

ASPECTOS DINÁMICOS DE LA ACOMODACIÓN

AUTOR

Thomas Salmon: Northeastern State University, USA

PAR REVISOR

Scott Steinman: Southern California College of Optometry, USA

ESTE CAPÍTULO INCLUYE UNA REVISIÓN DE:

- Estimulos acomodativos
- Modelo dinámico de la acomodación.
- Trastornos de acomodación.
- Entrenamiento del sistema acomodativo
- Presbicie (ojo Viejo)

INTRODUCCIÓN

En la vida real, el sistema acomodativo es muy dinámico. Se presentan una gran variedad de estímulos.

IMPULSOS ACOMODATIVOS

IMPULSOS EN ESTADO DE REPOSO	Al mantener un foco, el sistema acomodativo muestra fluctuaciones. Estas fluctuaciones son mayores en el rango medio de la acomodación y disminuyen en los límites del rango acomodativo. Se piensa que el impulso inicia centralmente, ya que es un sistema binocular. ¿Se complementan con un sistema de retroalimentación que ayude a mantener la precisión?
IMPULSOS DE PASO Y PULSO	<p>Los impulsos de paso representan un reto acomodativo y muestran un tiempo constante de 200 a 250 mseg para alcanzar el 63% de la amplitud final. En promedio tienen una latencia de 370 mseg, tomando menos tiempo para enfocar en visión próxima que para cambiarlo en visión lejana. La respuesta para un cambio repentino en la acomodación es más rápido con una latencia de 180mseg.</p> <p>Al observar un impulso de pulso en el que hay un cambio en el estímulo, se siente que el sistema opera bajo una retroalimentación continua a medida que el tiempo de respuesta se acerca al tiempo de duración del estímulo. En otras palabras, el tiempo de respuesta cambia. Si se considerara un sistema de muestra, el tiempo de respuesta sería corregido.</p>

IMPULOS SINUSOIDALES	La respuesta a impulsos sinusoidales demuestra el perfil sinusoidal en donde la ganancia se reduce y el lag aumenta a altas frecuencias. Son menos efectivos los cambios de alto orden.
ESTIMULO LINEAL	Con los estímulos lineales, la acomodación cambia a una velocidad constante en donde la velocidad más lenta resulta en una respuesta de acomodación estilo rampa y una alta velocidad resulta en un cambio exponencial similar a los impulsos de paso. Este es un sistema dual de control acomodativo en donde hay un objeto de fijación en movimiento.

MODELO DINÁMICO DE ACOMODACIÓN

Este modelo asume la visión borrosa como estímulo:

- **Impulso:** El cambio en el estímulo requerido para la acomodación
- **Operador de espacio muerto:** Representa la profundidad de foco.
- **Elemento cambiante no lineal:** Emplea la señal del controlador derivado para establecer la dirección de la acomodación. La señal generada es direccionalmente correcta y proporcional a la magnitud de la visión borrosa.
- **Controlador derivado:** Controla la velocidad de la respuesta y proporciona estabilidad.
- **Elemento de saturación no lineal:** Evita que la velocidad de respuesta exceda cierto nivel establecido. Establece los límites de oscilación del sistema.
- **Integrador fenestrado:** Permite que se dé el estado estático de acomodación. En condiciones de penumbra, el circuito decae llevando a un estado de acomodación tónica en 10 a 15 segundos.
- **Tiempo de retraso:** Se refiere al tiempo de retraso en las vías neurales y al retraso en la transmisión biomecánica.
- **Dinámica del músculo ciliar y el Cristalino:** Características biomecánicas de la planta de enfoque.
- **Elemento de saturación:** El punto en el que la amplitud de acomodación se ve limitada por la elasticidad del cristalino.

TRASTORNOS DE ACOMODACIÓN

- Insuficiencia de acomodación
- Fatiga de acomodación
- Parálisis de acomodación
- Acomodación desigual
- Exceso de acomodación
- Inercia de acomodación

INSUFICIENCIA DE ACOMODACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • La amplitud de acomodación es menor que la esperada para la edad del paciente. • Recuerde: La insuficiencia de acomodación por presbicia es normal. • Caracterizada por una reducción en la amplitud de 2.00D o más. <p>Síntomas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Visión borrosa. • Inconfort visual al leer. • Dolores de cabeza al leer. • Lagrimeo y ardor ocular. • Hiperemia. • Trabajo cercano al material. • Parpadeo en trabajos de visión próxima • Asociado a insuficiencia de convergencia <p>Asociaciones con hallazgos físicos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Infección sistémica • Fatiga emocional • Medicación <p>Tratamiento</p> <ul style="list-style-type: none"> • Uso de lentes positivos de bajo poder. • Terapia visual • Responde bien al tratamiento • Sugerencias: Reducir el tiempo de trabajo continuo, hacer pausas frecuentes durante la lectura, incentivar el uso de la distancia de Harmon (distancia de lectura óptima)
DIFICULTAD EN MANTENER LA ACOMODACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • También conocida como fatiga de acomodación • La amplitud se sostiene solo con un esfuerzo considerable. Dificultad para mantener con el tiempo. • Puede ser el primer estadio de la insuficiencia de acomodación. La amplitud es normal inicialmente, pero, luego se reduce. <p>Síntomas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Visión borrosa • Inconfort ocular • Disminución en la acomodación con cada Nuevo intento. • Dolor de cabeza • Diplopia • Hiperemia y lagrimeo • Entrecerramiento de ojos. • Parpadeo excesivo. <p>Causas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Miastenia gravis • Enfermedades sistémicas <p>Tratamiento</p> <ul style="list-style-type: none"> • Uso de lentes positivos bajos con o sin terapia visual (TV) • Disminuir el tiempo de las actividades de trabajo visual- hacer pausas durante lectura. • Incentivar el uso de la distancia de Harmon.

PARÁLISIS DE ACOMODACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • Reducción marcada de la amplitud de acomodación ó amplitud de acomodación ausente. Generalmente de causa orgánica. • Causa: <ul style="list-style-type: none"> - Trauma encefálico - Alguna enfermedad que afecte el sistema nervioso, como la mononucleosis, malaria o gripe. - Uso de fármacos. • Tratamiento con lentes positivos
ACOMODACIÓN DESIGUAL	Diferencia interocular persistente en la amplitud de acomodación.
EXCESO DE ACOMODACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • Nivel de acomodación persistentemente mayor que el que sería esperado para la edad del paciente. • Causa: <ul style="list-style-type: none"> - Generalmente se asocia a insuficiencia de convergencia • Hay dificultad para relajar la acomodación • Esto puede llevar a un espasmo de acomodación <p>Síntomas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Visión borrosa en visión próxima • Visión borrosa en visión lejana después de realizar trabajo en visión próxima. • Dolores de cabeza • Astenopia • Evitar trabajo en visión próxima • Lagrimeo e hiperemia • Fatiga visual con facilidad • Baja comprensión de lectura • Entrecerramiento de ojos • Ceño fruncido y parpadeo excesivo • Nausea al leer
EXCESO DE ACOMODACIÓN (cont)	<p>Causas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Defecto refractivo como una hipermetropía latente o astigmatismo no corregido. • Problemas emocionales • Presbicie temprana <p>Tratamiento</p> <ul style="list-style-type: none"> • Corregir el defecto refractivo • Terapia visual • Lentes positivos para visión próxima • Cicloplegia para romper el espasmo

INERCI A DE ACOMODACIÓN

- La dinámica de la acomodación se vuelve lenta:
 - Latencia reducida
 - Tiempo constante reducido
 - Velocidad para alcanzar el pico acomodativo reducida
 - Inercia de Acomodación

Síntomas

- Visión borrosa en visión lejana luego de leer.
- Problemas para cambiar de foco
- Dolores de cabeza
- lagrimeo

Causas-pueden estar asociadas a:

- Enfermedad de Grave
- Sarampión
- Alcoholismo
- Encontrado en personas con demandas acomodativas altas.

Tratamiento

- Lentes positivos bajos
- Terapia visual en visión próxima/ objetos acomodativos para visión lejana
- Pausas frecuentes



NOTA: Ciertas enfermedades y el uso de fármacos pueden causar trastornos de acomodación, e.j. el uso de fármacos colinérgicos, trauma, tumores cerebrales y miastenia gravis.

ENTRENANDO EL SISTEMA ACOMODATIVO

La acomodación voluntaria puede entrenarse. Una vez que se aprende puede ser utilizada en una nueva tarea.

Evaluar la acomodación puede servir también como tratamiento:

- Uso de flippers
- Actividades repetitivas- Ej: ejercicios de saltos de convergencia
- Flippers positivos y negativos
- Flexibilidad de acomodación con lápiz.

El entrenamiento acomodativo ayuda.:

- Mejorar la acomodación en pacientes ambliopes
- Disminuir el lag
- Disminuir la Profundidad de foco
- Aumentar la amplitud
- Mejorar la precisión de la respuesta

PRESBICIE (OJO VIEJO)

Reducción normal, asociada con la edad e irreversible de la amplitud de acomodación, Inicia entre los 40 y 45, con el mayor pico de incidencia entre los 42 y los 44 años.

FACTORES DE RIESGO PARA SU APARICIÓN

1. Defecto refractivo:
 - Hipermetropes - Su aparición es más temprana debido a la gran demanda en el plano corneal de acomodación
2. Temperatura ambiente:
 - Un clima cálido favorece la aparición más temprana de la presbicie

SÍNTOMAS	<p>Los síntomas inician cuando la amplitud de acomodación es menor a el doble de la demanda requerida.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Visión borrosa o inconfort al enfocar en visión próxima 2. Pesadez 3. Necesidad de alejar el texto 4. Astenopia 5. Espasmo acomodativo resultante 6. Diplopia por el excesivo esfuerzo por acomodar resultante en un exceso de convergencia
FACTORES PRINCIPALES QUE CONLLEVAN A LA PRESBICIE	<ol style="list-style-type: none"> 1. La elasticidad de la cápsula del cristalino disminuye así que hay una menor capacidad de cambiar su forma. Esto explica la cantidad de presbítas que se encuentran a los 45 años. 2. La elasticidad del cristalino cambia, volviéndose más rígido. Esto conlleva a una pérdida del 44% de la acomodación. 3. El tamaño del cristalino aumenta con la edad, lo que hace que sea más difícil para la cápsula del cristalino deformarse. El 55% de la pérdida de la acomodación se relaciona con el aumento del tamaño del cristalino a medida que también se pierde la elasticidad de la cápsula.
OTROS FACTORES QUE CONLLEVAN A LA PRESBICIE	<ol style="list-style-type: none"> 1. Las zónulas se mueven hacia adelante por el crecimiento del cristalino, generando así menos fuerza mecánica. 2. El envejecimiento reduce la fuerza biomecánica de las fibras zonulares. 3. El aumento de la resistencia de las fibras del cristalino durante la acomodación hacen que sea más difícil mover el mismo. 4. Cambios en la anatomía del músculo ciliar 5. La disminución en el movimiento hacia adentro y hacia adelante del anillo del músculo ciliar reduce la cantidad del movimiento del cuerpo ciliar. 6. La coroides pierde elasticidad
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA PRESBICIE	<ol style="list-style-type: none"> 1. La elasticidad de las zónulas es la misma. 2. El poder contráctil del músculo ciliar aumenta hasta los 45 años y luego disminuye levemente. Ésta leve disminución contribuye tremendamente a la pérdida de la acomodación. 3. El control neural se mantiene igual.

IMPACTO DE LA PRESBICIE EN LOS MODELOS ACOMODATIVOS	<p>Acomodación tónica : Disminuye 0.04 D cada año así que es aproximadamente de 1.80Dpt a la edad de 20 años y 0.90 Dpt a los 50 años. La causa más probable para esto es el envejecimiento biomeánico.</p> <p>Profundidad de foco: Se mantiene relativamente constante si se mide objetivamente, sin embargo subjetivamente la profundidad de foco determina aumenta. Esto nos sugiere que con los años nos hacemos mas tolerantes a la visión borrosa.</p> <p>Ganancia: Esta no cambia con la edad, lo que sugiere que las vías neurales se mantienen iguales.</p> <p>Amplitud de acomodación: Disminuye aproximadamente 0.30 Dpt por año desde la aparición de la presbicia.</p> <p>Adaptación acomodativa: Disminuye aproximadamente 0.035 Dpt anualmente.</p> <p>Relación AC/A: La respuesta en el ratio AC/A muestra un leve incremento, que puede deberse a:</p> <ol style="list-style-type: none"> Un verdadero cambio en la ganancia combinando desde la acomodación hacia la vergencia buscando compensar la respuesta disminuida del cristalino. El aumento relacionado con la edad de la fuerza del músculo ciliar buscando compensar el aumento de la rigidez corioidea. El incremento del esfuerzo acomodativo desencadenado con el fin de obtener un cambio unitario en la acomodación. <p>Estímulo de la relación AC/A: disminuye con la edad hasta llegar a cero a los 55 años.</p>
MODELO DINÁMICO DE LA ACOMODACIÓN	<p>Latencia: Tanto la latencia acomodativa positiva como la negativa aumentan con la edad. Esto se debe probablemente a algún proceso neurológico o algún cambio en el desarrollo desde el nacimiento hasta la adultez.</p> <p>Tiempo-constante: El tiempo requerido para alcanzar el 63% de la amplitud de respuesta final se mantiene sin cambios con la edad. Sin embargo, en el rango no lineal superior, el tiempo constante se prolonga. Este fenómeno se presenta en todas las edades.</p> <p>Velocidad del pico acomodativo: La relación entre la velocidad del pico acomodativo y la amplitud se mantiene constante. La velocidad aumenta proporcionalmente a la amplitud.</p> <p>Fluctuaciones micro-acomodativas: Son disminuciones en la amplitud y la frecuencia acomodativa desde los 20 hasta los 50 años. Se piensa que se debe al envejecimiento biomecánico del cristalino.</p>
TEORÍAS DE LA PRESBICIE	<p>Teoría de Helmholtz-Hess-Gullstrand (HHG) : Esta teoría atribuye todos los cambios en la acomodación asociados con la presbicia, a los cambios biomecánicos en la cápsula del cristalino y en el cristalino en general. El músculo ciliar mantiene su fuerza.</p> <p>Teoría de Donders-Duane-Fincham (DDF): Esta teoría atribuye todos los cambios en la acomodación asociados con la presbicia, al debilitamiento del músculo ciliar y no al cristalino o su cápsula.</p> <p>Teoría de Morgan: Morgan combinó estas dos teorías creyendo que la mayor parte de la pérdida de la acomodación se debe a los cambios biomecánicos tal como lo sugiere la teoría HHG, pero, dice que a medida que transcurren los años en donde se requiere mayor esfuerzo por acomodar, el debilitamiento del músculo ciliar es el mayor responsable de la pérdida acomodativa tal como lo sugiere la teoría DDF.</p>

BIBLIOGRAFÍA

- 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.