Mosby, St. Louis,2003.
- Schor CM and Ciuffreda KJ. **Vergence eye movements: Basic and clinical aspects**. Butterworth, Michigan. 1983.
- Von Noorden GK. **Binocular Vision and Ocular Motility - 5th Edition**. Mosby, St. Louis.1996.
- Ciuffreda KJ and Tannen B. **Eye Movement Basics for the Clinician**. Mosby, St. Louis,1995.
- Griffin JF. **Binocular Anomalies - Diagnosis and Vision Therapy, 3rd Edition**, Butterworth-Heineman,1995.