



**GRAU EN ÒPTICA I OPTOMETRIA**

**TREBALL FINAL DE GRAU**

---

**ANÀLISI DE LA PÈRDUA D'HABILITATS I REFLEXES  
DURANT LA CONDUCCIÓ ASSOCIADA A L'ENVELLIMENT**

**ANNA GOMBAU MONTSERRAT**

DIRECTORA: MIREIA PACHECO CUTILLAS  
DEPARTAMENT D'ÒPTICA I OPTOMETRIA

**12 JUNY 2019**



## GRAU EN ÒPTICA I OPTOMETRIA

### ANÀLISI DE LA PÈRDUA D'HABILITATS I REFLEXES DURANT LA CONDUCCIÓ ASSOCIADAES A L'ENVELLIMENT

#### RESUM

La conducció és una tasca altament visual que requereix concentració i habilitats visuals per proporcionar una conducció segura. El Butlletí Oficial de l'Estat (BOE) intenta regular les aptituds psicofísiques requerides per obtenir o renovar el permís de conduir, concretament les capacitats visuals.

L'envelliment provoca pèrdues d'habilitats, reflexes i un envelliment general. Per conseqüència, les estructures oculars com còrnia, cristal·lí, retina i nervi òptic, també es van envellint i es veuen sotmeses a canvis involutius morfològics i fisiològics, la qual cosa fa que es vagin perdent les funcions principals. Com per exemple: pèrdua de la transparència, sensibilitat corneal, canvi en la tonalitat, alteracions vasculars, disminució dels axons, etc.

Aquestes pèrdues de les funcions de les estructures oculars afecten a que es produeixin canvis involutius de les funcions visuals i com a conseqüència a la conducció, fent que augmentin els riscos de provocar distraccions al volant.

En el camp de la investigació, els estudis cercats es van realitzar mitjançant entrevistes, qüestionaris o simuladors de conducció interactius, on relacionen les habilitats visuals amb l'índex de riscos de provocar accidents en els diferents grups d'edats. En tots aquests estudis, els autors observen diferents variacions de les funcions visuals depenent de les edats que estan investigant.



## GRAU EN ÒPTICA I OPTOMETRIA

### ANÁLISIS DE LA PÉRDIDA DE HABILIDADES Y REFLEJOS DURANTE LA CONDUCCIÓN ASOCIATES TO EL ENVEJECIMIENTO

#### RESUMEN

La conducción es una tarea altamente visual que requiere concentración y habilidades visuales para proporcionar una conducción segura. El Boletín Oficial del Estado (BOE) intenta regular las aptitudes psicofísicas requeridas para obtener o renovar el permiso de conducir, concretamente las capacidades visuales.

El envejecimiento provoca pérdidas de habilidades, reflejos y un envejecimiento general. Por consecuencia, las estructuras oculares como córnea, cristalino, retina y nervio óptico, también se van envejeciendo y se ven sometidas a cambios involutivos morfológicos y fisiológicos, lo que hace que se vayan perdiendo las funciones principales. Como por ejemplo: pérdida de la transparencia, sensibilidad corneal, cambio en la tonalidad, alteraciones vasculares, disminución de los axones, etc.

Estas pérdidas de las funciones de las estructuras oculares afectan a que se produzcan cambios involutivos de las funciones visuales y como consecuencia a la conducción, haciendo que aumenten los riesgos de provocar distracciones al volante.

En el campo de la investigación, los estudios buscados se realizaron mediante entrevistas, cuestionarios o simuladores de conducción interactivos, donde relacionan las habilidades visuales con el índice de riesgos de provocar accidentes en los diferentes grupos de edades. En todos estos estudios, los autores observan diferentes variaciones de las funciones visuales dependiendo de las edades que están investigando.



## GRAU EN ÒPTICA I OPTOMETRIA

### ANALYSIS OF THE LOSS OF SKILLS AND REFLECTIONS DURING DRIVING ASSOCIATED WITH AGING

#### ABSTRACT

Driving is a highly visual task that requires concentration and visual skills to provide safe driving. The Official State Bulletin (OSB) attempts to regulate the psychophysical skills required to obtain or renew the driving license, specifically the visual capabilities.

Aging causes loss of abilities, reflexes and a general aging. Consequently, ocular structures such as the cornea, lens, retina and optic nerve also age and are subject to morphological and physiological involutive changes, which means that the main functions are lost. As for example: loss of transparency, corneal sensitivity, change in tonality, vascular alterations, axon reduction, etc.

These losses of the functions of the ocular structures affect the involutive changes of the visual functions and as a consequence to driving, increasing the risk of causing distractions on the road.

In the field of research, the studies sought were conducted through interviews, questionnaires or interactive driving simulators, where they relate visual skills with the risk index of causing accidents in different age groups. In all these studies, the authors observe different variations of the visual functions depending on the ages they are investigating.

# Índex

<b>1. Introducció</b> .....	7
1.1 Accidents en funció de l'edat al Estat Espanyol .....	8
1.2 Legislació actual .....	9
<b>2. Canvis involutius morfològics i fisiològics oculars</b> .....	15
2.1 Còrnia .....	15
2.2 Cristal·lí .....	17
2.3 Retina .....	18
2.4 Nervi òptic .....	19
<b>3. Canvis involutius de la funció visual</b> .....	20
3.1 Agudesa visual .....	20
3.2 Camp visual .....	21
3.3 Sensibilitat al contrast .....	21
3.4 Visió del color .....	22
3.5 Sistema motor .....	23
3.5.1 Vergències .....	23
3.5.2 Versions .....	24
3.5.3 Acomodació .....	24
3.6 Enlluernament .....	24
3.7 Adaptació a la foscor .....	24
<b>4. Funcions visuals associades a la conducció</b> .....	25
4.1 Agudesa visual relacionada amb la conducció .....	25
4.2 Camps visual relacionat amb la conducció .....	26
4.3 Sensibilitat al contrast relacionada amb la conducció .....	28
4.4 Visió del color relacionada amb la conducció .....	29
4.5 Enlluernament relacionat amb la conducció .....	30
4.6 Adaptació a la foscor relacionada amb la conducció .....	31
<b>5. Discussió i conclusions</b> .....	32
<b>6. Bibliografia</b> .....	34

## 1. Introducció

La conducció és una tasca altament visual. Requereix concentració i habilitats visuals per proporcionar una conducció segura a nivell individual i per la resta de vehicles i vianants. És important reconèixer que la conducció és el mètode de viatge principal i preferit per els adults en molts països (Hu & Reuscher, 2004). Actualment utilitzem el cotxe, o altres vehicles, per anar a qualsevol lloc, ja estigui lluny o a prop de les nostres cases. Hem de tenir en compte que la esperança de vida de la societat està augmentant progressivament, fent que hi hagi més població en edat avançada disposada a conduir.

L'envelliment provoca pèrdues d'habilitats, reflexes i envelliment general del cos humà. Per conseqüència, les estructures oculars com còrnia, cristal·lí, retina, nervi òptic, etc, també es van envellint i es veuen sotmeses a canvis involutius o degeneratius, la qual cosa fa que es vagin perdent les funcions principals. Aquestes pèrdues de les funcions de les estructures oculars afecten a la funció visual i com a conseqüència a la conducció, fent que augmentin els riscos de provocar distraccions al volant.

Owsley i McGwin en el 2010, van dividir el concepte de conducció en dos aspectes principals: la seguretat del conductor i l'habilitat de conducció del conductor. La seguretat la defineixen a partir dels esdeveniments de conducció adversos, normalment per les col·lisions de vehicles de motor (CVM). Les mesures de seguretat solen expressar-se com a taxes: col·lisions per km conduït o per persona en anys de conducció.

En un article, els autors Owsley, M.Wood i Mc Gwin en el 2015, van destacar que des del punt de vista d'entendre l'impacte de la visió en la conducció, les col·lisions de vehicles de motor (CVM) en els que el conductor tenia la culpa són més interessants que aquelles col·lisions en les que el conductor no va tenir cap rol excepte estar en la carretera. En la seva investigació van trobar que la proporció de les CVM per culpa de conductors d'edat avançada són d'un 35% al 50%.

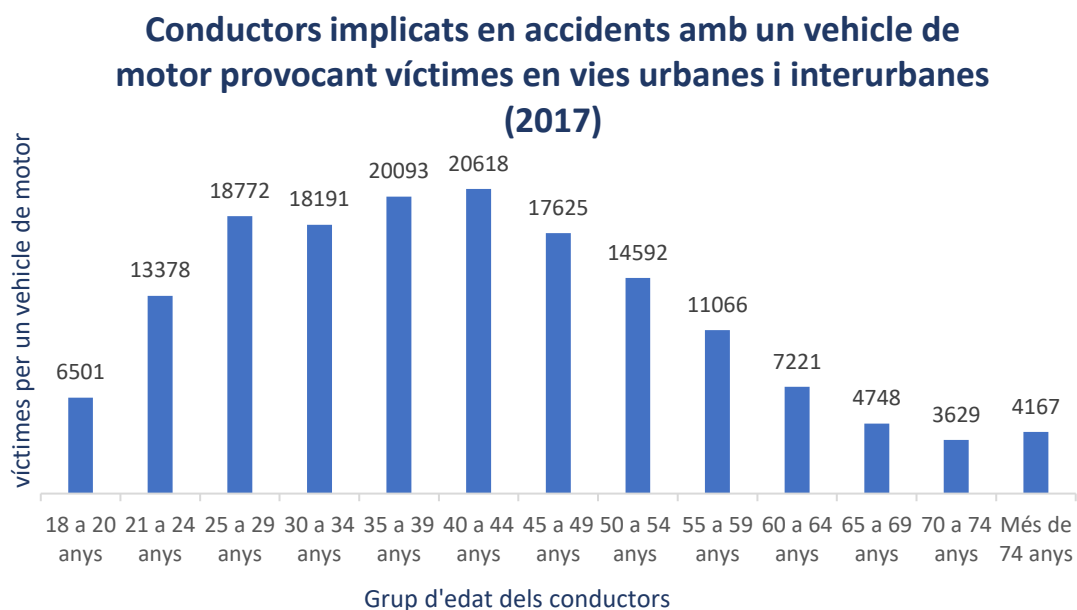
Per altre banda, l'habilitat de conducció es refereix al comportament del conductor quan està conduït un vehicle de motor (Owsley & McGwin, 2010). Aquest comportament es pot mesurar de diverses maneres; una és mitjançant mesures físiques del comportament de la conducció, per exemple, velocitat, frenada, comportament d'escaneig, posició al carril, etc. Aquesta mesura s'aconsegueix mitjançant l'ús d'un vehicle instrumentat amb sensors o dispositius de mesura que registren directament elements del moviment del vehicle o dels comportaments del conductor (Neale, et al., 2002). Altres maneres de mesurar el comportament és pel comportament visual del conductor (ulls, moviment de cap, direcció de la mirada) i per les tasques que realitza dins del vehicle, com menjar, fumar, parlar per telèfon mòbil o conversar amb els altres passatgers. (Owsley, M.Wood & Mc Gwin, 2015)

## 1.1 Accidents en funció de l'edat al Estat Espanyol

Per entendre millor quina possible relació pot existir entre la conducció i l'envelliment humà, he cercat els accidents que es van produir durant el 2017 a través de la direcció general de tràfic (DGT) d'Espanya (<http://www.dgt.es/es/seguridad-vial/estadisticas-e-indicadores/accidentes-30dias/tablas-estadisticas/2017/>). Presenten dades definitives i integren l'estadística d'accidents de trànsit amb víctimes inclosa en els plans estadístics.

La DGT presenta diverses dades, però les úniques interessants són les que relacionen els conductors amb l'edat. Aquestes dades d'interès es mostren en la gràfica 1.1, on es pot observar els conductors implicats en accidents amb un vehicle de motor provocant víctimes en vies urbanes i interurbanes, classificats per edat i conducció. I en la gràfica 1.2, s'observa els conductors que han mort en un accident d'un vehicle de motor en vies urbanes i interurbanes, classificats per edat i conducció.

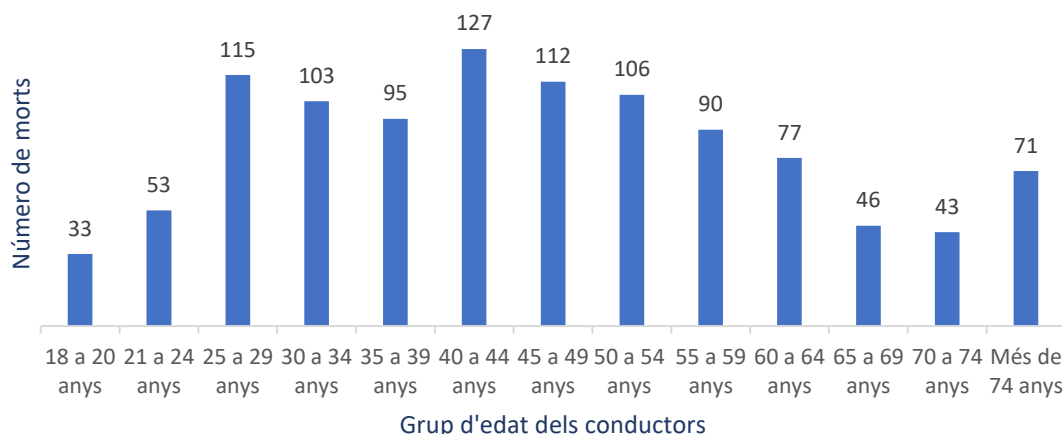
Els vehicles de motor que es representen en la gràfica 1.1 i 1.2 són; ciclomotor, motocicleta, turisme de SP fins 9 places, turisme sense remolc, turisme amb remolc, maquinaria, obres, agrícola, tractors agrícoles, furgonetes, camió <=3500kg sense remolc, camió <=3500kg amb remolc, camió >3500kg sense remolc, camió >3500kg amb remolc, tractorcamió, vehicle articulat, autobús, autobús escolar i quadricicle.



**Gràfica 1.1** Nombre de conductors implicats en accidents provocant víctimes en vies urbanes i interurbanes, en funció de l'edat.

En la gràfica 1.1 s'observa un creixement d'accidents a mesura que els conductors augmenten d'edat, però arriba un punt on decreixen aquests accidents. El punt màxim és de 20.618 víctimes per un vehicle de motor, on el conductor té entre 40 a 44 anys, mentre que el punt mínim de víctimes són els que provoca un conductor d'entre 70 a 74 anys. Tot i que els adults d'edat avançada (entenent com adult en edat avançada a partir de 60 anys) provoquen menys accidents, com s'observa a la gràfica 1.1, són els que tenen més problemes físics/ visuals/ d'habilitat/ reflexes a causa del envelliment.

## Conductors que han mort en un accident d'un vehicle de motor en vies urbanes i interurbanes (2017)



**Gràfica 1.2** Nombre de conductors morts en accidents en vies urbanes i interurbanes, en funció de l'edat.

En la gràfica 1.2 es mostra que a partir del 25 anys als 59 anys hi ha una alta mortalitat dels conductors respecte a les altres edats. El punt màxim és de 127 morts en les edats de 40 a 44 anys, que coincideix amb el punt màxim de la gràfica 1.1. Aquest augment de mortalitat i implicació en accidents podria ser degut per altres factors. En canvi, el punt mínim de mortalitat és en els conductors entre 18 a 20 anys.

Observant els conductors d'edat avançada, es veu com la mortalitat baixa, però els de més de 74 anys que encara condueixen tenen més accidents mortals. Això pot ser degut els problemes esmentats anteriorment en la gràfica 1.1.

### 1.2 Legislació actual

Un aspecte que cal tenir en compte és la legislació que regula el Butlletí Oficial de l'Estat (BOE). En el codi de tràfic i seguretat vial hi ha un reglament general de conductors que va entrar en vigor el 8 de desembre del 2009 amb la referència BOE-A-2009-9481, però alguns articles s'han anat modificant durant els anys.

L'article 4 fa referència a les classes de permisos de conduir que hi ha en l'estat espanyol:

- a) **AM:** Ciclomotors de dues o tres rodes i quadricicles lleugers, tot i que podrà estar limitat a la conducció de ciclomotors de tres rodes i quadricicles lleugers.
- b) **A1:** Motocicletes amb una cilindrada màxima de 125 cm<sup>3</sup>, una potència màxima de 11 kW i una relació potència/pes màxima de 0,1 kW/kg i tricicles de motor on la potència màxima no excedeixi de 15 kW.
- c) **A2:** Motocicletes amb una potència màxima de 35 kW i una relació potència/pes màxima de 0,2 kW/kg i no derivades d'un vehicle amb més del doble de la seva potència.
- d) **A:** Motocicletes i tricicles de motor.



- e) **B:**
  1. Automòbils on la massa màxima autoritzada no excedeixi de 3.500 kg que estiguin dissenyats i construïts per al transport de no més de vuit passatgers a més del conductor. Aquests automòbils podran dur enganxat un remolc on la massa màxima autoritzada no excedeixi de 750 kg.
  2. Conjunt de vehicles acoblats compostos per un vehicle tractor dels que autoritza a conduir el permís de la classe B i un remolc on la massa màxima autoritzada excedeixi de 750 kg, sempre que la massa màxima autoritzada del conjunt no excedeixi de 4.250 kg, sense perjudici de les disposicions que les normes d'aprovació de tipus estableixin per a aquests vehicles.
  3. Tricicles i quadricicles de motor.
- f) **(Suprimida)**
- g) **B + E:** Conjunt de vehicles acoblats compostos per un vehicle tractor dels que autoritza a conduir el permís de la classe B i un remolc o semiremolc la massa màxima autoritzada no excedeixi de 3500 kg, sense perjudici de les disposicions que les normes d'aprovació de tipus estableixin per a aquests vehicles.
- h) **C1:** Conduir automòbils diferents dels que autoritza a conduir el permís de les classes D1 o D, la massa màxima autoritzada excedeixi de 3500 kg i no sobrepassi els 7500 kg, dissenyats i construïts per al transport de no més de vuit passatgers a més del conductor. Aquests automòbils podran dur enganxat un remolc la massa màxima autoritzada no excedeixi de 750 kg.
- i) **C1 + E:**
  1. Conjunt de vehicles acoblats compostos per un vehicle tractor dels que autoritza a conduir el permís de la classe C1 i un remolc o semiremolc la massa màxima autoritzada superior a 750 kg, sempre que la massa màxima autoritzada del conjunt així format no excedeixi de 12.000 kg.
  2. Conjunt de vehicles acoblats compostos per un vehicle tractor dels que autoritza a conduir el permís de la classe B i un remolc o semiremolc la massa màxima autoritzada excedeixi de 3.500 kg, sempre que la massa màxima autoritzada del conjunt no excedeixi de 12.000 kg.
- j) **C:** Conduir automòbils diferents dels que autoritza a conduir el permís de les classes D1 o D, la massa màxima autoritzada excedeixi de 3500 kg que estiguin dissenyats i construïts per al transport de no més de vuit passatgers a més del conductor. Aquests automòbils podran dur enganxat un remolc la massa màxima autoritzada no excedeixi de 750 kg.
- k) **C + E:** Conduir conjunts de vehicles acoblats compostos per un vehicle tractor dels que autoritza a conduir el permís de la classe C i un remolc o semiremolc la massa màxima autoritzada excedeixi de 750 kg.
- l) **D1:** Conduir automòbils dissenyats i construïts per al transport de no més de setze passatgers a més del conductor i la longitud màxima no excedeixi de vuit metres. Aquests automòbils podran dur enganxat un remolc la massa màxima autoritzada no excedeixi de 750 kg.
- m) **D1 + E:** Conduir conjunts de vehicles acoblats compostos per un vehicle tractor dels que autoritza a conduir el permís de la classe D1 i un remolc la massa màxima autoritzada excedeixi de 750 kg.

- n) **D**: Conduir automòbils dissenyats i construïts per al transport de més de vuit passatgers a més del conductor. Aquests automòbils podran dur enganxat un remolc la massa màxima autoritzada no excedeixi de 750 kg.
- o) **D + E**: Conduir conjunts de vehicles acoblats compostos per un vehicle tractor dels que autoritza a conduir el permís de la classe D i un remolc la massa màxima autoritzada excedeixi de 750 kg.

Aquest article ha estat modificat, i l'última modificació va entrar en vigor al 31 de desembre del 2015. Es suprimeix la lletra f) i es modifica la lletra a) per l'art. únic.1 del Reial Decret 1055/2015, de 20 de novembre. Ref. BOE-A-2015-12572.

Per altre banda, en l'annex IV parla sobre les aptituds psicofísiques requerides per obtenir o prorrogar la vigència del permís o de la llicència de conducció. També sobre les malalties i deficiències que seran causa de denegació o d'adaptacions, restriccions de circulació i altres limitacions en l'obtenció o pròrroga del permís o la llicència de conducció.

Les aptituds estan dividides en capacitat visual, capacitat auditiva, capacitat locomotora, sistema cardiovascular, trastorns hematològics, sistema renal, sistema respiratori, malalties metabòliques i endocrines, sistema nerviós i muscular, trastorns mentals i de conducta, trastorns relacionats amb substàncies, aptitud perceptiu-motora i altres causes no específiques.

Només ens interessa la capacitat visual. En aquest apartat diu que si per assolir l'agudesia visual requerida és necessària la utilització de lents correctores, s'ha de posar en l'informe d'aptitud psicofísica i l'obligació del seu ús durant la conducció. Les lents intraoculars no s'han de considerar com a lents correctores, i s'entendrà com a visió monocular tota agudesia visual inferior a 0,10 en un ull, amb o sense lents correctores, degut a una pèrdua anatòmica o funcional de qualsevol etiologia.

Abans de comentar les restriccions de cada permís, cal saber que les classes de permís de conduir es divideixen en dos grups, esmentats en l'article 45 (última modificació, 31/12/2015):

- Grup 1: Els que siguin titulars o sol·licitin l'obtenció o pròrroga de la llicència o del permís de conducció de les classes AM, A1, A2, A, B o B + E.
- Grup 2: Els que siguin titulars o sol·licitin l'obtenció o pròrroga del permís de conducció de les classes C1, C1 + I, C, C + E, D1, D1 + E, D o D + I. També, els professionals de l'ensenyament de la conducció.

Exploració	Criteris d'aptitud per obtenir o prorrogar permís o llicència de conducció ordinària		Adaptacions, restriccions i altres limitacions en persones, vehicles o de circulació en permís o llicència subjectes a condicions restrictives	
	Grup 1	Grup 2	Grup 1	Grup 2
<b>1. Agudesa visual</b>	AV ( amb o sense correcció) almenys 0,5	AV ( amb o sense correcció) almenys 0,8 i almenys 0,1 per a l'ull amb millor agudesa i amb pitjor agudesa respectivament. Si es necessiten ulleres, la potència no pot ser més de +8D	No s'admeten	No s'admeten
	No es permet visió monocular	No es permet visió monocular	Els que tinguin visió monocular, hauran de tenir una AV almenys de 0,5 i més de sis mesos d'antiguitat en visió monocular i que reuneixin les altres capacitats visuals. Tenir tots els retrovisors o, si s'escau, mirall adaptat.	No s'admeten
	No es permet cirurgia refractiva (excepte afaquia)	No es permet cirurgia refractiva (excepte afaquia)	Després d'un mes d'efectuar la cirurgia refractiva, es pot obtenir o prorrogar el permís amb període de vigència màxim d'un any. Després del any (on tot estigui correcte), es fixarà el període de vigència posterior.	En cas de cirurgia refractiva, després de tres mesos es pot obtenir o prorrogar el permís amb període de vigència màxim d'un any. Passat l'any es fixarà el període de vigència posterior.
<b>2. Camp visual</b>	Camp binocular normal. En el camp visual central no presentar escotomes absoluts ni escotomes relatius significatius en la sensibilitat retiniana.	Camp visual binocular normal. En l'examen monocular, no s'admet la presència d'escotomes absoluts ni escotomes relatius significatius en la sensibilitat retiniana.	No s'admeten	No s'admeten
	Camp visual monocular ha de ser normal. El camp visual central no ha de presentar escotomes absoluts ni escotomes relatius.	No es permet visió monocular	No s'admeten	No s'admeten

<p><b>3. Afaquia i pseudoafaquia</b></p>	<p>No s'admeten unilaterals ni les bilaterals.</p>	<p>Ídem grup 1</p>	<p>Després d'un mes, i si s'assoleixen els valors determinats en els apartats 1 i 2 del grup 1, el període de vigència del permís serà de tres anys, segons criteri mèdic.</p>	<p>Després de dos mesos, i si s'assoleixen els valors determinats en els apartats 1 i 2 del grup 2, el període de vigència del permís serà de tres anys, segons criteri mèdic.</p>
<p><b>4. Sensibilitat al contrast</b></p>	<p>No hi ha d'haver alteracions en la recuperació a l'enlluernament ni alteracions en visió mesòpica.</p>	<p>Ídem grup 1</p>	<p>Si hi ha alguna alteració, s'ha d'establir restriccions i limitacions a criteri oftalmològic. S'han de descartar patologies que originen alteracions incloses en algun dels restants apartats sobre capacitat visual.</p>	<p>No s'admeten</p>
<p><b>5. Motilitat palpebral</b></p>	<p>No s'admeten ptosis ni lagofthalmies que afectin la visió en les condicions assenyalades en els apartats 1 i 2 del grup 1.</p>	<p>No s'admeten ptosis ni lagofthalmies que afectin la visió en les condicions assenyalades en els apartats 1 i 2 del grup 2.</p>	<p>No s'admeten</p>	<p>No s'admeten</p>
<p><b>6. Motilitat del globus ocular</b></p>	<p>La diplopia impedeix la obtenció o prorroga del permís.</p>	<p>Ídem grup 1</p>	<p>Les diplopies es permetran sempre que no es manifestin en els 20º centrals del camp visual i no produeixin simptomatologia. En les de recent aparició ha de passar, almenys, 6 mesos sense conduir. En cas de permetre l'obtenció o prorroga del permís, el període de vigència màxim serà de tres anys. Quan la diplopia s'elimini mitjançant l'oclusió d'un ull s'apliquessin les restriccions pròpies de la visió monocular.</p>	<p>No s'admeten</p>
<p></p>	<p>El nistagme impedeix l'obtenció o prorroga quan afecta a les condicions dels apartats 1 -7 del grup 1, ambdós inclosos.</p>	<p>El nistagme impedeix l'obtenció o prorroga quan afectin a les condicions assenyalades els apartats 1 -7 del grup 2, ambdós inclosos.</p>	<p>No s'admeten</p>	<p>No s'admeten</p>

	No s'admeten defectes en la visió binocular ni estrabismes que impedeixin assolir els nivells fixats en els apartats 1 -7 del grup 1, ambdós inclosos. Quan no es possible, s'ha de valorar la fatiga visual, defectes refractius, camp visual, grau estereòpsis, fòries, torticolis i diplopia.	No s'admeten altres defectes de la visió binocular ni els estrabismes.	Quan estrabismes o defectes binoculars no impedeixin assolir els nivells fixats en els apartats 1 -7 del grup 1, i, degut a la repercussió sobre paràmetres com fatiga visual, defectes refractius, camp visual, estereòpsis, fòries, torticolis o diplopia. Els reconeixements periòdics a realitzar seran per un període inferior a la vigència normal.	Quan estrabismes o defectes binoculars no impedeixin assolir els nivells fixats en els apartats 1 -7 del grup 1 i, degut a la repercussió sobre paràmetres com fatiga visual, defectes refractius, camp visual, estereòpsis, fòries, torticolis o diplopia. Els reconeixements periòdics no seran més de 3 anys.
<b>7. Deteriorament progressiu de la capacitat visual</b>	Les malalties progressives que no permetin assolir els nivells fixats en els apartats 1 -6 anteriors, impedeixen l'obtenció o pròrroga.	Les malalties i els trastorns progressius de la capacitat visual impedeixen l'obtenció o pròrroga.	Quan no impedeixin assolir els nivells fixats dels apartats 1 -6, i els reconeixements periòdics a realitzar siguin per un període inferior al de vigència normal del permís.	No s'admeten
	Si la pressió intraocular es troba per sobre dels límits normals, s'ha d'analitzar possibles factors de risc.	Ídem grup 1	Quan els reconeixements periòdics a realitzar siguin per un període inferior al de vigència normal del permís el període de vigència s'ha de fixar segons criteri mèdic.	Quan els reconeixements periòdics a realitzar siguin per un període inferior al normal del permís el període de vigència s'ha de fixar segons criteri mèdic.
<b>8. Deteriorament agut de la capacitat visual</b>	Després d'una pèrdua important i brusca de visió en un ull, haurà de transcórrer un període d'adaptació de 6 mesos sense conduir, després del qual es pot obtenir o renovar el permís o llicència aportant informe oftalmològic favorable.	Ídem grup 1	No s'admeten	No s'admeten

Aquesta taula va ser modificada per l'article únic de l'Ordre PRE / 2356/2010, de 3 de setembre. Ref. BOE-A-2010-13946.

## 2. Canvis involutius morfològics i fisiològics oculars

En aquest apartat es parlarà dels canvis que es donen amb l'envelliment. És important conèixer i entendre aquests canvis, ja que poden afectar a la visió d'una persona en edat avançada mentre condueix un vehicle de motor i ha d'estar pendent del seu entorn.

### 2.1 Còrnia

La còrnia és el diòptic que limita anteriorment amb les parpelles o medi extern i sempre està banyada per la llàgrima en la part anterior, mentre que en la posterior hi ha l'humor aquós. Està formada per cinc capes histològiques; epiteli anterior, membrana de Bowman, estroma, membrana de Descemet i endoteli. La còrnia presenta tres característiques pròpies; curvatura pròpia, transparència i avascularitat.

A causa de l'edat la còrnia presenta els següents canvis involutius:

- Pèrdua de transparència. Hi ha una disminució de la brillantor corneal, a causa d'un augment de la densitat total de l'estroma, que produeix un augment de la dispersió. Aquesta dispersió es produeix quan la distribució de les fibril·les dins de les lamel·les no és ordenada. També quan els proteoglicans (suma de glucosaminoglicans i polipèptids) de la substància fonamental amorfa no mantenen les distàncies adients entre fibres.
- Tendència a adoptar color groguenc.
- Lleuger augment del gruix corneal central i disminució perifèric. Aquest engruiximent es coneix com edema corneal.
- Aplanament del meridià vertical: astigmatisme contra la regla (figura 2.2). Els joves amb astigmatisme corneal, generalment, presenten un astigmatisme directe (a favor de la regla, figura 2.1) fins que arriben a l'edat adulta, moment en que el meridià vertical de la còrnia tendeix a aplanar-se fent la còrnia més esfèrica. En els adults d'edat avançada, aquest astigmatisme directe tendeix a desaparèixer i convertir-se en invers (en contra la regla). Els autors Hayashi K, i col·laboradors (1995) van utilitzar topografies corneals en 734 persones, d'edats entre 20 i 80 anys, on van observar un augment en la curvatura corneal en el meridià horitzontal a mesura que s'augmenta d'edat.

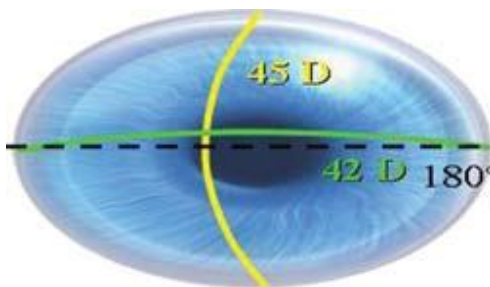


Figura 2.1 Astigmatisme a favor de la regla

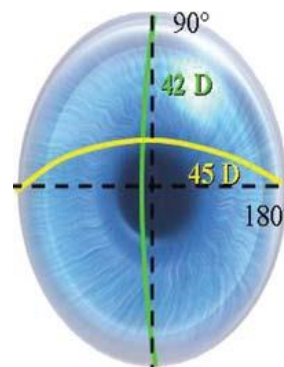
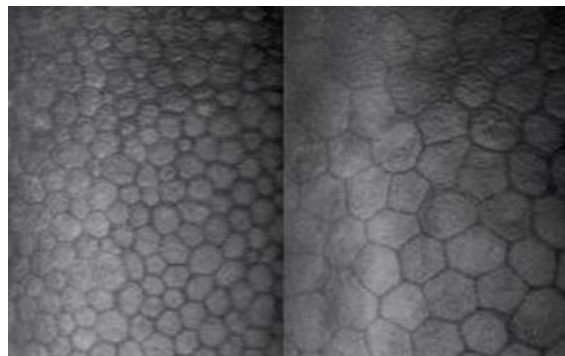


Figura 2.2 Astigmatisme en contra la regla

- Augment de la visibilitat dels nervis corneals.
- Engruiximent irregular de la membrana basal i membrana Descemet. Les irregularitats en la part adulta d'aquesta membrana es coneixen amb el nom de còrnia Guttata, que ocasionalment pot afectar la salut de l'endoteli, produint la distròfia endotelial de Fuchs (Bergmanson, et al., 1999).
- Reducció de la sensibilitat corneal: pitjor després de cirurgia de cataractes. Segons Millodot (1977), la sensibilitat es duplica entre les edats de 10 i 80 anys, augmentant ràpidament després dels 40 anys. Millodot i Owens (1984), també van demostrar que al disminuir la sensibilitat corneal, la fragilitat corneal augmenta. Per tant, van dir que es requereix una pressió considerablement menor per danyar l'epiteli corneal en adults majors de 60 anys.
- Degeneració dels teixits connectius subepitelials (capa de Bowman). Aquesta capa no es regenera, això provoca que actuï el col·lagen d'emergència, el qual no és transparent. Per altre banda, aquesta degeneració afavoreix al pterigi.
- Acumulació progressiva de queratòcits sense capacitat mitòtica i reduïda facilitat de migració cel·lular, dificultant la cicatrització per traumes corneals.
- Hipòxia superior com a resultat de ptosis.
- Polimegatisme (canvi de mida) i pleomorfisme (canvi de forma) endotelial. La pèrdua de cèl·lules endotelials comporta la ruptura de les unions entre les cèl·lules, fent que s'hagin d'expandir, ja que no es regeneren, i provoquen que el mosaic es torni irregular (figura 2.3). En els adults, la densitat és d'unes 2500 cèl·lules/mm<sup>2</sup> disminuint cada any 0,6% (Kanski & Bowling, 2011). També, la bomba activa de Na<sup>+</sup>-K<sup>+</sup> ATPasa està afectada.

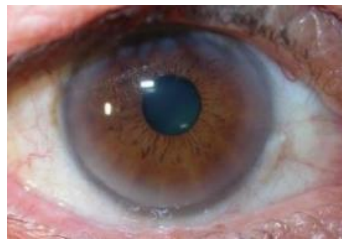


**Figura 2.3** Comparació d'un endoteli d'un adult jove i d'un adult en edat avançada.

- Alteració de la asfericitat.
- Alteració de les aberracions corneals i totals. La còrnia tendeix cap a una aberració esfèrica positiva corneal. Això pot incrementar les aberracions oculars totals, però està parcialment compensat per la disminució de la mida pupil·lar.

- Alteració de la biomecànica corneal. Hi ha uns canvis estromals significatius; un augment del diàmetre en secció de les fibres estromals i un increment de cross-linking entre fibres. Per altre banda, hi ha un augment de la rigidesa corneal, fet que pot falsejar les lectures de la PIO i contribuir al glaucoma. Si la còrnia és menys rígida, és capaç de deformar-se amb un augment de la PIO i evitar danys en la làmina cribosa.

- Arc senil (figura 2.4). És una opacitat corneal perifèrica predominant en les persones d'edat avançada, formant part del procés d'envelliment. La formació de l'arc està relacionada amb el gradient tèrmic corneal, la zona vascular perifèrica i la densitat d'empaquetament de les fibres de col·lagen. Normalment és bilateral. Bona correlació amb el nivell de colesterol i triglicèrids en sang (Zech & Hoeg, 2008). Presenten l'arc senil el 60% de les persones d'entre 40 i 60 anys, el 80% les persones d'entre 60 i 70 anys i el 100% les persones majors de 80 anys (Duke-Elder, 1965).



**Figura 2.4** Arc senil

## 2.2 Cristal·lí

El cristal·lí és una lent biconvexa, no vascularitzada i no innervada. Limita en la cara anterior; amb la cambra anterior (on es nodreix amb l'humor aquos), l'iris i la zònula de Zinn, en canvi en la cara posterior limita amb el cos vitri. Està format per quatre estructures; càpsula, epiteli anterior, escorça i nucli. El cristal·lí presenta dues característiques importants; transparència i elasticitat.

A causa de l'edat el cristal·lí presenta els següents canvis involutius:

- Pèrdua de transparència. El cristal·lí només deixa passar una fracció atenuada de llum, fent que apareixen les cataractes.

- Augment del gruix axial (escorça). Hi ha un increment del 28% dels 15-20 anys als 70 anys (Weale, 1962). També, es manifesten canvis en les estructures del cristal·lí, fent que el diàmetre sagital augmenti amb l'edat per la formació continuada de noves cèl·lules, mentre que el diàmetre frontal augmenta fins que l'ull assoleix la mida adulta. La superfície posterior gairebé no varia (Mellerio, 1971).

- Canvi en la tonalitat de la lent.



- Augment de la concentració de les proteïnes del cristal·lí. Aquest augment fa que variï la seva coloració, ja que el nucli més intern és més vell i fa que les proteïnes es tornin grogues i provoquin opacitats amb l'edat. També provoca una dispersió de la llum quan no hi ha una bona unió entre les proteïnes, de les quals s'uneixen mitjançant microdigitacions. Tanmateix, hi ha un augment de l'absorció de longituds d'ona curta.
- Hipertròfia del múscul ciliar. Provoca una limitació de la lent per enfocar objectes propers, fent que aparegui l'anomenada presbícia.

Per altre banda, cal esmentar que més del 75% de les persones majors de 75 anys tenen opacitats en els seus cristal·lins (Garbín & Pérez, 2013). Aquestes opacitats estan relacionades amb l'edat, anomenant-se cataractes senils. És una patologia freqüent en els països occidentals. Les cataractes senils es poden classificar en (figura 2.5):

- *Subcapsular posterior*: Opacitats blanquinoses en la zona més posterior de les capes de l'escorça i, en general al llarg de la regió de l'eix visual. A causa de la seva posició, provoquen una reducció de la visió.
- *Cortical*: Apareixen en perifèria (inferior nasal). En funció de la localització poden afectar la visió.
- *Nucleares*: Es produeix per l'aplanament de les fibres en la zona central, provocant un augment en l'índex de refracció del nucli.



Figura 2.5 Classificació de les cataractes senils

## 2.3 Retina

La retina és una membrana fina, delicada i transparent. És una estructura altament vascularitzada localitzada entre la coroides i el cos vitri. La seva funció és la de rebre estímuls lluminosos, transformar-los en impulsos nerviosos i enviar-los a l'encèfal mitjançant el nervi òptic. La retina es classifica en:

- La retina perifèrica està formada per quatre capes; cèl·lules epitelials, fotoreceptors, cèl·lules bipolars i cèl·lules ganglionars.
- La retina central o regió macular és la zona amb màxima agudeses visual i l'encarregada de la percepció de formes i colors.
- La ora serrata és la zona de transició entre la retina perifèrica i la retina cega.
- La papil·la òptica és l'entrada de les fibres del nervi òptic dins del globus ocular.

A causa de l'edat la retina presenta els següents canvis involutius:

- Alteracions vasculars en la retina. La fragilitat dels vasos augmenta el risc d'hemorràgies i la seva reducció augmenta el risc d'obstruccions.
- Disminució dels fotoreceptors. En un estudi, els autors Curcio et al. (1993) van analitzar els canvis de densitat dels fotoreceptors de 27 adults entre 27 a 90 anys. Els cons foveals es van mantenir estables, en canvi els bastons van disminuir un 30%. L'espai que van deixar aquests bastons van ser substituïts per bastons més grans. Els autors van concloure que la reducció de l'agudesesa visual en edats avançades no es per una falta de cons foveals, sinó que els dèficits visuals en nivells fotòpics alts poden se degut a gran mesura per factors òptics. Per altre banda, la raó per la qual els bastons de la retina central són especialment vulnerables a l'envelliment encara està per determinar.
- Retina més fina. La retina s'aprima i apareixen processos degeneratius que originen microquistes.
- Deteriorament de l'epiteli pigmentari per trastorns metabòlics. La possible separació de l'epiteli pigmentari de la retina augmenta el risc de l'aparició de druses i exsudats. La presència de druses en persones de més de 60 anys constitueixen un factor de risc de desenvolupar DMAE (Evans, 2001).
- Pèrdua de brillantor per la disminució del contingut hídric.

## 2.4 Nervi òptic

El nervi òptic és el II parell dels dotze parells de nervis cranials. Es divideix en quatre zones; intraocular, intraorbitària, intracanalicular i intracraneal. La seva funció és transmetre la informació recollida per la retina fins el quiasme òptic. Posteriorment, l'impuls nerviós arriba al cos geniculat i de d'allà surten altres neurones que l'enviaran cap a l'escorça cerebral occipital.

A causa de l'edat el nervi òptic presenta els següents canvis involutius:

- Problemes vasculars. Originen trastorns en la conducció nerviosa.
- Pal·lidesa del disc òptic.
- Verticalització de l'excavació.
- Disminució dels axons progressivament. Això reflecteix a la pèrdua de cèl·lules ganglionars i contribueix a la reducció de l'agudesesa visual en la població d'edat avançada (Dolman et al., 1980).
- Increment el risc de tenir neuropatia òptica isquèmica anterior o glaucoma.

### 3. Canvis involutius de la funció visual

La funció visual és un aspecte important a tenir en compte a l'hora de conduir un vehicle de motor, ja que són aquestes habilitats que ens permetran obtenir una bona visió i poder visualitzar els objectes que es troben a la carretera.

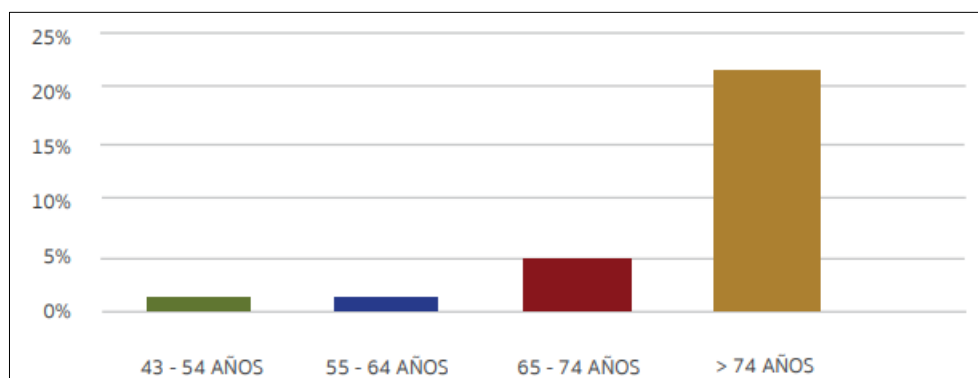
#### 3.1 Agudesa visual

L'agudesa visual o visió central és la facultat que posseeix l'ull de distingir dos punts de la retina situats en un mateix pla perpendicular a l'eix visual (Alemañy, et al., 1985). La deficiència visual, definida com agudesa visual menor que 20/40, augmenta exponencialment amb l'edat, de manera que un 20% - 30% de la població en edat avançada pot estar afectada (Conter & Brand, 2008). Es tendeix a perdre unes 100.000 neurones per dècada per causa de l'envelliment, així que als 80 anys s'ha perdut el 20% de les neurones (Ondategui, et al., 2005).

L'agudesa visual no sofreix canvis dràstics en els individus sans. No obstant això, amb l'edat es produeix una pèrdua de neurones, opacitats en els teixits, augment d'aberracions, provocant una lleugera disminució d'aquesta agudesa visual. Aquestes alteracions de les estructures oculars han estat citades en l'apartat 2.

Ondategui, et al. (2005) van afirmar que l'agudesa visual es manté estable i normal fins els 60 anys, a partir d'aquí tendeix a disminuir. Aquesta disminució és un procés normal de l'envelliment.

Per visualitzar-ho, Klein et al. (1991) van realitzar un estudi per conèixer el percentatge de subjectes que tenien una agudesa visual en visió llunyana inferior a 1 en funció de l'edat (gràfica 3.1). Els resultats van sortir que més del 97% dels subjectes amb edats entre 43 i 64 anys posseïen una agudesa visual igual a 1, mentre que el percentatge de subjectes amb edat major de 74 anys, era del 79%.



Gràfica 3.1 Percentatge de subjectes amb AV en visió de lluny > a 1, en funció del grup d'edat (Klein i col, 1991)

### 3.2 Camp visual

El camp visual es defineix com l'espai que conté tots els punts que poden produir percepció en l'ull estacionari, sempre que l'estímul sigui suficient. Per una visió binocular possible, les dues òrbites i l'estructura dels ulls s'han de disposar de manera que els camps visuals dels dos ulls es superposin. Es realitza el camp visual per determinar alguna patologia o controlar la progressió.

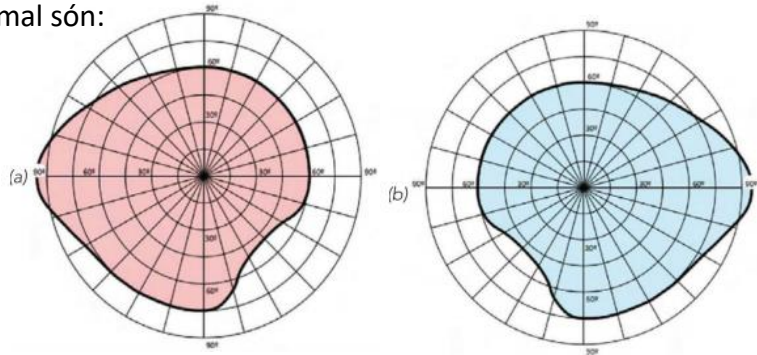
Els límits d'un camp visual normal són:

Temporal: 90° - 110°

Nasal: 50° - 60°

Superior: 60°

Inferior: 70° - 75°



**Figura 3.1** Camp visual monocular normal d'un ull dret (a) i ull esquerre (b)

Pot haver-hi un defecte focal del camp visual, aquests reben el nom d'escotomes. Poden ser escotomes absoluts, aquells que tenen una zona totalment cega i no hi ha percepció de llum. O poden ser escotomes relatius, aquells que provoquen una pèrdua parcial de la sensibilitat retinal (depressió).

A mesura que passen els anys, el camp visual disminueix a causa de la miosis, mort cel·lular de les vies òptiques, opacitats, temps de reacció (reflexes), dermatocalasia, etc (Ondategui, et al., 2005). També es cert que algunes patologies oculars influeixen a la disminució del camp visual com el glaucoma, accidents cerebrovasculars, tractaments làser per retinopaties, retinitis pigmentosa i altres defectes congènits. Aquestes patologies no estan estretament relacionades amb l'edat, però s'ha de tenir en compte al conduir un vehicle de motor.

En el 1999 Hagerstrom-Portnoy, Schneck i Brabyn van realitzar un estudi en el qual van comprovar, a partir de la mesura del camp visual atencional en 900 adults d'edats entre 58 i 102 anys, que el 25% dels subjectes participants d'edat avançada no tenien camp visual perifèric.

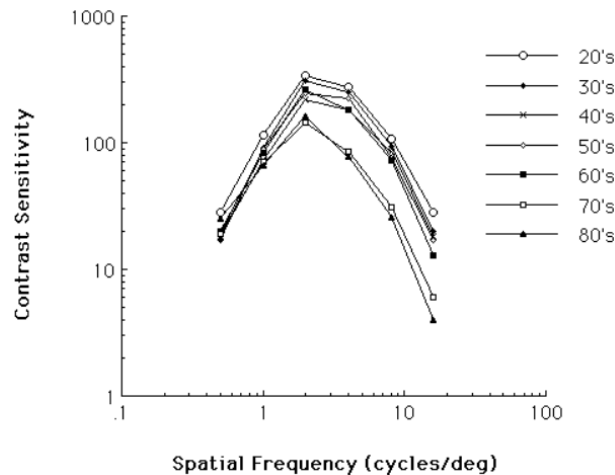
### 3.3 Sensibilitat al contrast

La sensibilitat al contrast (SC) es defineix com l'habilitat per detectar la presència de diferències mínimes de lluminositat entre objectes o àrees. (Nadler, et al., 1990). Es mesura amb un test subjectiu que té en compte el sistema visual humà, tant neural com òptic (Packer, et al., 2006).

Al envellir, perdem sensibilitat al contrast, primer a freqüències espacials altes i després en totes les freqüències espacials, aquesta pèrdua és causada per la disminució de la il·luminació retinal. (Ondategui, et al., 2005).

En un estudi, Burton, Owsley i Sloane en el 1993, van voler investigar fins a quin punt la pèrdua en la sensibilitat del contrast espacial en adults d'edat avançada era afectada pels canvis neuronals en el sistema visual per envelliment. Els resultats de l'estudi van mostrar que els adults amb edat avançada i bona salut ocular, mostraven una petita pèrdua però significativa (0,1-0,2 log) en la sensibilitat al contrast. No obstant, aquesta pèrdua va representar menys de la meitat de la pèrdua de sensibilitat de contrast trobada pels mètodes de visualització estàndard. Aquests resultats confirmen que la causa de la pèrdua de sensibilitat al contrast és causada pels mitjans preretinal i els canvis en la pupil·la (Rosenbloom & Morgan, 2007)

Al 1982, Sekuler et al, van estudiar com varia la sensibilitat al contrast en funció de l'edat per diferents freqüències espacials (gràfica 3.2), demostrant que al augmentar l'edat les freqüències espacials disminueixen i així la sensibilitat al contrast..



Gràfica 3.2

### 3.4 Visió del color

“Els objectes blancs es tornen grocs” és el que normalment diuen quan el cristal·lí es torna opac i a més es torna groc (veure apartat 2.2), sobretot en la zona central. Fet que s'agreuja a causa de la miosi senil. En principi no és habitual l'existència de queixes subjectives al respecte, ja que s'atenuen totes les longituds d'ona. El groc del cristal·lí provoca major dificultat al distingir entre el verd i el blau (Ondategui, et al. 2005) (figura 3.2).

Schneck et al (2014) va realitzar un estudi per determinar la freqüència i el tipus de defectes de la visió del color en persones d'edat avançada realitzant dos tests de colors. La mostra estava composta per 865 persones entre 58 a 102 anys. Van observar que el grup d'edat més gran tenia una taxa més elevada de fracàs en els dos tests de colors. També van veure que les anomalies en la visió del color eren poc freqüents en persones menors de 70 anys, però això varia a mesura que s'augmenta d'edat. Aproximadament el 45% tenen anomalies als 70 anys, fins al 50% en persones majors de 85 anys i gairebé el 66% en persones de 90 anys.



**Figura 3.2** Imatge simulació d'un paisatge vist per una persona amb cristal·lí groguenc

### 3.5 Sistema motor

Rosenbloom i Morgan (2007) van dir que la fixació precisa i constant per cada ull i per tots dos ulls junts és essencial per a la visió binocular normal.

En un estudi, Dannheim i Dranceinformat (1971), van informar que sota condicions escotòpiques, els pacients d'edat avançada tenien dificultat amb la fixació. No obstant això, els que mantenen una agudesesa visual estàtica relativament bona i una bona estereoagudesesa, no tenen cap problema amb la fixació.

Podem destacar que els moviments oculars disminueixen en velocitat i augmenten en latència, provocant una pobre AV dinàmica (Ondategui, et al., 2005).

#### 3.5.1 Vergències

La vergència tònica augmenta amb l'edat i aquest augment és d'aproximadament 0.03  $\Delta$  per any després dels 30 anys (Rosenbloom & Morgan, 2007). Segons Sheedy i Saladin (1975), la convergència fusional positiva disminueix amb l'edat, però la convergència fusional negativa no ho fa. A més, la disminució de la convergència de fusió positiva és molt més gran que l'augment de la exofòria propera i, per tant, sembla ser una pèrdua real d'amplitud més que un augment de la foria.

### 3.5.2 Versions

En els adults d'edat avançada s'observa un retràs en l'inici del moviment i això provoca un augment en el número de moviments sacàrids.

Sharpe i Sylvester (1978) van realitzar un estudi que comparava els moviments oculars de seguiment monocular de pacients entre 19 i 32 anys amb pacients d'entre 65 i 77 anys. Els resultats van mostrar que els pacients d'edat avançada tenien un major retard respecte els joves. I com a conseqüència, un major nombre de moviments sacàrids per mantenir la fixació.

### 3.5.3 Acomodació

La pèrdua d'acomodació es causada per canvis en el cristal·lí o en el cos ciliar en lloc de per canvis en els mecanismes neuronals subjacents (Rosenbloom & Morgan, 2007). El fet que la convergència és menys eficaç en la producció d'acomodació a mesura que augmenta l'edat pot explicar-se per una reducció en la sortida del mecanisme efector, cristal·lí i la càpsula (Kent, 1958).

## 3.6 Enlluernament

L'enlluernament és el conjunt d'efectes produïts per una quantitat excessiva de llum per al sistema receptor visual. Les fonts de llum poden provocar efectes devastadors en la qualitat de visió de pacients amb edema corneal, opacitats dels mitjans (cataractes), maculopaties o ull sec. Segons Paulson i Sjöstrand (1980), els adults en edat avançada són més sensibles al enlluernament que els joves.

Un estudi dissenyat per Elliott i Whitaker (1991) van demostrar un augment constant de temps de recuperació de l'enlluernament en adults d'edat avançada, en funció de les diferències en la densitat del cristal·lí i la grandària de la pupil·la. Els resultats van mostrar que els participants de 20 anys, el seu temps de recuperació després d'un enlluernament era d'aproximadament 10 segons, mentre que els que tenien 80 anys van requerir 25 segons per recuperar-se de l'exposició a l'enlluernament. Aquesta mesura reflecteix els canvis neuronals en la capacitat de la retina per recuperar-se (Rosenbloom & Morgan, 2007).

## 3.7 Adaptació a la foscor

La pupil·la es dilata per adaptar-se a la foscor, no obstant, els adults d'edat avançada tenen una disminució de la il·luminació retinal per la miosis (Ondategui, et al., 2005).

Als 60 anys, la retina rep 1/3 de la quantitat de llum que rep als 20 anys (Weale, 1962). També hi ha una reducció de la sensibilitat al contrast en condicions de foscor.

## 4. Funcions visuals associades a la conducció

### 4.1 Agudesesa visual relacionada amb la conducció

L'agudesesa visual és una de les proves principals dels oftalmòlegs i optometristes per avaluar la integritat i la salut del sistema visual, ja que és la funció visual primària que s'avalua durant un examen ocular complet. És probable que els conductors amb una agudesesa visual baixa tinguin més dificultat en visualitzar les senyalitzacions de la carretera (senyals de límit de velocitat, senyals d'*stop*, senyals de cedeu el pas, etc) a distàncies que es consideren segures per prendre decisions de control del vehicle.

Burg (1968) i posteriorment Hill i Burg (1977) van realitzar un dels primers estudis a gran escala sobre l'associació de l'agudesesa visual i la seguretat del conductor. L'estudi el van realitzar a Califòrnia (E.E.U.U) i van demostrar que els conductors joves i de mitjana edat no presentaven cap relació al tenir una baixa agudesesa visual i la col·lisió d'un vehicle de motor. No obstant, sí que van observar una lleugera associació en els conductors d'edat avançada. Més endavant, un estudi amb 3,158 participants (Cross et al., 2009) no va trobar una significativa relació entre l'agudesesa visual i la col·lisió d'un vehicle de motor. Els conductors amb baixa agudesesa visual tendeixen a conduir menys i en entorns familiars (Freeman, et al., 2005)

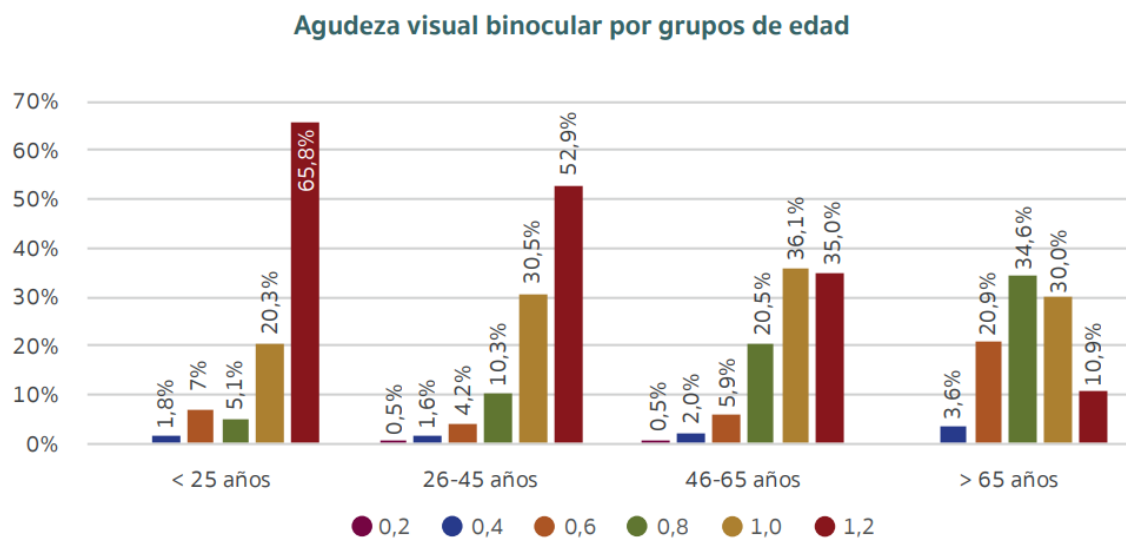
Per altre banda, Higgins, Wood i Tait (1998) van realitzar un estudi que relacionava l'agudesesa visual amb l'habilitat de conducció. Els autors a partir d'un desenfocament òptic per simular una baixa agudesesa visual, van avaluar l'habilitat de conducció dels participants en un circuit controlat. Els resultats de l'estudi van suggerir que el reconeixement de senyals de transit i evitar perills a la carretera es veu perjudicat, però l'habilitat de conducció d'un vehicle de motor per la carretera no ho està. Investigacions addicionals van confirmar aquestes troballes (Higgins & Wood, 2005).

Sembla que les proves d'agudesesa visual originalment es van dissenyar per al diagnòstic clínic i el seguiment de malalties oculars, i no reflecteixen la complexitat visual que requereix la tasca de conducció. Conduir un vehicle per la carretera, on generalment hi ha interseccions i fluïdesa d'altres vehicles, implica utilitzar simultàniament la visió central i perifèrica, ja que a l'hora de conduir estàs en un entorn visualment crític. També s'ha de tenir en compte que l'agudesesa visual s'avalua en condicions d'alt contrast i luminància, mentre que en la conducció hi ha diferents nivells de contrast i luminància. Una altra consideració és el fet que el test d'agudesesa visual estàtica no representa l'entorn de conducció basat en el moviment (Owsley & McGwin, 2010). Per això, seria interessant mesurar l'agudesesa visual dinàmica. La relació entre l'agudesesa visual, la seguretat i l'habilitat de conducció no es pot considerar adequadament sense tenir en compte altres aspectes com el camp visual o la sensibilitat al contrast, ja que totes estan relacionades entre si (Owsley & McGwin, 2010).



Per acabar, l'Associació Visión i Vida va redactar un informe "L'estat de la visió dels conductors a Espanya" (2017) on amb la col·laboració de dos autors, Ralló i Torrents, van realitzar un estudi per avaluar les capacitats visuals dels conductors espanyols. Aquest estudi es va realitzar entre l'octubre del 2015 i el desembre del 2016, amb la participació de 1.039 persones.

Els autors van obtenir els següents resultats relacionats amb l'agudesa visual i l'edat dels participants (gràfica 4.1):



Gràfica 4.1

Van observar que els participants majors de 65 anys presenten agudeses visuals inferiors respecte a les altres edats.

## 4.2 Camp visual relacionat amb la conducció

Al 1983 dos autors, Johnson i Keltner, van dur a terme la primera avaluació a gran escala sobre la relació del deteriorament del camp visual i la seguretat del conductor. És considerat un estudi a gran escala perquè la mostra era de 10.000 participants.

Els resultats del estudi van mostrar que la pèrdua del camp visual en els participants de 16 a 65 anys va ser de 3% a 3.5%, mentre que els majors de 65 anys va ser d'aproximadament 13%. També aquests resultats van suggerir que les causes més comunes de pèrdua del camp visual van ser el glaucoma, els trastorns de la retina i les cataractes. Relacionant el camp visual amb la conducció, els autors van dir que els conductors amb pèrdua de camp visual binocular van tenir índexs d'accidents dues vegades més altes que aquells amb camps visuals normals i que els conductors amb pèrdua de camp visual monocular van tenir taxes d'accidents equivalents a les d'un grup de control.

El glaucoma és una patologia ocular que afecta al camp visual, provocant que a mesura que avança, es vagi reduint el camp visual perifèric. Diversos estudis van voler comparar els conductors que tenien glaucoma amb els que no en tenien per veure amb quina freqüència tenien accidents.

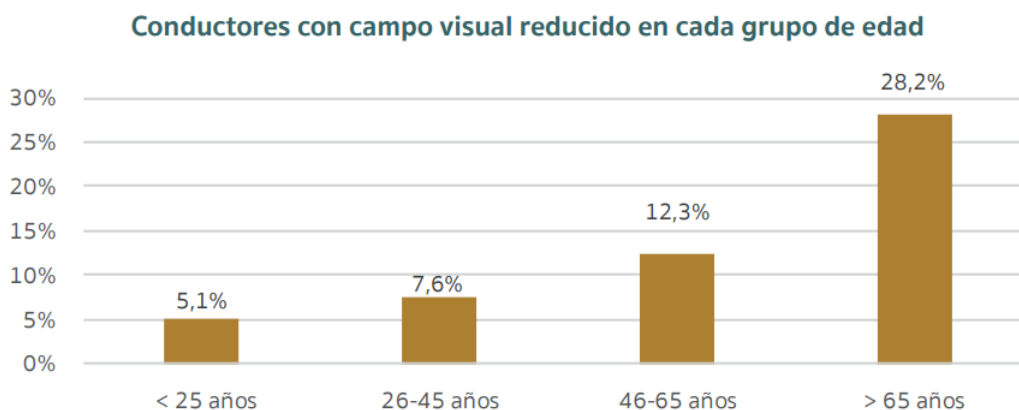
Un d'aquest estudis és el que va dur a terme Haymes et al. en el 2007. La mostra contenia 48 pacients amb glaucoma i 47 pacients de control normal de la mateixa edat. Les mesures que van incloure els autors van ser agudesa visual, sensibilitat al contrast, perimetria automatitzada estàndard, camp visual i estereòpsis. Cal tenir en compte que el 83% dels pacients amb glaucoma i el 94% dels pacients de control estaven conduint.

Els resultats del estudi van mostrar que en comparació amb el grup control, el grup amb glaucoma tenia una probabilitat tres vegades més gran d'haver caigut en l'any anterior, més de sis vegades d'haver participat en una o més col·lisió d'un vehicle de motor en els últims 5 anys i que era més probable que en la col·lisió fossin els culpables.

Van observar que el factor de risc més important en la col·lisió d'un vehicle de motor en els pacients amb glaucoma era tenir el camp visual alterat.

Per altre banda, els autors Ralló i Torrents, col·laboradors del informe "L'estat de la visió dels conductors a Espanya" (2017), també van avaluar el camp visual tenint en compte el grup d'edat dels participants.

Els resultats que van obtenir van ser que el camp visual es redueix a mesura que s'augmenta d'edat. Els menors de 25 anys, només el 5,1% tenen un camp visual reduït, mentre que els majors de 65 anys són el 28,2%, com es mostra en la gràfica 4.2. Cal saber que l'aparell que van utilitzar en aquest estudi només permetia mesurar una extensió màxima de 85 ° en el meridià temporal de l'ull.



Gràfica 4.2

### 4.3 Sensibilitat al contrast relacionat amb la conducció

Actualment, la sensibilitat al contrast no és una prova que es realitza al treure's el permís de conduir o en la renovació del carnet. No obstant, alguns autors han realitzat estudis per observar l'impacte d'aquesta funció visual.

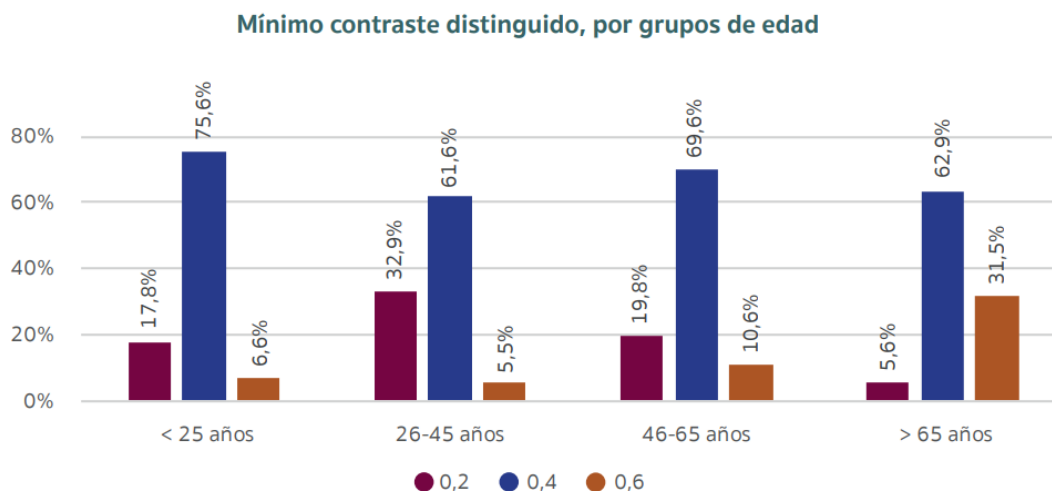
Hennessy i Janke al 2009, van realitzar una avaluació de la sensibilitat al contrast en els conductors que volien renovar-se el carnet de conduir a Califòrnia. Van observar que els conductors que no van passar la prova tenien més probabilitats de produir un accident.

Tanmateix, altres estudis van relacionar la sensibilitat al contrast amb les cataractes. Owsley i col·laboradors (2001) es van encarregar de dur a terme un estudi que relacionés aquest dos conceptes. L'estudi es va realitzar amb la participació de 274 conductors d'edat avançada amb cataractes i 103 conductors sense cataractes. A part de mesura la sensibilitat al contrast, també van avaluar l'agudesesa visual i l'enlluernament per a cada ull amb la correcció habitual.

Els resultats van mostrar que una disminució de la sensibilitat al contrast, a causa de la cataracta, estava més fortament associada a un possible xoc amb un vehicle de motor, que una disminució de l'agudesesa visual i l'enlluernament. Els conductors amb antecedents de participació d'algun xoc tenien 8 vegades més probabilitats de tenir un dèficit de sensibilitat al contrast en el pitjor ull. La conclusió que van arribar va ser que el deteriorament de la sensibilitat al contrast a causa de cataractes eleva el risc de xoc.

Per altre banda, Ralló i Torrents (2017), també van avaluar la sensibilitat al contrast en funció de l'edat.

Els resultats que van obtenir van ser els esperats (gràfica 4.3). A mesura que s'augmenta d'edat, la sensibilitat al contrast disminueix, excepte en el grup menor de 25 anys, que en aquest cas només el 17% van assolir el mínim contrast ( $K=0.2$ ). En canvi, a partir dels 25 anys s'aprecia com hi ha una disminució dels contrastos baixos, però es compensa amb l'increment dels contrastos majors ( $K = 0,6$ ).



Gràfica 4.3

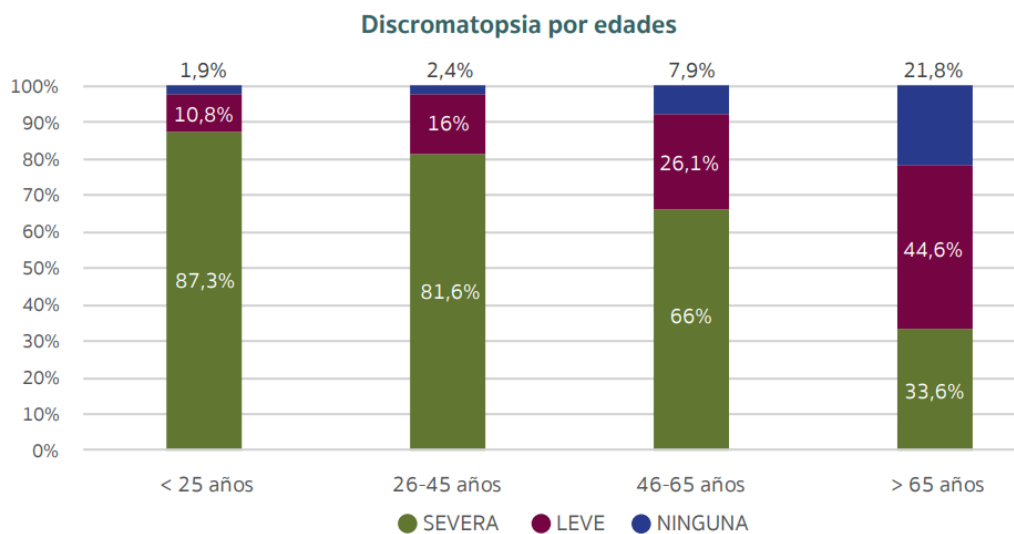
## 4.4 Visió del color relacionat amb la conducció

La visió del color permet als conductors ser capaços de distingir els colors dels dispositius de control de trànsit i altres senyals de color de la carretera.

Els conductors que tenen discromatòpsia congènita, com el daltonisme, tindran més dificultats per distingir els colors apropiadament. Atchison et al (2003) van confirmar que el temps de reacció davant d'un dispositiu de control de trànsit amb senyals de color, en homes conductors amb visió del color alterada, era més elevat que el temps de reacció dels homes conductors que no tenien cap alteració en la visió del color. De tota manera, no van trobar una correlació entre la col·lisió d'un vehicle de motor i la deficiència de la visió dels colors.

Per altre banda, Ralló i Torrents (2017), també van avaluar la discromatòpsia en funció de l'edat.

Els resultats que es van obtenir van ser que a mesura que augmenta l'edat, també ho fan les anomalies en la visió del color (gràfica 4.4), lògicament per defectes adquirits. Diuen que aquest augment pot estar lligat als efectes secundaris d'alguns medicaments que es prescriuen per al tractament de malalties sistèmiques pròpies d'edats més avançades.



Gràfica 4.4

## 4.5 Enlluernament relacionat amb la conducció

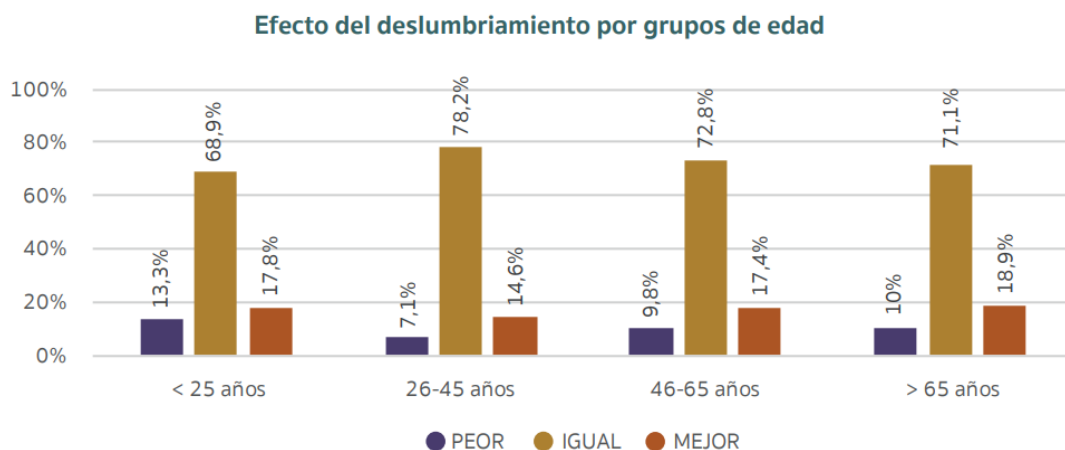
En el 2009, Van den Berg et al, van comparar diferents mètodes per avaluar la sensibilitat a l'enlluernament de persones en edat avançada. La mostra la van classificar en tres grups: joves sense cap malaltia ocular, ancians sense cap malaltia ocular i ancians amb cataracta. Tots els subjectes es van sotmetre a 2 proves d'enlluernament, 2 proves de llum dispersa, una prova d'agudes visual, una prova de sensibilitat al contrast, refracció i classificació de les cataractes.

Els resultats que van trobar van ser que la repetibilitat, la capacitat discriminativa, i el valor afegit, van resultar ser baixos per als tests d'enlluernament però bons per a les mesures de la llum dispersa. van ser que els joves en una situació d'enlluernament estàndard amb raigs baixos produeix una reducció de contrast de 1.3, mentre que els adults de 77 anys sans augmenta a un 2. Amb cataractes, hi ha una reducció de contrast de 3.4.

Després de realitzar totes les proves, van arribar a la conclusió que la mesura de la llum dispersa té gran rellevància a l'hora d'avaluar la molèstia que causa l'enlluernament durant la conducció.

Per altre banda, Ralló i Torrents (2017), també van avaluar l'enlluernament en funció de l'edat.

Els resultats de l'estudi van mostrar que els menors de 25 anys eren els més afectats per l'enlluernament, seguits pels majors de 65 anys (gràfica 4.5).



Gràfica 4.5

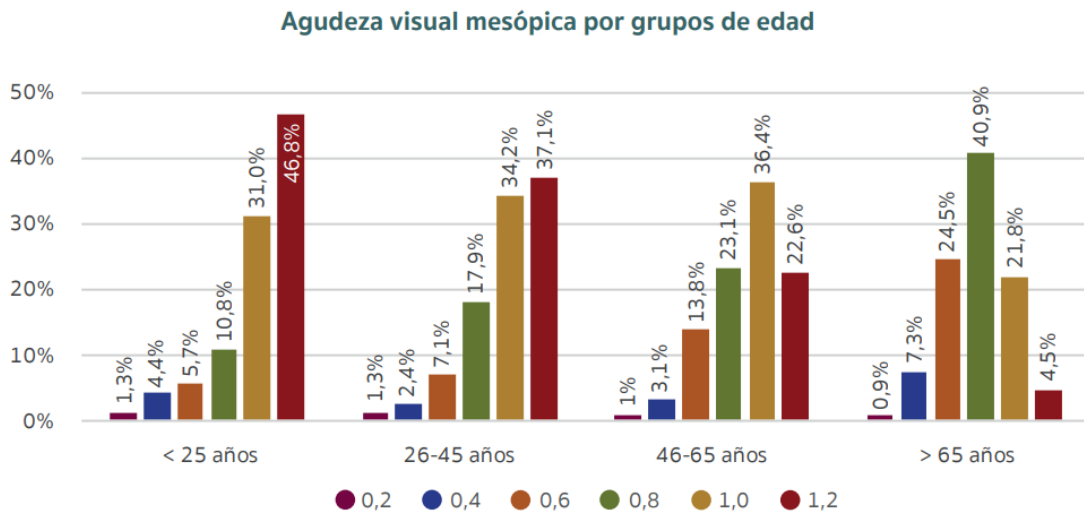
## 4.6 Adaptació a la foscor relacionada amb la conducció

L'adaptació de la foscor mentre es condueix per la nit, requereix una visió mesòpica, ja que sempre hi ha una mica de llum disponible (baixa il·luminació), com els fars dels cotxes o de la mateixa carretera. Aquesta visió mesòpica és la combinació de la visió fotòpica i l'escotòpica, on la fotòpica es refereix a la visió en condicions de bona il·luminació, mentre que l'escotòpica es refereix a la visió completament fosca (Gruber, et al., 2013).

Gruber et al (2013), van afirmar que la visió mesòpica disminueix i la sensibilitat a l'enlluernament augmenta a mesura que s'augmenta d'edat, fins i tot en absència de malalties oculars. Com a conseqüència d'aquest creixement de la sensibilitat a l'enlluernament i el decreixement de la visió mesòpica, van arribar a la conclusió que l'agudes visual mesòpica i la sensibilitat a l'enlluernament són factors rellevants en la conducció nocturna.

Per altre banda, Ralló i Torrents (2017), també van avaluar l'agudes visual en condicions mesòpiques en funció de l'edat.

A mesura que s'augmenta d'edat l'agudes visual disminueix (gràfica 4.6), resultats semblants als que es van obtenir en AV fotòpica (gràfica 4.1). No obstant, l'única diferència entre les gràfiques és que en la gràfica 4.6 els canvis ja són significatius a partir dels 45 anys.



Gràfica 4.6

## 5. Discussió i conclusions

Com s'ha vist en els apartats anterior, durant els anys, molts autors han realitzat estudis que relacionaven l'edat i la conducció, tenint en compte les diferents funcions visuals que fan servir els conductors per poder circular amb normalitat sense ocasionar cap tipus de xoc degut a la disminució d'aquestes funcions visuals.

Alguns estudis (Burg, 1968; Hill & Burg, 1977) van voler valorar la baixa agudesesa visual i la col·lisió d'un vehicle de motor tenint en compte les edats. Efectivament, els adults d'edat avançada van tenir una feble associació en provocar un xoc, ja que tenen més problemes en reconèixer els senyals de trànsit a distància (Higgins et al., 1998) i que a partir dels 60 anys l'agudesesa visual disminueix (Ondategui et al., 2005). Un altre estudi va demostrar que els conductors majors de 65 anys tenen agudeses visuals menors respecte els altres grups d'edat (Ralló & Torrents, 2017).

Aquesta disminució de la AV no es degut a la pèrdua de cons foveals, sinó a un dèficit en els factors òptics (Curcio et al., 1993). També, aquesta reducció de la AV es deguda a la pèrdua de cèl·lules ganglionars (Dolman, 1980) i la pèrdua de transparència de les estructures oculars a causa de l'edat.

Se sap que el camp visual tendeix a reduir-se en edats avançades (Hagerstrom-Portnoy, et al., 1999; Johnson & Keltner, 1983; Ralló & Torrents, 2017) i que una de les patologies que alteren el camp visual és el glaucoma (Ondategui et al., 2005). Relacionat amb això, el factor de risc més important en la col·lisió d'un vehicle de motor en els pacients amb glaucoma és tenir un camp visual alterat (Haymes et al., 2007). Al tenir el camp visual reduït, els conductors fixen la seva atenció al davant i perden la perspectiva del seu entorn, provocant que tardin més en detectar anormalitats en la perifèria.

El BOE-A-2009-9481 no permet la conducció quan el conductor té el camp visual central alterat per la presència d'algun tipus d'escotoma, però en cap moment fa referència quins haurien de ser els graus mínims d'un camp visual per permetre l'obtenció o renovació del carnet de conduir. Donen més importància al camp visual central que al camp visual perifèric.

Per altre banda, les cataractes, a part de disminuir la transparència i provocar opacitats que redueix l'agudesesa visual, també provoquen: una disminució de la sensibilitat al contrast (Owsley et al., 2001), un augment en la sensibilitat al enlluernament (Elliott & Whitaker, 1991) i dificultat en distingir els colors verd i blau (Ondategui et al., 2005).

No obstant això, aquesta disminució de la sensibilitat al contrast, l'augment de la sensibilitat al enlluernament i la dificultat de la visió d'alguns colors, també és conseqüència de l'edat (Owsley & Sloane, 1993; Sekiler et al., 1982; Paulson & Sjöstrand, 1980; Elliott & Whitaker, 1991; Gruber et al., 2013; Ralló & Torrents, 2017; Schneck et al., 2014). Aquests fets augmenten els riscos de provocar una col·lisió d'un vehicle de motor (Hennessy & Janke al 2009), excepte la dificultat de la visió dels colors, que no té una relació directa (Atchison et al., 2003).

Es té en compte que el BOE-A-2009-9481 regula les afluïques i pseudoafluïques i la sensibilitat al contrast per obtenir o renovar el permís de conduir, però actualment no disposa de cap reglament que tingui en compte la sensibilitat al enlluernament i la visió del color.

L'enlluernament és una capacitat visual que s'hauria d'avaluar i regular, ja que té un paper important en la conducció nocturna. L'augment de la sensibilitat a l'enlluernament i la disminució de l'agudesia visual mesòpica provoca que els conductors en edat avançada tinguin més dificultat en adaptar-se a la foscor i en conseqüència, en conduir de nit (Gruber et al., 2013; Ralló & Torrents, 2017).

Relacionant tots els aspectes anteriors, s'arriba a la conclusió que els canvis involutius morfològics i fisiològics oculars i els canvis involutius de la funció visual a causa de l'envelliment afecten a la conducció. Els canvis que duen a terme les estructures oculars repercuteixen de manera directa a les habilitats visuals, fent que aquestes es redueixin i augmentin les possibilitats d'accidents. Les persones amb edats avançades necessiten estar més atentes en la conducció i realitzar les renovacions del carnet per detectar qualsevol anomalia i així reduir l'índex d'accidents.



## 6. Bibliografia

- Alemañy J, Faz E, Valdes R. Oftalmología. 2a. Ed. La Habana. Editorial Pueblo y Educación. 1985, pag 202.
- Atchison DA, Pendersen C, Dain S, Wood JM. Traffic signal color recognition is a problem for both protan and deutan color-vision deficient. Human Factors. 2003, 45(3):495–503.
- Bergmanson JP, Sheldon TM, Goosey JD. Fuchs' endothelial dystrophy: a fresh look at an angling disease. Ophthalmic Physiol Opt. 1999 May, 19(3): 210-222.
- Boletín Oficial del Estado - Documento consolidado BOE-A-2009-9481. 2009. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2009-9481>
- Burg A. Vision test scores and driving records: Additional findings. Los Angeles: Department of Engineering, University of California. 1968.
- Burton KB, Owsley C, Sloane ME: Aging and the neural spatial contrast sensitivity: photopic vision. Vision Res. 1993, 33:939-46.
- Conter N, Brand H. Terapèutica virtual en oftalmologia. Capitulo 2. 2008 Septiembre, pag 120 - 135.
- Cross JM, McGwin G Jr, Rubin GS, Ball KK, West SK, Roenker DL, Owsley C. Visual and medical risk factors for motor vehicle collision involvement among older drivers. British Journal of Ophthalmology. 2009, 93:400–404.
- Curcio CA, Millican CL, Allen KA, et al: Aging of the human photoreceptor mosaic: evidence for selective vulnerability of rods in central retina. Invest Ophthalmol Vis Sci. 1993, 34:3278-96.
- Dannheim F, Drance SM. Studies of spatial summation of central retinal areas in normal people of all ages, Can J Optom. 1971, 6:311-9.
- Dirección General de Tráfico. (2017). Tablas estadísticas 2017. Disponible en: <http://www.dgt.es/es/seguridad-vial/estadisticas-e-indicadores/accidentes-30dias/tablas-estadisticas/2017/>
- Dolman C, McCormack A, Drance S. Aging of the optic nerve, Arch Ophthalmol. 1980, 98:2053-8.
- Duke-Elder S. Corneal degenerations, dystrophies, and pigmentations—age changes. In Duke-Elder S, Leigh AG, editors: System of ophthalmology, vol VIII, diseases of the outer eye, St. Louis, 1965, C.V. Mosby, pp 867-80.
- Elliott DB, Whitaker D. Changes in macular function throughout adulthood, Doc Ophthalmol. 1991, 76:251-9.
- Evans JR. Risk factors for age-related macular degeneration. Prog. Retin. Eye Res. 2001, 20: 227–253.

Freeman EE, Munoz B, Turano K, West SK. Measures of visual function and time to driving cessation in older adults. *Optometry & Vision Science*. 2005, 82:765–773.

Garbín I, Pérez G. Capítulo XI. Oftalmología en Atención Primaria. Patología del cristalino. Cataratas. 2013.

Gruber N, Mosimann UP, Müri RM, Nef T. Vision and night driving abilities of elderly drivers. *Traffic Inj Prev*. 2013;14(5):477-85.

Hagerstrom-Portnoy G, Schneck ME, Brabyn JA. Seeing into old age: Vision function beyond acuity. *Optom Vis Sci*. 1999, 76: 141-158.

Hayashi K, Hayashi H, Hayashi F. Topographic analysis of the changes in corneal shape due to aging, *Cornea*. 1995, 14:527-32.

Haymes SA, LeBlanc RP, Nicoleta MT, Chiasson LA, Chauhan BC. Risk of falls and motor vehicle collisions in glaucoma. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*. 2007, 48:1149–1155.

Hennessy DF, Janke MK. Clearing a road to driving fitness by better assessing driving wellness: Development of California's prospective three-tier driving center assessment system. Technical report. Sacramento, CA: Research and Development Division, Licensing Operations Division, California Department of Motor Vehicles. 2009.

Higgins KE, Wood JM. Predicting components of closed road driving performance from vision tests. *Optometry & Vision Science*. 2005, 82:647–656.

Higgins KE, Wood J, Tait A. Vision and driving: Selective effect of optical blur on different driving tasks. *Human Factors*. 1998, 41(2):224–232.

Hills BL, Burg A. A reanalysis of California driver vision data: General findings. Crowthorn, England: Transport and Road Research Laboratory. 1977.

Hu PS, Reuscher TR. Summary of travel trends: 2001 National Household Travel Survey. US Department of Transportation, Federal Highway Administration. 2004.

Johnson CA, Keltner JL. Incidence of visual field loss in 20,000 eyes and its relationship to driving performance. *Archives of Ophthalmology*. 1983, 101:371–375.

Kanski, J, Bowling B. *Clinical Ophthalmology: A Systematic Approach* (7th ed.). Elsevier Health Sciences. 2011.

Kent P. Convergent accommodation, *Am J Optom Arch Am Acad Optom*. 1958, 35:393-406.

Klein R, Klein BEK, Linton KL, de Mets DL. The Beaver Dam Eye Study: Visual Acuity. *Ophthalmology*. 1991, 98: 1310-1315.

Mellerio J. Light absorption and scatter in the human lens. *Vision Res*. 1971, 11:129-141.

Millodot M. The influence of age on the sensitivity of the cornea. Invest Ophthalmol Vis Sci. 1977, 16:240-72.

Millodot M, Owens H. The influence of age on the fragility of the cornea. Acta Ophthalmol (Copenh). 1984, 62:819-24.

Nadler MP, Miller D, Nadler DJ. Terms and concepts. En: Nadler MP, Miller D, Nadler DJ, editores. Glare and contrast sensitivity for clinicians. First edition. New York: Springer Verlag; 1990.

Neale VL, Lauer SG, Knipling RR, Dingus TA, Holbrook GT, Petersen A. The 100 Car Naturalistic Driving Study, Phase 1 - Experimental Design. U.S. Department of Transportation, National Highway Traffic Safety Administration. 2002.

Ondategui JC, Pacheco M, Varón C. Optometría geriàtrica: cambios que afectan la función visual (I). Ver y oír Nº 201. 2005 Diciembre, pag 688-693.

Owsley C, McGwin G Jr. Vision and Driving. Vision Res. 2010 Nov 23; 50(23): 2348–2361.

Owsley C, Stalvey BT, Wells J, Sloane ME, McGwin G Jr. Visual risk factors for crash involvement in older drivers with cataract. Archives of Ophthalmology. 2001, 119:881–887.

Owsley C, Wood JM, McGwin G Jr. A roadmap for interpreting the literatura on vision and driving. Surv Ophthalmol. 2015; 60(3): 250-262.

Packer M, Fine H, Hoffman R. Contrast sensitivity and measuring cataract outcomes. Ophthalmol Clin N Am. 2006; 19:521-533.

Paulson LE, Sjöstrand J. Contrast sensitivity in the presence of a glare light, Invest Ophthalmol Vis Sci. 1980, 19:401-6.

Ralló M, Torrents A. Informe: ““El estado de la visión de los conductores en España” 2017. Asociación Visión y Vida. 2017. Disponible en: <http://visionyvida.org/wp-content/uploads/2017/10/2017-Estudio-Conducci%C3%B3n.pdf>

Rosenbloom A, Morgan M. Vision and aging. 2007, pg 31-48, 299-332.

Schneck M, Haegerstrom-Portnoy G, Lott LA, Brabyn, JA. Comparison of Panel D-15 Tests in a Large Older Population. Optometry and Vision Science. 2014 March, 91(3):284–290.

Sekuler R, Ginsburg AP, Evans D, Harp S. Contrast sensitivity predicts pilot's performance in aircraft simulators. American Journal of Optometry and Physiological Optics. 1982, 59: 105-109.

Sharpe JA, Sylvester TO. Effect of aging on horizontal smooth pursuit. Invest Ophthalmol Vis Sci. 1978, 17:465-8.

Sheedy JE, Saladin JJ. Exophoria at near in presbyopia, Am J Optom Physiol Opt. 1975, 52:474-81.

Van den Berg T, Van Rijn LJR, Kaper-Bongers R, Vonhoff DJ, Völker-Dieben HJ, Grabner G, Nischler C, Emesz M, Wilhelm H, Gamer D, Schuster A, Franssen L, de Wit JC, Coppens JE. Disability Glare in the Aging Eye. Assessment and Impact on Driving. Journal of Optometry. 2009, 2(3):112-118. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1888429609700330?via%3Dihub>

Weale RA. Presbyopia, Br J Ophthalmol. 1962, 46:660-8.

Zech, Hoeg. Lipids in Health and Disease. 2008, 7:1-9

