



MOVIMIENTOS DE SEGUIMIENTO

AUTOR

Thomas Salmon: Northeastern State University, USA

PAR REVISOR

Scott Steinman: Southern California College of Optometry, USA

ESTE CAPÍTULO INCLUYE UNA REVISIÓN DE:

- Consideraciones sobre los movimientos de seguimiento
- Modelos del sistema de seguimiento.
- Latencia y movimientos de seguimiento.
- Movimientos de seguimiento anormales
- Como mejorar los movimientos de seguimiento
- Superposición sacádica
- Efectos del envejecimiento sobre los movimientos de seguimiento

INTRODUCCIÓN

- Los movimientos de seguimiento son los movimientos oculares más involucrados en el rastreo de objetos en el espacio.
 - ¿Qué tipo de actividades en su vida involucran los movimientos de seguimiento?
- El objetivo principal es igualar la velocidad del ojo con la velocidad del objeto.

Los movimientos de seguimiento son también una forma de movimiento ocular lento MOL. El sistema de seguimiento puede anular el sistema vestibular. Un movimiento de seguimiento puede ocurrir mientras se gira la cabeza. Piense en el fútbol!

CONSIDERACIONES SOBRE LOS MOVIMIENTOS DE SEGUIMIENTO

A. CONSIDERACIONES GENERALES

- Movimientos oculares conjugados:

La señal de movimiento y la falta de posicionamiento del objeto en la retina, son los estímulos para un movimiento de seguimiento. Esto significa que el sistema de seguimiento respondería mejor a la velocidad y aceleración del objeto que a la posición del mismo, aunque, la posición del objeto puede llevar al sistema a algún límite. El movimiento del objeto genera un “resbalón retinal”

- El salto retinal ocurre cuando una imagen comienza a deslizarse por fuera de la fóvea porque el objeto de atención está en movimiento.
- Esto estimula un movimiento de seguimiento (y, si es lo suficientemente grande y rápido, también genera una sacada). Pero, no es solo la posición del objeto cercano a la fóvea (esto es algo más estático) lo que estimula el movimiento de seguimiento → es el movimiento del mismo y el resbalón resultante de éste.

- Los movimientos de seguimiento funcionan mejor con objetos que se mueven lentamente a una velocidad de 20-50 grados por Segundo. Si el objeto es muy rápido, genera un error retinal grande (E.j. es muy lejano a la fóvea), lo que reduce la resolución del objeto (que tan bien se ve) y puede estimular una sacada para hacer que todo vuelva a funcionar correctamente.

- En el examen clínico esto es importante, con el fin de que cuando esté realizándola evaluación de los movimientos de seguimiento, el objeto no se mueva muy rápido pues estaría evaluando movimientos sacádicos.

- No se genera ninguna supresión ni omisión de la información durante un movimiento de seguimiento (a diferencia de las sacadas) → El objetivo es mantener el objeto EN la fóvea para mantener una visión clara. Se le llama sistema de control continuo y muestrea al objeto constantemente, respondiendo a cualquier cambio en la posición a medida que transcurre.

- Los periodos prolongados de seguimiento foveal permiten una máxima resolución del objeto en movimiento, y asimismo, una mejor recolección de la información y procesamiento de los detalles finos del objeto. Evolutivamente, piense lo importante que esto fu para el Mamut, el tigre dientes de sable, etc.

- Cuando existe estimulación retinal periférica, un movimiento de seguimiento puede activarse antes que una sacada, esto se da cuando el objeto comienza a moverse en esa porción retiniana. ¿por qué es bueno esto para el sistema visual?



La latencia del sistema de seguimiento es de 100 mseg; esto es lo que toma el procesamiento de la señal neural. La latencia es levemente mayor para objetos de fijación con movimiento lento.

B. CONSIDERACIONES CONCERNIENTES A LOS MOVIMIENTOS DE SEGUIMIENTO Y OBJETOS PREDECIBLES.

- Si el objeto tiene un movimiento predecible, entonces el ojo se anticipará e iniciará un movimiento incluso antes de que el objeto se mueva. (Se vio antes en la sección de sacadas de anticipación)
- Si el objeto se mantiene quieto, no se generará un cambio anticipatorio a no ser que la persona se imagine un movimiento aparente del objeto o la luz está apagada.
- El cerebro emplea una especie de memoria en relación con el movimiento del objeto percibido y su detenimiento.
- Con entrenamiento, una persona puede igualar su movimiento de seguimiento casi perfectamente con el movimiento del objeto. Esto puede deberse a:
 - Memoria del patrón de movimiento
 - La extrapolación del cerebro al comportamiento del objeto de fijación. ¿Qué ventajas podría tener el ser capaz de igualar estos movimientos?
- El sistema de seguimiento puede continuar rastreando un estímulo hasta unos 190 mseg a una velocidad igual al 60% de la velocidad original una vez que el estímulo ya no está presente.
- Un movimiento de seguimiento continuo al movimiento predecible de un objeto es mayor a aquel en el que no hay predicción del movimiento de un objeto. ¿puede pensar en cómo se manifestaría esto en el examen clínico?



NOTA: La eficiencia de los movimientos de seguimiento en respuesta al movimiento de un objeto varía según el sujeto, los protocolos de atención y el análisis de datos. ¿Cómo podría esto impactar los resultados cuando se examina un niño de 6 años?

MODELOS DEL SISTEMA DE SEGUIMIENTO

A. CIRCUITOS ABIERTOS Y CERRADOS

- Los sistemas de circuito abierto que controlan las vías neurológicas no generan una muestra continua del entorno; sus reacciones, por el contrario, se basan en la información inicial suministrada al sistema.
- Los sistemas de circuito cerrado emplean retroalimentación desde el sistema y los datos de manera constante para ajustar la respuesta. Esto los hace más precisos. ¿Puede pensar en algún circuito cerrado que ya hayamos estudiado?
- El sistema de seguimiento se considera tradicionalmente como un sistema de control continuo. En otras palabras, constantemente genera muestras del entorno con el fin de hacer los movimientos más precisos. Entonces, ¿es un sistema abierto o cerrado?
- Los modelos iniciales del sistema de seguimiento consideraban la existencia de un mecanismo de velocidad básica, lo único que hicieron fue igualar la velocidad del ojo a la velocidad del objeto, lo que reducía el resbalón retinal y mantenía el objeto claro mientras era observado.

B. COMPONENTES DE LOS MODELOS

- **Un Diferenciador** que convierte la información de posición en información de velocidad.
- **Un limitante** que evita una respuesta motora para un impulso inicial de velocidad, que es mayor que el nivel preestablecido del paciente e.j. si el objeto va muy rápido al ser observado, el limitante detiene el sistema de seguimiento con el fin de que actúe el sistema sacádico.
- **Una ganancia de circuito abierto** Se combina con otras cosas para formar un integrador neural fenestrado.
- **Un procesador de retraso**
- **Un elemento de saturación** que evita que la respuesta sea muy prolongada.
- **Un integrador** (1/s) que convierte una señal de velocidad en una señal de posición- esto hace que los músculos oculares se muevan.

- Pero, hubo unos cuantos problemas asociados a este modelo, por esta razón se formuló un sistema más complejo que incluyó un inicio para la velocidad del objeto relativa al entorno. También incluyó información de retroalimentación positiva acerca de la velocidad retinal y el seguimiento ocular.

LATENCIA Y MOVIMIENTOS DE SEGUIMIENTO

TIEMPO DE 100MSEG DE LATENCIA PARA MOVIMIENTOS DE SEGUIMIENTO

Esto es lo que se demora el procesamiento de la señal neural que hace que los ojos se muevan.

- Los 20-40 mseg iniciales pre sacádicos son independientes del estímulo del objeto, e.j. solo funciona para mover los ojos a algún lado. Esto se considera como un circuito abierto, porque no genera un muestreo de datos del entorno, simplemente intenta mover los ojos.
- Los últimos 60 mseg de esos 100mseg son considerados como un circuito cerrado, porque tienen poca relación con la velocidad del objeto y funcionan bajo un control de retroalimentación .e.j. El movimiento de seguimiento generado está relacionado ya sea a una velocidad real del objeto a la percepción de la misma.
- Después de esos 100mseg iniciales, el sistema de seguimiento continúa como un circuito cerrado. ¿cómo puede esto afectar la precisión de la respuesta?
- Los detalles acerca del flujo de información a lo largo del sistema de seguimiento son menos entendidos que los del sistema sacádico.

A. MOVIMIENTOS DE SEGUIMIENTO

La vía magnocelular es la que probablemente es la más utilizada. Tiene sentido, pues el cerebelo juega un papel importante en la síntesis de la señal de seguimiento.

MOVIMIENTOS DE SEGUIMIENTO ANORMALES

Los errores en los movimientos de seguimiento se pueden dar en las siguientes áreas:

1. INICIO

- Latencia
- 100mseg iniciales, fase de circuito abierto.
- Aceleración ocular máxima

2. REDUCCIÓN DE LA CAPACIDAD DE SEGUIMIENTO

- La capacidad de seguimiento puede reducirse al agregar un fondo estacionario o móvil, especialmente si éste se sitúa cerca al plano del objeto. Las claves del fondo pueden generar un salto retinal en la dirección opuesta al movimiento de seguimiento, esto puede ser un estímulo para el NOK. La reducción en la ganancia puede ser el esfuerzo del sistema para cancelar el NOK evidenciado en este caso.
- La precisión está condicionada parcialmente a los movimientos predecibles o no predecibles del objeto.
- La precisión también puede reducirse debido a :
 - Aumento de la velocidad y aceleración del objeto.
 - Aumento de la excentricidad del objeto.
 - Aumento en la no predictibilidad del objeto.
 - Edad avanzada del observador.
 - Objetos más pequeños.
 - Movimiento vertical del objeto (versus horizontal).
 - Distractores que se muevan del fondo
 - Falta de atención
 - Fatiga
 - Ausencia de estímulos propioceptivos o auditivos.
 - Alcohol
 - Barbitúricos
 - Medicamentos (e.j. diazepam)
 - Enfermedad neurológica (especialmente aquellas que involucran la corteza cerebral y el cerebelo)
 - Nistagmus
 - Ambliopía (debida a la disminución de la sensibilidad foveal)



NOTA: La capacidad de seguimiento está más relacionada a la aceleración máxima del objeto de fijación , que a su velocidad; velocidades por encima de los 30-40 grados por segundo generan la mejor ganancia.

2. REDUCCIÓN EN LA CAPACIDAD DE SEGUIMIENTO

- Los pacientes con deficiencias en los movimientos de seguimiento no refieren sintomatología visual, sustituyen el movimiento de seguimiento con movimientos sacádicos múltiples. No se dan cuenta de que sus movimientos oculares son de salto, en vez de continuos.
- Un daño en el seguimiento puede indicar una lesión en la región vestibulo-cerebelosa.
- Las lesiones en el lóbulo parietal pueden conllevar a un movimiento de seguimiento lento en una dirección y normal en la dirección contraria. Recuerde esto para el NOK; la lesión estará al mismo lado en el que se evidencia el movimiento de seguimiento lento. Una lesión del lóbulo parietal conlleva generalmente a una hemianopsia homónima contralateral. Para diferenciarla de una lesión del lóbulo occipital, una lesión parietal cursará con la pérdida del NOK cuando las rayas se muevan hacia el lado de la lesión. Esto se da porque no hay movimiento de seguimiento que rastree y genere un NOK.

FORMAS PARA MEJORAR LOS MOVIMIENTOS DE SEGUIMIENTO

FORMAS PARA MEJORAR LOS MOVIMIENTOS DE SEGUIMIENTO

¿Los movimientos de seguimiento pueden mejorarse?

- Diversas investigaciones han encontrado que puede lograrse una leve mejoría en la velocidad de igualación y la corrección de los errores posicionales.
- Además, otras investigaciones han mostrado que la precisión de los movimientos de seguimiento horizontal y vertical también pueden mejorarse.
- Los atletas con buenos puntajes iniciales en las pruebas iniciales en los movimientos de seguimiento, pueden mejorar a un nivel final al cuál los sujetos normales pueden llegar con entrenamiento.

EFFECTOS DEL ENVEJECIMIENTO EN LOS MOVIMIENTOS DE SEGUIMIENTO

EFFECTOS DEL ENVEJECIMIENTO EN LOS MOVIMIENTOS DE SEGUIMIENTO

- La reducción de la ganancia en los circuitos cerrados (por ejemplo en la precisión del movimiento de seguimiento) en un 25% aprox., se vuelve cada vez peor en la medida en que aumenta la velocidad del objeto de fijación, esto puede deberse a la degeneración de la información motora con la edad, y se presenta en diferentes lugares de la vía visual. A mayor edad, peores son los movimientos de seguimiento y mayor dificultad para rastrear el movimiento de los objetos. Piense en como esto afectaría las actividades del diario vivir; estudiar, trabajar, ver un partido de fútbol, manejar etc.; todas estas actividades pueden volverse difíciles de realizar.
- Aumento en la frecuencia sacádica. ¿Por qué?
- Reducción de la aceleración general → No solo es más difícil rastrear con un movimiento de seguimiento una vez que se observa un objeto, sino más difícil para los ojos igualar su velocidad desde un principio.
- Aumento de la velocidad de latencia → Indica un retraso en el procesamiento.
- Aumento de las sacadas. Aumento en la distracción visual → e.j, si hay mucho "ruido" en el fondo, es más fácil distraerse.

RESUMEN

RESUMEN

Los movimientos oculares versionales son movimientos conjugados de ambos ojos en la misma dirección. Esto se da en:

1. Sistema Vestíbulo-optoquinético.
2. Sistema sacádico
3. Sistema de seguimiento

Estos tres sistemas trabajan mejor con señales de inicio dirigidas al integrador neural, el cuál envía las señales apropiadas a los núcleos y sub núcleos del nervio craneal que se comunican con los músculos extraoculares para mover el ojo.

El integrador neural está formado por una variedad de estructuras del SNC que trabajan en conjunto

1. Cerebelo
2. Formación reticular Pontina
3. Núcleo Hipogloso periférico

VERSIONES HORIZONTALES	<ol style="list-style-type: none"> 1. Los centros de la Mirada horizontal están junto al Puente de varolio, cerca al núcleo del sexto nervio craneal (La formación reticular pontina paramedial, o FRPP, es otro nombre del centro de la mirada horizontal) 2. Los centros de la Mirada horizontal son responsables de los comandos que llegan a los núcleos de los nervios craneales y generan el movimiento versional horizontal. 3. La FRPP envía señales al núcleo abductor (VI). <p>Dos tipos de neuronas separadas junto al núcleo Abducens responden al comando para ejecutar un movimiento horizontal.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Las neuronas inervan el músculo recto lateral ipsilateral mediante un camino de axones ipsilateral al nervio Abducens. 2. Las neuronas inervan el músculo recto medio contralateral mediante la vía del fascículo longitudinal medio (FLM) contralateral hacia el subnúcleo nervioso oculomotor, que luego envía un axón arriba hacia el nervio oculomotor. 3. El núcleo Abducens también recibe una señal constante del núcleo nervioso vestibular, desde el núcleo Hipogloso periférico y desde las células excitatorias del puente de varolio. Así, el núcleo Abducens integra todas las señales.
EVALUANDO UN MOVIMIENTO DE SEGUIMIENTO	<p>Evalúe un movimiento de seguimiento observando el movimiento de los ojos del paciente mientras observa un objeto pequeño en versiones verticales y horizontales. Esté atento a sacadas de refijación a la ausencia de seguimiento.</p> <p>Evalúe las habilidades de los pacientes para suprimir el ROV. El paciente se encuentra en una silla giratoria y fija un dedo pulgar. Un paciente normal puede suprimir el ROV inducido manteniendo la fijación en el pulgar, incluso en oscuridad o con los ojos cerrados, esto puede ayudar a descartar pacientes simuladores si no pueden mantener la fijación, ya que incluso una persona ciega puede hacerlo.</p>

BIBLIOGRAFIA

- Benjamin, W. Borish's **Clinical Refraction**. WB Saunders, Philadelphia. 2006.
- Ciuffreda KJ and Tannen B. **Eye Movement Basics for the Clinician**. Mosby, St. Louis, 1995.
- Hart W. **Adler's Physiology of the Eye, 9th Ed**. Mosby Yearbook, St. Louis. 1992.
- Steinman et al. **Foundations of Binocular Vision**. McGraw-Hill, New York, 2000.
- Regan D. **Binocular Vision (Vol 9 in Vision and Visual Dysfunction, 1991)**.
- Reading RW. **Binocular Vision**. Butterworth Publishers, Woburn, MA, 1983.
- Schwartz S. **Visual Perception - 2nd Edition**. Appleton & Lange, Stamford, CT, 1999.
- Griffin JF. **Binocular Anomalies - Diagnosis and Vision Therapy, 3rd Edition**, Butterworth-Heinemann, 1995.
- Kaufmann, PL. **Adler's Physiology of the Eye, 10th Ed**. Mosby, St. Louis, 2003.
- Moses, RA. **Adler's Physiology of the Eye, 8th Ed**. Mosby Yearbook, St. Louis. 1987.
- Kandel. **Essentials of Neural Science and Behavior**, Appleton & Lange, 1995.