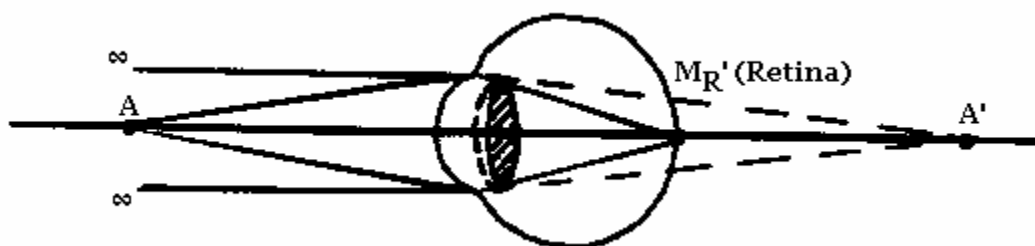


Tema VIII.

Acomodación y visión próxima: concepto, mecanismos, recorrido y amplitud, estímulos y componentes funcionales.

La acomodación es la propiedad que tiene el ojo de enfocar a diferentes distancias.

Es el mecanismo por el que el poder de convergencia del ojo aumenta para ver nitidamente en un punto cercano, desplazando el foco conjugado a retina. Se produce un acortamiento de la distancia focal que corresponde a un aumento de la potencia en el ojo, pasando de +60D a +70D.



Para que el objeto A forme su imagen A' sobre retina, el ojo necesita acomodar (aumentar su potencia) :

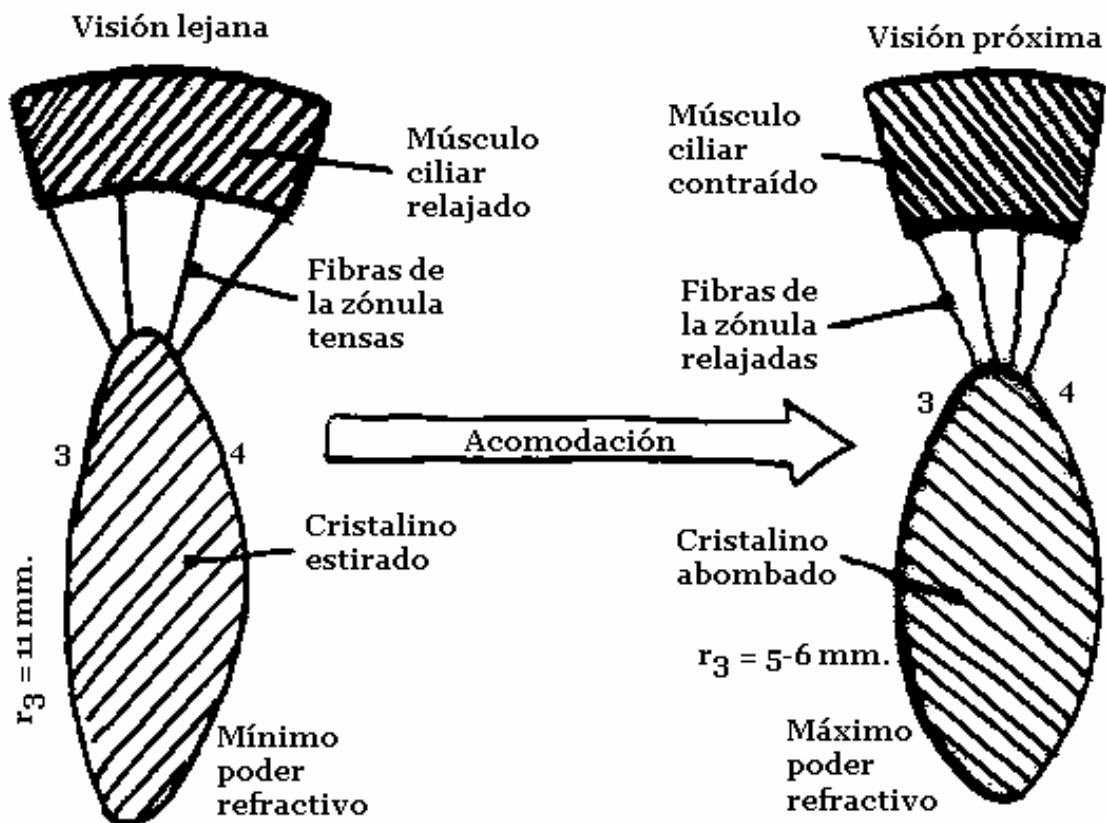
- Un objeto en el infinito forma su imagen sobre retina.
- Un objeto próximo forma su imagen detrás de la retina (A').
- Acomodación : el ojo aumenta su potencia refractiva mediante el cristalino llevando a A' hasta la posición de M_R' .
- $S' = F_0 + S$

Mecanismos y modificaciones del ojo durante la acomodación.

1. Las pupilas se contraen: las pupilas actúan como diafragmas, reduciendo el diámetro de los círculos de difusión. También las aberraciones disminuyen al obturar las porciones externas del cristalino.
2. La profundidad de la cámara anterior disminuye por el centro y aumenta en la periferia.
3. El cristalino sufre varias modificaciones:
 - Variaciones en sus superficies refractivas. Se produce un aumento de la curvatura del cristalino que afecta principalmente a la cara anterior. El radio de curvatura de la cara anterior (r_1) disminuye desde 11 mm. aprox. hasta entre 5 y 6 mm.
 - Variaciones en su índice de refracción. Aumenta el índice total por el desplazamiento de las fibras cristalinas, lo que recibe el nombre de *mecanismo intracapsular de la acomodación*.
 - Variaciones en el diámetro. El diámetro frontal del cristalino disminuye entre 0'4 y 0'5 mm.

- Modificaciones en el dentado del ecuador. Las ondulaciones del borde del cristalino se pierden durante la visión próxima y reaparecen en visión lejana.
 - Tremulación del cristalino. Se atribuye a la relajación zonular y al ligero desplazamiento del cristalino por acción de la gravedad, así como a la pequeña rotación alrededor de un eje vertical.
4. El músculo ciliar, la zónula y los procesos ciliares también sufren modificaciones:
- En el enfoque para visión cercana o próxima:
 - el músculo ciliar se contrae.
 - las fibras de la zónula se relajan.
 - la cápsula del cristalino se distiende adoptando el cristalino una forma esferoidal.
 - aumenta el poder refractor.
 - En el enfoque para visión lejana:
 - el músculo ciliar se relaja.
 - las fibras de la zónula se tensan.
 - la cápsula del cristalino se tensa, y el cristalino se aplana y adopta una forma elíptica.
 - disminuye el poder refractor.

Mecanismo de la acomodación.



Amplitud y recorrido de acomodación.

Punto remoto (P.R.): punto conjugado con el centro de la mácula (*fóvea*) cuando la acomodación está completamente relajada.

Punto próximo (P.P.): punto más cercano que puede verse nítidamente al actuar la acomodación máxima.

Por tanto definimos la acomodación como la propiedad que posee el cristalino de modificar su potencia de tal forma que la imagen retiniana permanezca nítida cuando el objeto se desplaza del punto remoto al punto próximo.

Acomodación ocular.

$A = R - S$ R : refracción; $R = 1/P.R.metros$
 S : proximidad; es la inversa de la distancia desde el origen considerado hasta el objeto observado.

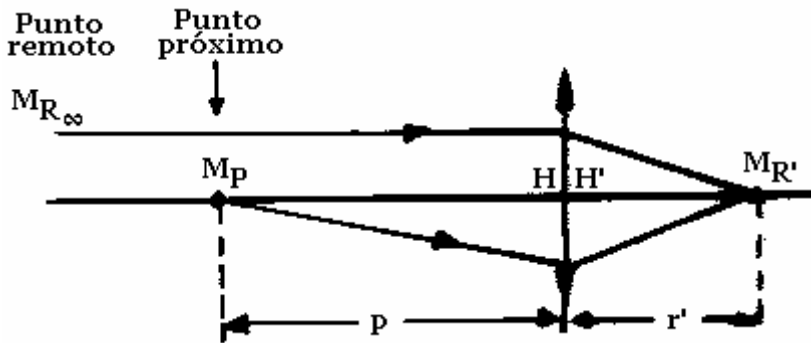
Al valor máximo de A se le llama *amplitud de acomodación*.

Amplitud de acomodación (Am): es el máximo esfuerzo de acomodación. Se calcula como la diferencia entre el máximo poder de refracción del ojo para enfocar al PP y la mínima potencia del ojo utilizada para tener visión nítida en el PR.

$Am = R - P = 1/P.R.metros - 1/P.P.metros$

Con la edad, la amplitud de acomodación decrece, es decir, el ojo pierde capacidad de acomodación. A este hecho, que se traduce en un alejamiento del punto próximo, se le denomina *presbicia*.

Am en el emétrope:

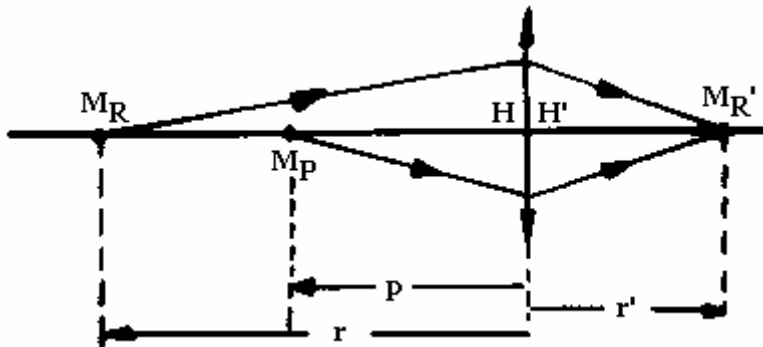


Máxima amplitud de acomodación:

$PR = -\infty$ $R = 1/PR = 1/(-\infty) = 0$ $Am = R - P = 0 - P = -P = -1/p$

Acomodación ocular : $A = R - S = 0 - S = -S$ R: refracción S: proximidad

Am en el amétrope:



Máxima amplitud de acomodación: $Am = R - P = (1/PR) - (1/PP)$

Acomodación ocular: $A = R - S$ R: refracción S: proximidad

Recorrido de acomodación: es la distancia lineal desde el punto remoto hasta el punto próximo, es decir, aquella distancia sobre la que es eficaz la acomodación.

R. Acomodación = PR - PP = [MR ↔ MP]

R.Acom. en el emétrope: R.Acom. = [- ∞ , - PP]

Ejemplo: Am = 8 D
 $Am = - P \implies P = - Am = - 8 D$
 $p = 1/P = 1/(-8) = - 0'125 \text{ m.} = - 125 \text{ mm.}$ R.A. = [- ∞ , - 125 mm.]

R.Acom. en el amétrope:

Ejemplo miope: R = - 4 D Am = 10 D
 $r = 1/R = 1/(-4) = - 0'25 \text{ m.} = - 250 \text{ mm.}$
 $P = R - Am = (-4) - (10) = - 14 D$
 $p = 1/P = 1/(-14) = - 0'07143 \text{ m.} = - 71'43 \text{ mm.}$
 R.A. = [- 250 mm. , - 71'43 mm.]

Ejemplo hipermetrope: R = + 4 D Am = 8 D
 $r = 1/R = 1/4 = 0'25 \text{ m.} = 25 \text{ cm.}$
 $P = R - Am = 4 - 8 = - 4 D$
 $p = 1/P = 1/(-4) = - 0'25 \text{ m.} = - 25 \text{ cm.}$
 R.A. = [25 cm. , - 25 cm.]

Estímulos de la acomodación.

Los estímulos que desencadenan el reflejo acomodativo son:

- La borrosidad de la imagen retiniana cuando se cambia la mirada de lejos a cerca, es decir, el aumento del tamaño de los círculos de difusión de la imagen.
- El cambio de vergencia de los rayos de luz que llegan a la retina.
- Los estímulos psíquicos como el tamaño y la distancia aparentes, es decir, la conciencia de proximidad.
- Los cambios producidos por la aberración cromática en los bordes coloreados de la imagen.

Velocidad de acomodación.

La acomodación no es un reajuste instantáneo, sino que requiere un cierto tiempo.

De visión lejana a visión cercana : 0'5 segundos aprox.

De visión cercana a visión lejana : menos de 0'5 segundos.

Esta velocidad de acomodación disminuye con la edad.

Componentes funcionales de la acomodación.

La sincinesia de la acomodación es la concordancia de varios fenómenos para que la visión próxima sea nítida. Estos fenómenos son:

1. La acomodación, que permite enfocar la imagen sobre la retina gracias a la contracción del músculo ciliar.
2. La convergencia, que permite girar los ojos hacia adentro mediante los músculos rectos internos, para que sus ejes visuales se dirijan hacia el objeto próximo. Cuanto más cerca está el objeto, mayor será la convergencia y, al mismo tiempo, mayor será la acomodación.
3. La miosis, que se produce por la contracción del esfínter pupilar, reduce las aberraciones ópticas, suprime el aumento relativo de luz que entra en el ojo desde los objetos próximos y aumenta la profundidad de foco reduciendo el tamaño de los círculos de difusión.

Estos 3 fenómenos, aunque son independientes, están ligados fisiológicamente entre sí, ya que dependen de la misma inervación parasimpática (tercer par craneal). Cuando se enfoca un objeto próximo, se producen simultáneamente por un mismo impulso central.

Problemas.

1. Calcular la acomodación ocular necesaria para enfocar un objeto a 0'33 metros del ojo sin compensar en el caso de...

$$s = - 0'33 \text{ m.} \quad S = 1/s = 1/(-0'33) = - 3 \text{ D}$$

$$\text{a) ... un miope de } -3'00 \text{ D} \quad R = - 3 \text{ D} \quad Ac = R - S = (-3) - (-3) = 0 \text{ D}$$

$$\text{b) ... un emétrope} \quad R = 0 \quad Ac = R - S = 0 - (-3) = +3 \text{ D}$$

$$\text{c) ... un hipermetrope de } +3'00 \text{ D} \quad R = +3 \text{ D} \quad Ac = R - S = 3 - (-3) = +6 \text{ D}$$

2. ¿Cuál es el recorrido de acomodación de un miope sin compensar de -4 D cuya amplitud de acomodación es de 10 D?

$$Am = +10'00 \text{ D} \quad R = -4'00 \text{ D}$$

$$Am = R - P \quad ==> \quad P = R - Am = (-4) - (+10) = - 14'00 \text{ D}$$

$$R = 1/P.R. \quad ==> \quad P.R. = 1/R = 1/(-4) = -0'25 \text{ m.} = - 250 \text{ mm.}$$

$$P = 1/P.P. \quad ==> \quad P.P. = 1/P = 1/(-14) = -0'07143 \text{ m.} = -71'43 \text{ mm.}$$

$$R.Acom. = [-250 \text{ mm.}, -71'43 \text{ mm.}]$$

3. ¿Cuál es el recorrido de acomodación de un hipermetrope no compensado de 4 D cuya amplitud de acomodación es de 6 D?

$$Am = +6'00 \text{ D} \quad R = +4'00 \text{ D}$$

$$Am = R - P \quad ==> \quad P = R - Am = 4 - 6 = -2'00 \text{ D}$$

$$R = 1/P.R. \quad ==> \quad P.R. = 1/R = 1/4 = 0'25 \text{ m.} = 25 \text{ cm.}$$

$$P = 1/P.P. \quad ==> \quad P.P. = 1/P = 1/(-2) = -0'5 \text{ m.} = -50 \text{ cm.}$$

$$R.Acom. = [25 \text{ cm.}, -50 \text{ cm.}]$$

Presbicia.

Desde el punto de vista fisiológico, es una condición derivada de una pérdida de elasticidad relacionada con la edad del cuerpo ciliar y el cristalino que tiene como consecuencia una incapacidad de mantener la acomodación necesaria para la visión a la distancia próxima.

Ópticamente hablando es un estado refractivo del ojo caracterizado por una disminución de la amplitud de la acomodación al alejarse del ojo su punto próximo. Por tanto, no se ven nítidos los objetos que estén más cercanos al ojo que dicho punto próximo.

Clínicamente, la presbicia implica que con determinada edad se manifiestan determinados síntomas al realizar tareas de cerca, incluso aunque se puedan ver nítidos los objetos próximos durante un tiempo.

Estos síntomas pueden ser:

1. Visión borrosa de cerca: indicador fiable de que la A.A. ha caído por debajo del nivel necesario para mantener una visión clara y confortable.
2. Visión borrosa de lejos segundos después del trabajo de cerca (inflexibilidad acomodativa).
3. Astenopia: incomodidad y fatiga ocular.
4. Dolor de ojos y cabeza.

Evaluación de la amplitud de acomodación según Donders y Duane.

	N (años)	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
Donders	Am (D)	14	12	10	8'8	7	5'5	4'5	3'5	2'5	1'75	1	0'5	0'25
Duane	Am (D)	11	10'3	9'5	8'6	7'6	6'5	5'3	3'35	2'1	1'5	1'2	1'1	1

Donders (y por otro lado Duane) dedujo en el siglo XIX a partir de observaciones empíricas la siguiente relación entre A_m y la edad del sujeto N (para sujetos entre 35 y 50 años):

$$A_m = 12.5 - N/5$$

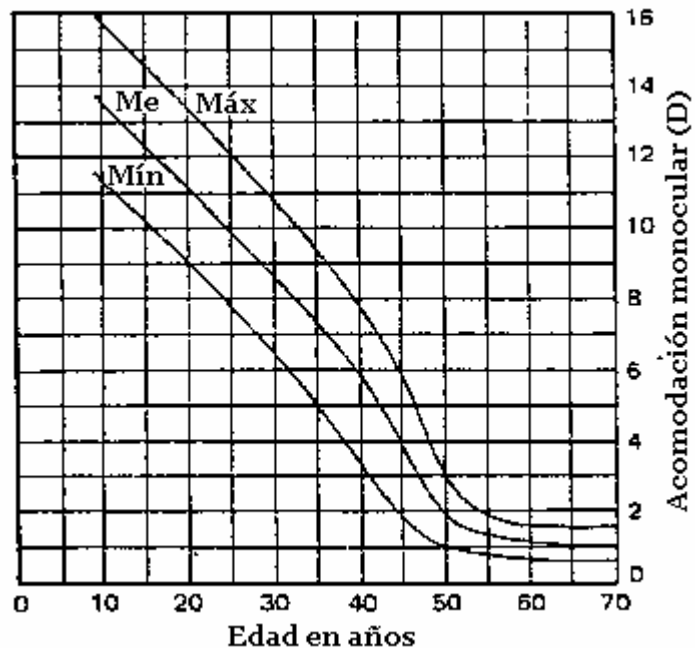
Variación de la amplitud de acomodación con la edad.

En los primeros años de vida, la A.A. es de 14 D, situándose el P.P. a unos 7 cm. del ojo.

Con la edad, esta A.A. comienza a disminuir. A los 36 años aproximadamente ya se ha reducido hasta unas 7 D (P.P. a unos 14 cm.).

A los 45 años, la A.A. es de sólo 4 D, y el P.P. está a 25 cm. A los 60 años ya sólo existe 1 D de acomodación.

Esta fórmula se utiliza para estimar la A.A. en la zona en que la línea de valores medios M_e en la gráfica se asemeja a una recta:



$$A.A. = 15 - (Edad / 4)$$

El alejamiento del punto próximo comienza a edades muy tempranas, a pesar de que para una persona sólo se manifestará como un problema cuando éste se sitúa más alejado que su distancia habitual de trabajo y lectura.

La disminución más importante de la capacidad de acomodación se produce entre los 20 y los 40 años de edad.

Para resistir sin fatiga de una manera prolongada un esfuerzo acomodativo de cierta intensidad, es necesario que no se utilice toda la A.A. Se debe mantener en reserva entre la mitad y un tercio de ella. En la práctica, se considera que nos es imposible mantener la acomodación estimulada sin fatigarnos cuando: $A > (A_m \cdot 2/3)$

La visión cercana se realiza habitualmente a una distancia de entre 28 y 30 cm. de los ojos (entre 3.5 y 3 D respectivamente).

A los 45 años de edad la A.A. es de sólo 4D aproximadamente, lo que supone trabajar de cerca ejercitando el máximo esfuerzo de acomodación. Como no es posible mantener este esfuerzo durante un tiempo prolongado, aparece la astenopia y la acomodación se relaja, por lo que, para ver de manera clara, el sujeto se verá obligado a alejar el texto y a leer con más iluminación para que con la contracción de la pupila aumente la profundidad de foco.

Clasificación de la presbicia.

Presbicia incipiente: los síntomas se presentan de manera intermitente cuando se desarrolla un trabajo de cerca.

Presbicia funcional: los síntomas se presentan siempre que se realicen tareas de cerca.
Subtipos:

- Parcial: existe un cierto grado de capacidad acomodativa.
- Absoluta: ha desaparecido toda capacidad acomodativa.
- Prematura: producida años antes de la edad esperada, por razones ambientales, nutritivas, patológicas o farmacológicas.

Causas de disminución de la A.A.

Relacionadas con la edad. Cambios que se desarrollan tanto en el cuerpo ciliar como en el cristalino:

- Debilitamiento del músculo ciliar.
- Esclerosis central del cristalino.
- Modificaciones histológicas.
- Trastornos de la geometría.
- Disminución del índice de refracción.

Relacionadas con enfermedades: diabetes, enfermedad ocular, cirugía, traumatismos, etc.

Relacionadas con medicamentos: insulina, tóxicos, ansiolíticos, antidepresivos, diuréticos, antihistamínicos, etc.

Variaciones de la refracción con la presbicia.

En la emetropía, la presbicia aparece entre los 40 y los 45 años. Para trabajar o leer habrá que suplir a la acomodación con lentes convergentes.

En el hipermetrope, los síntomas de presbicia aparecen antes, pues el P.P. está más alejado. El paciente necesitará graduación de lejos y una adición para cerca.

En el miope, los síntomas de la presbicia aparecen más tarde. El P.P. está más cerca y por tanto el paciente podrá leer sin gafas para visión próxima.

Vemos que la presbicia es un concepto relativo, pues no sólo depende de la edad sino también de la refracción, y varía igualmente con las costumbres del paciente, como por ejemplo su distancia de trabajo y lectura.