



GRAU EN ÒPTICA I OPTOMETRÍA

TRABALL FINAL DE GRAU

COMPARACIÓ DE L'AGUDESA VISUAL EN VISIÓ DE PROP I VISIÓ DE LLUNY SOTA DIFERENTS IL·LUMINANTS EN UNA MOSTRA DE POBLACIÓ DE 18 A 30 ANYS

LAURA OLIVER BARRÀS

DIRECTORA: Aurora Torrents Gómez
TUTORA: María Sagrario Millán
DEPARTAMENT D'ÒPTICA I OPTOMETRIA DE TERRASSA



GRAU EN ÒPTICA I OPTOMETRÍA

El Sr./Sra. Aurora Torrents Gómez, com a tutor/a del treball y el Sr./Sra. Maria Sagrario Millán com a director/a del treball,

CERTIFIQUEN

Que el Sr./Sra. Laura Oliver Borràs ha realitzat sota la seva supervisió el treball treball Comparació de l'agudesesa visual en visió de prop i visió de lluny sota diferents il.luminants en una mostra de població de 18 a 30 anys 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/a Aurora Torrens Gómez

Sr/a María Sagrario Millán

Director/a del TFG

Director/a del TFG

Sr./Sra.

Sr./Sra.

Tutor/a del trabajo

Director/a del trabajo

Terrassa, 7 de maig de 2019



GRAU EN ÒPTICA I OPTOMETRÍA

TÍTOL DEL TRABALL

Comparació de l'agudesia visual en visió de prop i visió de lluny sota diferents il·luminants en una mostra de població adulta

RESUM EN CATALÀ

L'objectiu d'aquest estudi és saber si l'agudesia visual (AV) varia segons el color de llum en que s'il·lumina el test tant en visió de lluny com visió de prop en un rang de població entre els 18 i els 25 anys.

Per a dur-ho a terme hem buscat 13 pacients (8 dones i 5 homes) els quals tenen una AV de la unitat en el millor ull amb la millor correcció (aquesta correcció en el cas de portar-ne no pot portar filtres especials ni ajuda pe a la VP):

El material que hem utilitzat han sigut 4 llums LED's (blanc, blau, verd i vermell) i la llum del laboratori.

A tots els pacients se'ls hi ha mesurat l'AV en VP (visió propera) i en VLL (visió de lluny) amb llum blanca, blava, verda i vermella de manera que hem obtingut 8 mesures per a cada un dels pacients.

Un cop fetes les proves, s'han analitzat els resultats i s'han obtingut les següents conclusions.

L'AV obtinguda per llum blava ha estat la més baixa, seguit per la de olor verd i la de color Vermell, que ha estat la que millor AV ha proporcionat. També hem pogut veure com l'AV en VLL és menor que l'AV en VP.

Aquests fets no concorden amb el que hem pogut veure en la informació cercada prèviament. Alguns resultats no esperables són que l'AV en VLL hauria de ser superior a l'AV en VP i no és així i en que la AV sota llum blava és la que pitjor resultats dona.

En l'apartat de conclusions hi ha explicats els motius pels quals els resultats han sortit diferents al esperables. É l més destacable és que la simulació de la visió de lluny realment no funciona com hauria i per tant els resultats tampoco o serán.



GRAU EN ÒPTICA I OPTOMETRÍA

TÍTOL DEL TRABALL

Comparació de l'agudesia visual en visió de prop i visió de lluny sota diferents il·luminants en una mostra de població adulta

RESUM EN CASTELLÀ

El objetivo de este estudio es saber si la agudeza visual varía según el color de luz en que estemos mirando tanto en visión de lejos como visión de cerca en un rango de población entre los 18 y los 25 años.

Para llevarlo a cabo hemos buscado 13 pacientes (8 mujeres y 5 hombres) los cuales tienen una AV de la unidad en el mejor ojo con la mejor corrección (esta corrección, en el caso de llevar, no puede llevar filtros especiales ni ayuda para la VP).

El material que hemos utilizado han sido 4 luces LEDs (blanco, azul, verde y rojo) y la luz del laboratorio.

A todos los pacientes se les ha medido la AV en VP y en VLL con luz blanca, azul, verde y roja de manera que obtenemos 8 medidas para cada uno de los pacientes.

He buscado información sobre el AV, la visión cromática, la relación ACA y la aberración cromática del ojo para saber qué resultados podíamos esperar.

Una vez hechas las pruebas, hemos situado los resultados en una tabla y en una serie de gráficas a partir de las que hemos podido extraer las siguientes conclusiones.

Lo que hemos visto es que el AV al mirar en luz de color azul o mejor dicho bajo las ondas de longitud baja es inferior, seguido por las ondas de color verde y las de color rojo que son las que mejor AV dan. También hemos podido ver como la AV en VLL es menor que la AV en VP.

Estos hechos no concuerdan con lo que hemos podido ver en la información buscada previamente. Algunos resultados no esperables son que la AV en VLL debería ser superior a la AV en VP y no es así y en que la AV bajo luz azul es la que peores resultados mujer.

En el apartado de conclusiones hay explicados los motivos por los que los resultados han salido diferentes al esperables.



GRAU EN ÒPTICA I OPTOMETRÍA

TÍTOL DEL TRABALL

Comparació de l'agudesia visual en visió de prop i visió de lluny sota diferents il·luminants en una mostra de població adulta

RESUM EN ANGLÈS

The objective of this study is to know if visual acuity varies according to the color of light in which we are looking both in far vision and close vision in a population range between 18 and 25 years.

To carry it out we have to look for 13 patients (8 women and 5 men) who have a AV of the unit in the best eye with the best correction (this correction in the case of carrying it can not bring special filters help for VP):

The material we have used has been 4 LEDs (white, blue, green and red) and the light of the laboratory.

All AV patients in VP and VLL were measured with white, blue, green and red light so that we get 8 measures for each patient.

I have searched for information about AV, chromatic vision, ACA relationship and chromatic aberration of the eye to find out what results we could expect.

After the tests, we have located the results in a table and in a series of graphs from which we have been able to extract the following conclusions.

What we have seen is that the AV when looking in blue light or better under the waves of low length is inferior, followed by the waves of green color and those of red color that are the ones that better AV give. We have also seen how AV in VLL is less than AV in VP.

These facts do not match what we have seen in previously searchable information. Some unexpected results are that AV in VLL should be higher than AV in VP and that is not the case and the AV under blue light is the worst result it gives.

The conclusions section explains the reasons why the results have come different than expected.



RESUM EXTENS EN ANGLÈS

INTRODUCTION

The objective of this work is to know the AV in far and near vision for white, blue, green and red light for a certain age range between (18 to 25 years).

For this we have used 13 subjects (8 women and 5 men) with visual acuity of 1 in at least one of the eyes with the best correction.

The glasses or LC in case of wearing them should not have any special treatment for computer screens or any type of help for the near vision. As well as not having problems for color vision. The tests that have been done have been to measure the AV in far vision and near vision with white, blue, green and red light so that in the end we have 8 measurements for each individual.

In the first place, we have looked for information that will help you to know the possible results of these measures as well as the difficulties with which we could find ourselves.

Specifically, we have information on the operation of color vision, on AV tests, on the chromatic aberration of the eye, on what happens if there is a defect in color vision and the ACA relationship.

RANGE OF COLORS

To understand the vision of color, we must know how we see colors based on wavelength. According to this, they are named in different ways. Longer to shorter wavelengths are: gamma radiation, x-rays, ultraviolet rays (UV), visible radiation, infrared rays, microwaves and radio waves. The visible radiation is that set of waves whose length is between 780 and 380 nm. Within this range we find all the colors.

When the incident light is light in all visible wavelengths, the color we perceive is white.

OPERATION OF COLOR VISION

In the retina we can find 3 types of neurons that intervene differently in vision. These 3 layers are cel. main photoreceptor cells, cel. Bipolar cells and ganglion cells.

The layer where the stimulation occurs from which the electronic impulses are given is the outermost layer where the cells are located. main photoreceptor cells.

Here we can find cones and canes.

The canes are those that are in charge of seeing the white-black with a maximum point of sensitivity in 500 nm. These are found in the non-foveal retina, as we move away from the fovea these go in augmento. In smaller quantity we find the cones. These are the ones in charge of the vision of color. They are found in the fovea and their number decreases as we move towards the periphery

There are 3 types of cones according to the wavelength to which they are most sensitive. The cones are sensitive to blue (10%), M sensitive to green (30%) and S sensitive to red (60%).



A small number of lymph node cells are known to participate in the vision of blue. This fact makes that the smallest number of blue sensitive cones is compensated and the vision of the colors should have an equal VA in any of them.

AV TEST

The AV test is the system we have to measure the ability of an individual to identify small details. There are various tests such as Snellen's E, contrast sensitivity and Landolt's C and various ways to measure it, log MAR, MAR, decimal. The test we will use is the Landolt C in decimal.

This test consists of letters C placed consecutively in horizontal lines.

The overtures of the letters are located in different positions. As we go down the paper the size of the letters is decreasing and you can still guess where the overture is that the VA is higher.

CHROMÀTIC ABERRATION OF THE EYE

The eye is an optical system of 60 D, but not perfect. It has some imperfections that appear in the form of aberrations. The one that concerns us is the chromatic aberration in which, when white light strikes the eye, it is not able to carry all the wavelengths at the same point. The blue waves cross before reaching the retina and the red converges afterwards so that the green converges just in the retina.

RELACIÓ ACA

The ACA relationship relates 3 factors, convergence, AM and pupillary diameter. When looking at a nearby object the lens is curved to acquire more power to be able to focus at 33 cm. The visual axes have to converge at the same point to see correctly and to be able to overlap 2 images of the same point. The third point is the pupil which dilates slightly but this fact does not intervene as much as the other two.

The ideal ratio is $d'1D$ of Am per 4V of convergence if the relationship is not correct, the patient could have problems to see in near vision, either by excess or insufficiency d'Am.

he tests have been carried out in the laboratory of the university.

MATERIAL

The material that we have used is:

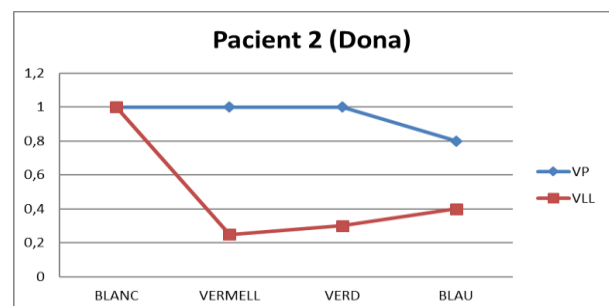
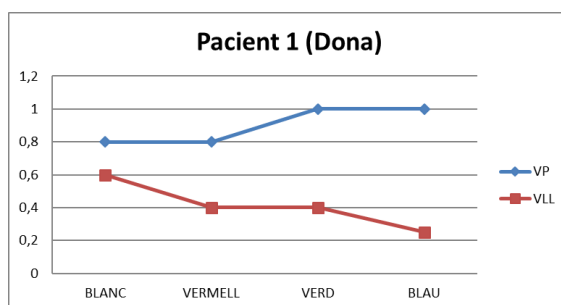
- LED's white, green, blue and red
- + 3D lens
- Eye patch
- Landolt C test calibrated to 33 cm and 5 m

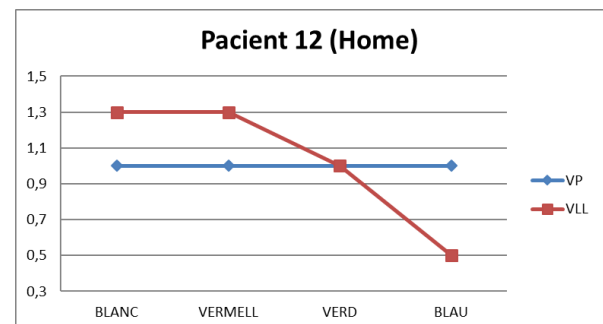
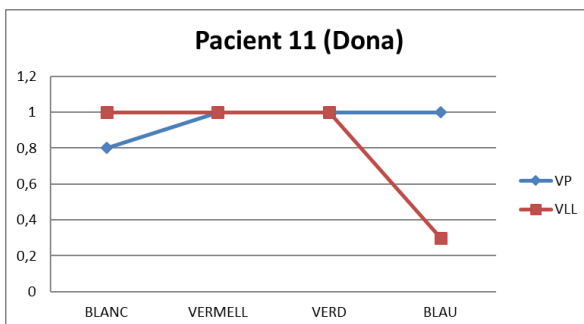
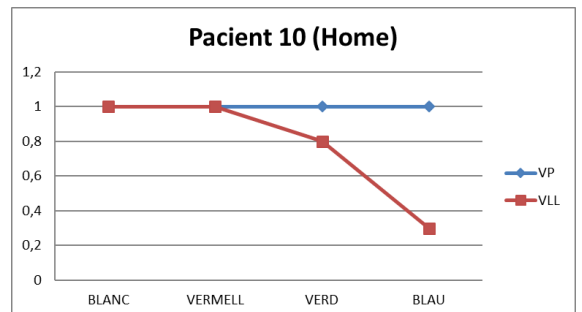
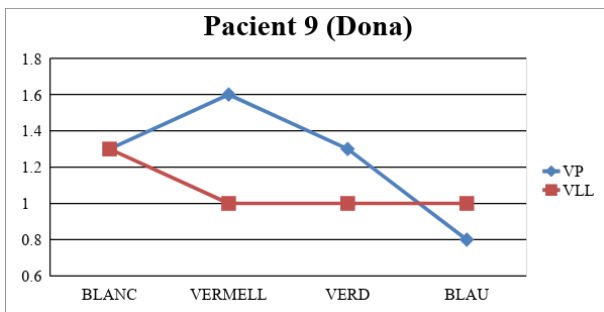
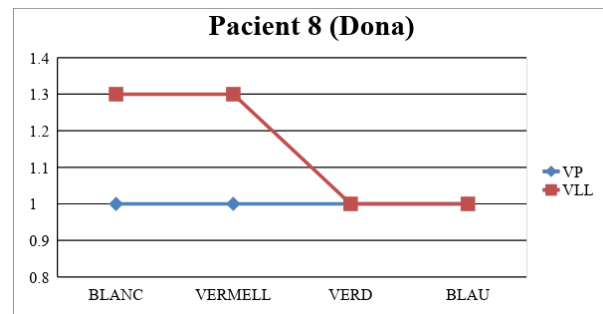
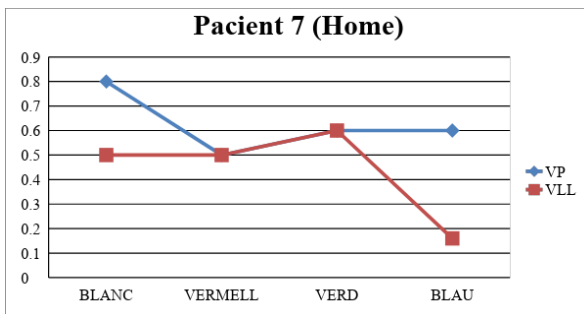
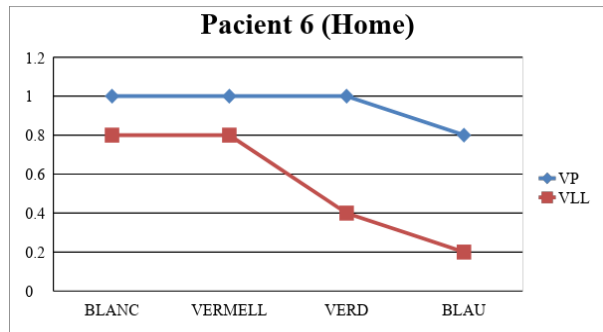
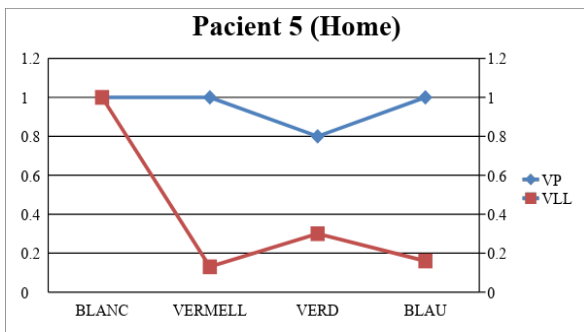
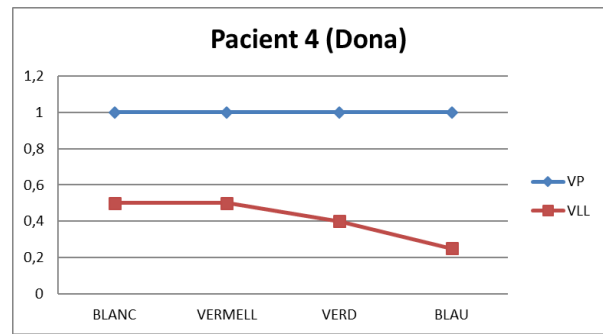
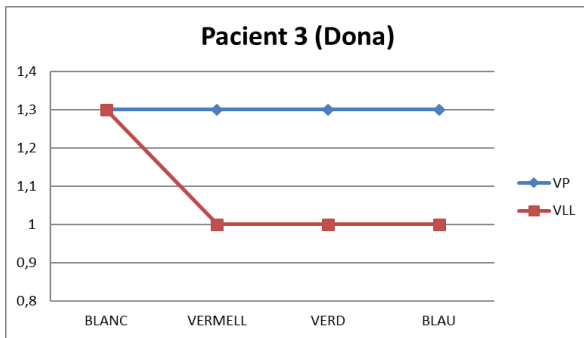
PROCEDURE

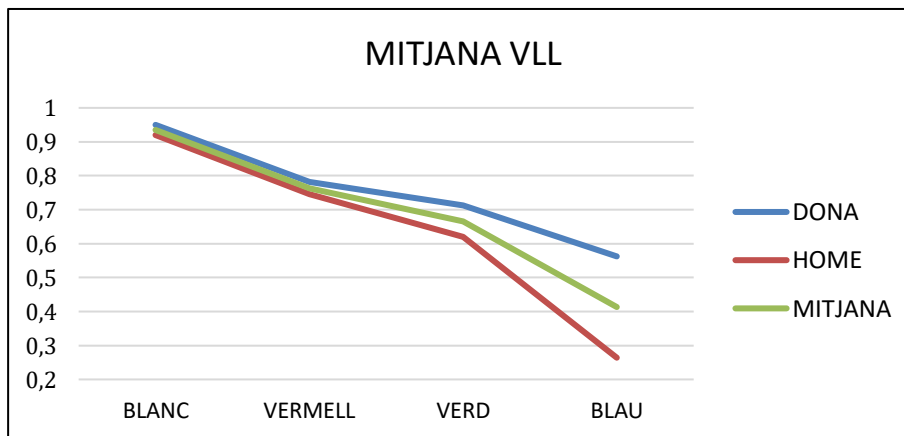
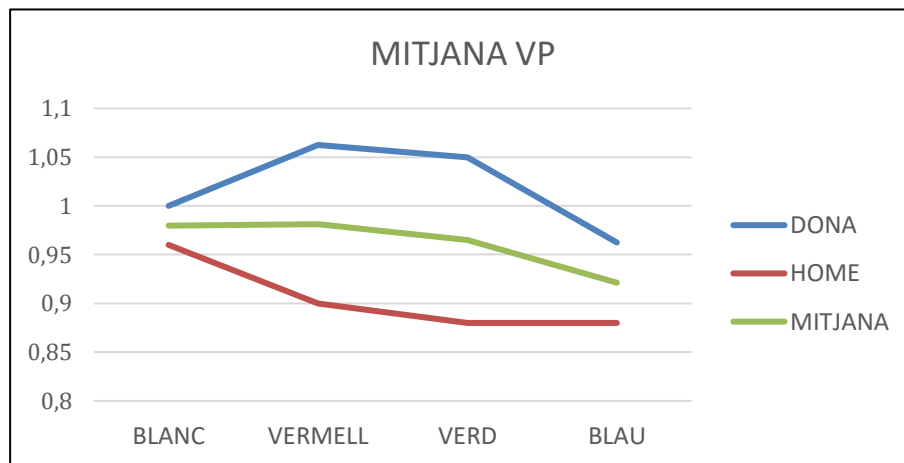
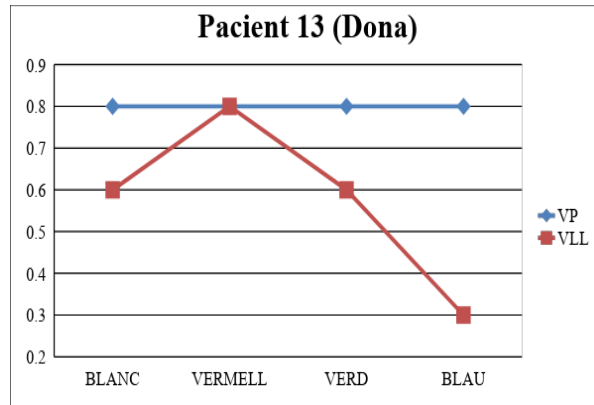
The patient had to cover her not so good eye with the patch and it should be placed at 5m from the test at which time AV was taken in far vision for the target. Then it was placed in front of the test at 33 cm. The 3 D lens was placed before simulating far vision and focusing with the blue, green and red LEDs the AV was mediated. This last procedure was repeated for AV close up in both white and the other 3 colors.

RESULTS

	VP				VLL			
	BLANC	VERMELL	VERD	BLAU	BLANC	VERMELL	BLAU	VERD
Dona	0.8	0.8	1.0	1.0	0.6	0.4	0.4	0.25
Dona	1.0	1	1	0.8	1	0.25	0.3	0.4
Dona	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1	1	1
Dona	1	1	1	1	0.5	0.5	0.4	0.25
Home	1	1	0.8	1	1	0.13	0.3	0.16
Home	1	1	1	0.8	0.8	0.8	0.4	0.2
Home	0.8	0.	0.6	0.6	0.5	0.5	0.6	0.16
Dona	1	1	1	1	1.3	1.3	1	1
Dona	1.3	1.6	1.3	0.8	1.3	1	1	1
Home	1	1	1	1	1	1	0.8	0.3
Dona	0.8	1	1	1	1	1	1	0.3
Home	1	1	1	1	1.3	1.3	1	0.5
Dona	0.8	0.8	0.8	0.8	0.6	0.8	0.6	0.3









CONCLUSIONS

There are 3 facts to highlight.

VA in far vision is less than near vision and less than expected. This fact can have several explanations although the most important one is that the simulation of the far vision putting the + 3D lens before is not as ideal as we would expect.

Now, this could be due to the fact that the individual does not manage to relax / accommodate the whole quantity by putting the +3 lens before it or that when the light has to pass through another medium, some kind of aberration occurs.

Another fact that we found is that the VA in the blue color is much lower than expected for both men and women and for far vision and near vision. The reason that seems more reasonable is the exhaustion of the visual system due to one of the electronic devices that the young population does.

The third result to comment is that VAs except in white are higher in women than in men, This according to some studies could be because 12% of the female population would have 4 types of cones.

QUESTIONS

Following the conclusions we have some doubts.

What system could we use so that the visual acuities in far vision would be the same or the theoretical ones? We could take the AV all with the test at 5 m but it would be expensive.

One would have to investigate how long-term screens affect the vision of blue.

Can it be shown exactly because women's AV is higher?

Because the vision under red light more to the patients and instead is the best VA gives?



ÍNDEX	Nº
pàg	
1. Introducció	2
2. Objectius	2
3. Funcionament de la visió del color.....	2
3.1. Rangs de colors.....	2
3.2. Funcionament de cons i bastons.....	3
4. Test d'agudesa visual.....	4
4.1. Test d'Agudesa visual C de Landolt.....	4
5. Aberració cromàtica de l'ull.....	4
6. Metodologia.....	5
6.1. Participants.....	5
6.2. Material.....	5
6.3. Preparació.....	6
6.4. Precaucions.....	6
6.5. Procediment	6
7. Resultats	7
8. Conclusions	15
9. Agraïments	19
10. Bibliografia.....	20
11. Web grafia	20



1. INTRODUCCIÓ

L'estudi es basa en la comparació i posterior anàlisi de l'agudesa visual sota diferents colors tant en visió de lluny com en visió de prop.

En primer lloc, s'ha buscat informació sobre l'AV cromàtica, les aberracions cromàtiques, el funcionament de la visió del color i els resultats normals per a què, un cop tinguem les dades, ens ajudi a saber si aquests són els esperables o no i els seus motius.

2. OBJECTIUS

L'objectiu d'aquest treball és comprovar si l'agudesa visual de les persones varia en funció de la longitud d'ona o color que il·lumina el test sota el qual estigui mirant. En concret es comprova sota llum, blanca, verda, vermella i blava tant en visió de lluny com en visió de prop amb el test de la C de Landolt.

La visió de lluny la imularem en un banc òptic mitjançant una lent positiva que relaxi l'acomodació pel que també comprovarem si l'AV visual de lluny amb llum natural és igual a la visió de lluny simulada.

3. FUNCIONAMENT DE LA VISIÓ DEL COLOR

3.1. Rangs de colors

En primer lloc hem d'explicar com funciona la visió segons la longitud d'ona de la llum.

La llum es compon d'ones electromagnètiques de diferent longitud i freqüència. Segons aquests dos paràmetres es classifiquen en radiacions gamma, raigs x, raigs ultravioleta (UV), radiació visible, raigs infrarojos (IR), microones i ones de radio. Sent la primera d'elles les radiacions amb la longitud d'ona més llarga i les ones de radio la longitud més curta.

La radiació visible doncs, és la que es comprèn entre les següents longituds d'ona, 780nm i 380nm. Algunes persones però, poden veure ones més curtes.

Dins d'aquest rang de longituds d'ones es troben les longituds d'ona de tots els colors. Basant-nos per el nostre treball principalment en 3 colors. Dins aquest rang de radiacions visibles, el vermell és la longitud d'ona més llarga (entre 618 i 780nm, punt més alt en 650), seguit del color verd (entre 497 i 570 nm) i el blau que està comprès entre 427 i 476nm.

La llum natural està compresa per tot aquest rang de manera que el color resultant que percebem és el blanc. Com a dada, cal dir que existeix un fenomen natural (l'arc de Sant Martí) que descompon la llum natural i això fa que percebem tots els colors que componen la llum visible.

3.2. Funcionament de cons i bastonets

En primer lloc, abans d'explicar l'AV, els tests que hi ha per mesurar-la etc, hem de tenir clar el procés que es dona per a que la visió del color tingui lloc.

Com s'observa en la fotografia, la capa més exterior de la retina, la qual té melanina i està en contacte amb la coroides és la porció nerviosa de la retina.

La porció nerviosa es divideix en 3 capes de neurones: cèl·lules fotorreceptores principals, cel.lules bipolars i cèl·lules ganglionars, situades desde l'exterior fins l'interior.

Les cèl·lules que "inicien" la visió son les cèl·lules fotorreceptores. La informació es recull per les cèl·lules bipolar i posteriorment per les ganglionars que a través dels seus axons envien la informació cap al disc òptic o punt cec. Existeixen les cèl·lules horitzontals que permeten connexions laterals i cèl·lules amacrines que permeten el traspàs d'informació de les bipolars a les ganglionars.

Com hem dit, les cèl·lules fotorreceptores principals son les encarregades en 1^a instància de la visió. Aquí estan situats els cons i els bastons.

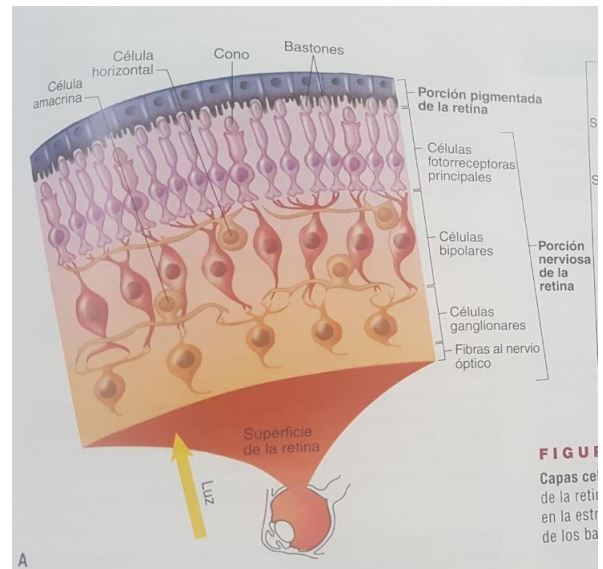
Els bastons estan absents de la fòvea i el seu nombre va augmentant conforme ens allunyem del centre. El seu punt màxim de sensibilitat es troba en les longituds d'ona de 500 nm i són les encarregades de la visió en blanc i negre ja que l'encèfal percep la informació com intensitat de llum.

Els cons son els responsables de la visió del color. Hi ha una major concentració en la fòvea que va disminuint conforme més ens allunyem d'ella. Podem trobar cons sensibles al blau, al verds i al Vermell (suposen respectivamente el 10, 30 i 60 %).

Els cons necessiten una llum més brillant per a la visió. A diferencia dels bastons que una sola cèl·lula bipolar rep la informació de varis bastons, els cons tenen una correspondència de 1-1 al passar la informació a les cèl·lules bipolars.

És per això que la definició de les imatges en color és molt millor.

Tot i que com hem dit les cèl·lules encarregades principalment de la visió del color són les cèl·lules fotorreceptores principals, és sabut que algunes cèl·lules ganglionars també són fotorreceptores al blau. Aquestes envien la informació directament, això ens fa pensar en tot i que el nombre de cons sensibles al blau sigui menor però a que també la seva sensibilitat és major i que algunes cèl·lules ganglionars també el detecten, l'AV en mirar amb llum blava serà de igual qualitat.



Gary A. Thibodeau, Kevin T. Patton, (2007).
ANATOMIA Y FISILOGIA, ed: Elsevier

4. TEST AGUDESA VISUAL

L'agudesia visual és la mesura que utilitzem per valorar la capacitat de l'ull per definir els detalls.

Existeixen diferents tipus de test segons quina sigui la capacitat visual que volem saber.

Hi ha diversos test d'AV com ara el test d'Snellen, test de contrast o test de Landolt que es el que utilitzarem.

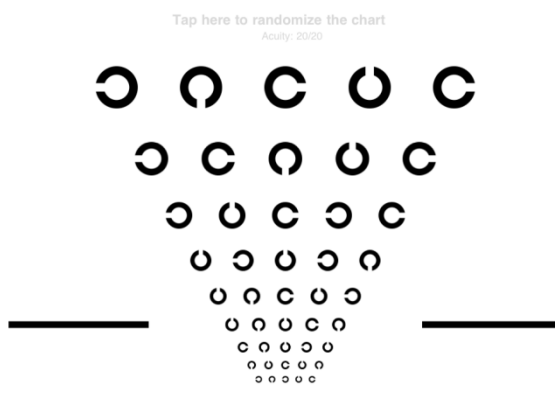
4.1. Test d'Agudesia visual C de Landolt

Aquest test es compon de cercles no tancats (són lletres C) els quals tenen l'obertura en diferents posicions. Les lletres es situen en línies horitzontals i les lletres de cadascuna d'aquestes línies es de menor mida que la línia superior, de manera que conforme més línies puguem dir tindrem major AV.

La forma en la que es mesura l'AV es fent la inversa de l'angle que subtendeix la lletra (obertura de la C) més petita que som capaços de veure.

$$AV = 1/\alpha$$

on α és l'angle que subtendeix la distància més petita que som capaços de veure



El test està ajustat a diverses distàncies, entre les quals farem servir la de 33 cm i la de 6 m.
AV=

5. ABERRACIÓ CROMÀTICA DE L'ULL

L'ull és un sistema òptic compost per la còrnia, cristal·lí, humor aquós i humor vitri capaç d'enfocar un objecte a l'infinít en la retina. Aquest sistema però, no és perfecte i per tant produeix diverses distorsions.

La que ens ocupa en aquest cas és l'aberració cromàtica.

Es produeix per la impossibilitat de l'ull d'enfocar tots els colors en un mateix punt de manera que els diferents colors es poden enfocar en punts diferents.

Així doncs, els colors amb longitud d'ona mitja s'enfoca en el punt però les ones curtes enfoquen abans d'aquest i les ones llargues ho fan després.

Tot i que hi ha lents que intenten tornar a convergir aquests raigs, no ho fan al 100% i sempre queda un valor residual.

Existeixen dos tipus d'aberració cromàtica, la longitudinal i la lateral.



L'aberració cromàtica longitudinal provoca un efecte en les vores de l'objecte vist a través d'una lent de manera que es veuen els contorns amb un color que realment no tenen. És la impossibilitat de la lent per portar els diferents colors cap a un mateix punt focal.

L'aberració cromàtica lateral provoca una major proporció de blanc en la imatge.

6. METODOLOGIA

A continuació explicarem tot el que té relació amb la presa de mesures, des de el material que he utilitzat fins la forma en que es prendran aquestes mesures. Trobarem també un apartat de precaucions en que expliquem algun fet amb el que hem de vigilar si volem que les mesures siguin fiables.

6.1. Participants

- Els participants de l'estudi seran 12, 6 homes i 6 dones, entre 18 i 30 anys. No cal que siguin emmetrops però si és imprescindible que tinguin una AV mínima de 1 en el millor dels ulls portant la millor correcció.
- No poden tenir cap tipus de problema en visió cromàtica.

6.2. Material

El material amb el que comptarem serà el següent:

- LEDs de marca Thorlabs:
 - Llum vermella (Model: M625L3 - 625 nm, 700 mW (Min) Mounted LED, 1000 mA).
 - Llum verda (Model: M530L3 - 530 nm, 350 mW (Min) Mounted LED, 1000 mA).
 - Llum blava (Model: M455L3 - 455 nm, 900 mW (Min) Mounted LED, 1000 mA).
- Lent de +3.00 D
- Mentonera
- Banc òptic
- Test d'Agudesa Visual calibrat a 5 metres
- Test d'Agudesa visual calibrat a 33 cm
- Pegar per l'ull
- Luxòmetre

Com a llum natural utilitzarem la llum del laboratorio

6.3. Simulació de la Visió de lluny

La simulació de la VLL tracta d'enganyar a l'ull i quan aquest estigui mirant a un objecte proper

es pensi que mira a un objecte llunyà.

Com sabem, en mirar en VP (33cm), l'ull té que acomodar 3D per a veure-hi correctament.

Això ho aconseguim quan posem una lent de +3D davant l'ull objecte de l'estudi.



Al posar la lent de +3D, el pacient pot relaxar la vista totalment i la imatge va a parar al punt remot de l'ull si aquest està bé neutralitzat, pel que es simula la visió de lluny.

Cal dir però, que és possible que els pacients es queixin de que no hi veuen prou bé. En aquests casos només haurem d'esperar a que el pacient vegi nítid.

6.4. Preparació

- En primer lloc, amb l'ajuda del luxòmetre, calibrarem les tres llums LED de colors i la llum blanca per a VP mantenint a 33 cm de la mentonera el test d'agudeses visual de prop de manera que la luminància que rep el test situat en el banc òptic sigui igual per a tots els colors.
- Després haurem d'esbrinar l'ull dominant del pacient i tapar-li el no dominant amb el pegat per ulls.

6.5. Precaucions

- S'ha de preguntar primer quin tipus de vidre porten els pacients que porten ulleres. No serien candidats idonis aquells pacients que porten algun tipus de vidre que relaxi l'acomodació en visió de prop. Tampoc poden portar tractament per les pantalles dels ordinadors, ja que aquests alteren la visió dels tons blaus.
- Les mesures a prendre s'hauran de fer sense cap ordre, evitant així la monotonia i l'efecte del cansansi en els pacients.

6.6. Procediment

A continuació començarem a prendre les diferents agudeses visuals, que segons siguin de VLL o VP es mesuraran de la següent manera.

Visió de lluny:

Prendrem l'agudeses visual en VLL amb llum natural situant al pacient a 5 metres del test.

A part, es prendran mesures d'AV en visió de lluny simulada. Per això utilitzarem el banc òptic, El pacient haurà de seure en una cadira en un extrem de la taula de manera que recolzi el front i la barbata en la mentonera. El banc òptic pròpiament dit el situarem just davant de l'ull amb el que havíem mesurat l'agudeses visual de lluny.

Davant de l'ull a examinar demanarem al pacient que aguanti una lent de +3 D.

El suport on prèviament haurem enganxat el test de VP el situarem a 1 metre. Se li demanarà al pacient que miri el test el qual indicarà no veure. A continuació anirem acostant el test al pacient fins que aquest indiqui veure'l bé. Just en aquell moment estarem simulant la visió de lluny, donat que l'acomodació que tindriem que fer per a veure a 33 cm li estem anul·lant amb la lent. És possible que al pacient li costi veure nítid en arribar a 33 cm ja que la seva

capacitat acomodativa encara és prou bona com per veure-hi bé a aquesta distància. És per això que si ja hem arribat a 33 cm i el pacient encara veu borrós ens esperarem el temps que aquest necessiti per que relaxi l'acomodació i vegi nítidament el test.

Aquest procediment s'haurà de repetir per als tres LED's de colors i per al blanc de manera que tindrem les 4 agudeses visuals en VLL.

Visió de prop

Tan sols es prendre l'AV amb les llums LED i amb la llum natural de la mateixa manera que en la VLL però aquesta vegada sense la lent de +3 D, fent que així el pacient acomodi. D'aquesta manera tindrem les 5 mesures restants.

7. RESULTATS

Les dades que hi ha a continuació són els resultats de les Agudeses Visuals dels pacients. A partir d'aquesta taula i amb una sèrie de gràfiques que d'ella es poden extreure, en el punt següent desenvoluparé els conclusions.

	VP				VLL			
	BLANC	VERMELL	VERD	BLAU	BLANC	VERMELL	VERD	BLAU
Dona	0.8	0.8	1.0	1.0	0.6	0.4	0.4	0.25
Dona	1.0	1	1	0.8	1	0.25	0.3	0.4
Dona	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1	1	1
Dona	1	1	1	1	0.5	0.5	0.4	0.25
Home	1	1	0.8	1	1	0.13	0.3	0.16
Home	1	1	1	0.8	0.8	0.8	0.4	0.2
Home	0.8	0.	0.6	0.6	0.5	0.5	0.6	0.16
Dona	1	1	1	1	1.3	1.3	1	1
Dona	1.3	1.6	1.3	0.8	1.3	1	1	1
Home	1	1	1	1	1	1	0.8	0.3
Dona	0.8	1	1	1	1	1	1	0.3
Home	1	1	1	1	1.3	1.3	1	0.5
Dona	0.8	0.8	0.8	0.8	0.6	0.8	0.6	0.3

A continuació tenim les gràfiques amb les agudeses visuals de cada pacient. És a dir, tenim 13 gràfiques, disposades amb igual ordre al que es van prendre les mesures.

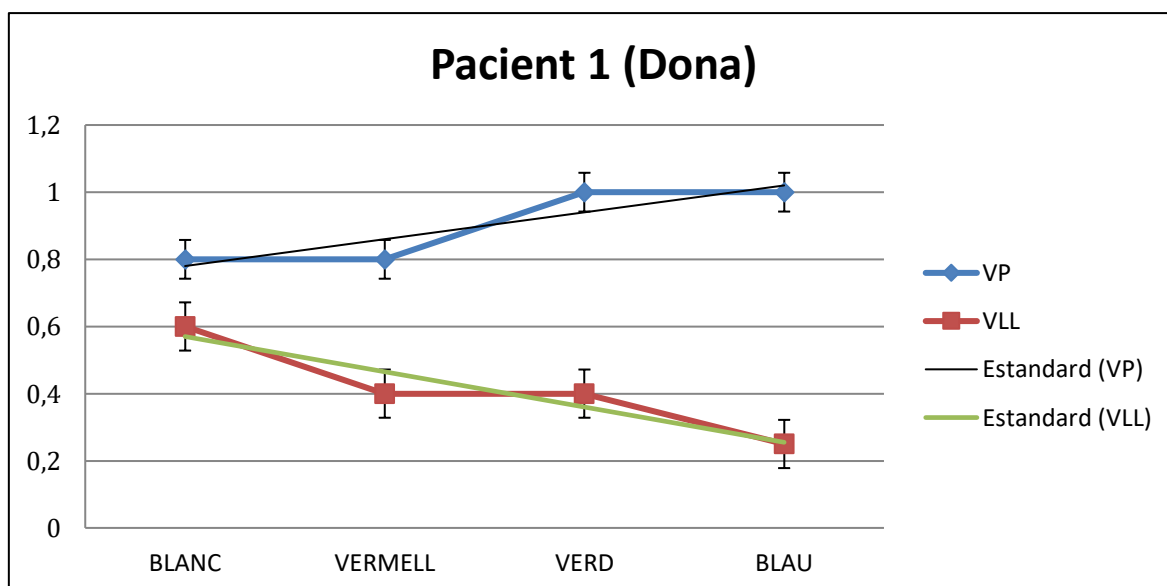
Abans de veure les gràfiques però, explicaré les eines que hem utilitzat en aquestes per extreure una major informació.

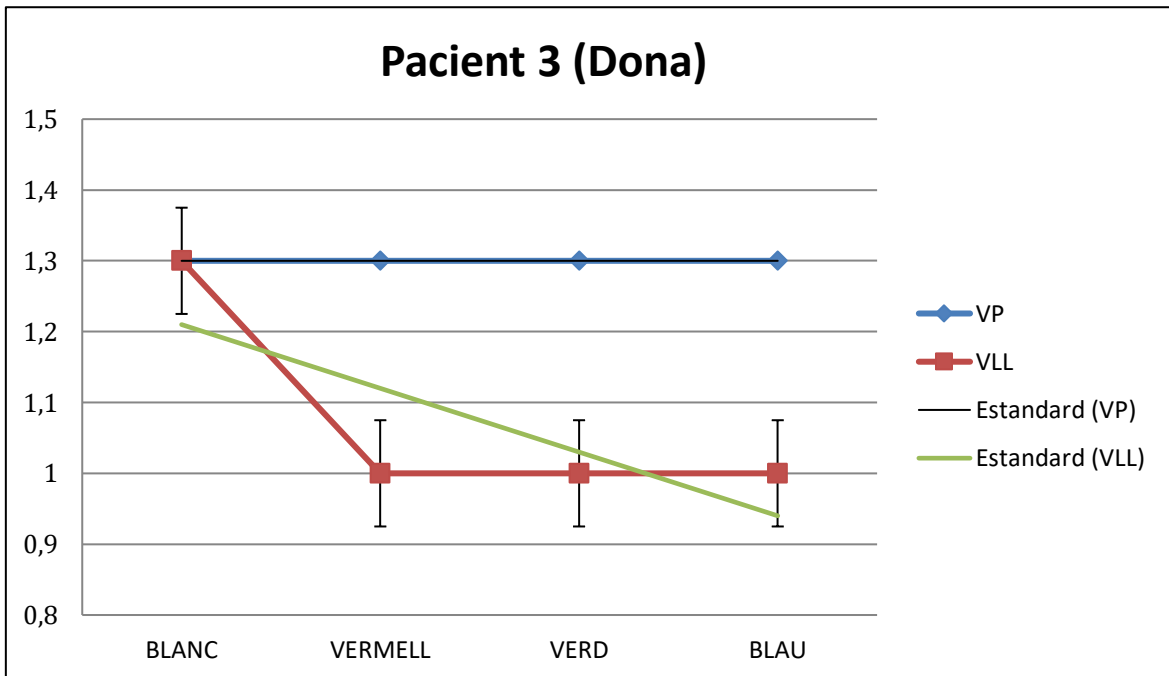
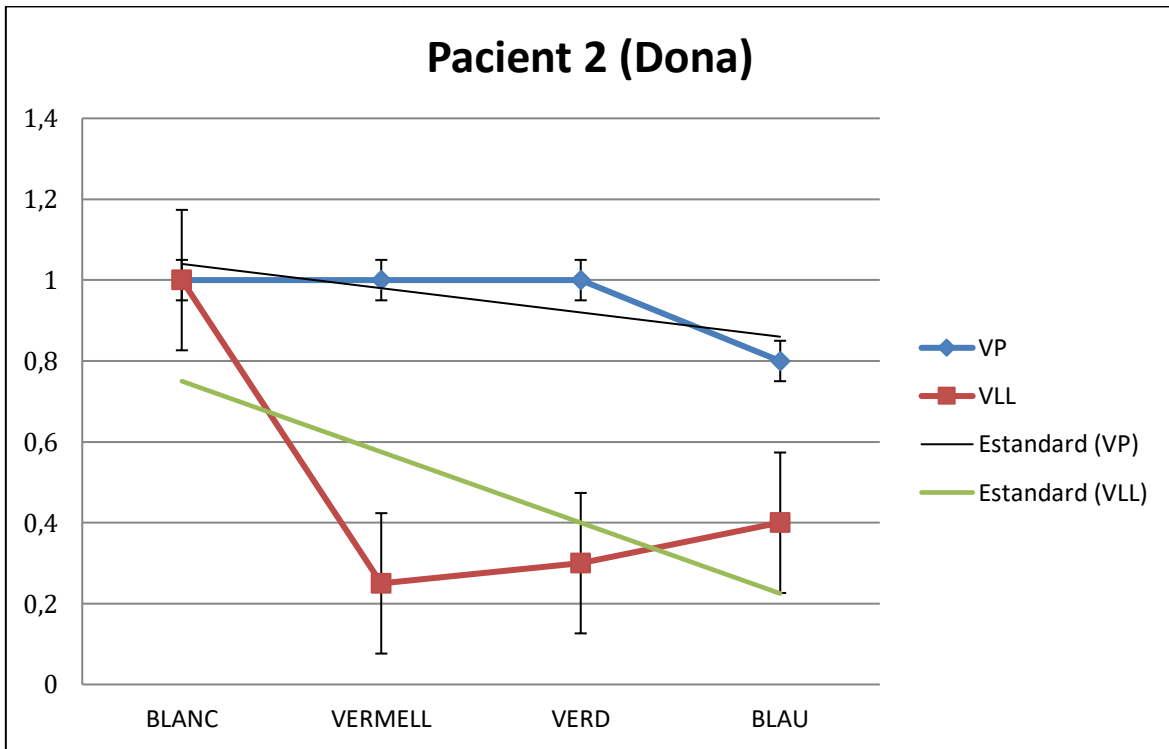
Les barres d'error

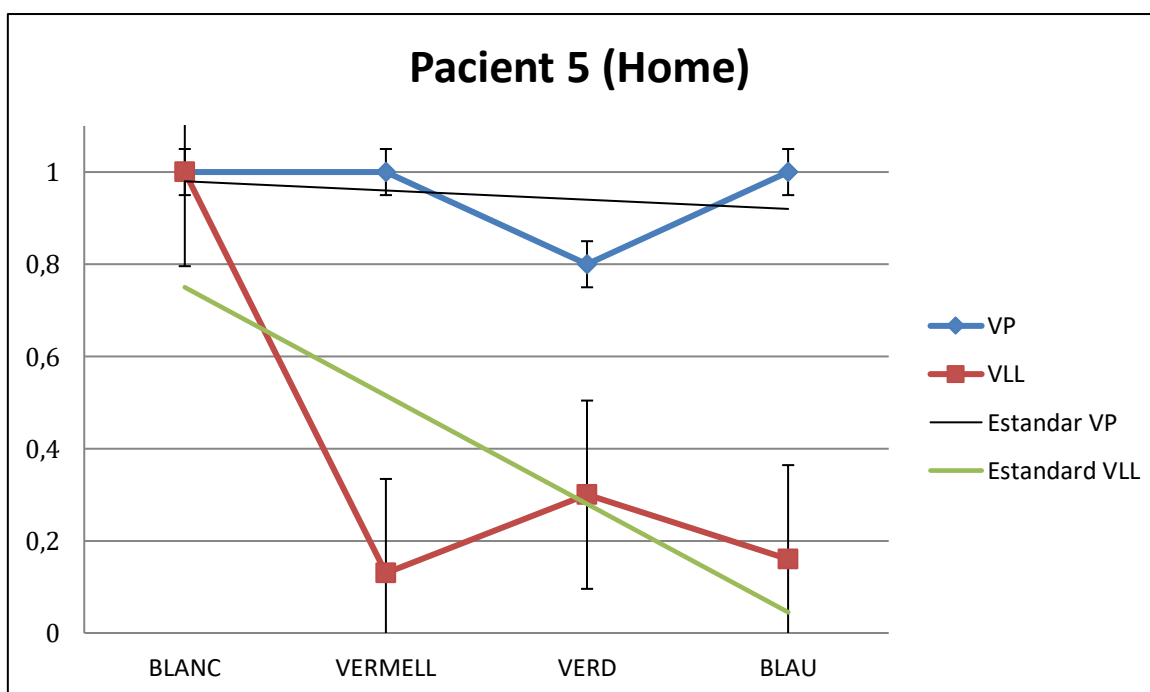
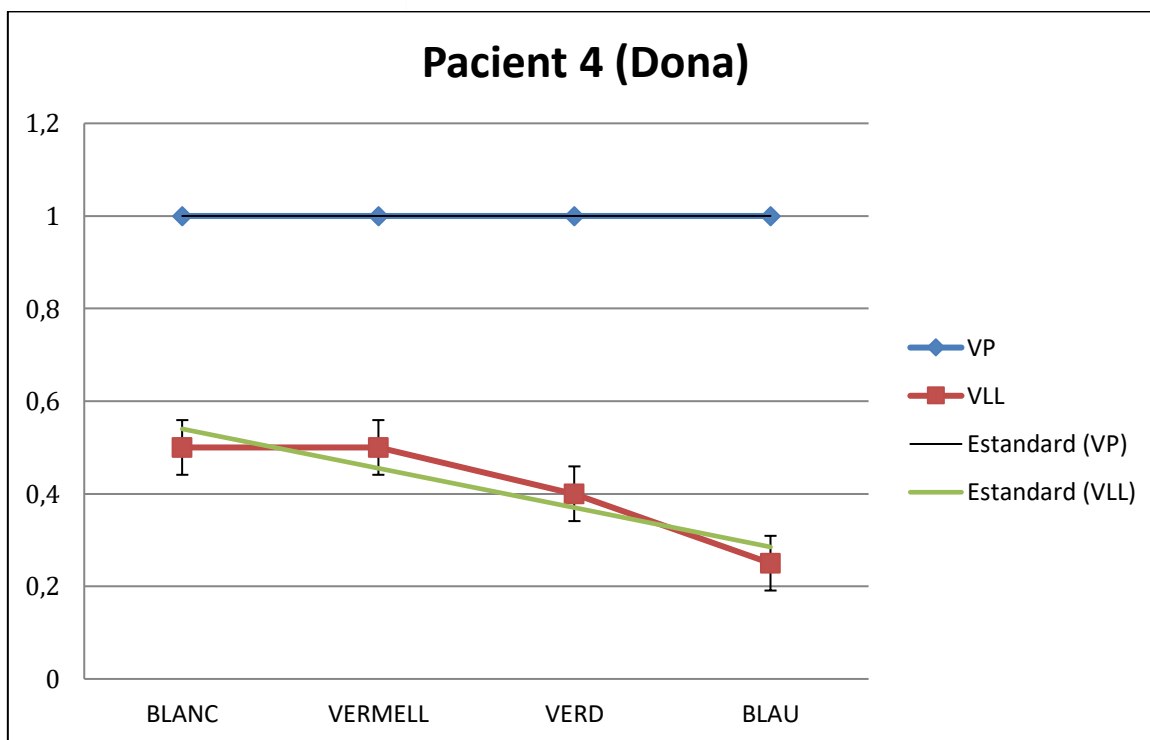
Les barres d'error són les barres verticals que ens mostren l'amplitud del marge d'error per a cadascuna dels diferents colors.

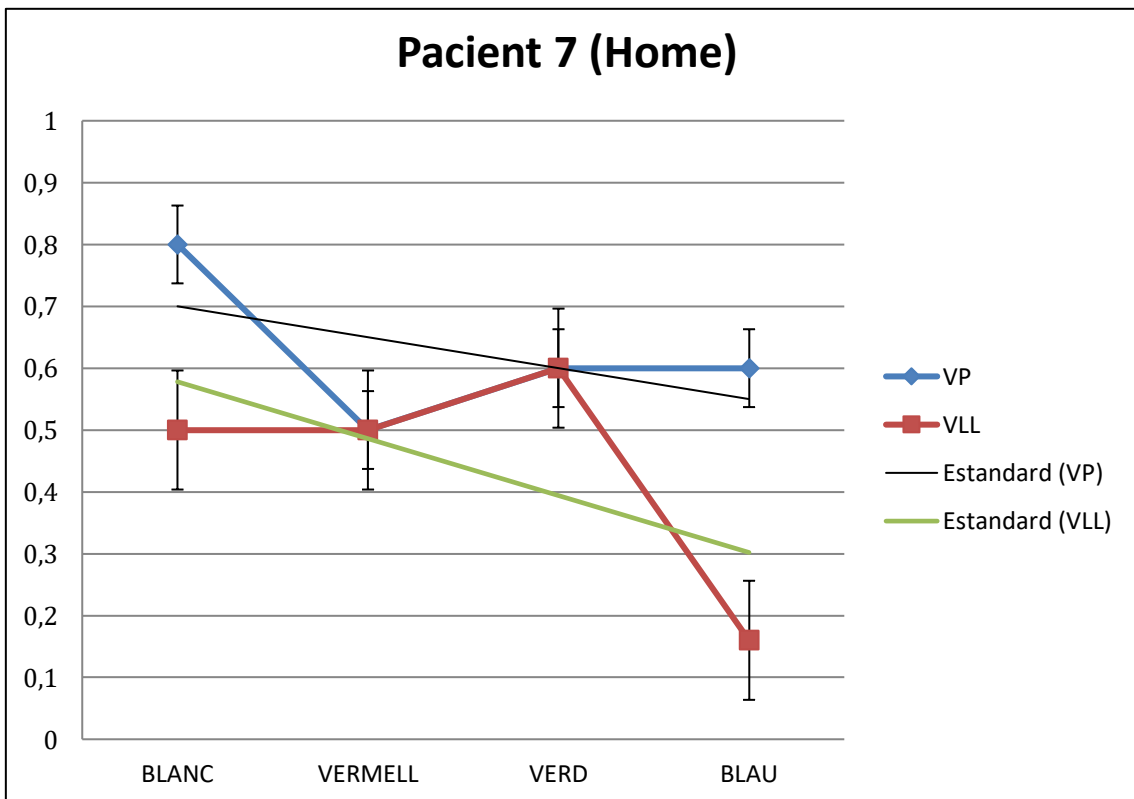
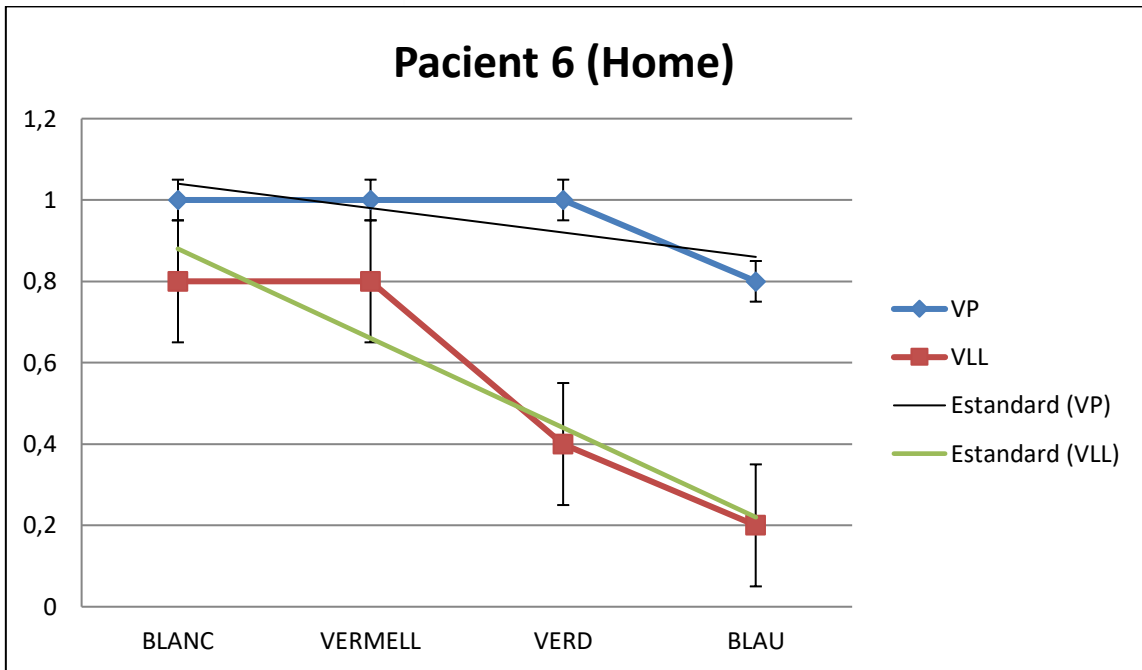
La línia estàndard

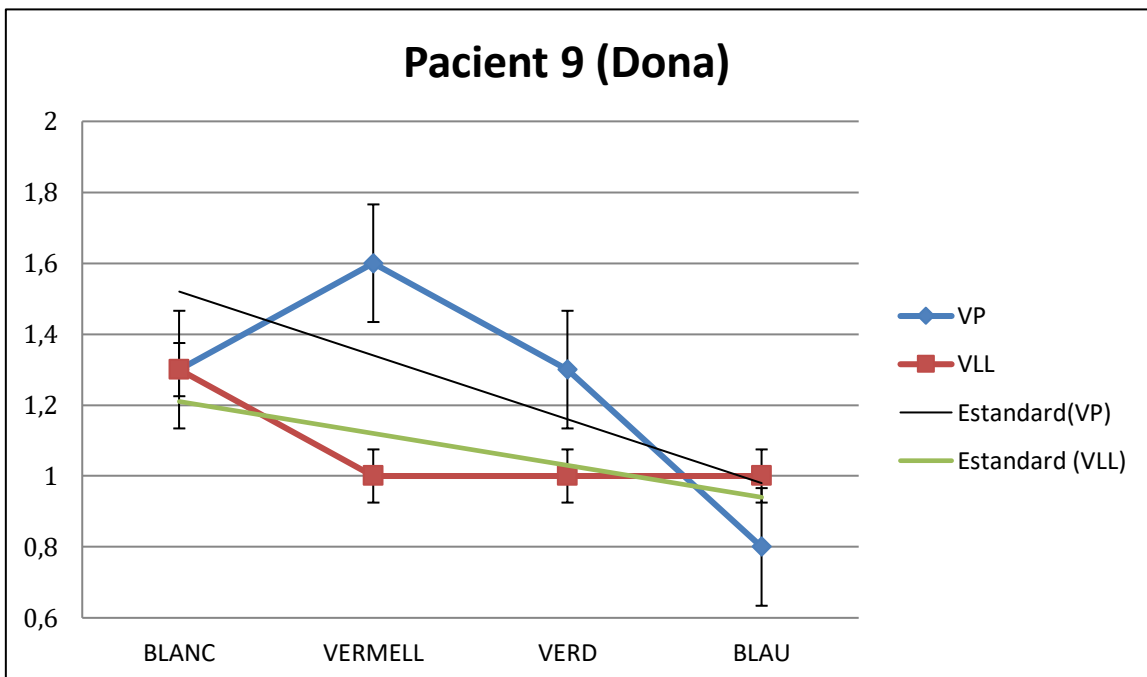
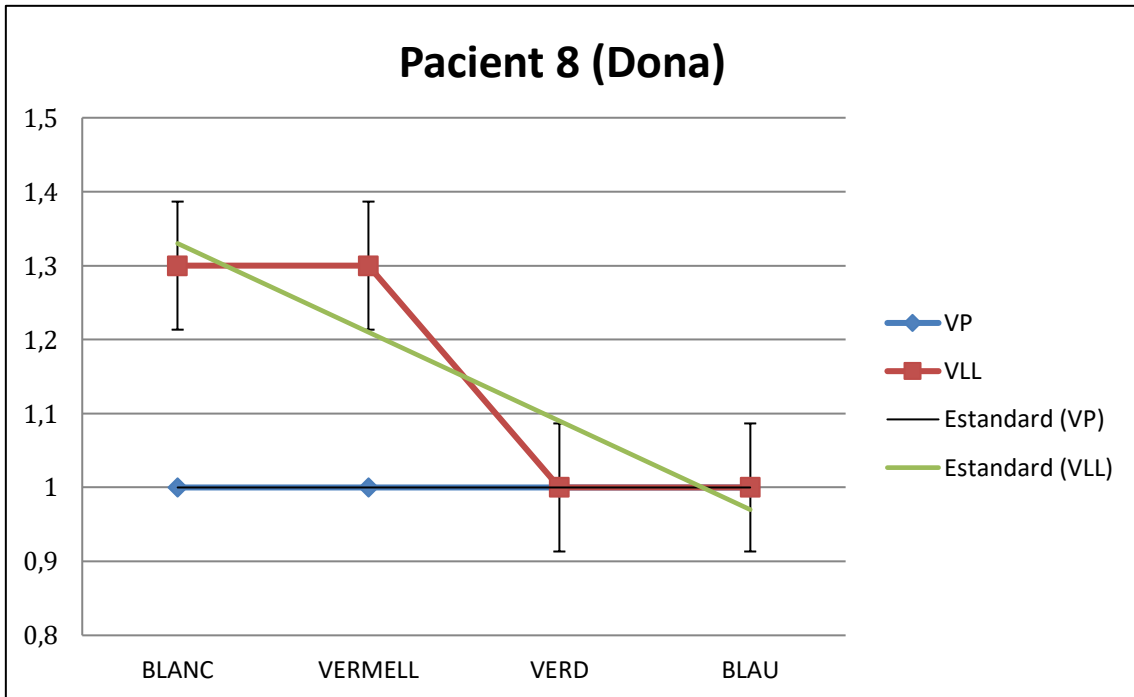
Per a cadascuna de les imatges trobem dues línies que són per a la visió de lluny i la visió de prop. Aquestes ratlles mostren el valor lineal estàndard de cada una d'elles. Així doncs, veiem si un valor en concret és superior o inferior al valor estàndard i si en general l'AV en VLL o VP per aquell pacient en concret augmenta o disminueix.

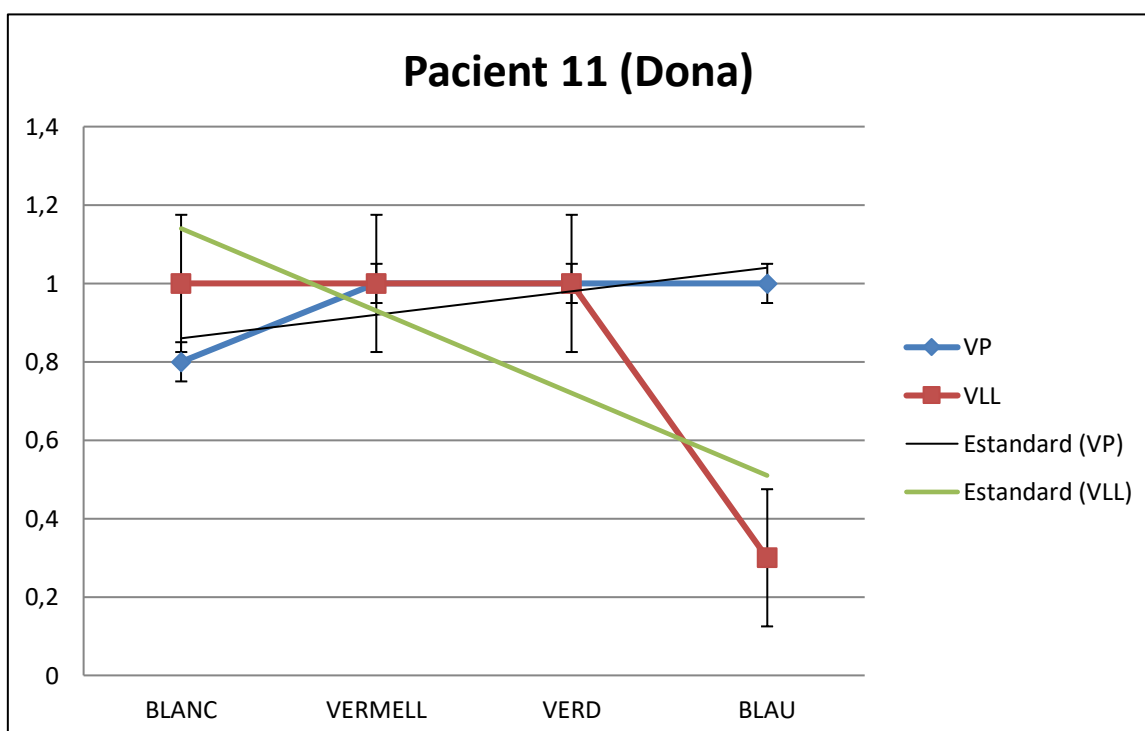
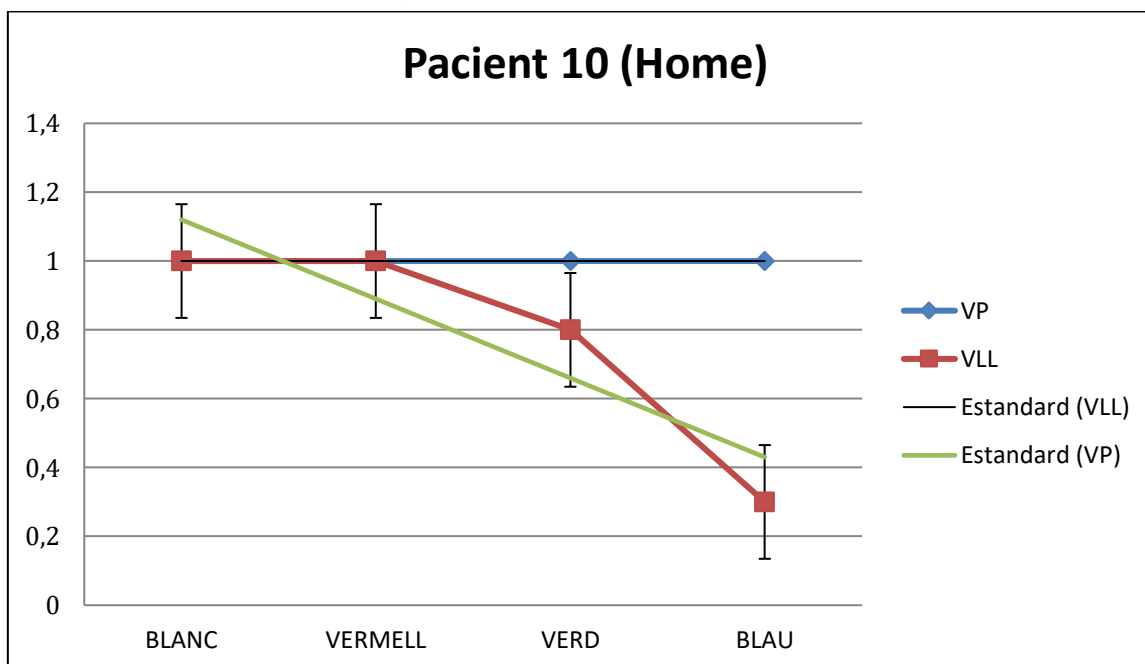


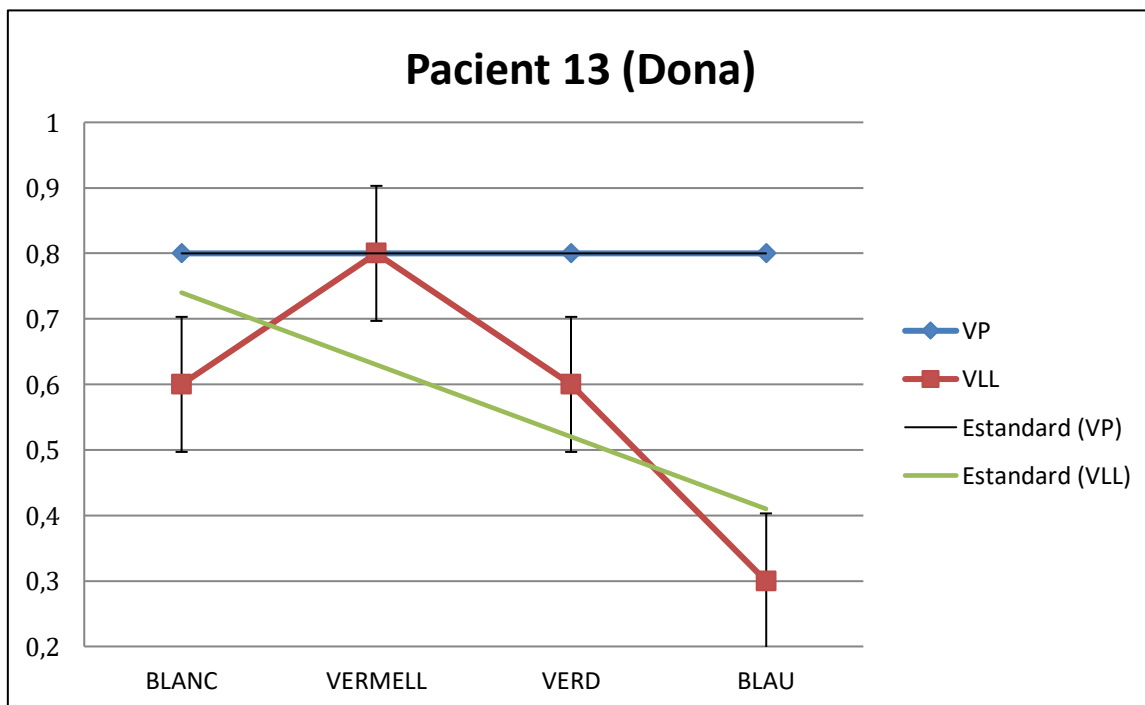
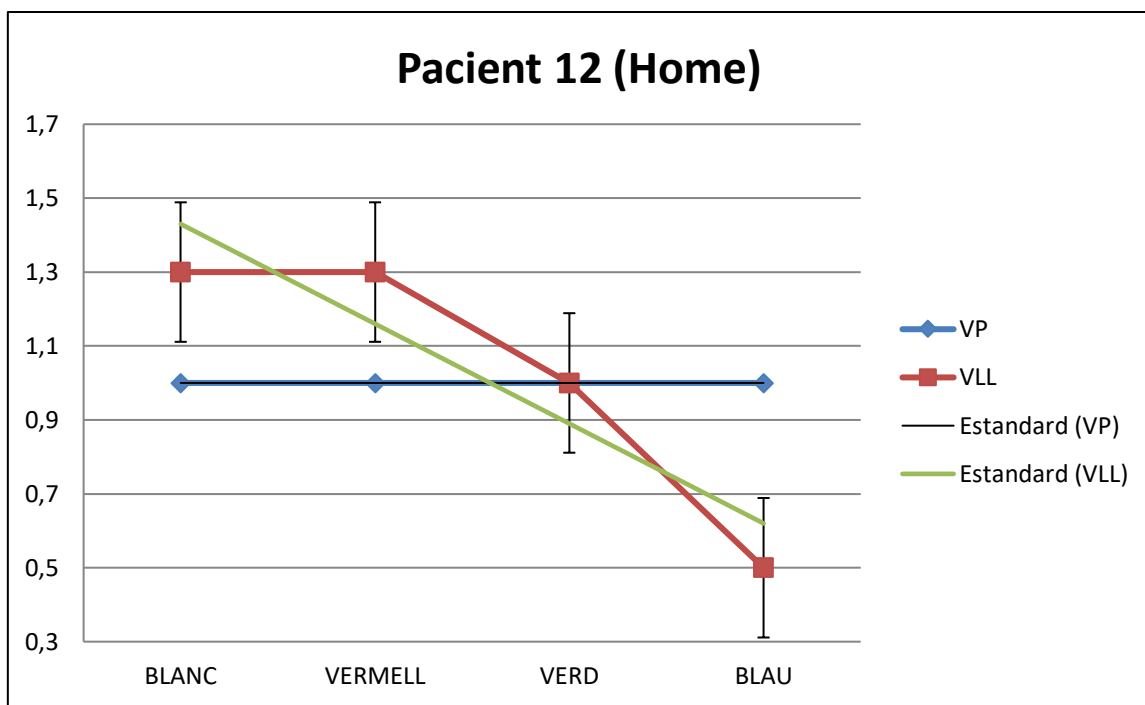




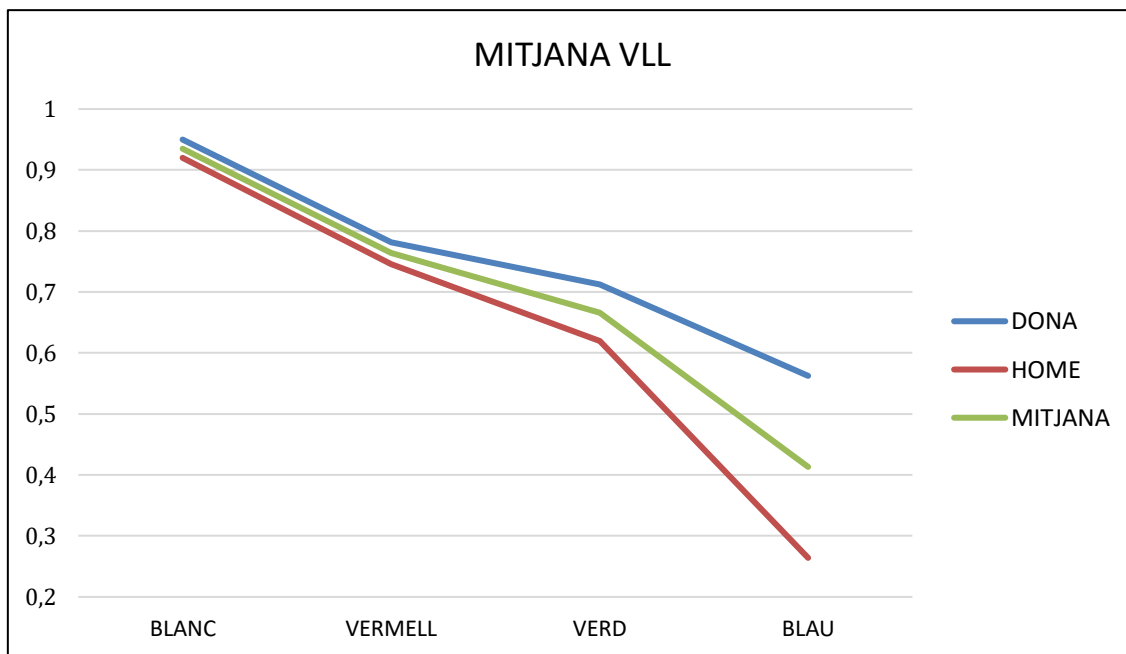


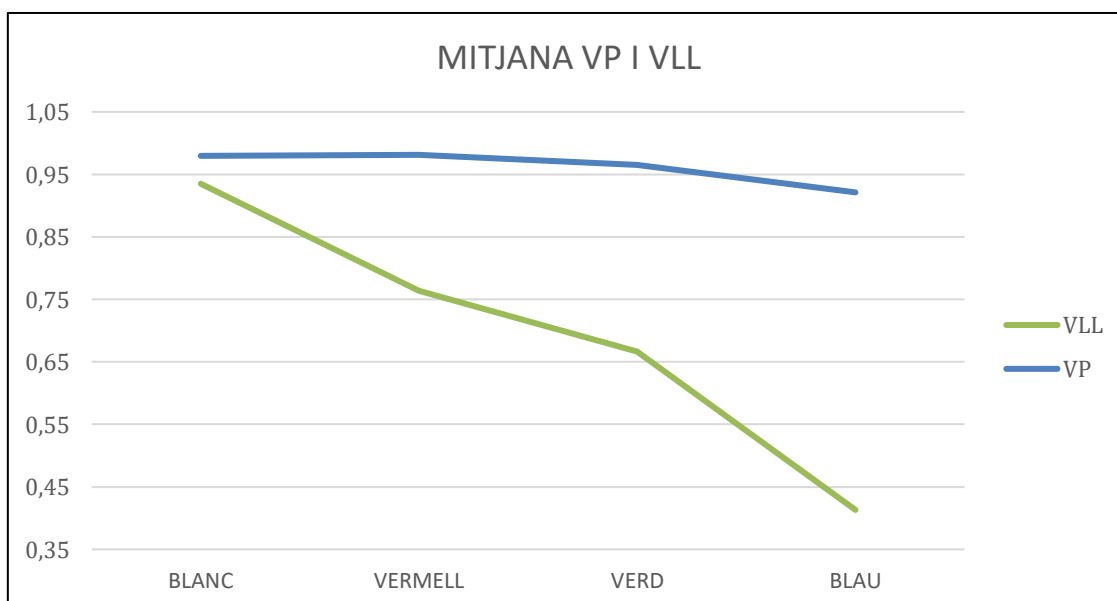
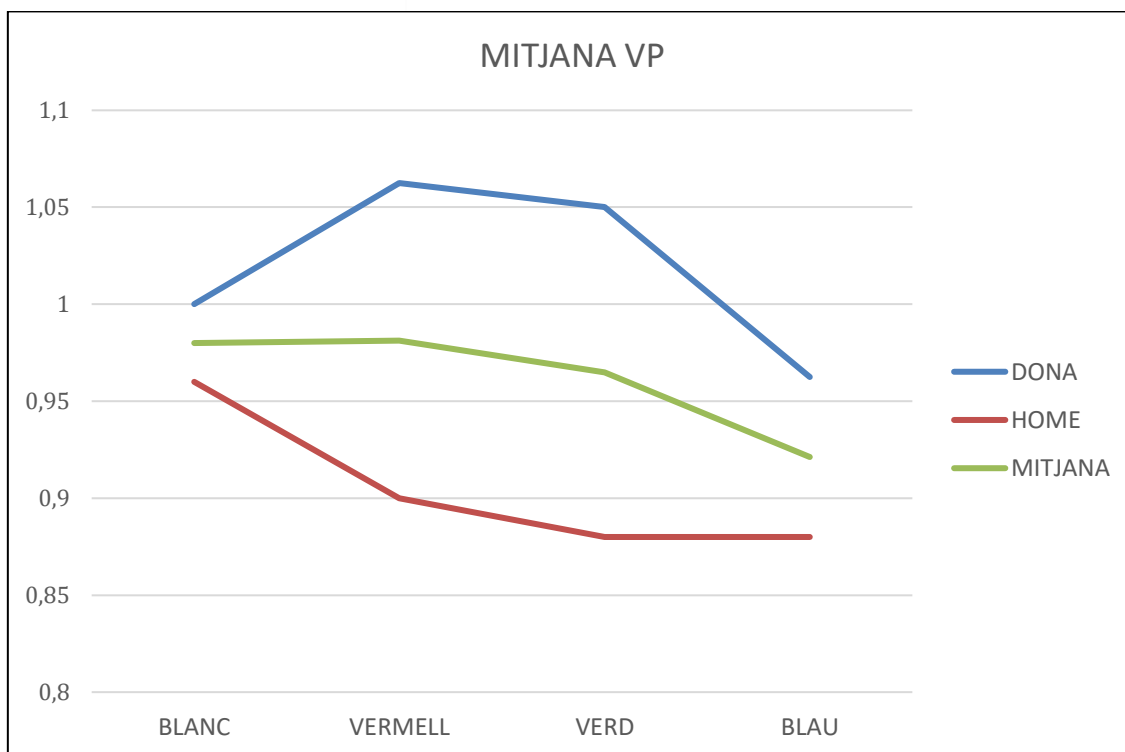






Aquestes dues gràfiques mostren la mitja de les agudeses visuals dels 13 pacients per a la visió de prop i per a visió de lluny.





8. CONCLUSIONS

Un cop hem fet les tres gràfiques anteriors, podem arribar a les conclusions que comentaré a continuació.

AV superior en VP que en VLL

El primer que podem observar és que l'AV és superior en VP que en VLL per a tots els colors incloent el blanc (tot i que aquest seria la menys significativa). En subjectes joves, on l'Am per a VP no és un problema, caldria esperar que l'AV fos igual en VLL que en VP o si més no, en VP només lleugerament inferior. Així doncs, tot seguit explicaré els motius que podrien explicar aquest fet.

- Un dels motius que podria donar una AV al mirar sota llum blanca en VLL lleugerament inferior a la de VP (de 0,98 a 0,98125) es pot justificar per la il·luminació del laboratori, és a dir per com queda il·luminat el test i per les possibles distraccions que ens puguem trobar en mirar-lo donat que el test està a 5m del pacient (és l'única prova que es fa a aquesta distància). Per tant, aquesta diferència és insignificant.

El problema principal es troba doncs veient els resultats, en les AV de VLL i donat que aquestes mesures es prenen amb el test de VP (a 33 cm), la dificultat està en la simulació de la visió de lluny.

Les mesures en color es fan amb el test de la VP però anteposant una lent de +3D que fa relaxar l'Am i simula la VLL. La teoria ens diu que els pacients haurien de veure-hi igual amb la simulació però no és així.

Una possibilitat és que es produeixin aberracions cromàtiques en la retina al haver anteposat un altre medi òptic davant de l'ull i que aquestes afectessin de tal manera que fessin disminuir molt l'AV en color. Aquest fet s'hauria d'investigar a fons ja que no trobem explicació en la teoria d'estudis previs. L'únic que trobem relacionat és que en VP normal, al acomodar i donar més potència a l'ull, es produeixen distorsions òptiques, que en principi tindrien que quedar anul·lades al anteposar una lent de +3 D però no és així.

- El principal motiu és la impossibilitat de relaxar l'acomodació per part dels pacients al sobreposar una lent positiva i simular la visió de lluny. És a dir, quan posem la lent de +3D els pacients no són capaços de relaxar les 3 dioptries que fa de manera natural i l'acomodació residual que li queda fa que en VLL vegi pitjor que en VP.
- Un altre motiu, podria ser el test que s'utilitza. El test és molt petit i ha d'estar molt proper, cosa que facilita que el pacient s'apropi o que intenti resseguir amb el dit la línia que està dient.
- Això també ens porta a que normalment qui prenia les mesures era jo sola i per tant era difícil fer-ho tot i a més vigilar al pacient que no fes el nombrat anteriorment.

Al ser una persona sola la que ha de posar en marxa els LED's, prendre nota de les AV i vigilar al pacient és força complicat que tot surti al 100 % bé. Aquest fet també afectaria a les mesures que s'han pres per a VP.

Per tota aquests motius, és més adient seria trobar un altre sistema per a mesurar les AV en VLL en diferents colors. La més ràpida però de cost més elevat seria poder il·luminar tot el laboratori amb cada color, tenint el test a 5 m tal i com ho fem per a la mesura en blanc en VLL.

Baixa AV en blau tan per a VLL com VP tant en homes com en dones

En segon lloc trobem que tan per homes com per dones les AV en VLL i en VP baixen sobtadament per a les ones de longituds blaves. Trobant després les verdes finalment les vermelles (són les AV en color més altes).

S'ha de tenir en compte que tot i que algunes cèl·lules ganglionars també capten el blau, tal i com he explicat anteriorment, tan sols el 10 % dels cons detecten el blau, front el 30 % que detecten el verd i el 60 % amb el vermell. Aquests percentatges no justifiquen tal com hem explicat que amb el blau el veiem "pitjor".

- Per tant, sabent amb la franja d'edat amb la que estem tractant, de 18 a 25 anys, és molt possible que hi hagi un factor molt important de cansament. La població jove sotmet a un gran estrès visual la seva visió tant per l'estona de treball com per el tipus de material que utilitzen (mòbil, tablet, ordinador).
- Hi ha un altre factor que s'hauria d'estudiar bé, que és el de miopització.

És a dir, tal com hem explicat en el punt 5 sobre l'aberració cromàtica, aquesta tendeix a veure el color blau per davant de la retina i el vermell per darrere.

Això porta a que si un pacient té més potencia positiva de la que necessita per mirar a la distància a la qual està mirant, el raigs blaus convergiran abans del que ho farien normalment, seguit per els verds que ho farien després i els vermell que ho farien en tercer lloc i per tant serien els que quedarien més propers a la retina. Per tant, podria justificar el fet de que es vegi millor amb el color vermell quan realment la visió no està preparada realment per això.

Aquest fet però, només donaria justificació en la baixada d'AV per a VLL. Al posar una lent de +3D realment en pacient seguiria acomodant una petita quantitat però que podria afectar en la visió en color blanc, moment en que per aquest residu de Am no relaxada es produiria la Am.

Aquest punt però, no justifica exactament la mala visió en color blau. Però crec, i això ja és una opinió personal, que està estretament lligat per això l'he explicat aquí. S'hauria de mirar si realment això influeix d'aquesta manera.

Les dones tenen major AV, sobretot en la visió al color

Per últim, hem pogut veure que les dones tenen una major AV sobretot en la visió del color. És una cosa que popularment ja es sabia, ja que en general les dones donen més detalls sobre els colors.

- Els estudis fets prèviament afirmen que aquesta diferència radica en la quantitat d'andrògens i de receptors del cervell per a la visió del color.



La diferència tot i que es veu, no arriba mai a superar el 0.2 de AV excepte el color blau que ja hem comentat i que s'ha de tractar a part.

Qüestions

Arrel de les mesures preses i posterior anàlisi d'aquestes ens han sorgit algunes preguntes per a les que tenim possibles respostes.

- Quin sistema podríem utilitzar perquè els resultats en llum de color en VLL sortissin igual que els resultats teòrics esperables?

Una possible solució seria com ja hem comentat abans, posar el test realment a 5 m i il·luminar tota la sala amb llum del color que correspongui.

- Com podem comprovar a gran escala com afecta el blau de les pantalles electròniques a llarg termini?
- Es pot demostrar exactament perquè les dones hi veuen millor especialment en veure sota un color de llum determinat?
- Perquè la visió sota llum de color vermell molesta tant?

Un fet que m'ha semblat curiós és que tot i com ja hem vist en els resultats l'AV en color vermell és la que surt millor, els pacients és amb el color que deien sentir és molèstia. Donat que va ser la gran majoria la que es queixava d'aquest fet, em sembla interessant poder saber el motiu.

- L'Am residual que queda en simular l'AV en VLL i la miopització que es produeix amb l'excessiva demanda de VP que fem, justifica la mala AV en visió al color?

Personalment crec que la miopització, l'excés d'Am i la no relaxació d'aquesta en simular la VLL afecta la visió d'una forma important, de manera que provoca diferències en els resultats e funció del color.

9. AGRAÏMENTS

Voldria agrair el suport rebut per part de la Carmen. Va començar sent companya de classe i ha acabat sent amiga i la millor "secre" que hi pot haver.

El meu agraïment a la meva família pel suport aquests anys i el especial els últims mesos.



Vull agrair també a Aurora Torrents, per tenir paciència amb mi i la meva situació personal i per haver aconseguit que m'interessés el tema que hem tractat en aquest treball.

Per últim, agrair aquells professors que m'he anat trobant al llarg de la meua vida. Professors que ho són per vocació i que s'interessin de veritat perquè aprenguis. Moltes gràcies a tots, sense vosaltres res hauria estat igual.

10. BIBLIOGRAFIA

- Gary A.Thibodeau, Kevin T.Patton, (2007). *ANATOMIA Y FISIOLOGIA*, ed:Elsevier
- Williams Warwick, (1986). *GRAY ANATOMIA*, Churchill
- Luis Puelles Lopez, Salvador Martinez Perez, M.Martinez de la Torre, (2008), *NEUROANATOMIA*. Ed: Médica Panamericana
- Frank H.Netter,(1989). *ATLAS DE ANATOMIA HUMANA*. Ed:Médica panamericana
- André Parent, (1996). *CARPENTER'S HUMAN NEUROANATOMY*, ed:Williams &Wilkins
- Jürgen.K Maï, George Paxions, (2011). *THE HUMAN NERVOUS SYSTEM*. Ed:Elsevier
- William Francis Ganong, (1973). *FISIOLOGIA MÉDICA*. Ed:Elsevier
- Gerard j.Tortoa, Bryan Derrickson, (2008), *PRINCIPIOS DE ANATOMIA Y FISIOLOGIA*, ed: Medica panamericana
- Gerhard K.Lang (2006). *OFTALMOLOGIA. TEXTO Y ATLAS EN COLOR*. Ed:Elsevier
- Edwuard Grom, (1972). *SENSACIONES VISUALES*. Ed:Elsevier

11. WEBGRAFIA

- <http://www.astronoo.com/es/articulos/luces-del-sol-y-longitudes-de-onda.html>
(dia de consulta:1/3/2019)
- <https://www.saberespractico.com/ciencia/frecuencias-y-longitudes-de-onda-de-los-principales-tipos-de-radiaciones/>
(dia de consulta:1/3/2019)
- <http://www.ub.edu/pa1/node/56>
(dia de consulta:1/3/2019)
- https://www.bbc.com/mundo/noticias/2014/09/140911_vert_fut_mujeres_vision_superhumana_finde_dv
(dia de consulta:1/3/2019)

