



GRAU EN ÒPTICA I OPTOMETRIA

TREBALL FINAL DE GRAU

Deteriorament de l'atenció visual en relació a l'esforç acomodatiu o de vergències: canvis en la sensibilitat

Carlos Martí Algaba

DIRECTOR/A: Aurora Torrents Gómez

DATA DE LECTURA



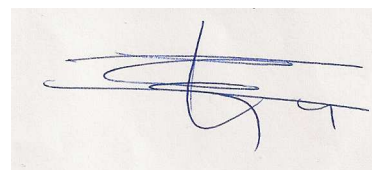
GRAU EN ÒPTICA I OPTOMETRIA

El Sr./Sra Aurora Torrents Gómez com a director/a del treball

CERTIFIQUEN

Que el Sr./Sra. Carlos Martí Algaba ha realitzat sota la seva supervisió el treball Deteriorament de l'atenció visual en relació a l'esforç acomodatiu o de vergències: canvis en la sensibilitat que es recull en aquesta memòria per optar al títol de grau en Òptica i Optometria.

I per a què consti, signo/em aquest certificat.



Sr/Sra. AURORA TORRENTS GÓMEZ.
Director/a del treball

Terrassa, 16 de Gener de 2015.



GRAU EN ÒPTICA I OPTOMETRIA

Deteriorament de l'atenció visual en relació a l'esforç acomodatiu o de vergències: canvis en la sensibilitat

RESUM

La visió estereoscòpica és l'habilitat que ens permet diferenciar les distàncies relatives dels objectes respecte el punt de vista del observador i entre altes objectes mitjançant la visió binocular.

En els darrers anys la tecnologia ha experimentat un important gir al voltant de la recreació de l'experiència tridimensional tant en el cinema com en les petites pantalles.

L'estudi intenta analitzar si la sensibilitat de l'atenció visual es veu deteriorada quan s'augmenta la demanda de convergència i d'acomodació, ja que es coneix que en la visualització d'estímuls 3D la discrepància entre el pla on es creuen els eixos visuals i on s'enfoca és un dels factors principals condicionants que genera, en algunes ocasions, astenopia i malestar.

Per a la realització del estudi s'ha utilitzat el "bdpq3D" un programa informàtic que permet mesurar el nivell d'atenció visual a partir de la recerca visual i la detecció d'estímuls anaglífics.

S'ha triat una mostra de 16 subjectes d'entre 22 i 24 anys.

El test ha estat realitzat en tres condicions d'observació diferents (condicions naturals, amb un augment de la demanda de vergències i amb un augment de la demanda acomodativa), i per dues distàncies de visualització (50 i 80 cm). A partir del nombre d'encerts i omissions de cada observador, s'ha calculat la sensibilitat per cada la condició i distància; demostrant els resultats que la condició visual no té cap repercussió sobre l'atenció visual, mentre que la disminució de la distància d'observació sembla reduir la sensibilitat de l'atenció visual.



GRAU EN OPTICA I OPTOMETRIA

Deteriorament de l'atenció visual en relació a l'esforç acomodatiu o de vergències: canvis en la sensibilitat

RESUMEN

La visión estereoscópica es la habilidad que nos permite diferenciar las distancias relativas de los objetos respecto el punto de vista del observador y entre otros objetos a partir de la visión binocular.

En los últimos años la tecnología ha experimentado un importante giro alrededor de la recreación de la experiencia tridimensional tanto en el cine como en la pequeña pantalla

Este estudio intenta analizar si la sensibilidad de la atención visual se ve deteriorada cuando se aumenta la demanda de convergencia y acomodación, ya que se conoce que en la visualización de estímulos 3D el desentendimiento entre el plano donde se cruzan los ejes visuales y donde se enfoca es uno de los principales factores condicionantes que genera, en algunas ocasiones, astenopia y malestar.

Per a la realització del estudi se ha utilitzat el "bdpq3D", un programa informàtic que permete mesurar el nivell d'atenció visual a partir de la cerca visual i la detecció d'estímuls anaglífics.

Se ha seleccionado una muestra de 16 sujetos de entre 22 i 24 años de edad.

El test ha estado realizado en tres condiciones de observación (solo con gafas anaglíficas, con un aumento de la demanda acomodativa y con un aumento de la demanda de convergencia), i para dos distancias de observación (50 y 80 cm). A partir del número de aciertos y omisiones de cada observador, se ha calculado la sensibilidad para cada condición i distancia; demostrando los resultados que la condición visual no tiene ninguna repercusión en la atención visual, mientras que la disminución de la distancia de observación parece reducir la sensibilidad de la atención visual.



GRAU EN OPTICA I OPTOMETRIA

Deteriorament de l'atenció visual en relació a l'esforç acomodatiu o de vergències: canvis en la sensibilitat

SUMMARY

Stereoscopic vision is the ability that allows us to differentiate the relative distances of the objects respect the point of view of the observer and between other objects from binocular vision.

Recently, technology has turned around recreating three-dimensional experience in film and on the small screen.

This study attempts to analyze whether the sensitivity of the visual attention is deteriorated when the demand for convergence and accommodation increases, since it is known that in visualization 3D stimulus disengagement between the plane where the visual axes intersect and which focuses is one of the main determinants generated, sometimes asthenopia and discomfort.

To carry out the study it has been used the "bdpq3D" a computer program that allows measuring the level of visual attention from the visual search and anaglyphic detecting stimulus.

We have selected a sample of 16 subjects between 22 and 24 years.

The test has been carried out in three viewing conditions (only anaglyph glasses, with an increase in accommodative demand and an increase in demand for convergence), and for two observation distances (50 and 80 cm). From the number of hits and omissions of each observer, the sensitivity was calculated for each condition and distance; demonstrating the results that the visual condition has no effect on visual attention while decreasing the viewing distance appears to reduce the sensitivity of visual attention.



GRAU EN OPTICA I OPTOMETRIA

Deteriorament de l'atenció visual en relació a l'esforç acomodatiu o de vergències: canvis en la sensibilitat

SUMMARY

Stereoscopic vision is the ability that allows us to differentiate the relative distances of the objects respect the point of view of the observer and between other objects from binocular vision.

Recently, technology has turned around recreating three-dimensional experience in film and on the small screen.

This study attempts to analyze whether the sensitivity of the visual attention is deteriorated when the demand for convergence and accommodation increases, since it is known that in visualization 3D stimulus disengagement between the plane where the visual axes intersect and which focuses is one of the main determinants generated, sometimes asthenopia and discomfort.

To carry out the study it has been used the "bdpq3D" a computer program that allows measuring the level of visual attention from the visual search and anaglyphic detecting stimulus.

We have selected a sample of 16 subjects between 22 and 24 years.

The test has been carried out in three viewing conditions (only anaglyph glasses, with an increase in accommodative demand and an increase in demand for convergence), and for two observation distances (50 and 80 cm). From the number of hits and omissions of each observer, the sensitivity was calculated for each condition and distance; demonstrating the results that the visual condition has no effect on visual attention while decreasing the viewing distance appears to reduce the sensitivity of visual attention.

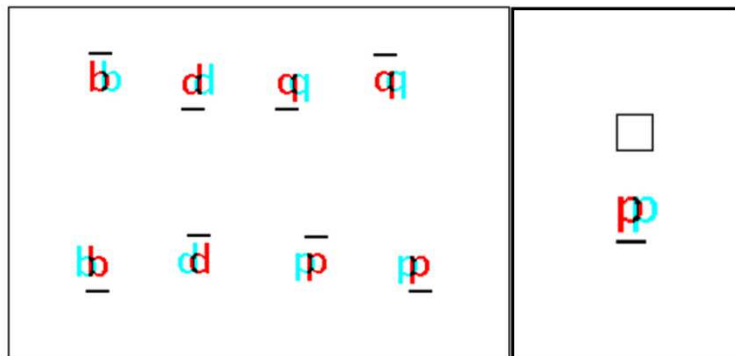


Figure 1: stimulus used in the experiment

In the box on the left side there is a different stimulus noise that may present the program (top viewed in cross disparity, and down uncrossed). On the right one, we can see the target stimulus that the subject must recognize and mark.

The completion of the test is carried out in 3 different viewing conditions:

Condition1: Only with anaglyph glasses.

Condition 2: visualization with divergent lenses -2D.

Condición3: Display with 2D prisms temporary basis in each eye.

To perform the test sample we gave to each participant different order of execution of the different tests they had to do. The purpose of this order is to get a counterbalance to avoid a spoiled final results made by the learning effect. The experiment consists of a single test three times, once for each display condition. Again to avoid the learning effect, each of the three tests was performed on different days. Further observation for each test condition was repeated at two distances:

1 Distance: 50cm

Distance 2: 80cm

Both distances, as the power of the lenses and prisms were previously determined by the team that we were part of the project, to ensure that the two distances would allow observing even the most eccentric stimulus of the screen and the lenses and prisms make difficult the task but without causing undue discomfort, asthenopia and diplopia.

The program provides for each subject, condition and away the number of hits (hits) omissions (miss), false alarms (FA), correct rejection (CR) and time taken to perform each the subject line.

From the number of hits and omissions we got to determine the sensitivity for each subject and each factor.

$$Sensitivity = \frac{hits}{hits+miss} * 100$$

Moreover, averaging, we calculate the average time it takes to resolve each subject line of each test.

By 1.7 statistical software Minitab ANOVA techniques that develop a hypothesis test that simultaneously affects the result or expected values of a condition in a population with variable and with identical variances was performed. Using this method you can get to know if any of the study variables have an impact on the sensitivity of the visual attention of the sample, and on the other hand, if you have on the response time. For this, the p-value was analyzed. When this is less than the significance value 0.05 sample provides sufficient evidence to reject the null hypothesis (H0).

So consider:

Null hypothesis (H0) (1): Assumption that there is no relationship between the value of the sensitivity of visual attention and accommodative demand or convergences.

Null hypothesis (H0) (2): Assumption that there is no relationship between the value of the sensitivity of visual attention and the viewing distance.

For the analysis of the variation of the response time the same assumptions are made, changing the half time sensitivity term per line.

RESULTS:

SENSITIVITY

In the case of the display condition, the p-value Obtained (0.123) exceeded Long significance value, so there is insufficient evidence to consider on display sensitivity that passed on by increased demand.

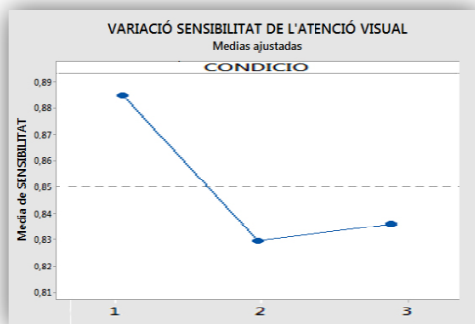


Figure 2: sensitivity variation due to the visual condition

Although graphically seems to be a sensitivity deterioration in conditions 2 and 3, the difference is minimal and statistically not significant enough to consider a dependency.

In contrast to the viewing distance p-value (0.002) is less than the significance level is below the level of significance. Therefore it can be said that there is sufficient evidence to consider that the sensitivity of visual attention is conditioned by the variation of the viewing distance.

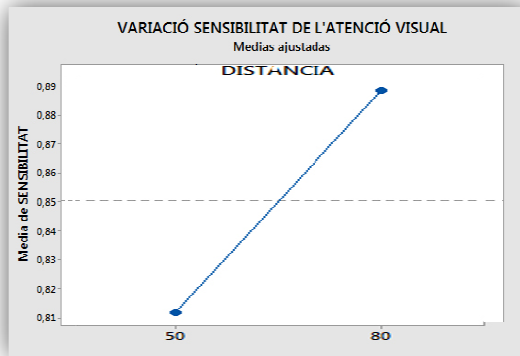


Figure 3: sensitivity variation due to the viewing distance

Finally we consider the combined influence of distance and visual status as a unique interaction and see if it has an impact on the visual attention.

Considering this unique combined variable, we find that the p-value (0.647) is much higher than the level of significance; therefore we can conclude that there is no clear relationship between the trend that follows the sensitivity of visual attention and increased the vergence and accommodation demand and distance observation.

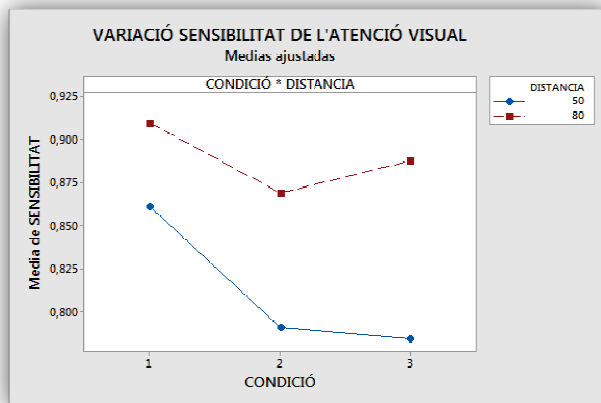


Figure 4: Sensitivity variation due to unique combined variable.

We see 50 cm sensitivity suffers biggest decline among natural display (condition 1) and the conditions 2 and 3, looking a little smaller with condition 3 (prisms). While, to 80cm is a slight difference between the condition 1 and the other two, although not as noticeable as in the previous distance; and conversely that 50cm is somewhat compromised by the condition 2 (lenses).

TIME

Looking at the average response time per line and do the statistical study like the one made above for sensitivity, we found that the p-value for the variable watch condition is below the level of significance, showing that the time is conditioned by this factor. Moreover, the p-value for the viewing distance is significantly greater than the significance value, so that there is insufficient evidence to conclude that this variable has a determining role.

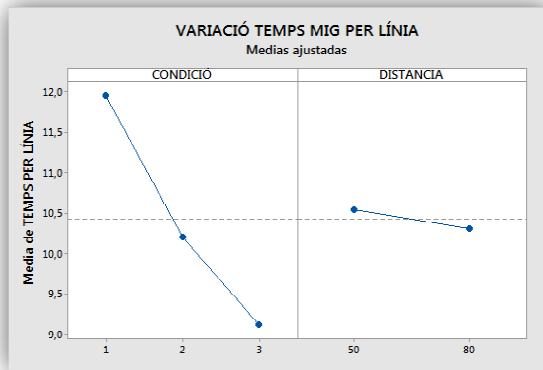


Figure 5: average response time per line

If we analyze the p-value of the combination of the two variables, interpreted as a single variable, we find that also has no statistical weight to reject the null hypothesis therefore consider that the variation of this combination is not relevant at halftime dedicating solve each subject test screens.

CONCLUSIONS

Analyzing the effect on sensitivity in visual attention (selective and sustained) having varying the degree of accommodation and convergence, and the viewing distance when viewing stereoscopic stimuli, we found that:

- The status display does not just produce a statistically significant decline. True, a slight decrease was observed when the accommodative and convergence effort is increased, especially when we do it at the distance of 50 cm; but analyzed in general, there is not enough difference between the condition 1 and the other two to consider that the sensitivity of visual attention is conditioned by the prisms temporary basis or by diverging lenses.
- Conversely, decreasing the viewing distance does have an important role in the deterioration of visual attention. Probably this may be due to several factors, firstly by reducing the distance increase demands for accommodation and convergence, possibly causing a further deterioration in the ability to concentrate (sustained attention); and moreover, with decreasing distance, the eccentricity of the peripheral stimuli becomes even greater, with which things are harder to see binocular, which has to work harder to appreciate-the stereoscopically, effort that can lead to deterioration of the sensitivity of visual attention. With this, we can say that for displaying stereoscopic stimuli should maintain the highest possible separation between the subject and the screen and avoid stimuli to observe are positioned in very eccentric points of this.
- On the other hand, the average time for completion of each test screen is conditioned by the display condition but not the working distance. At first glance it seems logical that if we make more difficult the watch condition, the time to process the response will also be increased, but if you look more closely at the pattern of time depending on the condition we see how this is lower in conditions 2 and 3; thing with which we can only blame a certain learning factor. Even having designed the study to avoid the order of conducting the tests could condition the study, all departed from condition 1 to start the study, as this was the baseline for this. Still not remember too well the operation of the task, if that may have increased their confidence when you mark the answer they considered successful, being more-productive the first day and risking more in the following.



AGRAÏMENTS

Amb aquest treball poso fi a una etapa, i per aquest motiu vull aprofitar aquesta ocasió per agrair a les persones que han estat clau durant aquests quatre anys.

Especial dedicació per:

En primer lloc, la meva família, que sempre ha estat al meu costat estimant-me, recolzant-me i suportant-me. Als meus pares per haver-me guiat fins on soc avui dia, i a la meva germana per la seva estima especial.

A la meva tutora, Aurora Torrents, per la gran motivació i la gran ajuda constant en tot moment en que li he demanat.

Al professor Miquel Ratlló, per la importantíssima ajuda desinteressada.

Als meus amics de Cornellà per estar sempre i ajudar-me a evadir-me quan ho necessitava.

A tots els meus companys de la Uni amb els qui he compartit bons moments, i en especial a uns quants que molt més que companys, sempre serem grans amics.



ÍNDEX

Introducció	13
La atenció	13
Tipus d'atenció	13
Com mesurar el deteriorament de l'atenció visual.....	14
Senibilitat i especificitat	14
Visió binocular	15
Acomodació i convergència	16
Zona de visió simple i nítida	18
Astenopia	19
Objectius	19
Metodologia	19
participants.....	19
Material.....	20
Examen optomètric.....	20
Mesura d'atenció visual	21
Procediment.....	23
Tractament de dades	25
Resultats	27
Sensibilitat	27
Temps	29
Discussió-Conclusions	31
Estudis futurs	32
Bibliografia	34
Annexes	36

INTRODUCCIÓ

Amb el "boom" del cinema en 3D i la potenciació del mercat de pantalles de televisió i altres dispositius com videoconsoles, basades en l' experiència tridimensional, s'obre un gran camp d'investigació per millorar les prestacions i evitar els efectes negatius que poden produir-se la visualització d'imatges estereoscòpiques.

La majoria dels estudis intenten analitzar i solucionar els problemes de disconfort visual i malestar que s'ha demostrat que pot generar mirar un estímul estereoscòpic artificialment, entre els que trobem astenopia o fatiga visual (¹Armenteros, Benítez. 2013)

Quan es visualitzen aquest tipus d'imatges, el sistema visual focalitza sobre la pantalla (l'observador acomoda per tal d'aconseguir la potència necessària per fer que la imatge del punt es formi sobre la retina); en canvi, els eixos visuals no convergeixen en el mateix punt on s'està enfocant: es convergeix sobre la imatge flotant que es crea mitjançant la disparitat binocular. Aquesta incongruència visual, a la que no està acostumada el nostre sistema visual, pot provocar astenopia i fatiga.

En aquest estudi es mesurarà la variació de la eficiència del sistema visual en termes de rendiment atencional quan, en visió estereoscòpica, s'augmenta la disparitat entre el punt d'acomodació i el punt de fixació visual.

LA ATENCIÓ

L'atenció és un estat neurocognitiu cerebral que precedeix als processos de la percepció i l'acció, i és el resultat de una xarxa de connexions corticals i subcorticals de predomini del hemisferi dret. L'atenció focalitza selectivament la nostra consciència per filtrar únicament una informació determinada entre tota la constant que ens envolta. Resol la competència entre els diferents estímuls per al seu processament en paral·lel, i recluta i activa les zones cerebrals per temporitzar les respostes apropiades (²Estévez, García, Junqué. 1997). Es tracta d'un recurs de capacitat limitada, i se'n distingeixen de diversos tipus.

Tipus d'atenció

De forma general, podem diferenciar l'atenció d'un individu entre externa i interna, depenent cap on es dirigeixi aquesta, si cap als propis estímuls que genera el cos, com per exemple els processos mentals o sentir la presència de dolor en alguna part del cos; o bé cap els estímuls externs del entorn, com detectar el apropament d'un objecte.

La *voluntarietat* de l'activació de l'atenció és una altra característica que permet diferenciar entre si aquesta està iniciada pel propi interès de la persona, com el fet de concentrar-se en trobar una paraula en una sopa de lletres, o si bé un estímul fa que s'activi de manera inconscient com quan s'està conduint de forma relaxada i de cop i volta se sent una sirena de policia.

La majoria de cops és utilitzada una classificació que distingeix entre la *quantitat de tasques o estímuls* als que són enfocats la nostre atenció, així distingim entre:

Atenció focalitzada o selectiva, quan només es concentra en la realització d'una tasca exclouent les altres fonts que poden interferir en ella.

L'atenció dividida és la capacitat de concentrar-se en la realització de més d'una tasca, encara que aquestes no poden ser d'excessiva dificultat ja que s'han de distribuir els recursos cognitius.

Per últim cal dir que depenent de la *durada* del període de manteniment, podem parlar d'atenció sostinguda, quan es manté el focus atencional en permanent alerta davant la presència de determinats estímuls simples o representacions monòtones, com el cas dels controladors aeris. Si el període de temps es excessivament prolongat es provoca la comissió d'errors per disminució de l'activació, fatiga, avorriment i distracció.

Com mesurar el deteriorament de l'atenció visual

El procés d'avaluació de l'atenció d'un subjecte es pot dur a terme des de diferents nivells, arribant a conèixer el nivell d'atenció a partir d'una simple entrevista clínica, de l'observació de la conducta, utilitzant test de memòria o altres tipus de test.

Pel que fa a l'atenció visual existeixen diferents mètodes i tests per valorar-la i alhora mesurar el seu deteriorament. La gran part de test emprats a la pràctica pertanyen a la família dels denominats "de cancel·lació", aquests es basen en la presentació d'un conjunt d'estímuls, entre els quals el subjecte ha de reconèixer i seleccionar aquell que s'ha determinat prèviament, també anomenat "target". La resta d'estímuls solen tenir característiques morfològiques similars al estímulo senyal. Per tant, la tasca consisteix en assenyalar tots aquells estímuls amb les característiques que se li han concretat, intentant no deixar-se'n cap, i evitant marcar-ne la resta, que només actuen de forma de soroll, complicant la tasca. Com més concentrat estigui el subjecte, millor realitzarà l'activitat en qüestió, però amb el pas del temps i la fatiga farà perdre poc a poc el nivell d'atenció que tenia, provocant una disminució del nombre d'encerts i un major nombre d'errades.

Un dels més emprats és el test d'atenció d2, una prova dissenyada amb el propòsit d'avaluar la capacitat de recerca visual i l'atenció sostinguda i selectiva. Es fa sobre el paper amb un llapis, i de forma cronometrada, el subjecte ha de anar tatxant els estímuls prèviament designats (³*Burin, Drake, Harris. 2007*)

SENSIBILITAT I ESPECIFICITAT

Com ja hem apuntat anteriorment, en tota tasca que impliqui la detecció de senyals els resultats que s'obtenen fan referència a si l'observador ha estat capaç de reconèixer els estímuls quan els hi han estat presentats, per tant obtenim quatre valors:

El *nombre d'encerts* (hits): el senyal "target" ha estat presentat amb el conjunt d'altres estímuls soroll i l'observador ha estat capaç de detectar-lo correctament.

Falses alarmes (FA): l'observador marca com a senyal el que en realitat era soroll.

Errades per omissió (Miss): l'estímul ha estat presentat, tot i que l'observador no l'ha detectat perquè l'ha confós amb el soroll.

Omissions correctes (RC): l'estímul no es presenta i l'observador, correctament, no el detecta.

La sensibilitat d'un sistema és la capacitat de reconèixer un senyal o estímul determinat de la resta de soroll. És la proporció de cops que el subjecte ha indicat reconèixer la "target" del total de cops que s'ha presentat. Matemàticament es pot calcular: (expressada en tant per cent):

$$\text{Sensibilitat} = \frac{\text{Encerts}}{\text{Encerts} + \text{omissions (cops que sí estava l'estímul)}} * 100 \quad \text{formula 1}$$

Per una altra banda l'especificitat ens indica la capacitat que té un sistema per reconèixer quan no hi ha l'estímul que ha d'identificar, per tant podem considerar que és la qualitat que permet no detectar com a senyal la resta d'estímuls soroll. Matemàticament:

$$\text{Especificitat} = \frac{\text{Rebutjos correctes}}{\text{Rebutjos correctes} + \text{Falses alarmes (=cops que NO estava l'estímul)}} * 100 \quad \text{formula 2}$$

Depenent l'objectiu, es prioritza la sensibilitat o l'especificitat d'un sistema. En el cas d'un metge que diagnostica malalties com l'ebola és molt important la sensibilitat, és primordial que el metge sigui capaç de detectar la malaltia en el pacient quan hi és present; depenent de l'especificitat que tingui el mètode, pot acabar tractant més pacients dels que realment calia, ja que la por a què un pacient estigui malalt pot fer que el metge detecti casos positius quan sospita de la possibilitat que estigui contagiats, tot i que finalment el pacient no ho estigui.

VISIÓ BINOCULAR

La visió estereoscòpica és l'habilitat que ens permet diferenciar les distàncies relatives dels objectes respecte el punt de vista del observador i entre altres objectes mitjançant la visió binocular, a partir de la fusió de les disparitats relatives de les imatges com a conseqüència de la distància que hi ha entre els ulls. (Gonzalez.2012)

Es tracta del grau màxim de la visió binocular i indica una bona qualitat d'aquesta. Com més petit és el valor d'estereoagudeses de la persona millor qualitat de la visió binocular (millor estereòpsia). L'avaluació de l'estereòpsia consisteix a mesurar la mínima disparitat retinal percebuda, és a dir quina és la mínima separació angular que hi ha d'haver entre dos punts a l'espai per reconèixer que aquests estan separats. Es mesura en segons d'arc i els valors mínims d'estereòpsia que s'han mesurat en condicions de laboratori estan al voltant de 5-10 segons d'arc, encara que els tests clínics habituals arriben a mesurar fins a 20-40 segons d'arc segons el test utilitzat. L'estereoagudeses, mínima diferència de distàncies (Δd_{\min}) en què dos objectes són vistos en posicions diferents, es pot calcular mitjançant:

$$AVE = \left| \frac{\text{dip} \cdot \Delta d_{\min}}{d^2} \right| \frac{648000}{\pi} (") \quad \text{formula 3}$$

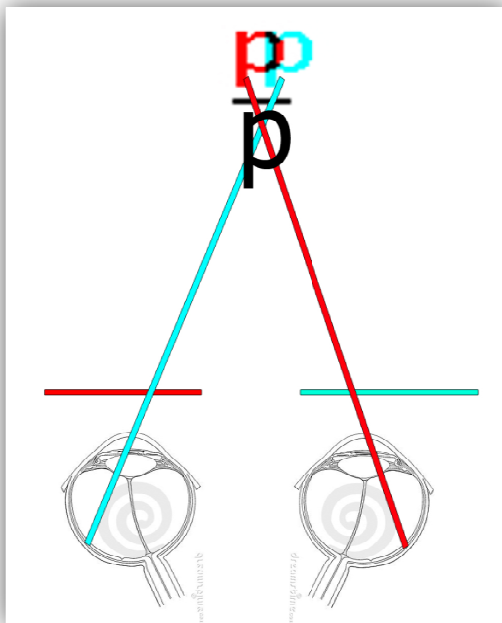
Aquesta mesura pot estar condicionada per la luminància de fons, la mida angular del estímul, la duració del estímul i l'excentricitat. (⁵Álvarez, Tàpias)

Existeixen punts retinals corresponents a les retines dels dos ulls, el que vol dir que, quan un objecte estimula aquests, la imatge que es genera podrà ser fusionada.

Si l'objecte estimula punts retinals no corresponents es produirà una disparitat retiniana.

Si el grau de disparitat és petit, les dues imatges es podran fusionar i donar lloc a la visió estereoscòpica, que no és una altra cosa que visió en relleu. Però, si el grau de disparitat és massa gran, la percepció del objecte serà doble, diplòpia. (⁵Álvarez, Tàpias)

Artificialment es pot aconseguir la sensació que un objecte estigui a més o menys profunditat de la pantalla on està sent visualitzat mitjançant diferents sistemes. Els més utilitzats són les ulleres anaglífiques o polaritzades. La visualització tridimensional mitjançant aquests sistemes consisteix a presentar al subjecte dues imatges de la mateixa escena lleugerament desplaçades horitzontalment i, a continuació, aconseguir que cada ull percebi només una de les dues. Així, s'aconsegueix que arribi al cervell dues imatges d'una mateixa escena amb una disparitat horitzontal que permet la fusió d'ambdues. Aquesta imatge fusionada es percep en el pla on es creuen les direccions visuals monoculars, com indica la *imatge 1*.



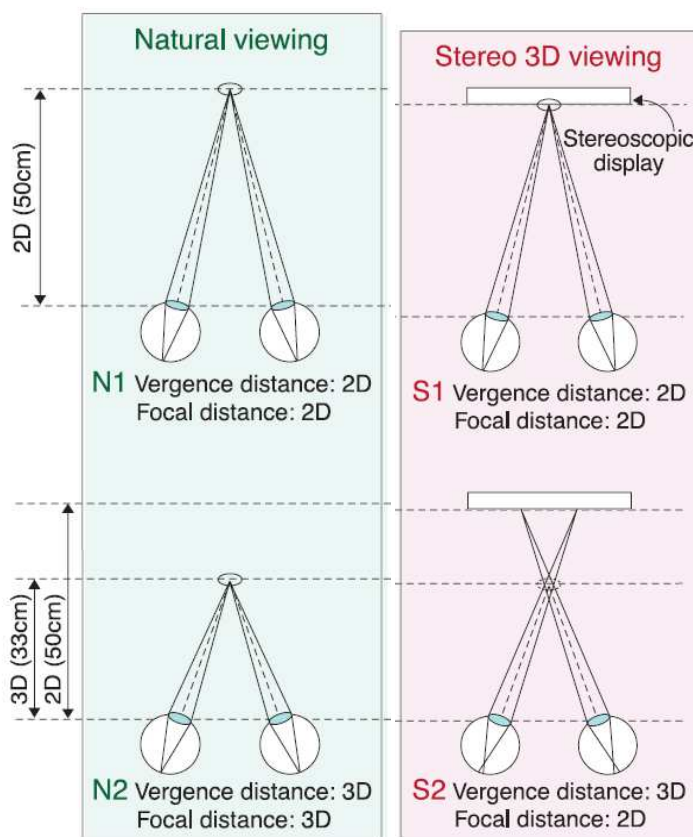
Imatge 1 El filtre cian col·locat davant de l'ull dret permet apreciar l'estímul "p" vermell, mentre que el filtre vermell de l'ull esquerre permet apreciar la "p" cian, disparitat creuada. La separació dels estímuls de diferent color estimulen punts retinals no corresponents, el cervell aconsegueix fusionar-los i percebre un únic estímul situat en el punt d'intersecció dels eixos visuals monoculars. Sota els estímuls de color hi ha un guió horitzontal que serà vist per tots dos ulls: estimularà punts retinals corresponents i seguirà sent percebut en el pla on realment està.

ACOMODACIÓ I CONVERGÈNCIA

En la visualització real els nostres ulls estan acostumats a acomodar sobre el mateix pla cap on es dirigeixen els eixos visuals, és a dir s'acomoda la potència necessària per tal d'enfocar a la distància cap on convergeixen els ulls.

Amb els mètodes d'obtenció d'imatges tridimensionals a partir d'ulleres anaglífiques, el major inconvenient és que l'observador enfoca sobre la pantalla, ajustant la potència per tal que l'objecte formi la seva imatge en la retina; però els seus eixos visuals no van a parar al mateix punt on està acomodant, sinó que ho fan en la direcció on es crea l'estímul tridimensional: en el cas que la disparitat del estímul sigui creuada els ulls convergiran més del compte per la distància de fixació, i en el cas de disparitat no creuada hauran de divergir respecte el punt de fixació. Això crea una diferència constant de magnituds de fixació i acomodació (⁶Kooi i Toet.2004).

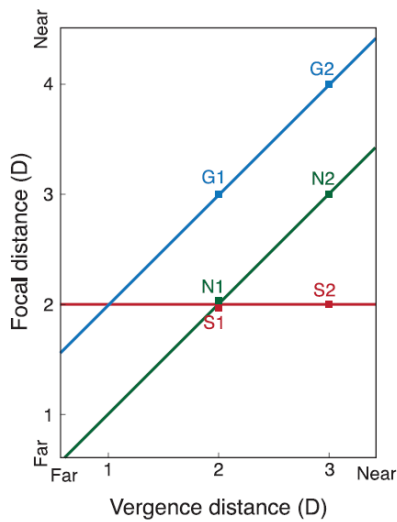
Segons la majoria d'estudis realitzats fins el moment, aquesta incongruència visual és el fet al qual atribueixen la principal causa de la producció d'astenopia, fatiga i malestar que genera el cinema en 3D en algunes persones (⁷ Shibata, Kim, Hoffman, Banks. 2011)



Imatge2. En la primera imatge trobem una representació de la visió natural d'un observador emetrop per a la visualització d'un objecte situat a 50cm: l'esforça acomodatiu serà de 2D i la convergència correspondrà amb aquest (12 dioptries prismàtiques suposant una distància interpupilar de 60 mm).. En canvi, en condicions de visió estereoscòpica la distància focal i de vergència no són coincidents, amb la pantalla a 50cm l'esforç acomodatiu és de 2D, però com l'estímul es percep a prop, l'esforç de vergència correspon a un estímul situat a 33cm (18 dioptries prismàtiques), pel qual l'esforç acomodatiu natural seria de 3D. Imatge extreta de l'article "Predicting visual discomfort with stereo displaysVision".

De fet existeixen situacions crítiques on es veu potenciat els efectes negatius d'aquest fenomen. Com més gran és la disparitat creuada més discrepància existeix entre el punt d'acomodació i vergència, per això, en el cinema en 3D, si es fa un ús abusiu d'escenes on les imatges surten projectades cap el espectador s'augmenta la possibilitat que al final de la representació l'espectador surti de la sala amb una major sensació d'astenopia,desconfort i malestar (⁸ Armenteros, Benítez. 2013).

En aquesta situació crítica s'obliga a convergir a distàncies inferiors inclús de mig metre, tot i que normalment el pla acomodatiu, que es troba sobre la pantalla, és a l'infinit(0D).



Gràfica1 Com a exemple podem veure la gràfica 3, on es representa la línia de demanda de la relació l'esforç acomodatiu-vergències necessari per a cada distància, en condicions normals (color verd), on la magnitud de l'acomodació és la mateixa que la de la convergència ja que el pla focal i el pla de vergències es troben al mateix punt.

En blau apareix la relació acomodació-convergència quan avantposem davant del ull una lent divergent de -1D, La demanda acomodativa s'ha vist incrementada, tot i que la distància focal segueix sent la mateixa.

Per últim, en vermell es presenta la relació acomodació-convergència en visió estereoscòpica, on la distància focal sempre és la mateixa (la distància a la qual es troba la pantalla), mentre que l'esforç de vergències es veu augmentat a la vegada que ho fa la disparitat creuada dels estímuls

ZONA DE VISIÓ SIMPLE I NÍTIDA

La zona de visió simple i nítida és el àrea del espai imatge on l'observador és capaç de veure els estímuls de forma simultàniament nítids i haplòpics (de manera fusionada). Ens proporciona informació dels graus de flexibilitat del sistema en la relació acomodació-convergència, ja que qui delimita aquesta zona són els marges on les capacitats visuals d'acomodació i/o vergència no permeten acabar d'enfocar o coordinar els eixos visuals per tal de veure correctament l'estímul.

ASTENOPIA

L'astenopia és la condició que es manifesta amb un conjunt de símptomes inespecífics entre els quals es solen trobar la fatiga mental, la irritació ocular, el dolor en la musculatura perifèrica del sistema ocular, la visió borrosa i fins i tot en ocasions, la visió doble.

Aquesta condició generalment apareix després d'haver realitzat un esforç acomodatiu prolongat, després d'haver estat realitzant activitats que requereixen una bona agudes visual sota condicions de mala il·luminació i contrast, o bé després de visualitzar durant un cert període de temps qualsevol tipus de pantalla de cinema o televisió, sobretot en el cas de la visualització d'imatges 3D.

OBJECTIUS

Una vegada estudiat el concepte de l'atenció i els fenòmens binoculars relacionats amb la percepció d'estímuls estereoscòpics, ens plantejem trobar si hi ha cap repercussió sobre l'atenció visual quan, en la visualització d'un test 3D, s'augmenta la diferència en la relació acomodació-convergència a diferents distàncies.

Per tant el nostre objectiu és conèixer i veure com afecta i es deteriora la sensibilitat de l'atenció visual, pel que fa a l'atenció selectiva i sostinguda, quan es varien el grau de la demanda acomodativa o de la demanda de convergència. Els resultats obtinguts ens permetran extrapolar i concloure si és cert que alguns observadors poden patir una sensació de desconfort i malestar alhora de veure una pel·lícula o jugar a un joc en 3D.

OBJECTIUS ESPECÍFICS:

- Determinar el valor de diòptries i diòptries prismàtiques més adients per causar una certa astenopia i variar el punt d'acomodació o vergències.
- Determinar les distàncies més adients per assegurar que l'excentricitat dels estímuls perifèrics no compliqui la seva visualització de forma binocular a través de les ulleres anaglífiques.
- Determinar la franja d'edat, segons el valor acomodatiu, de la mostra representativa del estudi.
- Avaluar el temps de resposta emprat per cada individu, en cada prova.

METODOLOGIA

En l'estudi es variarà la relació entre acomodació i convergència durant la visualització d'estímuls estereoscòpics, amb la finalitat de veure si realment això provoca algun efecte en la capacitat d'atenció visual.

PARTICIPANTS

Per tal d'aconseguir resultats el més fiables possibles i evitar que altres factors externs puguin condicionar l'estudi, s'ha triat una mostra d'individus homogènia amb paràmetres visuals dins els valors visuals de normalitat.

Abans d'iniciar l'estudi es va demanar el consentiment informat a tots els participants, en base al article 3.i) de la Llei Orgànica 15/1999, la qual garanteix i protegeix, pel que fa al tractament de les dades personals, les llibertats públiques i els drets fonamentals de les persones físiques, i especialment del seu honor i intimitat personal i familiar.

La mostra final està formada per 16 individus, 8 nois i 8 noies, d'entre 21 i 24 anys. Es va realitzar a tots els participants un examen optomètric per garantir que les seves facultats acomodatives i de convergència es troben en bones condicions, dintre dels valors considerats normals.

MATERIAL

- PC amb processador 'Core i5'.
- Pantalla de 22" amb resolució espacial de 1440x900pixels.
- ratolí de dos botons.
- mentonera amb empremta dentària.
- Ulleres anaglífiques amb filtre vermell/cian (UD, vermell/UE, cian)
- Clip per ulleres amb lents divergents de 2D.
- Clip per ulleres amb lents prismàtiques de 2DP base temporal.
- Programa d'atenció visual "bdpq3D"
- Caixa de lents
- Retinoscopi
- Foròpter
- Frontofotòmetre
- Tests AV i AVE
- Barra de prismes
- Flipper

EXAMEN OPTOMÈTRIC

A tots els participants se'ls ha realitzat un examen optomètric complet que va constar de:

Prova	Mètode	Valor de normalitat
AV monocular (visió de lluny)	Test d'AV decimal. Optotips: lletres	1
AV binocular (visió de lluny i visió propera)	Test d'AV decimal. Optotips: lletres	1
Refracció	Retinoscopia i/o subjectiu	-
Fòria (visió de lluny)	Von Graeffe	1X±1
Fòria (visió propera)	Von Graeffe	3X'±5
Reserves de vergències fusionals (visió de lluny)	Von Graeffe	CRN: X/7/4±2 DP (BN)
		CRP: 10/20/10±5 DP (BT)
Reserves de vergències fusionals (visió de prop)	Von Graeffe	CRN: 15/20/15±5 DP (BN)
		CRP: 15/20/15±5 DP (BT)
Amplitud acomodativa	DONDERS	10D
	SHEARD	11D

Reserves acomodatives	Canvi freqüent de lents, de forma binocular	ARN:2,5D ARP:-4,5D
Flexibilitat d'acomodació (VP, Binocular)	Flipper ($\pm 2D$)	>9cpm
Flexibilitat de vergències	Canvi de prismes (UD:12DP (BT)//UE:3DP (BN))	>13
Retard acomodatiu	MEM	0.75D
AV estereoscòpica	Test TNO	$\leq 60''$

Taula1. Proves optomètriques realitzades, mètode i valors de normalitat. Valors extrets del llibre "Optometria:manual de Exámenes clínicos" Juan Carlos Ondategui Parra, 2010

Les proves han estat seleccionades especialment per assegurar que tots els participants tinguessin una bona AV estereoscòpica, d'un valor inferior a 60", per tal d'evitar que una mala estereòpsis compliqués la visualització del test "bdpq3D".

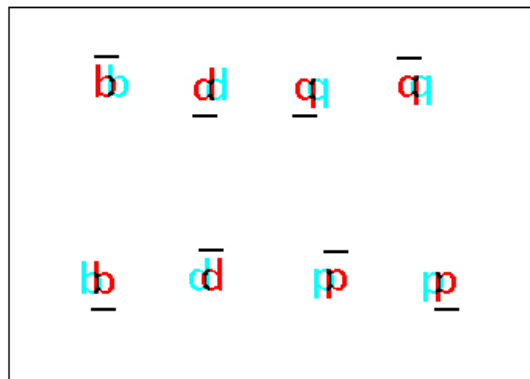
Per una altra banda, s'ha volgut comprovar que les capacitats binoculars d'acomodació i convergència es trobessin en bones condicions; com que aquestes seran modificades artificialment, necessitem que el subjecte tingui la suficient capacitat com per adaptar-se a la nova condició, i una mala capacitat de convergència, un problema acomodatiu, o una simple fòria descompensada poden falsejar els resultats.

Tot i això s'han inclòs individus amb qualsevol defecte refractiu, sempre i quan l'AV (Agudesa visual) neutralitzada fos superior a 1. Quan ha estat necessari, les proves s'han realitzat amb l'error refractiu corregit amb lents de contacte per facilitar l'ús de les ulleres anaglífiques.

MESURA ATENCIÓ VISUAL

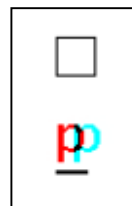
El "bdpq 3D", dissenyat pel Dr. Antonio Aznar Casanova (Facultat de Psicologia, Universitat de Barcelona UB), és el programa que s'ha utilitzat per valorar la fatiga visual en visió estereoscòpica, posant a prova la capacitat d'atendre selectivament a certs aspectes rellevants del estímul presentat, mentre s'ignoren uns altres d'irrellevants. El programa permet calcular, en funció de la condició visual i la distància d'observació, el rendiment visual de l'observador en termes d'*atenció selectiva* (es tracta d'una tasca de discriminació d'estímuls) i *sostinguda* (ja que permet valorar com es deteriora l'atenció a mesura que passa el temps d'execució de la tasca).

El programa consta de 20 pantalles, on en totes elles hi apareix una línia amb 22 caràcters, els quals poden ser les lletres "b", "d", "p" o "q"; a més, cada lletra pot ser presentada en disparitat creuada o no creuada, de tal manera que pot ser vista flotant per davant de la pantalla o darrera d'ella; i totes elles apareixen amb un guió horitzontal per sobre o per sota que no és vist estereoscòpicament sinó que es manté fix sobre el pla de la pantalla.



imatge 3 *imatge on s'agrupen els 4 caràcters alfabètics que apareixen en el test. Col·locant el filtre vermell en l'ull esquerra, la fila de caràcters superiors és vista en disparitat creuada, sobresortint de la pantalla. L'ull esquerra (filtre vermell) veu la lletra blava, mentre que l'ull amb el filtre blau veu la lletra vermella). Mentre que la fila inferior és vista en disparitat no creuada.*

Utilitzant unes ulleres anaglífiques, amb un filtre blau cian a l'ull dret i un vermell a l'ull esquerre, la tasca de l'observador serà realitzar una discriminació selectiva: ha de reconèixer i marcar de manera ràpida i precisa totes aquelles lletres "p" que sobresurtin de la pantalla (estiguin en disparitat creuada) i tinguin un guió sota seu, mentre ignora la resta d'estímuls soroll, formats per caràcters molt semblants morfològicament que el que fan és complicar la tasca.

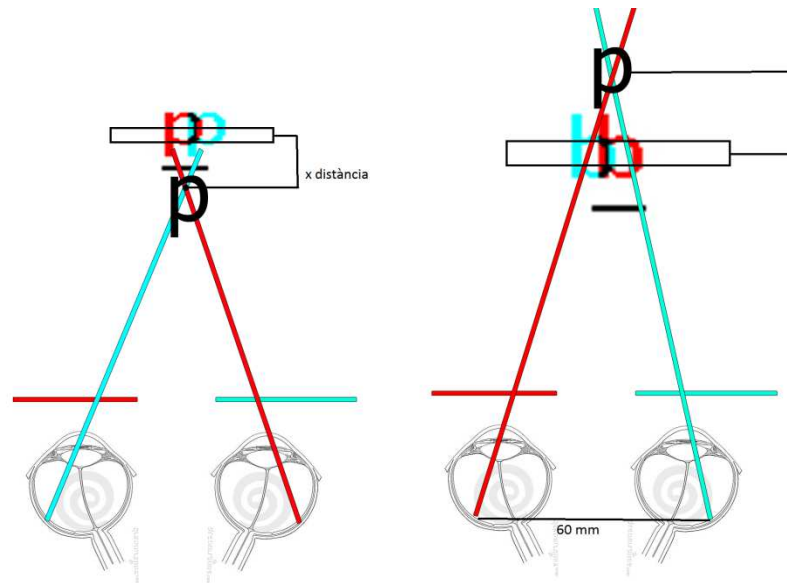


imatge 4 *Estímul diana que han de marcar els participants quan el detectin.*

Valor de la disparitat dels punts

La distància que separa les dues lletres de diferent color és de 8 píxels. Cada píxel de la pantalla utilitzada fa 0.265mm, per tant existeix una separació de 2.12mm entre les lletres.

Utilitzant una separació mitja dels ulls de 60 mm, i per triangulació podem deduir a quina distància de la pantalla es formen les imatges tant en disparitat creuada com en no creuada. El valor de la disparitat binocular entre els dos punts es pot calcular a partir de l'agudesa visual estereoscòpica $AVE = DIP \frac{\Delta d}{d^2} \cdot \frac{64800}{\pi}$ ("), així obtenim:



Imatge 5 Visualització d'un estímul bicromàtic a través de les ulleres anaglífiques, en disparitat creuada a la esquerra i no creuada a la dreta. Depenent la distància d'observació, i prenent una DIP (distància interpupilar) de 60 mm, podem calcular a quina distància respecte la pantalla es veuen.

Distància	Disparitat	Δd (mm)	AVE (")
50 cm	Creuada	17.064	844.68
50 cm	No creuada	-18.31	906.41
80 cm	Creuada	27.3	527.91
80 cm	No creuada	-29.302	566.62

Taula 2 Distància que sobresurt l'estímul respecte la pantalla quan és vist estereoscòpicament i agudeses visual estereoscòpica necessària per veure'ls. D'aquesta taula es dedueix que la disparitat màxima correspona a 15 minuts d'arc aproximadament. Aquest valor es troba per sota dels 21 minuts que molts referencien com a un bon límit en visió foveal per la disparitat binocular màxima acceptada.

PROCEDIMET

Abans de començar amb l'estudi, va caldre determinar les distàncies de realització de la prova d'atenció visual (distància subjecte-pantalla) i el valor dels prismes i lents necessaris per aconseguir el suficient grau d'astenopia. Els valors dels prismes i lents van ser trobats de manera empírica, intercanviant-ne de diferents valors mentre es visualitzava el test, i determinant, de manera subjectiva (per dos subjectes dels que formaven la mostra), quins eren els valors diòptrics de les lents i dels prismes que complicaven la tasca sense crear el suficient desconfort com per impossibilitar-la. Les distàncies es van determinar trigonomètricament: a partir de l'estímul més extrem del test, evitant que l'angle que formés amb el punt mig de tots dos ulls superés els 30°; assegurant que, en la distància més pròxima, l'estímul més excèntric fos vist de forma binocular a través de la ullera anaglífica, i per tal que pogués ser vist estereoscòpicament.

Posteriorment, es va triar la resta de la mostra. Es van citar a 24 subjectes d'entre 22 i 24 anys dels quals, mitjançant l'examen optomètric abans citat, es van descartar 8 per formar finalment una mostra de 16 individus (8 nois i 8 noies) amb les característiques optomètriques més adequades.

Per a la realització del "bdpq3D" es va distribuir la mostra de tal manera que a cada participant li correspongués un determinat ordre d'execució de les diferents proves; la finalitat és la d'aconseguir un contrabalanceig que eviti que els resultats finals es vegin alterats per l'efecte aprenentatge. L'experiment consta d'una única prova que s'ha de repetir tres cops, cada cop es variarà la condició visual d'observació. Per seguir evitant l'efecte aprenentatge no es realitzarà de manera seguida. Així, cada pacient ha d'assistir tres dies per tal de realitzar una prova cada dia, cadascuna amb una condició diferent. A més per cada condició es realitzarà el test en dues distàncies diferents. De tal manera, en finalitzar l'experiment, cada subjecte ha d'haver realitzat el test sis cops: dos cops per dia, durant tres dies.

L'horari de realització de les proves durant els 3 dies va ser sempre el mateix per a cada pacient, a més, tots van realitzar la tasca en la mateixa franja horària (de 11 a 13h) per tal d'evitar que altres factors aliens al estudi, com el cansament, poguessin alterar els resultats.

A tots els participants se'ls va fer començar per la execució del test d'atenció en *condicions normals de visualització –condició 1-* (només amb les ulleres anaglífiques). Aquesta va ser la línia base. La meitat del grup (4 nois i 4 noies) van començar realitzant-lo a una distància d'observació de 50cm, mentre que l'altra meitat ho va fer a 80cm.

En el dia 2 de cada participant, cadascun d'ells va realitzar la prova amb una de les condicions visuals de modificació de vergències o d'acomodació: la meitat del grup va realitzar el test sota la *condició 2*, lents divergents de 2 diòptries; i l'altre meitat sota la *condició 3*, 2 prismes de 2DP BT (Base Temporal). Els participants que van començar la primera prova del dia 1 a la distància de 50cm, aquest segon dia van començar per la distància de 80 cm; i els que l'anterior dia ho havien fet per la de 80 cm, aquest cop van començar per 50 cm.



Imatge 6 Visualització del test a través de les ulleres anaglífiques, a les que s'avantposen les lents o prismes per modificar la condició d'acomodació o convergència.

L'últim dia d'execució del test de cada participant es va dur a terme amb la condició restant que li quedava a cada un d'ells, repetint el mateix ordre de distància que van seguir el primer dia el primer dia.

Per la correcta execució de la prova d'atenció, l'ull ciclop del subjecte (punt mig entre ambdós ulls) ha d'estar alineat perpendicularment amb el primer estímul (el més extrem començant per l'esquerra) dels 22 que apareixen en cada línia. Per assegurar que els subjectes no es moguessin es va utilitzar una mentonera amb una empremta dentària (bite-board). Per tant, el pacient es va col·locar en una cadira davant de l'ordinador, recolzat en la citada mentonera amb les ulleres anaglífiques.

Abans de començar, es van explicar les instruccions del programa, i es va mostrar una representació del estímul que ha de reconèixer i senyalar quan el vegi en el test.

TRACTAMENT DE DADES

El mateix programa "bdpq" processa un full de resultats per cada prova, on mostra per cada pantalla (trial) el nombre d'encerts (hits), omissions (Miss), falses alarmes (FA), rebutjos correctes (CR) i temps.

IDENTITAT DEL OBSERVADOR: 5 GÈNERE: 1 EDAT 21 i DIP: 59											
Fecha y Hora: Tue May 06 10:16:48 2014											
Suj.	Gender	Edat	DIP	Trial	Condi	Stim	Hits	Miss	FA	CR	Time
5	1	21	59	1	1	1	2	0	1	19	17.850
5	1	21	59	2	1	2	2	0	1	19	13.826
5	1	21	59	3	1	3	2	0	1	19	14.543
5	1	21	59	4	1	4	2	0	1	19	13.110
5	1	21	59	5	1	5	2	0	1	19	16.315
5	1	21	59	6	1	6	2	0	1	19	10.544
5	1	21	59	7	1	7	2	0	1	19	12.975
5	1	21	59	8	1	8	2	0	1	19	10.682
5	1	21	59	9	1	9	2	0	1	19	12.523
5	1	21	59	10	1	10	2	0	1	19	11.665
5	1	21	59	11	1	11	2	0	1	19	10.546
5	1	21	59	12	1	12	2	0	1	19	11.339
5	1	21	59	13	1	13	2	0	1	19	11.404
5	1	21	59	14	1	14	2	0	1	19	12.229
5	1	21	59	15	1	15	2	0	1	19	15.854
5	1	21	59	16	1	16	2	0	1	19	9.763
5	1	21	59	17	1	17	2	0	1	19	9.168
5	1	21	59	18	1	18	2	0	1	19	9.107
5	1	21	59	19	1	19	2	0	1	19	8.868
5	1	21	59	20	1	20	2	0	1	19	10.212

Taula 3 Resultats "bdpq3D". Per cada prova el programa proporciona aquest resum on apareix el nombre del subjecte que la realitza, el gènere, l'edat, la seva distància interpupilar i proporciona el nombre d'encerts, omissions, falses alarmes, rebutjos correctes i temps que ha realitzat per línia/pantalla.

Per cada subjecte s'obtidran 6 quadres d'informació com el mostrat en la *taula 3*: dos pertanyents a cada una de les 3 condicions (línia base, amb prismes i amb lents), per les dues distàncies (un a 50cm i l'altre a 80cm). A partir del valor mig d'encerts, omissions, etc. de cada quadre, s'obté el valor per cada condició i distància de cada persona que ens permetrà calcular la sensibilitat *formula 1*. De tal manera obtindrem així 96 valors de sensibilitat per ser comparats estadísticament i extreure'n conclusions. En la *Taula 8* trobem el recull de dades que ofereix el programa organitzades per ser tractades amb qualsevol programa estadístic.

Anàlisi estadístic:

L'estudi el durem a terme aplicant una ANOVA, tècnica estadística que desenvolupa un contrast d'hipòtesis que afecta simultàniament als valors mitjos o esperats d'una variable i/o condició en una població amb distribució normal i amb idèntiques variàncies. Com s'han valorat els mateixos pacients en una varietat de situacions diferents s'aplicarà una ANOVA de mesures repetides.

Per poder realitzar una correcta interpretació i comprensió de les dades, aclarirem un grup de conceptes estadístics que seran plantejats constantment durant aquest anàlisi.

La hipòtesi a verificar (H_1), en el cas de l'estudi de la sensibilitat en funció de la condició d'observació, és si existeix una relació en la disminució de l'atenció visual quan s'augmenta la demanda de convergència i acomodació; per tal de poder afirmar o descartar aquesta hipòtesi H_1 , s'ha d'analitzar el p-valor, la dada obtinguda a partir del contrast estadístic de variables que ens diu si la mostra aporta o no suficients evidències com per descartar la hipòtesi nul·la H_0 (la suposició que no hi ha relació entre la disminució de l'atenció visual i la demanda de convergència o acomodació) . El nivell de significació sol ser considerat 0.05 i, si el p-valor obtingut en l'anàlisi estadístic és igual o menor es pot descartar la H_0 .

Per l'estudi de la variació de la sensibilitat en funció de la distància de treball es pendran les mateixes hipòtesi: H_0 (no hi ha relació entre l'atenció visual i la distància de visualització del test) i H_1 (sí existeix una relació).

De la mateixa manera que s'ha analitzat la sensibilitat en funció de la condició d'observació i la distància, s'analitzarà el temps de resposta.

El programa que s'utilitzarà per dur a terme aquest estudi és el Minitab 1.7.

Tenim:

16 participants.

3 condicions:

- Condió 1: Visualització a ull nu
- Condió 2: Visualització amb lents divergents de -2D
- Condió 3: Visualització amb prismes (2DP BT en cada ull: 4DP BT total)

2 distàncies:

- 50cm
- 80cm

RESULTATS

SENSIBILITAT

A continuació es mostra l'estudi comparatiu de les mitjanes de la sensibilitat de l'atenció visual en les diferents condicions d'observació i distància:

subjecte	condició 1 ULL NU		condició 2 LENTS		condició 3 PRISMES	
	50cm	80cm	50cm	80cm	50cm	80cm
1	0,95	1,00	1	1	0,55	0,75
2	0,80	0,75	0,525	0,875	0,6	0,875
3	0,63	0,70	0,6	0,65	0,725	0,8
4	1,00	1,00	1	1	1	0,975
5	1,00	1,00	1	1	1	1
6	1,00	0,93	0,675	0,775	0,95	1
7	0,88	1,00	0,525	0,9	0,425	0,975
8	1,00	0,93	1	1	0,975	1
9	1,00	1,00	0,55	0,525	0,8	0,975
10	0,33	0,45	0,425	0,475	0,425	0,475
11	1,00	1,00	0,925	1	0,975	1
12	1,00	1,00	1	1	1	0,975
13	0,95	1,00	0,975	0,975	0,975	1
14	0,83	0,85	0,875	0,75	0,675	0,825
15	0,83	0,98	1	1	0,975	0,9
16	0,60	0,98	0,575	0,975	0,5	0,675

Taula 4 valors de sensibilitat de cada observador per a les diferents condicions i distàncies. Calculats a partir dels encerts i omissions de cada prova. Veiem com l'observador 10 s'allunya força de la tendència que segueixen la resta de subjectes.

Els resultats de l'ANOVA aplicada són els següents:

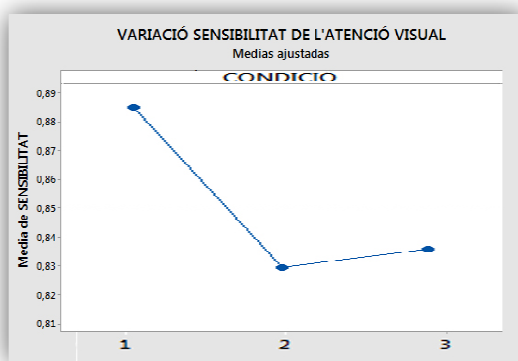
SENSIBILITAT	GL	SC AJUST	NC AJUST	VALOR F	VALOR P
OBSERVADOR	15	2.23489	0.148993	10.87	0.000
CONDICIÓ	2	0.05908	0.029538	2.16	0.123
DISTANCIA	1	0.14068	0.140684	10.27	0.002
CONDICIÓ*DISTÀNCIA	2	0.01199	0.005996	0.44	0.647
ERROR	75	1.02773	0.013703		
TOTAL	95	3.47437			

Taula 5 Resultats d'aplicar una Anova de model lineal general sobre els valors de sensibilitat de la Taula 8 Annexes. Només el p-valor té rellevància per el tipus d'estudi que es realitza.

Variació de la sensibilitat per la condició d'observació

El p-valor del factor "condició de visualització" (0.123) és superior al nivell de significació, per la qual cosa no hi ha evidències suficients per considerar que l'atenció visual, pel que fa a la sensibilitat, es vegi condicionada per la variació del estímul acomodatiu o de convergència.

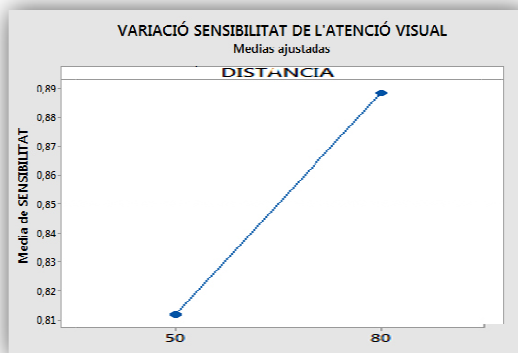
Tot i això, que si s'analitzen les dades detingudament, es troba un cert patró de disminució d'aquesta quan es realitza la prova amb lent o primes respecte els valors obtinguts a ull nu, però no arriba a ser estadísticament significativa



Gràfica 2 Variació de la sensibilitat de l'atenció visual en front de la condició d'observació

Variació de la sensibilitat per la distància d'observació

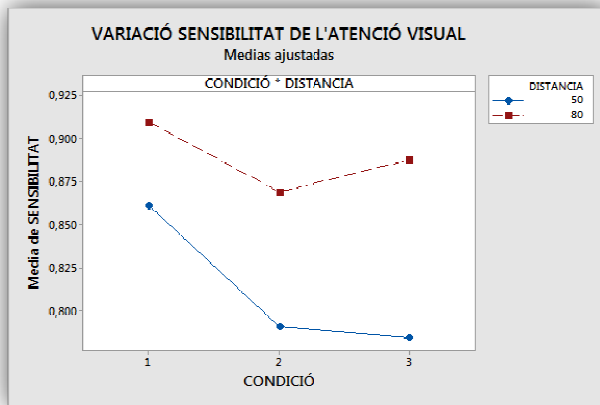
El p-valor de la "distància de visualització" (0.002) és inferior al nivell de significació. Es pot afirmar que hi ha evidències suficients per considerar que l'atenció visual, pel que fa a la sensibilitat, es veu condicionada per la variació de la distància d'observació.



Gràfica 3 Variació de la sensibilitat de l'atenció visual en front de la distància d'observació

Variació de la sensibilitat per la influència combinada de la condició i la distància d'observació

Si considerem la variació de la distància i la condició com una única interacció a estudiar de forma conjunta, trobem que el p-valor (0.647) és superior al nivell de significació, per tant la mostra no aporta evidències suficients com per dir que els valors de la sensibilitat depenguin de la variació d'aquesta combinació.



Gràfica 4 Representació dels valors de sensibilitat per a les 3 condicions (1,2 i 3) i per a les diferents distàncies (en blau, distància de realització de 50cm. En vermell distància de 80cm).

TEMPS

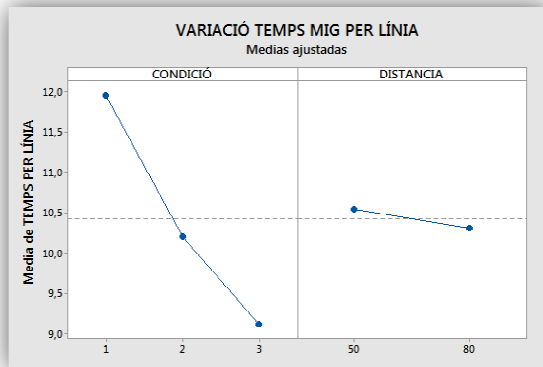
A continuació es mostra l'estudi comparatiu de les mitjanes del temps emprat per resoldre cada pantalla del test d'atenció visual amb les diferents condicions d'observació i distància. Aquest paràmetre també pot ajudar a concloure com varia l'atenció visual enfront el grau d'acomodació i convergència, ja que com més augmenti la dificultat de visualització major serà el temps emprat per resoldre el test.

TEMPS	GL	SC AJUST	NC AJUST	VALOR F	VALOR P
OBSERVADOR	15	276.499	18.4333	3.58	0.000
CONDICIÓ	2	131.211	65.6056	12.75	0.000
DISTANCIA	1	1.290	1.2900	0.25	0.618
CONDICIÓ*DISTÀNCIA	2	0.387	0.1933	0.04	0.963
ERROR	75	385.797	5.1440		
TOTAL	95	795.184			

Taula 7 Resultats d'aplicar una Anova de model lineal general sobre els valors del temps mig per línia de la Taula 8 Annexes. Només el p-valor té rellevància per el tipus d'estudi que es realitza.

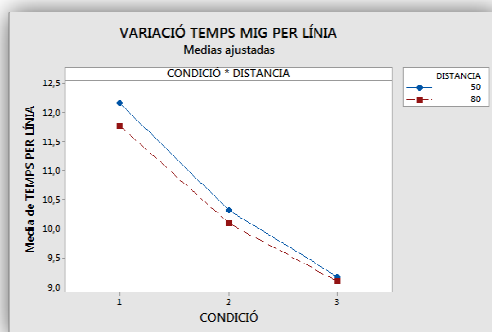
El p-valor de la "condició de visualització" (0.000) sembla demostrar de manera rotunda que la mostra aporta evidències suficients per considerar que el temps emprat per resoldre cada pantalla està condicionat per la variació del estímul acomodatiu o de convergència.

El p-valor de la "distància de visualització" (0.618) és superior al nivell de significació. Es pot afirmar que la mostra no aporta evidències suficients per considerar que el temps de resposta es vegi condicionat per la variació de la distància d'observació.



Gràfica5 Variació del temps mig utilitzat per resoldre cada pantalla del test, a l'esquerra en funció de la condició d'observació i a la dreta en funció de la distància.

Si considerem la variació de la distància i la condició com una única interacció a estudiar de forma conjunta, trobem que el p-valor és superior al nivell de significació, per tant la mostra no aporta evidències suficients com per dir que els valors del temps depenguin de la variació d'aquesta combinació.



Gràfica6 Representació del temps emprat per línia per a les 3 condicions (1,2 i 3) i per a les diferents distàncies (en blau, distància de realització de 50cm. En vermell distància de 80cm).

DISCUSSIÓ CONCLUSIÓ

Un dels principals problemes que s'ha demostrat que poden provocar un cert nivell d'astenopia en la visualització d'imatges estereoscòpiques és la independència entre el punt d'acomodació i el de convergència. En la visualització d'imatges 3D amb ulleres anaglífiques el punt d'acomodació es manté constant sobre la pantalla, mentre el punt de convergència variarà segons la disparitat dels estímuls. En condicions normals el pla d'acomodació i de convergència coincideixen en el mateix punt, i és un dels mecanismes que, entre altres causes, ens ajuda a estimar la distància als objectes. Aquesta incongruència pot generar malestar visual que pot afectar a altres capacitats com l'atenció.

En aquest treball s'ha analitzat l'efecte sobre l'atenció visual selectiva i sostinguda que té augmentar la discrepància entre acomodació i convergència.

A partir de les dades obtingudes de la sensibilitat, i tenint en compte els resultats de tots els participants, podem concloure que no existeixen prou evidències com per afirmar, amb contundència, que la variació entre el punt d'acomodació i de convergència provoqui cap alteració en els resultats de la sensibilitat de l'atenció visual. Sí que és cert que si analitzem les dades trobem un cert patró de disminució d'aquesta quan es realitza la prova amb lent o primes respecte els valors obtinguts a ull nu, però la disminució de l'atenció no es veu compromesa en excés. Probablement l'astenopia causada pels estímuls no era suficientment gran com per arribar a provocar una disminució l'atenció selectiva; el punt de convergència només s'allunyava 29.302mm del pla d'enfoc en el cas més extrem, s'haurien d'haver utilitzat disparitats més grans i valors prismàtics i diòptrics més grans per forçar una major incongruència visual.

Alhora de realitzar el test amb les condicions 2 i 3, els participants es queixaven que la dificultat semblava major que la de la mateixa tasca amb la condició 1, tot i que al moment semblaven adaptar-se i realitzar la prova sense gaire més complicació, tal i com ho demostra la diferència quantitativa entre aquestes sensibilitats en l'ANOVA. Tot i això les diferències no semblen ser prou grans com per poder acabar de demostrar que les variables tenen un cert grau de dependència (el p-valor, encara que petit, és força superior al nivell de significança). Gràficament sí que es pot observar el fet que comentaven els participants, la sensibilitat es veu reduïda lleugerament en les condicions 2 i 3. A més també es pot apreciar com la sensibilitat és lleugerament més reduïda amb la utilització de lents que augmenten la demanda acomodativa, que no pas amb l'augment de la convergència. *Gràfica 2*

El que sí sembla tenir una repercussió sobre l'atenció és la distància d'observació a la que es realitza el test. Aquest fenomen pot ser degut a diversos factors. Per una banda al disminuir la distància, augmentem les demandes acomodatives y de convergència, podent arribar a causar un deteriorament major de la capacitat de concentració a la llarga (atenció sostinguda); encara que s'ha de contemplar l'opció que aquesta variable realment no provoqui un efecte directe sobre la disminució de l'atenció a causa del fenomen de discrepància entre acomodació i convergència, sinó que simplement amb la disminució de la distància la excentricitat dels estímuls perifèrics encara és major, amb la qual cosa són més difícils de ser vistos binocularment, i per tant, s'ha d'aplicar més esforç per poder-los apreciar estereoscòpicament, esforç que pot provocar el deteriorament de la sensibilitat de l'atenció visual.

Un dels problemes de l'estudi el trobem a l'hora d'analitzar la sensibilitat en funció de la condició però tenint present la distància de realització de la prova *Gràfica 4*. La tendència de la disminució de la sensibilitat no és la mateixa per a les diferents distàncies; quan es visualitza el test a 50cm, la sensibilitat es veu més compromesa, respecte la obtinguda amb la condició 1, quan el subjecte portava els prismes; en canvi quan es realitzava a 80cm, la disminució de la sensibilitat és més pronunciada

amb la utilització de lents. Aquest petit desajust provoca que a nivell estadístic encara costi més d' assolir els valors necessaris per considerar que les variables són condicionants per a la sensibilitat.

Si seguim analitzant les dades més enllà i realitzem un estudi post-hoc (*Taula 9 Annexes*), numèricament obtenim algunes evidències que poden ser apreciades a la *gràfica 4*, com que la major diferència entre sensibilitats es troba entre la obtinguda en la condició 1 a 80cm, i les obtingudes amb la condició 2 i 3 a 50cm; tot i que entre aquestes dues (condicions 2 i 3, a 50 cm) pràcticament no hi ha diferències significatives (igual que tampoc les hi ha entre la condició 1 a 50cm i la condició 2 a 80cm).

Si comparem els temps mitjos emprats per a resoldre cada pantalla del test de cada persona en les diferents condicions i distàncies, s'obté que el temps requerit té dependència de la condició d'observació, encara que no en té de la distància. A simple vista, sembla lògic concloure que si augmentem les demandes visuals tant de convergència com d'acomodació, l'observador ha de fer més esforç per poder observar l'estímul i per tant el temps requerit també es pot haver incrementat. Però si ens fixem detingudament en les dades estadístiques, veiem un fet sorprenent: tot i que el temps és condicionat per la condició, aquest és major quan la persona visualitzava el test a ull nu, és a dir els temps són menors en la realització de la tasca amb prismes i lents *Gràfica 6*.

Per poder raonar aquest fet només podem dir que la disminució en els temps mitjos de resposta poden ser conseqüència d'un efecte d'aprenentatge. Com s'ha parlat anteriorment, el disseny de l'estudi intentava evitar l'alteració dels resultats per l'efecte d'aprenentatge, mitjançant la distribució de diferents ordres d'execució per als diferents grups de participants i diferents dies de realització per a cada prova. Tot i això, els observadors poden haver desenvolupat un cert efecte d'aprenentatge; tot i no recordar ben bé el funcionament ni la tasca, la seva confiança davant la realització de la prova pot haver augmentat, i per tant a l'hora de marcar la resposta correcta no inverteixen tant de temps, disminuint així el temps en les proves amb prisma i lents. Una altre possible explicació, encara que menys convincent seria el fet que l'augment de la demanda d'acomodació o de convergència empitjorés tant les condicions visuals que els observadors no poguessin distingir correctament els estímuls i marquessin gairebé al l'atzar les seves respostes, cosa que no és el cas, ja que la mitja d'encerts és força semblant entre les diferents condicions.

ESTUDIS FUTURS

A partir dels resultats d'aquest estudi es plantegen noves vies per estudiar i millorar, l'experiència de visualització tridimensional, analitzant la resta de factors que poden condicionar i empitjorar aquesta; així com l'excentricitat i la disparitat dels estímuls.

Convindria per tant el disseny d'un model de programa semblant al "bdpq 3D" que facilités les dades del estudi (encerts, omissions, falses alarmes i rebutjos correctes) no per línia sinó per excentricitat dels caràcters.

Un altre treball consistiria en trobar el grau de disparitat que el sistema visual és capaç de fusionar i percebre estereoscòpicament per cada excentricitat. Per tal de fer-ho, simplement caldria augmentar la mida d'un estímul bicromàtic (vermell/cian). Com més gran es fes més separació entre la imatge que percep un ull i la que percep l'altre: més disparitat retiniana, el que causaria un major o menor apropament/allunyament de la imatge respecte la pantalla. Per tant, s'hauria d'augmentar la mida fins que l'observador indiqués no percebre l'estímul fusionat, sinó diplopíicament. La prova es realitzaria en posició primària de mirada, i posteriorment serien comparats els resultats amb posicions excèntriques



de mirada. D'aquesta manera també es podria comprovar si és cert que els estímuls vistos en disparitat creuada provoquen més fàcilment astenopia que no pas els de disparitat no creuada.

BIBLIOGRAFIA

REFERÈNCIES

¹Manuel Armenteros, Anto J.Benítez. "Representación visual en las películas 3D estereoscópicas:punto de interés, foco y punto de convergencia" 2013

²A. Estévez-González a, C. García-Sánchez b, C. Junqué. "La atención: una compleja función cerebral". 1997

³D.Burin,M.Drake y P.Harris. "Evaluación Neuropsicológica en Adultos. Editorial Paidós". 2007

⁴ Maghaly González. "Estereopsis y test de estereopsis".2012

⁵José Luís Álvarez, Montserrat Tàpias. Apunts "Motilitat i percepció binocular2012"

⁶Kooi i Toet. "Visual comfort of binocular and 3D displays".2004

⁷Takashi Shibata, Joohwan Kim, David M. Hoffman, Martin S. Banks. "The zone of comfort: Predicting visual discomfort with stereo displays Vision". 2011

<http://www.luriapsicologia.com/mediateca/TRAB08%20DAH%20en%20adultosPWP.pdf>

<http://www.usal2.tizaypc.com/contenidos/contenidos/6/Evaluacion%20de%20la%20atencion.pdf>

<http://www.imo.es/2011/07/13/como-desarrollamos-la-vision-estereoscopica/#.UsYLLfTuJ7x>

<http://es.slideshare.net/tomaxxx99/estereopsis-y-test-de-estereopsis>

Ley protección de datos: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1999-23750>

<http://www.aeoptometristas.es/wordpress/?p=3959>

GRÀFIQUES

Gràfica 1 Línea de demanda de la relació l'esforç acomodatiu-vergències necessari per a cada distància. Takashi Shibata, Joohwan Kim, David M. Hoffman, Martin S. Banks. "The zone of comfort: Predicting visual discomfort with stereo displays Vision". 2011

Gràfiques obtingudes a partir del tractament de dades amb el Minitab:

Gràfica2 Variació de la sensibilitat de l'atenció visual en front de la condició d'observació

Gràfica 4 Representació dels valors de sensibilitat per a les 3 condicions (1,2 i 3) i per a les diferents distàncies (en blau, distància de realització de 50cm. En vermell distància de 80cm).

Gràfica 3 Variació de la sensibilitat de l'atenció visual en front de la distància d'observació

Gràfica 5 Variació del temps mig utilitzat per resoldre cada pantalla del test, a l'esquerra en funció de la condició d'observació i a la dreta en funció de la distància.

Gràfica 6 Representació del temps emprat per línia per a les 3 condicions (1,2 i 3) i per a les diferents distàncies (en blau, distància de realització de 50cm. En vermell distància de 80cm).

Taules

Taula 1 Juan Carlos Ondategui Parra, 2010. Universitat politècnica de Catalunya. Optometria: manual de exámenes clínicos.

Taula 2 Càlculs de la posició on és vist l'estímul respecte la pantalla.

Taula 3 Full de dades processat pel programa "bdpq 3D".

Taula 4 valors de sensibilitat de cada observador per a les diferents condicions i distàncies.

Taula 5 Resultats d'aplicar una Anova de model lineal general sobre els valors de sensibilitat.

Taula 5 Resultats d'aplicar una Anova de model lineal general sobre els valors de sensibilitat de la Taula 8.

Taula 7 Resultats d'aplicar una Anova de model lineal general sobre els valors del temps mig per línia de la Taula 8.

Taula 8 Annexes Recull de dades que ofereix el programa organitzades per ser tractades amb qualsevol programa estadístic.

Taula 9. Annexes Estudi post-hoc de les dades de sensibilitat.

Taules 10 Annexes Estadística descriptiva.

Taula 12 Plantilla recollida de dades.

TAULA 11 Recull de dades examen optomètric.

ANNEXES

Taula 8 Recopilatori de dades procesades a partir de les obtingudes pel programa "bdpq3D". Ordenades per ser estadísticament amb Minitab 1.7

GE NE RE	E D A T	D I P	OBSE RVAD OR	CO NDI CIÓ	DIST ANC IA	SENS IBILIT AT	ESPE CIFICI TAT	TEMPS PROMIG PER LINEA	TEMP S TOTA L	EN CE RTS	OMI SIO NS	FALSAS ALARM ES	REBUTJO S CORRECT ES
1	2	5	1	1	50	0,95	0,95	21.234	424.679	1,9	0,1	1	19
1	1	7	2	1	50	0,80	0,965	11.485	229.696	1,6	0,4	0,7	19,3
2	2	5	3	1	50	0,63	0,962	13.302	266.031	1,25	0,75	0,75	19,25
2	1	8	4	1	50	1,00	0,997	6.241	124.824	2	0	0,05	19,95
1	1	9	5	1	50	1,00	0,95	12.126	242.523	2	0	1	19
1	1	6	6	1	50	1,00	0,95	12.306	246.122	2	0	1	19
2	2	5	7	1	50	0,88	0,98	12.834	256.683	1,75	0,25	0,4	19,6
2	2	7	8	1	50	1,00	0,992	8.875	177.493	2	0	0,15	19,85
1	1	3	9	1	50	1,00	0,95	10.992	219.840	2	0	1	19
1	2	0	10	1	50	0,33	0,972	10.608	212.154	0,65	1,35	0,55	19,45
2	2	5	11	1	50	1,00	0,982	16.339	326.782	2	0	0,35	19,65
2	2	5	12	1	50	1,00	0,947	11.649	232.975	2	0	1,05	18,95
1	4	8	13	1	50	0,95	1	9.947	198.938	1,9	0,1	0	20
1	2	9	14	1	50	0,83	0,99	14.068	281.352	1,65	0,35	0,2	19,8
1	2	9	15	1	50	0,83	0,99	14.068	281.352	1,65	0,35	0,2	19,8
2	2	6	16	1	50	0,60	0,952	8.412	168.234	1,2	0,8	0,95	19,05
1	2	5	1	1	80	1,00	0,95	11.721	234.423	2	0	1	19
2	2	5	2	1	80	0,75	0,975	18.460	387.6	1,5	0,5	0,5	19,5

	1	7							67					
2	2	5					0,962		231.5					
	4	0	3	1	80	0,70	5	11.577	33	1,4	0,6	0,75	19,25	
2	2	5							143.2					
	1	8	4	1	80	1,00	1	7.162	36	2	0	0	20	
1	2	5							188.4					
	1	9	5	1	80	1,00	0,95	9.424	76	2	0	1	19	
1	2	5					0,957		224.0	1,8				
	1	6	6	1	80	0,93	5	11.203	60	5	0,15	0,85	19,15	
2	2	5							224.9					
	2	4	7	1	80	1,00	1	11.248	56	2	0	0	20	
2	2	5							365.0	1,8				
	2	2	7	8	1	80	0,93	0,98	18.255	94	5	0,15	0,4	19,6
1	2	5							192.7					
	1	1	3	9	1	80	1,00	0,95	9.636	11	2	0	1	19
1	2	5					0,917		324.1					
	1	2	9	10	1	80	0,45	5	16.209	80	0,9	1,1	1,65	18,35
2	2	5							194.3					
	2	1	9	11	1	80	1,00	1	9.719	74	2	0	0	20
2	2	5					0,947		253.8					
	2	1	6	12	1	80	1,00	5	12.693	67	2	0	1,05	18,95
1	2	5							173.7					
	1	3	7	13	1	80	1,00	1	8.685	07	2	0	0	20
1	2	5							229.0					
	1	3	9	14	1	80	0,85	1	11.453	50	1,7	0,3	0	20
2	2	5							189.8	1,9				
	2	2	8	15	1	80	0,98	0,955	9.494	80	5	0,05	0,9	19,1
2	2	6							227.3	1,9				
	2	2	0	16	1	80	0,98	0,95	11.365	02	5	0,05	1	19
1	2	5					0,947							
	1	6	5	1	2	50	1	5	11.160		2	0	1,05	18,95
1	2	5					0,52	0,952			1,0			
	1	1	9	2	2	50	5	5	10.498	5	0,95	0,95	19,05	
2	2	5					0,957							
	2	4	0	3	2	50	0,6	5	15.754		1,2	0,8	0,85	19,15
2	2	5												
	2	1	7	4	2	50	1	0,995	6.837		2	0	0,1	19,9
1	2	6												
	1	1	0	5	2	50	1	0,95	9.171		2	0	1	19
1	2	5					0,67	0,962			1,3			
	1	1	6	6	2	50	5	5	10.417	5	0,65	0,75	19,25	
2	2	5					0,52				1,0			
	2	4	5	7	2	50	5	1	10.218	5	0,95	0	20	
2	2	5												
	2	2	5	8	2	50	1	1	13.904		2	0	0	20

	2	7											
1	1	6	9	2	50	0,55	0,955	9.449	1,1	0,9	0,9	19,1	
1	2	0	10	2	50	0,425	0,9575	8.857	0,85	1,15	0,85	19,15	
2	1	9	11	2	50	0,925	1	12.634	1,85	0,15	0	20	
2	1	6	12	2	50	1	0,955	8.764	2	0	0,9	19,1	
1	4	8	13	2	50	0,975	0,9975	7.492	1,95	0,05	0,05	19,95	
1	1	9	14	2	50	0,875	0,9875	11.109	1,75	0,25	0,25	19,75	
2	2	7	15	2	50	1	0,95	8.816	2	0	1	19	
2	2	3	16	2	50	0,575	0,95	10.012	1,15	0,85	1	19	
1	6	5	1	2	80	1	0,945	12.709	2	0	1,1	18,9	
1	1	9	2	2	80	0,875	0,9975	8.886	1,75	0,25	0,05	19,95	
2	4	0	3	2	80	0,65	0,9575	12.344	1,3	0,7	0,85	19,15	
2	1	7	4	2	80	1	0,9975	5.443	2	0	0,05	19,95	
1	1	0	5	2	80	1	0,95	9.580	2	0	1	19	
1	1	6	6	2	80	0,775	0,955	7.513	1,55	0,45	0,9	19,1	
2	4	5	7	2	80	0,9	0,995	15.855	1,8	0,2	0,1	19,9	
2	2	7	8	2	80	1	1	11.266	2	0	0	20	
1	1	6	9	2	80	0,525	0,955	9.860	1,05	0,95	0,9	19,1	
1	2	0	10	2	80	0,475	0,9525	10.190	0,95	1,05	0,95	19,05	
2	1	9	11	2	80	1	0,995	9.043	2	0	0,1	19,9	
2	1	6	12	2	80	1	0,95	8.940	2	0	1	19	
1	4	8	13	2	80	0,975	1	7.356	1,95	0,05	0	20	
1	2	5	14	2	80	0,75	0,995	13.152	1,5	0,5	0,1	19,9	

		1	9												
2	2	2	5	15	2	80	1	0,95	9.363		2	0	1	19	
2	2	2	6	16	2	80	0,97	0,955	9.852		1,9	5	0,05	0,9	19,1
1	1	6	5	1	3	50	0,55	0,955	11.619		1,1	0,9	0,9	19,1	
1	1	1	9	2	3	50	0,6	0,957	7.961		1,2	0,8	0,85	19,15	
2	2	4	0	3	3	50	0,72	0,967	10.618		1,4	5	0,55	0,65	19,35
2	2	1	7	4	3	50	1	1	7.133		2	0	0	20	
1	1	1	0	5	3	50	1	0,95	9.519		2	0	1	19	
1	1	1	6	6	3	50	0,95	0,957	7.951		1,9	0,1	0,85	19,15	
2	2	4	5	7	3	50	0,42	0,997	9.267		0,8	5	1,15	0,05	19,95
2	2	2	7	8	3	50	0,97	0,997	12.019		1,9	5	0,05	0,05	19,95
1	1	1	6	9	3	50	0,8	0,955	8.880		1,6	0,4	0,9	19,1	
1	1	2	0	10	3	50	0,42	0,972	8.035		0,8	5	1,15	0,55	19,45
2	2	1	9	11	3	50	0,97	0,997	8.415		1,9	5	0,05	0,05	19,95
2	2	1	6	12	3	50	1	0,952	9.010		2	0	0,95	19,05	
1	1	4	8	13	3	50	0,97	0,995	8.866		1,9	5	0,05	0,1	19,9
1	1	1	9	14	3	50	0,67	0,99	9.205		1,3	5	0,65	0,2	19,8
2	2	2	7	15	3	50	0,97	0,952	10.717		1,9	5	0,05	0,95	19,05
2	2	2	3	16	3	50	0,5	0,955	7.402		1	1	0,9	19,1	
1	1	6	5	1	3	80	0,75	0,955	10.570		1,5	0,5	0,9	19,1	
1	1	1	9	2	3	80	0,87	0,955	9.749		1,7	5	0,25	0,9	19,1
2	2	4	0	3	3	80	0,8	0,967	8.538		1,6	0,4	0,65	19,35	
2	2	2	5	4	3	80	0,97	0,997	5.837		1,9	0,05	0,05	19,95	

	1	7				5	5			5			
1	2	6											
1	1	0	5	3	80	1	0,95	8.641		2	0	1	19
1	2	5	6	3	80	1	0,952						
1	1	6	6	3	80	1	5	20		2	0	0,95	19,05
2	2	5	7	3	80	5	0,97			1,9			
2	4	5	7	3	80	5	1	10.268		5	0,05	0	20
2	2	5	8	3	80	1	1						
2	2	7	8	3	80	1	1	11.323		2	0	0	20
1	2	5	9	3	80	5	0,97			1,9			
1	1	6	9	3	80	5	0,97	10.114		5	0,05	0,6	19,4
1	2	6	10	3	80	5	0,47			0,9			
1	2	0	10	3	80	5	0,965	10.178		5	1,05	0,7	19,3
2	2	5	11	3	80	1	1						
2	1	9	11	3	80	1	1	10.894		2	0	0	20
2	2	5	12	3	80	5	0,97			1,9			
2	1	6	12	3	80	5	0,952	9.237		5	0,05	0,95	19,05
1	2	5	13	3	80	1	1						
1	4	8	13	3	80	1	1	7.993		2	0	0	20
1	2	5	14	3	80	5	0,82			1,6			
1	1	9	14	3	80	5	0,992	12.166		5	0,35	0,15	19,85
2	2	5	15	3	80	0,9	0,95						
2	2	7	15	3	80	0,9	0,95	9.780		1,8	0,2	1	19
2	2	6	16	3	80	5	0,67			1,3			
2	2	3	16	3	80	5	0,955	10.101		5	0,65	0,9	19,1

Taula 9. Estudi post-hoc de les dades de sensibilitat. compara de dos en dos conbinacions de distancia i condició visual. La condició que més es diferència és la condició 3 i 2 a 50 cm amb la condició 1 a 80 cm, en la distància de 50cm. Les dades de sensibilitat més semblants són les trobades en la comparació entre la condició 2 i 3 a 50 cm.

Diferencia de

CONDICIÓ*DISTANCIA niveles	Diferencia de medias	EE de diferencia	IC simultáneo de 95%	Valor T	Valor p ajustado
(1 80) - (1 50)	0,0484	0,0414	(-0,0727; 0,1696)	1,17	0,849
(2 50) - (1 50)	-0,0703	0,0414	(-0,1915; 0,0508)	-1,70	0,537
(2 80) - (1 50)	0,0078	0,0414	(-0,1133; 0,1290)	0,19	1,000
(3 50) - (1 50)	-0,0766	0,0414	(-0,1977; 0,0446)	-1,85	0,441
(3 80) - (1 50)	0,0266	0,0414	(-0,0946; 0,1477)	0,64	0,987
(2 50) - (1 80)	-0,1188	0,0414	(-0,2399; 0,0024)	-2,87	0,058
(2 80) - (1 80)	-0,0406	0,0414	(-0,1618; 0,0805)	-0,98	0,922
(3 50) - (1 80)	-0,1250	0,0414	(-0,2462; -0,0038)	-3,02	0,039
(3 80) - (1 80)	-0,0219	0,0414	(-0,1430; 0,0993)	-0,53	0,995
(2 80) - (2 50)	0,0781	0,0414	(-0,0430; 0,1993)	1,89	0,418
(3 50) - (2 50)	-0,0063	0,0414	(-0,1274; 0,1149)	-0,15	1,000

Taules 10 *Estadística descriptiva*

CONDICIÓ	SENSIBILITAT (promig)
1	0.8852
2	0.8297
3	0.8315

DISTÀNCIA	SENSIBILITATA (promig)
50	0.8120
80	0.8885

SUBJECTE	SENSIBILITATA (promig)
1	0.8750
2	0.7375
3	0.6833
4	0.9958
5	1.000
6	0.8875
7	0.783
8	0.9833
9	0.8083
10	0.4292
11	0.9833
12	0.99583
13	0.97917
14	0.8000
15	0.9548
16	0,7167

L'estadística mostra com un dels subjectes, el número 10, s'allunya força de la mitja. En un principi es va arribar a descartar de l'estudi per tal que el model quedés més ajustat i les variables fossin més dependents (p-valor més baixos), tot i que seguien actuant de la mateixa manera,: la condició com a factor no condicionant de la sensibilitat, i la distància com a condicionant.



NºPACIENT	NOM	DNI	EDAT (anys)	DIP (mm)	RX UD(e sf) (D)	RX UD(cil) (D)	RX UD (eix) (º)	RX UE (esf) (D)	RX UE(cil) (D)	RX UE (eix) (º)	AV (vl)	AV(u d)	AV(u e)	AV (vp) (D)	FÒRIA (vl) (DP)	FÒRIA (vp) (DP)	CRN(vl) (DP)	CRP(vl) (DP)	CRN(vp) (DP)	CRP(vp) (DP)	FLEX.VERG.(cp m)VP	AMPL.A.DONDERS (D)	AMPL.A.SHEARD (D)	ARN (D)	ARP (D)	FLEX.ACOM. BINO (cpm)	RETRD (MEM) (D)	ESTEREO PSI	GRUP
1	DANIEL BERMEJO	53083728	25	55	-0,25	-0,75	110	-0,25	-1,25	90	1,2	1,2	1,2	1	0	-2	08/12/05	13/24/12	16/18/11	X/30/15	22	9	10,25	3	-3,5	18	0,5	60"	1
2	YOUSSEF BARROUHOU	47742441	21	57	-1,5	-1	10	-1,5	-0,75	80	1,2	1,2	1,2	1	0	0	X/7/3	X/15/7	18/24/20	X/24/18	11	11	12	3,75	-5,75	13	0,75	60"	2
3	NEREA CASTELLANO	46986710	23	50	0	-0,75	180	0	-0,75	180	1,2	1,2	1,2	1	2	3	X/12/8	X/24/12	X/30/12	14/16/14	22	9,75	8,3	4	-4,25	16	1	60"	1
4	ROCÍO LÓPEZ	46464394	21	57	0	-0,25	145	0	-0,5	180	1,2	1,2	1,2	1	1	0	X/7/4	X/8/3	12/21/9	23/30/29	22	10	9,75	3	-5,75	8	0,5	60"	2
5	ISAAC FONT	53651199	21	59,5	-3,5	0	0	-4,25	0	0	1,2	1,2	1,2	1	3	3	X/7/4	X/X/X	X/17/10	X/X/X	12	14	10	3,5	-8	9	1	60"	1
6	DAVID PÉREZ	47953394	21	56	-0,25	-0,25	50	-0,75	0	0	1	1	0,6	1	2	0	X/12/9	X/12/8	X/7/5	X/14/8	18	8	7	2,5	-6	15	0,25	60"	2
7	NOELIA ESTERICH	47915567	24	60	-0,25	0	0	-0,25	0	0	1,2	1,2	1,2	1	0	-3	05/12/06	10/23/12	9/16/11	X/33/30	13	10	10	3	-3,75	7	1	60"	1
8	PATRICIA RUBIO	47333667	22	57	-4,25	-0,5	40	-4,5	-0,5	140	1	0,8	0,9	1	-1	0	X/11/4	13/18/13	12/18/14	0	25	10	4	2,5	-4	4	1	60"	2
9	PABLO FONTANS	53191580	21	56	-1,25	-0,25	90-1,25	-1,25	-0,25	90	1,2	1,2	1,2	1	0	-2	X/5/3	07/12/09	X/17/9	X/23/9	17	10	10	3,5	-4	11	0,5	60"	3
10	MANEL LARROSA	47181918	22	60	-1	-1,25	173	-1,5	-1	3	1,2	1,2	1,2	1	1	1	X/15/8	X/17/11	X/22/10	24/30/24	22	9	6,75	3,5	-7,5	9	0,5	60"	4
11	TATIANA ÀLAVA	53833000	21	59	-2	0	0	-2	0	0	1,2	1	1,2	1	-1	0	X/14/11	X/24/12	X/24/12	X/38/32	13	9	9	4,75	-7	14	0,75	15"	3
12	MARINA ORTEGA	46484676	21	55	-0,75	0	0	-1,25	0	0	1,2	1,2	1,2	1	2	1	9/16/5	11/14/10	X/14/12	X/22/18	21	8	7,5	2	-4,25	10	0,25	60"	4
13	DANIEL PARRA	39925792	24	58	-2	-1,75	175	-2	-1,25	175	1,2	1,2	1,2	1	-1	-4	X/11/5	13/16/13	X/6/1	X/27/17	13	8	7,25	1,75	-3,25	7	1,25	60"	3
14	CARLOS MARTÍ	47953726	22	59	-0,25	-1	0	-0,25	-1,25	20	1,2	1,2	1,2	1	-2	-3	X/10/4	X/18/14	X/18/7	X/16/10	17	11	9	3,5	-4	9	1,25	30"	4
15	ALBA HURTADO	47333624	22	57	-9	0	0	-8,5	0	0	1	1	0,9	1	-2	-1	X/12/6	36/38/14	X/17/8	X/34/16	21	12	10	2,75	-4,75	15	0,5	60"	3
16	CARLA DE HERAS	47892000	22	63	0,5	-1,25	180	0,5	-1,25	0	1	1	1	1	-1	-2	X/14/7	12/14/12	13/20/10	24/28/23	24	10	8	3,5	-5,75	10	1	30"	4

TAULA 11 Recull de dades examen optomètric

ID	1a Prova				2a Prova								3a Prova							
					LENTS				PRISMES				LENTS				PRISMES			
	30	60	60	30	30	60	60	30	30	60	60	30	30	60	60	30	30	60	60	
1♂	1(GRUP)																			
2♂	2(GRUP)																			
3♀	1(GRUP)																			
4♀	2(GRUP)																			
5♂	1(GRUP)																			
6♂	2(GRUP)																			
7♀	1(GRUP)																			
8♀	2(GRUP)																			
9♂	3(GRUP)																			
10♂	4(GRUP)																			
11♀	3(GRUP)																			
12♀	4(GRUP)																			
13♂	3(GRUP)																			
14♂	4(GRUP)																			
15♀	3(GRUP)																			
16♀	4(GRUP)																			

Taula 12 Plantilla recollida de dades