



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA  
BARCELONATECH

Facultat d'Òptica i Optometria de Terrassa



## GRAU EN ÒPTICA I OPTOMETRIA

### TREBALL FINAL DE GRAU

---

# ESTUDI SOBRE LA CONCORDANÇA DE RESULTATS ENTRE DIFERENTS MÈTODES CLÍNICS PER A LA DETERMINACIÓ SUBJECTIVA DE VERGÈNCIES FUSIONALS EN VP

**EVA CAPDEVILA FORNELL**

DIRECTORA: MARIA ROSA BORRÀS GARCÍA  
CODIRECTORA: ELVIRA PERIS MARCH  
DEPARTAMENT: ÒPTICA I OPTOMETRIA

DATA DE LECTURA  
15 DE GENER DEL 2015

Facultat d'Òptica i Optometria de Terrassa  
© Universitat Politècnica de Catalunya, any 2015. Tots els drets reservats.



## GRAU EN ÒPTICA I OPTOMETRIA

El Sr./Sra. María Rosa Borràs García, com a tutor/a del treball y el Sr./Sra. Elvira Peris March com a director/a del treball

### CERTIFIQUEN

Que el/la Sr./Sra. Eva Capdevila Fornell ha realitzat sota la seva supervisió el treball Estudi sobre la concordança de resultats entre diferents mètodes clínics per a la determinació subjectiva de vergències fusionals en VP 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. Maria Rosa Borràs García  
Director/a del treball

Sr/Sra. Elvira Peris March  
Codirector/a del treball

**Terrassa, 12 de Gener del 2015**



## AGRAÏMENTS

Després de tot el temps dedicat en la realització d'aquest treball m'agradaria agrair a les persones que han estat al meu costat o ve n'han sigut partícips.

En primer lloc, vull donar les gràcies a les meves tutores, la Rosa Borràs i l'Elvira, per l'ajuda i orientació en aquest treball. I agrair plenament a la Rosa Borràs per haver-me deixat tirar-lo endavant tot i que ella aquest quadrimestre no hi pogués ser present sol·licitant-me una persona de referència amb qui confiar, la Irene Claramunt, que m'ha sabut guiar en tot moment, sent-hi sempre que l'he necessitat.

En segon lloc, vull donar les gràcies a la família i a la meva parella per animar-me durant aquests quatre anys, donant-me el suport que m'ha fet falta per arribar a la meta. Escoltar-me i suportar-me en els moments de nervis i estrès, que de ben segur que no ha estat fàcil.

En tercer lloc, a les meves amistats per estar-hi sempre presents tot i saber que en algunes èpoques trigariem en veure'ns.

En quart lloc, a la colleta que hem format a la facultat, per les estones d'estudi i els bons moments de desconnexió que hem passat junts.

I per últim, i no menys importants, als alumnes de 3r curs d'Òptica i Optometria de Terrassa, per formar part de la mostra d'aquest estudi.

A tots vosaltres,

GRÀCIES.

Eva Capdevila Fornell



## GRAU EN ÒPTICA I OPTOMETRIA

# ESTUDI SOBRE LA CONCORDANÇA DE RESULTATS ENTRE DIFERENTS MÈTODES CLÍNICS PER A LA DETERMINACIÓ SUBJECTIVA DE VERGÈNCIES FUSIONALS EN VP

### RESUM

**OBJECTIU:** El principal objectiu és realitzar un estudi sobre la concordança de resultats entre diferents mètodes de mesura per a la determinació de les reserves horitzontals en visió propera.

**MÈTODE:** Vam avaluar una mostra de 53 subjectes, estudiants de la Facultat d'Òptica i Optometria de Terrassa, mitjançant tres mètodes de mesura de les reserves horitzontals en visió propera, comparant els resultats obtinguts entre tots els mètodes. Els mètodes utilitzats van ser: Von Graeffe amb el foròpter amb el test d'una línia de lletres i amb el test d'una lletra, la barra de prismes amb el test d'una lletra i la flexibilitat de vergències amb el test d'una columna de lletres.

**RESULTATS:** S'ha vist que en variar el test, els rangs de vergències fusionals són majors quan s'utilitza una columna de lletres, trobant els valors de la diferència de les reserves de base nasal en un rang d'entre  $7,85\Delta$  i  $-4,78\Delta$ , i les reserves de base temporal en un rang gran d'entre  $11,59\Delta$  i  $-4,68\Delta$ . També s'ha trobat que quan variem l'instrument, els valors són majors quan s'utilitza la barra de prismes. Trobant diferències estadístiques considerables perquè  $p$  és inferior a 0,05 en tots els casos, sent majors per les bases temporals podent arribar fins a  $-4,54\Delta \pm 6,34\Delta$ . I s'ha pogut observar que en comparar els nostres valors, de les reserves fusionals i de la flexibilitat de vergència, amb els valors d'altres autors trobem diferències estadístiques significatives de fins a  $6\Delta$  i  $6\text{cpm}$  respectivament.

**CONCLUSIONS:** Arribem a la conclusió que no es pot utilitzar de manera indiferent ambdós optotips i ambdós instruments ja que es podria arribar a conclusions diferents alterant el diagnòstic del pacient. I no trobem cap justificació de perquè els valors de les reserves fusionals i els valors de la flexibilitat de vergència no conclouen amb els nostres valors trobats.



## GRAU EN OPTICA I OPTOMETRIA

# ESTUDI SOBRE LA CONCORDANÇA DE RESULTATS ENTRE DIFERENTS MÈTODES CLÍNICS PER A LA DETERMINACIÓ SUBJECTIVA DE VERGÈNCIES FUSIONALS EN VP

### RESUMEN

**OBJETIVO:** El principal objetivo es realizar un estudio sobre la concordancia de resultados entre diferentes métodos de medida para la determinación de las reservas horizontales en visión próxima.

**MÉTODO:** Evaluamos una muestra de 53 sujetos, estudiantes de la Facultad de Óptica y Optometría de Terrassa, mediante tres métodos de medida de las reservas horizontales en visión próxima, comparando los resultados obtenidos entre todos los métodos. Los métodos utilizados fueron: Von Graeffe con el foróptero con el test de una línea de letras y con el test de una letra, la barra de prismas con el test de una letra, y la flexibilidad de vergencia con el test de una columna de letras.

**RESULTADOS:** Se ha encontrado que en variar el test, los rangos de vergencias fusionales son mayores cuando se utiliza una columna de letras, encontrando los valores de la diferencia de las reservas en base nasal en un rango de entre  $7,85\Delta$  y  $-4,78\Delta$  y las reservas de base temporal en un rango grande de entre  $11,59\Delta$  y  $-4,68\Delta$ . También se ha encontrado que cuando se varía el instrumento, los valores son mayores cuando se utiliza la barra de prismas. Encontrando diferencias estadísticas considerables porque  $p$  es inferior a 0,05 en todos los casos, siendo mayores por las bases temporales pudiendo llegar hasta  $-4,54\Delta \pm 6,34\Delta$ . Y se ha podido observar que en comparar los valores nuestros, de las reservas fusionales y de la flexibilidad de vergencia, con los valores de otros autores se encuentran diferencias estadísticamente significativas de hasta  $6\Delta$  y  $6\text{cpm}$  respectivamente.

**CONCLUSIONES:** Llegamos a la conclusión que no se puede utilizar de manera indiferente los dos optotipos y los dos instrumentos ya que se podría llegar a conclusiones diferentes alterando el diagnóstico del paciente. Y no encontramos ninguna justificación de porqué los valores de las reservas fusionales y los valores de la flexibilidad de vergencia no concuerdan con los nuestros valores encontrados.



GRAU EN ÒPTICA I OPTOMETRIA

## ESTUDI SOBRE LA CONCORDANÇA DE RESULTATS ENTRE DIFERENTS MÈTODES CLÍNICS PER A LA DETERMINACIÓ SUBJECTIVA DE VERGÈNCIES FUSIONALS EN VP

### ABSTRACT

**OBJECTIVES:** The aim of this study is to analyse the concordance of results between different measurement methods for determining the vergence ranges.

**METHOD:** We evaluated a sample of 53 subjects of the Faculty of Optics and Optometry, using three methods for measuring horizontal vergence ranges at near. Then we compared the results between all methods. The methods used were: Von Graeffe with phoropter with a letter and a vertical column of letters, the bar prisms with a letter and the vergence facility with a column of letters.

**RESULTS:** Found that varying the test target, vergence ranges are higher when using a column of letters, to find differences in the base in vergence ranges in a range between 7,85 and -4,78 and the base out vergence ranges in a large range between 11,59 $\Delta$  and -4,68 $\Delta$ . We also found that when we vary the instrument, values are higher when using the bar prisms. To find significant statistical differences because  $p$  is less than 0.05 in all cases, being higher for base out can reach -4,54 $\Delta$   $\pm$  6,34 $\Delta$ . We could see that when comparing the our values, of the fusional vergence ranges and the vergence facility, with those of other authors found statistically significant differences up to 6 $\Delta$  and 6cpm respectively.

**CONCLUSIONS:** We conclude that it can't be used indistinctly both target test and both instruments because as it could reach different conclusions may alter the patient's diagnosis. I find no justification for the values of the fusional vergence ranges and the values of the vergence facility not to end with our values found.



GRAU EN ÒPTICA I OPTOMETRIA

## ESTUDI SOBRE LA CONCORDANÇA DE RESULTATS ENTRE DIFERENTS MÈTODES CLÍNICS PER A LA DETERMINACIÓ SUBJECTIVA DE VERGÈNCIES FUSIONALS EN VP

### SUMMARY

#### INTRODUCTION:

All optometrist must be documented, by clinical studies that have been done, of the degree of repeatability and validity of has the instruments that are used in the tests, in order to know the degree of confidence. There are many published articles of fusional vergence ranges but it is difficult to find studies that evaluate the concordance between methods.

The measure of vergence range is an essential test to assess the state of the binocular patient. According to Maddox (1893) the fusional vergence or vergence disparity is the vergence induced by the disparity of the object (retinal disparity), that is to say, the disparity that the visual system can tolerate before they reach objects seen double. Other components of the response of vergence are the accommodative, proximal and vein vergences.

There are two types of horizontal vergence ranges. The fusional convergence range or positive that is the amount of convergence that the subject can be stimulated when the accommodation is constant and convergence is stimulating. It is assessed with base out prism ( $\Delta BO$ ). And the fusional divergence range or negative that is the amount of convergence that the subject can be relaxed (divergence) without changing the accommodation plan. This is assessed with base in prism ( $\Delta BI$ ).

#### OBJECTIVES:

The principal aim of this study is to determine the values of the horizontal fusional vergence ranges and vergence facility in near vision in a sample of young people to evaluate the concordance between different methods for measuring near fusional horizontal fusional vergence ranges: Von Graeffe using a letter and using a vertical column of letters, and prisms bars using a letter.

This general objective is based on the following specific objectives:

1. To study the effect of the target test on the value of the vergence ranges used as a line of letters or letter isolated, keeping both the examiner and the measurement method.
2. To study the effect on the value of the vergence ranges to use two methods of clinical measurement, Risley prisms on phoropter and prism bar, keeping both the examiner and the test target fixing.



3. Compare the results of the horizontal vergence fusional ranges and vergence facility with other studies with similar samples.

#### **METHOD:**

Students of third-year at Optic and Optometry Faculty of Terrassa were recruited for participation in this study. Subject inclusion criteria were as follows: correct visual acuity of unit at near, presence of a refractive error between  $\pm 6.00$  DE, absence of astigmatism higher than 3.00 DC, not having undergone eye surgery and not having a history of strabismus, amblyopia and ocular pathologies. Patients who met the prerequisites mentioned but had a refractive error, carried corrected in glasses or contact lenses during the execution of the measures. The sample population, after applying screening criteria, consisted of 53 students with a mean age of  $21.95 \pm 1$ .

They created three blocks, which each subject had to perform in a random manner. Block I was made to assess the measurements obtained using the method reserves Horizontal Von Graeffe choosing random test. It can be a single letter, which we call as a method of measure 1, or is a column of letters, which we call the method of measure 2. Block II consisted in measuring reserves horizontal bar prism using as a test point, which we call method 3. The measurement method block III consisted in measuring the flexibility of using convergence test as a vertical column of letters, using as instrument the combination of  $3\Delta$ BN and  $12\Delta$ BT.

To measure the vergence ranges in all cases, the first steps were to assess the base in and then the base out. We told the patient that we paid attention to the test target and told him: "Is the test target simple?" To indicate that looked just told him: "Fix the test and tell when you see two images also, saying the word "double". For diplopia patient base in (BI) was incorporated if we were measuring the negative fusional vergence ranges or base out (BO) if we were measuring positive fusional vergence ranges, monocular in front right eye if the measure was with prisms with bar and binocular if the measure was with Risley prisms on phoropter, and gradually by the same amount. Once the patient saw double prismatic increase the value that caused diplopia up to 5 prisms, monocular or binocular as we have indicated, and we told him: "Keep watching two images of the test?" when the patient saw double we say, "Give back to see when a single image in a clear test with the word simple ". What we did here was to reduce the amount of prism that had been seen before until it simple. At the end of this process we record the amount that has allowed prismatic double and simple sight.

To measure the vergence facility at the beginning, we told the patient: "are you seeing a single picture of the test target?" if the patient said yes we started the test: "Unpin this image now that is see blurry or double and we have to indicate when you see her again clear and only saying the word "now", we put in front of right eye 3 base in prisms ( $\Delta$ BI). When we say "now" we put before 12 base out prisms ( $\Delta$ BO) and when we came back to say "now" we put back 3 base in prisms ( $\Delta$ BI) and so on for a minute (measured with a chronometer).

#### **RESULTS:**

To assess horizontal fusional vergence ranges, in all methods; the value of the break always was higher than the value of recovery. And in all the methods the difference between the break and recovery is greater for the base out for the base in, to find differences between break and





recovery about  $9,49\Delta \pm 4,40\Delta$ . When we vary the test target at the time of measurement, using a column letter and a single letter, fusional vergence ranges for both the base in and base out are higher when using a column of letters. The values of the difference in the base in vergence ranges based on a range of between  $7,85\Delta$  and  $-4,78\Delta$  and the base out vergence ranges based in a wide range between  $11,59\Delta$  and  $-4,68\Delta$ . Differences between the values of the vergence ranges in the base in are clinically important to change the clinical diagnosis. And when we vary the instrument, all the values are higher when using the prism bar. We found significant statistical differences because  $p$  is less than 0.05 in all cases at, being higher for temporary bases can reach  $-4,54\Delta \pm 6,34\Delta$ . We could see that when comparing the our values, of the fusional vergence ranges and the vergence facility, with those of other authors found statistically significant differences up to  $6\Delta$  and  $6\text{cpm}$  respectively.

### **CONCLUSIONS:**

We conclude that:

-Changing the design of test target to measure vergence ranges makes us different results, mainly in reserves temporary basis, always being older with a line of letters with a letter isolated. This can be attributed to that when using a vertical line of letters is stimulating peripheral vision is not stimulated when using a single letter. The difference allows us to conclude that meeting can't be used indistinctly test target one or the other as it could alter the patient's diagnosis.

-Changing the measuring instrument makes us vary base out vergence range, being always larger values with bar prisms. This can be attributed to the bar when using prisms are stimulating peripheral vision is not stimulated when we use the phoropter of closed field. The difference found we can conclude that the two are not interchangeable or techniques used for monitoring patients or when a diagnosis as it could reach different conclusions

-The Values obtained in our sample, both fusional vergence ranges and vergence facility not conclude with those of other authors. This difference we found a possible justification.

## ÍNDEX

1. Introducció .....	1
2. Marc teòric .....	2
2.1. La Visió Binocular .....	2
2.2. Les Reserves Fusionals .....	10
2.2.1. Tipus de reserves fusionals.....	11
2.2.2. Mètodes de mesura de les reserves .....	12
2.2.4. Estudis de concordança entre mètodes de mesura de les reserves .....	14
2.2.5. Valors de normalitat de les reserves proposats per diferents autors.....	15
2.3. Flexibilitat de vergència.....	16
2.3.1. Prismes utilitzats per la flexibilitat de vergència i valors de normalitat .....	17
2.4. Correlació entre la mesura de la flexibilitat de vergència i la mesura de les reserves fusionals segons estudis. ....	18
2.5. La concordança.....	19
2.6. Estadística: Mètodes paramètrics. ....	19
2.6.2. Mètode estadístic ANOVA.....	20
2.6.3. Mètode estadístic de la t d'Student .....	20
2.6.4. Mètode estadístic de Bland i Altman .....	21
3. Objectius.....	22
4. Metodologia .....	23
4.1. Instrumentació .....	23
4.1.1. Reserves horitzontals amb la barra de prisma en visió de prop .....	23
4.1.2. Reserves horitzontals amb el mètode Von Graeffe en visió de prop.....	24
4.1.3. Flexibilitat de vergència.....	25
4.2. Selecció de la mostra.....	26
4.3. Principis ètics en la realització d'estudis experimentals .....	26
4.4. Protocol de mesura .....	26
5. Resultats .....	32
5.1. Descriptius.....	32
5.1.1. Descriptiu de la mostra .....	32
5.1.2. Descriptius variables.....	32
5.2. Comparativa de la Ruptura i la Recuperació .....	34
5.2.1. Pearson.....	34
5.2.2. T-Student .....	35

5.3. Concordança entre mètodes.....	36
5.3.1. Concordança entre mètodes variant l'optotip.....	36
5.3.2. Concordança entre mètodes variant l'instrument.....	40
5.4. Comparativa entre autors .....	43
5.4.1. Comparativa dels valors de les reserves horitzontals d'aquest estudi amb els valors de d'altres autors .....	43
5.4.2. Comparativa dels valor de la mitja de la flexibilitat de vergència d'aquest estudi amb el valor de d'altres autors .....	45
6. Discussió .....	48
7. Conclusions.....	51
8. Bibliografia.....	53
9. Annexos .....	56

## ÍNDIX DELS ANEXOS

**Annex I:** Consentiment informat

**Annex II:** Fitxa d'exclusió

**Annex III:** Fitxa control de proves

**Annex IV:** Fitxa d'anotació de resultats

## ÍNDIX DE LES IMATGES

**Imatge 1.** Esquema de les òrbites. La seva orientació i relació entre els seus eixos i les seves parets i els seus eixos visuals, amb els ulls en posició primària.

**Imatge 2.** Extensió del camp visual humà en el meridià horitzontal.

**Imatge 3.** Esquema del camp visual binocular amb l'aparició de la semi decussació quiasmàtica

**Imatge 4.** Representació de tres casos de pacients diferents on se'ls hi ha fet un examen optomètric, denominat cover test, per determinar si tenen heterofòria o no.

**Imatge 5.** Experiència de Müller (1826) sobre la vergència acomodativa.

**Imatge 6.** Els punts aL i aR , bL i bR són punts corresponents.

**Imatge 7.** Cercle de Vieth Muller.

**Imatge 8.** Horòpter i àrea fusional de Pànum.

**Imatge 9.** Representació de l'ull ciclop.

**Imatge 10.** (a) Diplopia no creuada, homònima (endotròpia)

(b) diplopia creuada, heterònima (exotròpia).

**Imatge 11.** Barra de prismes horitzontal en passos de 1Δ a 2Δ, de 4Δ a 20Δ en passos de 2Δ i de 20Δ a 40Δ en passos de 5Δ

**Imatge 12.** Regle Royal Air Force (R.A.F)

**Imatge 13.** Foròpter

**Imatge 14.** Prismes de Risley del Foròpter

**Imatge 15.** Màneg d'acer amb els 3ΔBN i els 12ΔBT units amb les bases oposades.

**Imatge 16.** Test format per una lletra de la font Times New Roman d'Agudeses visual 0.7.

**Imatge 17.** Test format per una columna de lletres vertical de la font Times New Roman d'Agudeses visual 0.7.

**Imatge 18.** Distribució Laboratori.

**Imatge 19.** Realització del mètode Von Graeffe amb el Foròpter. Podem observar la barra de subjecció, el test i el foròpter amb els prismes de Risley.

**Imatge 20.** Realització del mètode de la barra de prismes (1 lletra). Podem observar el subjecte que porta la seva correcció, el regle R.A.F, el test i la barra de prisma.

**Imatge 21.** Realització del mètode de la Flexibilitat de Vergències 3BN/12BT (1 columna de lletres vertical). Podem observar el regle R.A.F, el test i el mànec d'acer amb els 3 $\Delta$ BN i els 12 $\Delta$ BT units amb les bases oposades.

## ÍNDIX DE LES TAULES

**Taula 1.** Valors de normalitat de les Reserves Fusionals en visió de prop proposats pels autors *Álvaro M. Pons et al.* en el seu llibre *Fundamentos de visión binocular.* (Pons, Á.M. i Martínez, F.M., 2004)

**Taula 2.** Mitjana dels valors de la borrositat, de la ruptura i de la recuperació de les Reserves Fusionals mesurades tant amb prismes de *Risley* com en *barra de prismes* a subjectes d'edat entre 18-35 anys.

**Taula 3.** En aquesta taula podem veure els valors de normalitat proposats per autors diferents.

**Taula 4.** Valors de normalitat de diversos autors emprant diverses combinacions de potències prismàtiques.

**Taula 5.** Mitjana de valors de la mesura de la *flexibilitat de vergència* amb un *flipper* de 12 $\Delta$ BT i 3 $\Delta$ BN i de les *reserves horitzontals* mesurades amb una *barra de prismes* en 28 subjectes d'edats entre 18-23 anys.

**Taula 6.** Descriptius variables per cada mètode aplicat. La unitat de mesura en tots els valors de la taula és la diòptria prismàtica ( $\Delta$ ).

**Taula 7.** En la següent taula es mostra la diferència entre mètodes, més menys la desviació estàndard i la significació.

**Taula 8.** Valors de la diferència més menys la desviació estàndard i els valors de la significació calculats pel mètode T d'Student.

**Taula 9.** Valors de la diferència, dels límits de concordança i del rang de la gràfica 12.

**Taula 10.** Valors de la diferència, dels límits de concordança i del rang de la gràfica 13.

**Taula 11.** Valors de la diferència més menys la desviació estàndard i els valors de la significació calculats pel mètode T d'Student.

**Taula 12.** Valors de la diferència, dels límits de concordança i del rang de la gràfica 18.

**Taula 13.** Valors de la diferència, dels límits de concordança i del rang de la gràfica 19.

**Taula 20.** Comparativa del valor de la flexibilitat de vergència d'aquest estudi amb el valor proposat per Gall et al.(1998).

**Taula 21.** Comparativa del valor de la flexibilitat de vergència d'aquest estudi amb el valor proposat per Mel i Firth (2002).

## ÍNDIX DE LES GRÀFIQUES

**Gràfica 1.** Mostra el tant per cent de dones i d'homes de la mostra.

**Gràfica 2.** Mètode 1 Ruptura vs Recuperació (BN).

**Gràfica 3.** Mètode 1 Ruptura vs Recuperació (BT).

**Gràfica 4.** Mètode 2 Ruptura vs Recuperació (BN).

**Gràfica 5.** Mètode 2 Ruptura vs Recuperació (BT).

**Gràfica 6.** Mètode 3 Ruptura vs Recuperació (BN).

**Gràfica 7.** Mètode 3 Ruptura vs Recuperació (BT).

**Gràfica 8.** M1 vs M2 (Ruptura BN) ( $r=0,83$ ).

**Gràfica 9.** M1 vs M2 (Recuperació BN) ( $r=0,81$ ).

**Gràfica 10.** M1 vs M2 (Ruptura BT) ( $r=0,91$ ).

**Gràfica 11.** M1 vs M2 (Recuperació BT) ( $r=0,71$ ).

**Gràfica 12.** Mètode 1 vs Mètode 2 (Ruptura BN).

**Gràfica 13.** Mètode 1 vs Mètode 2 (Ruptura BT).

**Gràfica 14.** M1 vs M3 (Ruptura BN) ( $r=0,68$ ).

**Gràfica 15.** M1 vs M3 (Recuperació BN) ( $r=0,64$ ).

**Gràfica 16.** M1 vs M3 (Ruptura BT) ( $r=0,75$ ).

**Gràfica 17.** M1 vs M3 (Recuperació BT) ( $r=0,56$ ).

**Gràfica 18.** Mètode 1 vs Mètode 3 (Ruptura BN).

**Gràfica 19.** Mètode 1 vs Mètode 3 (Ruptura BT).

# 1. Introducció

L'atenció clínica en optometria es basa en una bona anamnesi i exploració mitjançant proves clíniques amb la finalitat de donar la millor atenció visual específica que tenim davant. Es disposa d'un ampli ventall de proves i s'ha de saber quina d'aquestes aplicar, per tal de fer un bon diagnòstic optimitzat el temps de consultori.

Una vegada es sap que s'examinarà i amb quina prova es farà, a vegades disposem de diferents instruments per fer la mesura i costa saber quin d'ells ens donarà un valor més fiable. Avui dia, no hi ha un acord entre els professionals de quin instrument utilitzar, i és per això que cadascú utilitza el quin es sent més còmode. Tot i amb això, tot professional sanitari ha d'estar documentat, mitjançant estudis clínics que s'hagin fet, de les diferències i similituds entre aquests instruments i tècniques, de quin grau de repetibilitat, validesa i capacitat de discriminació té cada instrument emprat en fer la prova, per tal de saber el grau de confiança.

La mesura dels rangs de vergències fusionals o reserves és una prova interessant per avaluar l'estat binocular del pacient. Ja que el fet de tenir una fòria elevada no té perquè provocar símptomes sinó que tot dependrà de la quantitat i qualitat de les reserves fusionals que es tingui per compensar-la. El reflex de fusió és l'encarregat de mantenir compensada la fòria, per tant és interessant conèixer quina part de l'amplitud total de vergències es necessita per compensar una determinada fòria.

Hi han bastants articles publicats sobre les reserves però és difícil trobar estudis que avaluin la concordança entre mètodes. D'aquí sorgeix l'entusiasme de la realització d'un nou estudi on s'avaluarà la concordança entre mètodes en la presa de mesura de les reserves horitzontals en visió pròxima.

En aquest treball es pretén avaluar la concordança entre els següents mètodes de mesura:

- Von Graeffe amb el test d'una lletra
- Von Graeffe amb el test d'una columna de lletres
- Barra de prismes amb el test d'una lletra

## 2. Marc teòric

### 2.1. La Visió Binocular

En la majoria dels casos, tenir dos ulls és millor que tenir-ne un. La *visió binocular* és la coordinació i la integració del que percebem amb els dos ulls per separat obtenint una simple percepció. (Hainline, L. i Riddell, P.M., 1995).

La *visió binocular* es classifica en tres graus:

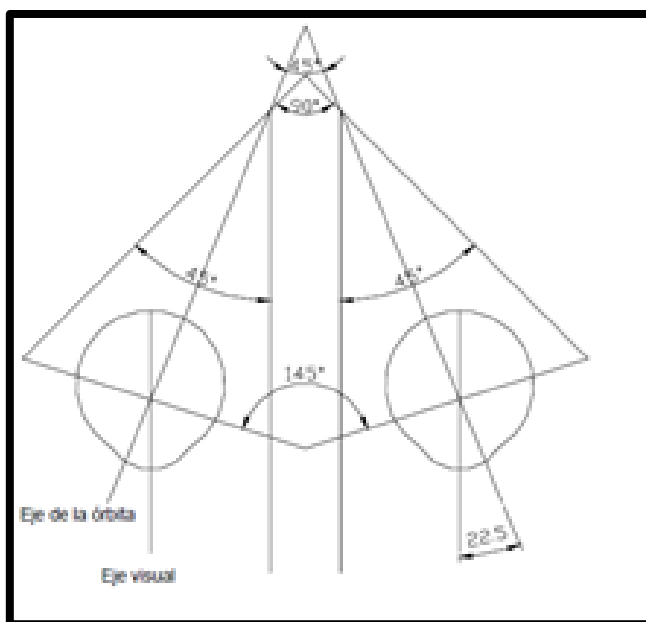
- Grau I: Consisteix en que no hi ha d'haver supressió de les imatges retinals.
- Grau II: Consisteix en que hi ha d'haver fusió neural però amb esforç; la persona ha de tenir l'habilitat de fusionar les dues imatges però hi ha una certa dificultat.
- Grau III: Consisteix en l'habilitat de la fusió neural sense esforç. Rep el nom de *visió estereoscòpica* o *absència de visió doble*, la qual es considera normal en la majoria de les persones.

(Pons, Á.M. i Martínez, F.M., 2004)

Per tal de que el Grau III de *visió binocular* es compleixi s'han de verificar tres condicions per ordre de prioritat.

La primera condició és que els *camp visual monoculars* han de solapar-se en una regió suficientment ampla per obtenir un *camp binocular* extens. (Pons, Á.M. i Martínez, F.M., 2004)

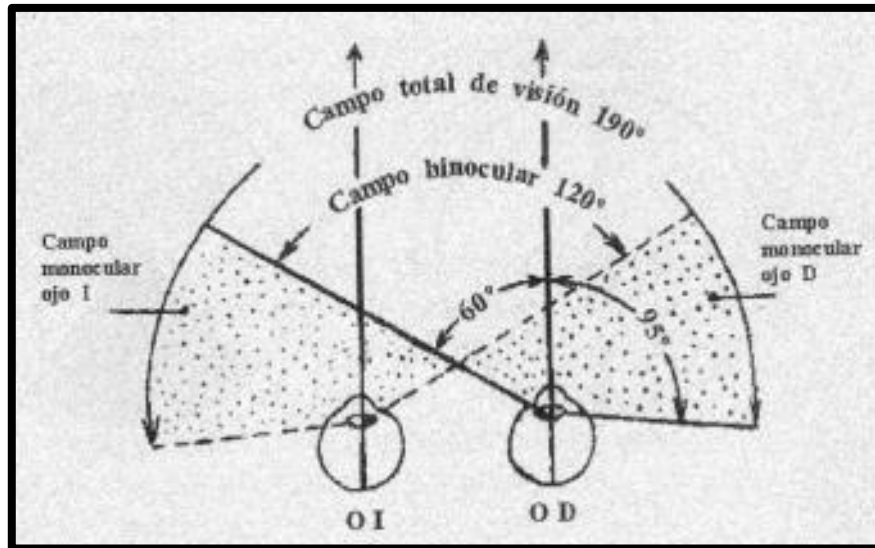
Tal i com es mostra en la *Imatge 1*, en l'espècie humana les òrbites oculars estan situades frontalment amb els seus eixos visuals divergint  $45^\circ$ . Tot i amb això, els eixos visuals dels ulls que estan situats dins de cada una de les òrbites, estan quasi paral·lels entre ells.



Imatge 1. Esquema de les òrbites. La seva orientació i relació entre els seus eixos i les seves parets i els seus eixos visuals, amb els ulls en posició primària. (Puell, M.C., 2006)



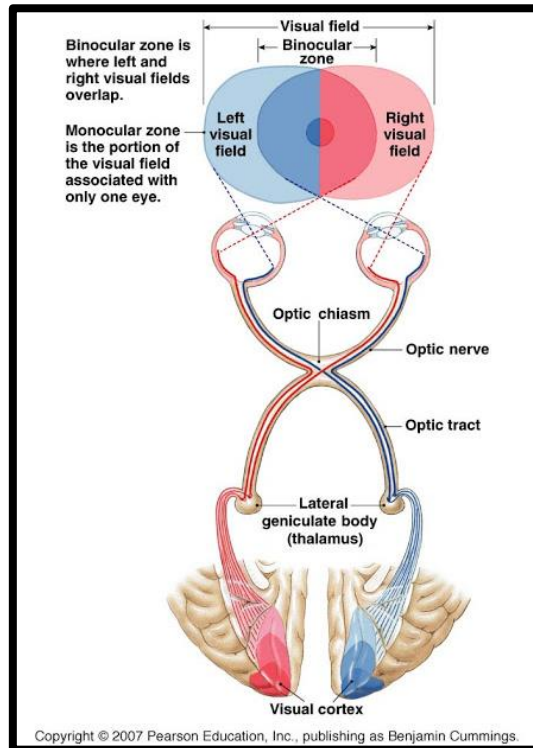
El *camp visual monocular*, tal i com es mostra en la *Imatge 2*, està limitat pels marges superior i inferior de l'òrbita, el nas i el costat temporal per la projecció de la bora de la retina. Per tant, els límits monoculars amb terme mig són de 90° a 100° en el meridià temporal, de 60° en els meridians nasal i superior, i de 75° en el meridià inferior. El *camp visual binocular* és la regió on es superposen els dos *camps monoculars*, és a dir, la posició de l'espai que conté els objectes que es poden estimular simultàniament a les dues retines quan els ulls estan immòbils. Els límits són de 60° a cada costat del punt de fixació, de 70° cap amunt i 90° cap avall.



Imatge 2. Extensió del camp visual humà en el meridià horitzontal.  
(Aguilar, J.M. i Mateos, F., 1994)

S'ha de distingir entre els *camps de visió* i els *camps de fixació*. El *camp de visió* es refereix a l'ull estacionari, mentre que el *camp de fixació* es refereix al *camp motor*, l'angle sòlid en el que es poden moure els eixos visuals tenint el cap estàtic. En condicions normals, el *camp visual* augmenta considerablement pels moviments tan del cap com dels ulls, però també es necessita una resposta coordinada d'aquests moviments, els moviments oculars per si mateixos rarament excedeixen de 20°. (Puell, M.C., 2006)

La semi-decussació parcial de les fibres dels nervis òptics al *quiasma* permet que l'*hemicamp visual dret* representi l'escorça visual esquerra i l'*hemicamp visual esquerra* representi l'escorça visual dreta. (Imatge 3). Els ulls reben imatges lleugerament diferents dels objectes que estan dins del *camp visual binocular* degut a que aquests estan separats aproximadament entre 54-72 mm. Una simple superposició d'aquestes dues imatges dona lloc a una visió doble i a un sentit conflictiu de la direcció. (Pons, Á.M. i Martínez, F.M., 2004) (Puell, M.C., 2006)



Imatge 3. Esquema del camp visual binocular amb l'aparició de la semi decussació quiasmàtica (Cummings, B., 2007)

La segona condició és que els ulls han de moure's de manera coordinada per tal que els eixos visuals es creuin damunt un mateix punt de fixació, permetent que les imatges es formin sobre àrees simètriques en les retines dels dos ulls (Pons, Á.M. i Martínez, F.M., 2004). La coordinació dels ulls es fa mitjançant moviments disjuntius que s'anomenen *vergències* de manera que els globus oculars es mouen en direccions oposades. Aquests moviments són molt complexos i estan relacionats amb l'*acomodació* i amb el *mecanisme fusional*.

La visió borrosa de l'objecte és el principal estímul de l'*acomodació* i la dissociació de les imatges retinals o *disparitat retinal* que pot generar diplopia és el principal estímul de *vergència*.

(Pons, Á.M. i Martínez, F.M., 2004) (McDaniel, C. i Fogt, N., 2010)

*Maddox* l'any 1893 va identificar quatre tipus de components en la resposta de vergència: (Pons, Á.M. i Martínez, F.M., 2004) (McDaniel, C. i Fogt, N., 2010)

-La *vergència fusional* o *disparitat de vergència*, també denominada *rang de vergència* o *amplitud de vergència*, és la component de la vergència induïda per la disparitat de l'objecte (*disparitat retinal*), és a dir, quan l'objecte arriba a veure's doble. La mesura d'aquesta ens determina quin habitatge té la persona en realitzar moviments de vergència i mantenir la visió binocular simple (fusió). Segons *Maddox* (1893), sembla que és independent del color dels objectes i que està relacionada amb la informació de les formes grans. És a dir, amb les característiques del *sistema magnocel·lular*.

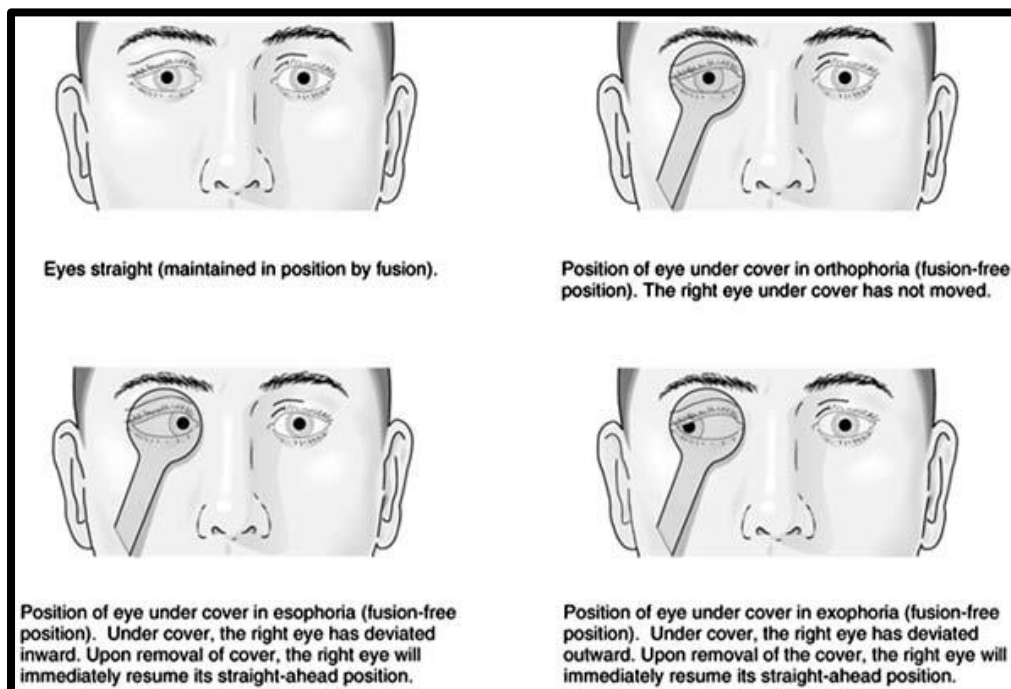
L'avaluació de la vergència fusional s'ha de fer sempre que es vulgui valorar la visió binocular del pacient. Abans però també s'ha de mesurar si el pacient té un tipus d'heterofòria ja que segons quin valor prismàtic tingui aquesta i segons quin valor prismàtic tingui l'amplitud de

vergència quedarà compensada o no, determinant o no la presència de simptomatologia. (Pons, Á.M. i Martínez, F.M., 2004) (Borràs, M.R. et al, 1999).

La majoria de les persones mantenen els ulls quasi perfectament o perfectament alineats i per tant, no tenen estrabisme. Però quan tapem un dels ulls es trenca la fusió, adquirint una posició de repòs, en aquestes condicions, la majoria de gent desenvolupa una desviació latent (heterofòria). La heterofòria només es manifesta quan els dos ulls es dissocien, trenquen fusió, però no és manifesta en condicions normals, és a dir, visió binocular. Però tal i com s'ha dit en el paràgraf anterior, en ocasions, una heterofòria pot descompensar-se, i en aquest cas pot produir símptomes i desembocar a vegades un estrabisme. Per tant l'heterofòria pot classificar-se en compensada o descompensada.

Tant l'estrabisme com l'heterofòria poden classificar-se en funció de la direcció de la seva desviació: **endo** quan els eixos visuals es desvien cap a dins; **exo** quan els eixos visuals es desvien cap enfora; **híper** quan la desviació és cap amunt; **hipo** quan la desviació és cap a baix; i **ciclo** per la ciclorrotació. (Evans, B.J.W., 2006)

En la imatge 4 es pot veure que en el dibuix de dalt a l'esquerra hi ha un pacient que manté el seu ulls rectes gràcies a la fusió de les imatges que percep amb ambdós ulls, en els altres dibuixos es mostren tres casos en que s'ha trencat la fusió, utilitzant un ocluser, mitjançant un examen optomètric denominat cover test. A dalt a la dreta es mostra un pacient que presenta ortofòria, és a dir, que segueix mantenint els ulls rectes, tot i que s'ha trencat la fusió, a baix a l'esquerra es mostra la imatge que correspon a un pacient que presenta endofòria en aquest cas al trencar la fusió, l'ull que no fixa pren la posició de repòs desviant-se cap al nas i la imatge de baix a la dreta correspon a un pacient que presenta exofòria, en aquest cas al trencar la fusió, l'ull que no fixa es desvia cap a fora. (Asbury, T. i Fredrick D.R., 2002)



Imatge 4. Representació de tres casos de pacients diferents on se'ls hi ha fet un examen optomètric, denominat cover test, per determinar si tenen heterofòria o no. (Asbury, T. i Fredrick, D.R., 2002)

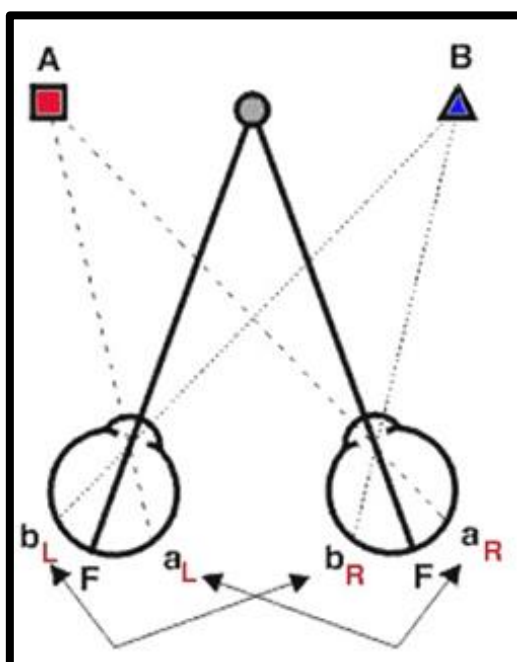


-La *vergència tònica* és la que es produeix en absència d'estímuls visuals, en total fosc (Schor i Ciuffreda, 1983). El seu valor mig és aproximadament de 3° (aproximadament a 110 cm en la línia mitja), però aquest valor pot augmentar si es mira cap avall o disminuir si es mira cap amunt, a raó d'un grau per cada 30deg de descens/elevació. (McDaniel, C. i Fogt, N., 2010)

-La *vergència proximal*, que s'encarrega de que puguem percebre l'apropament dels objectes, és produïda per inducció psicològica, per això també es coneix com a *vergència psíquica*. S'ha comprovat que quan a un subjecte se li demana que imagini que un objecte s'apropa, mantenint els ulls tancat, la seva vergència augmenta. Això sembla incrementar quan s'és conscient de que l'objecte d'interès esta realment a prop tot i que es visualitza com una imatge a l'infinit a través d'un microscopi. Una altra comprovació de l'existència de la *vergència proximal* és també l'*experiència de Enright* (1987), que va comprovar que quan s'observa una pintura o una fotografia amb objectes a diferents plans de perspectiva, existeix un petit canvi de vergència en funció de la suposada profunditat relativa dels ulls. (Pons, Á.M. i Martínez, F.M., 2004) (McDaniel, C. i Fogt, N., 2010)

La tercera condició és que la informació rebuda en les dues retines s'ha de transmetre a regions associades a l'escorça cerebral. És a dir, mantenint la *correspondència retinal* al llarg dels camins de processat de la informació visual per tal de que es procedeixi a la fusió de les imatges.

La *correspondència retinal* fa referència a que per un punt de fixació donat, les parts de l'objecte que s'està observant es corresponen amb punts de la retina que comparteixen la mateixa direcció visual. Aquest punts són denominats *punts retinals corresponents* (imatge 6) i cauen en un lloc geomètric denominat *horòpter* (imatge 8). (Pons, Á.M. i Martínez, F.M., 2004).

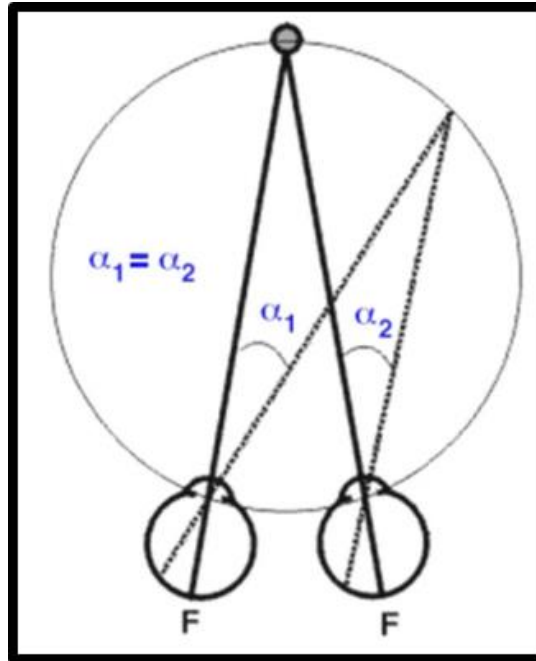


Imatge 6. Els punts aL i aR , bL i bR són punts corresponents. (Kalloniatis, M. i Luu, C., 2005)

L'*horòpter* és la zona de l'espai on mantenint la fixació en un punt les imatges dels objectes pròxims a aquest punt estimulen a *punts corresponents* de la retina. Aquesta regió dins del *camp visual binocular*

pot interpretar-se com un *camp haplòpic simultani* ja que és la regió de l'espai en la que no hi veiem doble en fixar la mirada.

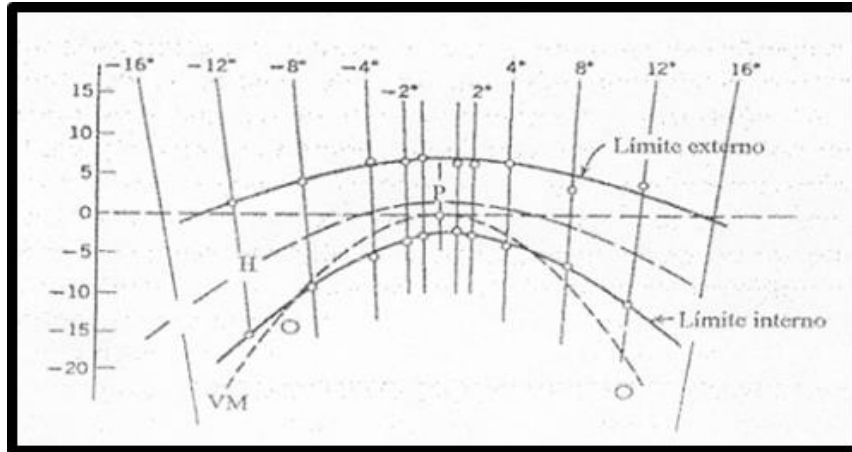
El camp haplòpic simultani es tracta d'una corba cònica que, en el cas de simetria ocular perfecta és una circumferència. Aquesta circumferència que passaria pels *punts nodals* dels dos ulls i el *punt de fixació*, s'anomena *circumferència de Vieth-Müller (CVM)* (imatge 7) i és l'*horòpter* teòric. No s'ha de confondre amb el cercle, que representaria l'àrea circumscrita per la circumferència, encara que la literatura anglosaxona utilitzi la paraula *circle* enlloc de *circumference* per referir-se a quest. (Pons, Á.M. i Martínez, F.M., 2004)



Imatge 7. Cercle de Vieth Müller. (Kalloniatis, M. i Luu, C., 2005)

Els punts que estan fora de l'*horòpter*, és a dir fora de l'àrea retinal, s'anomenen *punts dispars*. Tenen una direcció visual diferent entre ells que dona lloc a *diplopia fisiològica* (visió doble). Aquesta particularitat, anomenada també com a *disparitat retinal*, s'obté en desplaçar lateralment els ulls i ens permet tenir la discriminació de la profunditat. (Kalloniatis, M. i Luu, C., 2005)

Hi ha objectes que estan relativament propers a l'*horòpter*, i que encara que estimulen a punts retinals dispars es veuen simples. Això es deu a que per davant i per darrere de l'*horòpter longitudinal* existeixen àrees de tolerància de fusió per *punts dispars*. Aquesta zona s'anomena *àrea de fusió sensorial* o *àrea fusional de Pànum*. Si els objectes estan davant i darrere d'aquesta zona tenim *diplopia fisiològica*, és a dir, visió doble. En condicions normals de la visió, el nostre sistema visual suprimeix aquesta diplopia. (Kalloniatis, M. i Luu, C., 2005)



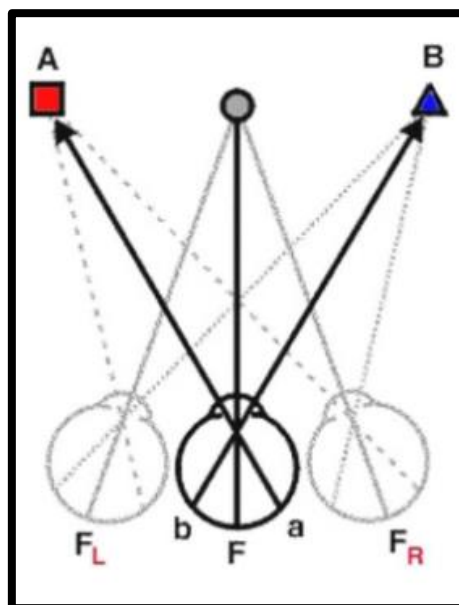
Imatge 8. Horòpter i àrea fusional de Pànum. (Romero, J. et al.,1996)

Per entendre l'horòpter i l'espai fusional s'introdueix el sentit de l'orientació. Els dos termes que descriuen el sentit de l'orientació són la *direcció visual oculocèntrica* i la *direcció visual egocèntrica*. (Kalloniatis, M. i Luu, C., 2005)

-La *direcció visual oculocèntrica* fa referència a que tots els objectes del *camp visual* del subjecte es determinen a partir de la *direcció visual principal* (línia que uneix l'objecte amb la fòvea).

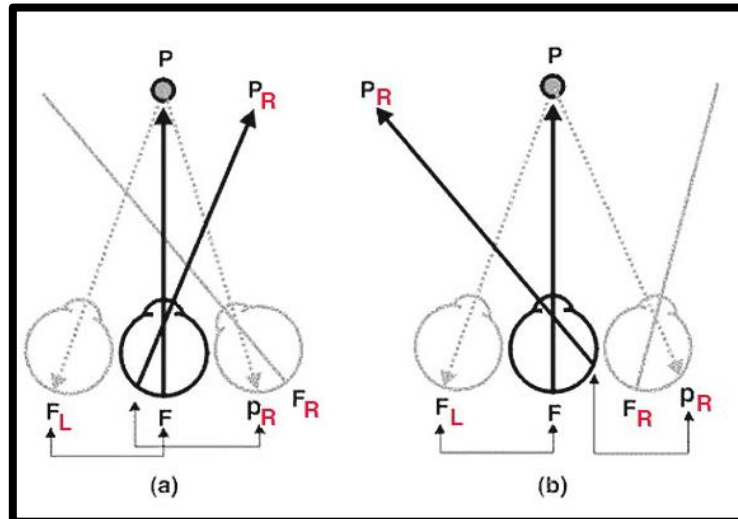
-La *direcció visual egocèntrica* no referència l'objecte respecte els ulls sinó que relaciona la direcció d'un objecte en relació a un mateix. Aquest tipus de direcció es determina a partir de la posició de la retina, la informació propioceptiva de l'ull, la posició del cap i del cos, i a través de l'*aparell vestibular*. Tota aquesta informació ens permet determinar si un canvi en la posició de l'eix visual a la retina es deu al moviment dels objectes, al moviment dels ulls o al moviment del cap.

Dins de la *direcció visual egocèntrica* trobem una altra manera de representar la *visió binocular* dibuixant un únic ull situat entre mig dels dos ulls. Aquest rep el nom d'*ull ciclop* (Imatge 9). (Kalloniatis, M. i Luu, C., 2005)



Imatge 9. Representació de l'ull ciclop.

La representació de l'ull *ciclop* es pot aplicar a pacients amb estrabisme. Els pacients amb *estrabisme* es classifiquen generalment d'acord amb la direcció de la desviació de l'ull. Havent-hi dos tipus comuns; els pacients que tenen *edotròpia*, que desvien l'ull cap al costat nasal (cap a dins), i els pacients amb *exotròpia*, la desviació és cap al costat temporal (cap a fora). Els pacients amb exotròpia tenen *diplopia creuada* o *heterònima* mentre que els pacients amb *edotròpia* tenen *diplopia creuada* o *homònima* (Imatge 10).



Imatge 10. (a) Diplopia no creuada, homònima (endotròpia)  
(b) diplopia creuada, heterònima (exotròpia).

(Kalloniatis, M. i Luu, C., 2005)

## 2.2. Les Reserves Fusionals

És important avaluar si la persona presenta *visió binocular* i si té o no l'habilitat de fer els *moviments de vergència* adequadament. Per això, en primer lloc, en un examen clínic s'ha d'avaluar la magnitud de la *fòria* que és la posició ocular en estat de repòs, i en segon lloc, la mesura de les *vergències fusionals* o *reserves* que és la capacitat de mantenir els objectes fusionats a mesura que s'augmenta la demanda de vergència

Si es detecta que la persona té un tipus de *fòria*, l'existència d'aquesta no significa que la persona presenti una disfunció en la visió binocular, és necessari mesurar els *moviments de vergència* per determinar si les reserves del sistema visual de l'individu són suficients o escasses per tal de compensar-la. Això determinarà l'existència o no de símptomes (Borràs, M.R. et al, 1999).

En col·locar un prisma davant d'un ull aquest gira cap al costat contrari de la base del prisma per tal d'aconseguir un nou estat de *fixació bifoveal* i mantenir la visió simple. Quan l'ull on hi ha el prisma anteposat no es desvia lo suficient per aconseguir la *fixació bifoveal*, es diu que aquest ull ha agafat una *posició passiva*. El prisma anteposat, en aquest cas, s'anomena *prisma diferencial* i aconsegueix dissociar la imatge dels dos ulls, trencant la visió simple, és per això que es percep diplopia.

Aquesta capacitat en els moviments horitzontals es realitza posant prismes d'igual valor davant dels dos ulls i els valors prismàtics obtinguts són bastant grans; podent ser 25 diòptries prismàtiques de base temporal ( $\Delta BT$ ) i 10 diòptries prismàtiques de base nasal ( $\Delta BN$ ) (Pons, Á.M. i Martínez, F.M., 2004). I en els



moviments verticals la majoria de les persones són capaces de *supravergir*, és a dir, fer un moviment ocular superior d'un dels ulls quan en aquest ull s'anteposa un prisma de base inferior (BI) mantenint la fusió de les imatges per mantenir la visió simple o *infravergir*, és a dir, fer un moviment ocular inferior d'un dels ulls quan en aquest ull s'anteposa un prisma base superior (BS) mantenint la fusió de les imatges per mantenir la visió simple. (Pons, Á.M. i Martínez, F.M., 2004).

En la pràctica optomètrica, la determinació dels prismes diferencials que dissocien les imatges que són percebudes per cada un dels ulls, tant en moviments horitzontals com verticals, es denoten com a *reserves fusionals* o inclús com a *vergències prismàtiques*. El terme de *reserva fusional* fa referència explícitament als límits o reserves que disposa el sistema visual per mantenir la visió simple i el terme de *vergències prismàtiques* descriu el mateix, fent referència a que tal manteniment s'ha de fer amb rotacions oculars de prismes anteposats. Aquestes mesures es realitzen per varies distàncies de fixació, per la determinació de la zona de visió binocular nítida i simple (ZVBNH) i els valors prismàtics obtinguts es denoten també habitualment com a *reserves fusionals* positives (amb prisma de base temporal (BT)) i negatives (amb prisma de base nasal (BN)), deixant apart com a *reserves fusionals verticals* els valors mesurats amb prismes verticals (amb prismes de base superior (BS) o base inferior (BI)). (Pons, Á.M. i Martínez, F.M., 2004)

Aquesta prova optomètrica, ens serveix per determinar si l'individu pot mantenir la *fusió* a mesura que se li incrementa gradualment la *demanada de vergència*. Aquest examen ens aporta informació de si el pacient és capaç de mantenir la *visió binocular* còmodament. (Mel, A.C. i Firth, A.Y., 2002)

### 2.2.1. Tipus de reserves fusionals

Existeixen dos tipus de *reserves horitzontal*; la *convergència relativa positiva* i la *convergència relativa negativa*.

La **convergència relativa positiva (CRP)** és la quantitat de *convergència* que es pot posar en joc mantenint el pla d'*acomodació* i s'avalua estimulant la *convergència* amb prisma de base temporal ( $\Delta BT$ ).

La **convergència relativa negativa (CRN)** és la quantitat de *convergència* que un subjecte és capaç de relaxar (*divergència*) sense variar el pla d'*acomodació*. S'avalua estimulant la *divergència* amb prisma de base nasal ( $\Delta BN$ ).

Alhora de determinar la *convergència relativa positiva* i la *convergència relativa negativa* no es té en compte l'estat de la fòria prèvia del pacient, és per això que també són importants un parell de conceptes, la *convergència fusional positiva* i la *convergència fusional negativa*.

La **convergència fusional positiva (CFP)** en el cas d'exofòries és igual a la *convergència relativa positiva* més el valor de la fòria (que és la demanda de *convergència fusional* que està exercitant constantment). I en cas d'endofòries és igual a la *convergència relativa positiva* menys el valor de la fòria.

La **convergència fusional negativa (CFN)** en el cas d'endofòries serà igual a la *convergència relativa negativa* més el valor de la fòria, aquesta és la demanda de *convergència fusional* que esta exercitant en tot moment. I en el cas d' exofòries serà igual a la *convergència relativa negativa* menys el valor de la fòria.

(Borràs, M.R. et al., 1999)

Tal i com s'ha comentat anteriorment, pot passar que un pacient presenti una heterofòria, però que aquesta estigui compensada per les reserves, per tal de determinar si la heterofòria està o no està compensada, existeixen dos criteris el criteri de Sheard i el criteri de Percival. (Evans, B.J.W., 1997)

El *criteri de Percival*, útil per les endofòries, estableix que a una distància donada les reserves de fusió en al punt de ruptura han de ser equilibrades (fòria/reserva de base nasal (BN))de manera que una no ha de ser inferior a la meitat de l'altra.

El *criteri de Sheard*, útil per exofòries, estableix que a una distància donada el valor de la reserva fusional en el punt de ruptura mesurat amb la base oposada a l'heterofòria, és a dir amb la base nasal en el cas de les endofòries i amb la base temporal en el cas de les exofòries, ha de ser almenys dues vegades major al valor de la fòria. (Evans, B.J.W. et al., 2002)

## 2.2.2.Mètodes de mesura de les reserves

Els rangs de vergència fusional es poden determinar amb els prismes rotatoris del foròpter o ve amb barra de prismes.

El test i la distància que s'empren alhora de fer la prova varien segons els autors. *Antona et al (2008)*; en el seu estudi *Repeatability and agreement in the measurement of horizontal fusional vergences*, on mesuren el grau de repetibilitat i concordança de la mesura de les reserves horitzontals, en base nasal i temporal, a un total de 61 adults sans d'edats compreses entre 18-32 anys, mitjançant el foròpter i la barra de prisma; utilitzen com optotip una columna vertical de lletres d'agudesa visual decimal d'Snellen de 0.8 a diferents distàncies, 6 metres i 40 centímetres des del pla de l'ull.

L'estudi de Goss i Becker publicat el 2011, denominat *Comparison of near fusional vergence ranges with rotary prisms and with prism bars*, utilitza com a test lletres d'agudesa visual 0.5 a la distància de 40 centímetres des del pla de l'ull.

En el procediment clínic de mesura de les reserves horitzontals primer es mesuren les reserves em base nasal (divergència) i després les reserves de base temporal (convergència). El fonament d'aquest ordre en fer les proves és perquè les respostes obtingudes de convergència durant la mesura de base temporal poden produir l'adaptació al prisma. És a dir, produint un efecte fusional posterior que pot esbiaixar temporalment els valors fent que els de base nasal vagin en la direcció temporal. *Rosenfield et al. (1995)* van demostrar que si es feia primer la mesura de base temporal hi havia una estimulació excessiva de la convergència que tendia a disminuir la capacitat de divergència, és a dir, disminuint els valors de base nasal i així obtenint falsos resultats. En l'ordre de les proves, però, no van trobar cap diferència estadística en els valors de ruptura. *Wesson, M. D. et al. (1982)* en el seu estudi sobre les vergències en barra de prisma en pacients d'edats entre 4 i 70 anys, va trobar que l'ordre de les proves no afectava en els resultats. *Henson, D.B. i North, R. (1980)*, i *Rosefield et al. (1995)* recomanen comprovar que el prisma obtingut en fer la mesura clínica de les reserves compensa la fòria del pacient. Així es pot veure si hi ha hagut una adaptació al prisma que ha alterat els resultats.

La mesura més habitual de les reserves, tan sigui en visió llunyana com en visió propera avui en dia és una mesura subjectiva, el pacient ha de indicar sempre quan veu borrosa la imatge, quan la veu doble i quan la torna a veure simple.

La mesura de les reserves amb *foròpter* es fa col·locant els *prismes rotatoris de Risley* davant dels dos ulls del pacient a camp tancat. Als usuaris d'ulleres se'ls posa la seva graduació al foròpter i als usuaris de lents de contacte se'ls deixa amb les lents contacte posades ja que es deixa el foròpter a 0 diòptries

esfèriques i cilíndriques. La potència prismàtica esta inicialment a 0 prismes ( $\Delta$ ) i es va incrementant simètricament i binocularment fins que el subjecte percebi borros, es segueix augmentant fins que el subjecte hi vegi doble, un cop hi ha vist doble s'incrementa el prisma en 5 $\Delta$  i es torna a disminuir fins que el subjecte vegi de nou una sola imatge. (Goss, D.A. i Becker, E., 2011)

En determinar els rangs de vergències horitzontals tant en visió llunyana com en visió propera, s'ha d'anotar els valors del prisma en diòptries prismàtiques ( $\Delta$ ) en que s'ha vist el test borros (valor de borrositat), en que s'ha vist una imatge doble del test (valor de ruptura) i quan s'ha tornat a veure una imatge simple del test (valor de recuperació), tant amb prisma de base nasal (BN) com amb prisma de base temporal (BT). Alguns pacients no perceben visió borrosa i passen directament a veure-hi doble, en aquests casos s'anotarà amb una X el valor de borrositat. (Borràs, M.R. et al., 2010)

La mesura de les reserves amb *barra de prismes* de manera subjectiva es fa a camp obert i els subjectes porten la seva graduació habitual posada o la mesurada anteriorment al gabinet optomètric. La potència prismàtica esta inicialment a 0 prismes ( $\Delta$ ) i es va incrementant de manera monocular fins que el subjecte hi percebi borros, es segueix augmentant fins que el subjecte hi vegi doble i un cop hi ha vist doble s'incrementa el prisma en 5 diòptries prismàtiques ( $\Delta$ ) i es va torna a disminuir fins que el subjecte hi vegi simple. (Antona, B. et al., 2008)

La *barra de prismes* utilitzada per fer les mesures pot tenir diversos passos prismàtics. En dos estudis, un publicat per Goss, D. A. i Becker, E. (2011) amb el títol *Comparison of near fusional vergence ranges with rotary prisms and with prism bars* i l'altre per Antona et al. (2008) ja esmentat anteriorment, van emprar els següents passos de potencia prismàtica: 1 $\Delta$ , 2 $\Delta$ , 4 $\Delta$  a 20 $\Delta$  en passos de 2 $\Delta$ , i de 25 $\Delta$  a 45 $\Delta$  en passos de 5 $\Delta$ .

També hi ha cert debat de en quin ull col·locar la barra prismàtica. En els estudis esmentats del paràgraf anterior van col·locar la barra de prisma davant de l'ull dret del pacient. (Antona, B. et al., 2008) (Goss, D.A. i Becker, E., 2011). Wesson, M. D. (1982) en el seu estudi, ja esmentat anteriorment, va examinar el paper de l'ull *dominant* en els resultats de les reserves. En el seu estudi no va trobar cap diferència estadística significativa en quan a la col·locació de la barra de prisma davant de l'ull *dominant*, concloent que en proves clíniques, no importa sobre quin ull es col·loca la barra de prisma.

Al mesurar les reserves s'ha de tenir en compte que alguns pacients mostren *supsressió* d'un dels ulls i que per tant, no hi veuran doble. (Agarwal, S. et al., 2002).

Si en fer la mesura de les reserves amb el foròpter o amb la barra de prismes els pacients no perceben visió borrosa ni doble, costa saber quin és el valor prismàtic que s'ha d'agafar com a vàlid, en l'estudi de Goss, D. A. i Becker, E. (2011) van utilitzar en aquest casos un valor de 47 $\Delta$  sense valor de recuperació. També s'ha de tenir en compte que si un pacient no percep visió borrosa i passa a percebre visió doble, el valor de prisma que s'utilitza per fer l'anàlisi de la visió borrosa és el mateix que per la visió doble. (Antona, B. et al., 2008)

Wesson et al. al 1995 van fer un estudi en que van mesurar les reserves de manera objectiva i subjectiva a 29 subjectes adults d'una mitjana d'edat de 27 anys. Van situar el test a 40 cm i van col·locar la barra de prisma davant de l'ull dominant del pacient, que anava en passos de 1 $\Delta$ , 2 $\Delta$ , 4 $\Delta$ , 6 $\Delta$ , 8 $\Delta$ , 10 $\Delta$ , 12 $\Delta$ , 14 $\Delta$ , 16 $\Delta$ , 18 $\Delta$ , 20 $\Delta$ , 25 $\Delta$ , 30 $\Delta$ , 35 $\Delta$  i 40 $\Delta$ , considerada com a estàndard segons Gulden al 1994 (Flüeler, U.R. et al., 1994). La col·locació d'aquesta davant de l'ull *dominant* va ser per tal de mantenir la consistència de visió borrosa i doble en fer la mesura de les reserves, tot i saber que no importava davant de quin ull es col·locava.

Van fer dos experiments, en el primer experiment es va fer la mesura emprant una tarja no il·luminada i en el segon experiment es va comparar la mesura de la targeta no il·luminada de 9 subjectes del primer experiment amb les mesures fetes en aquest amb emprant una tarja il·luminada.

Per poder fer la mesura objectiva, primer van fer la mesura de les reserves en base nasal per tal de minimitzar l'adaptació al prisma. Van col·locar la barra prismàtica davant de l'ull dominant del pacient i van incrementar la potencia prismàtica fins que l'examinador observava que l'ull del pacient es desviava cap el costat oposat de l'àpex de la barra prismàtica, valor de ruptura, tot seguit es va procedir a disminuir l'interval prismàtic fins que els ulls estiguessin de nou alineats, valor de la recuperació. Van deixar un interval de temps de 10 o 15 segons abans de començar la mesura de les reserves de base temporal. En aquest cas també es va col·locar la barra prismàtica davant de l'ull dominant repetint el mateix procediment emprat per les bases nasals.

La mesura subjectiva la van realitzar col·locant la barra de prisma davant de l'ull *dominant* i emprant el procediment clàssic ja explicat anteriorment en els estudis de *Antona et al.* al 2008 i *Goss i Becker* al 2011.

En l'estudi de *Wesson, M. D. et al.* (1995) van concloure que la mesura de les reserves de manera objectiva també és un procediment clínic vàlid.

#### 2.2.4. Estudis de concordança entre mètodes de mesura de les reserves

En l'estudi d'*Antona et al.* (2008), ja esmentat anteriorment, es va examinar el grau d'acord entre la mesura de les reserves horitzontals mitjançant el foròpter i la barra de prisma. I es va assenyalar que els valors obtinguts de la borrositat i la ruptura amb els prismes giratoris del foròpter van ser més alts, mentre que els valors de recuperació van ser majors amb la barra de prisma. Aquestes troballes indiquen que la borrositat i la ruptura apareixen amb un valor prismàtic més petit quan s'utilitza la barra de prisma en lloc dels prismes giratoris foròpter, la fusió de les imatges amb la barra de prismes s'obté amb un valor prismàtic més alt. Aquest comportament podria atribuir-se a que amb els prismes del foròpter s'introdueix de manera gradual i de manera binocular i els prismes amb la barra de prisma s'introdueixen de manera monocular i amb uns passos prismàtics establerts comportant una vergència asimètrica fent la prova més difícil per al subjecte. És també probable que l'efecte de la visió perifèrica sigui més influent en els valors de recuperació, el que podria explicar que el punt de recuperació és més alt amb barra de prisma que amb els prismes rotatoris del foròpter.

Els autors *Goss, D. A. i Becker, E.* (2011) en el seu estudi, indiquen que els valors obtinguts tant de borrositat, ruptura i recuperació amb barra de prisma tendeixen a ser majors que els valors obtinguts amb prismes rotatoris, això era d'esperar per diverses raons. La primera raó és que en fer la mesura amb la barra de prisma hi tenim present la visió perifèrica i quan fem la mesura amb el foròpter la visió perifèrica ens queda limitada. La segona raó és que els passos dels prismes no són continus, com ja hem comentat, això fa que la mesura de les reserves amb barra de prisma sigui menys precisa que la feta amb foròpter. La tercera raó és que en incrementar el prisma davant de l'ull amb la barra de prisma es fa en passos, això fa que hi hagi presència de *moviments sacàdics* i un augment de parpelleig, aquests faciliten els *moviment de vergència*.

## 2.2.5. Valors de normalitat de les reserves proposats per diferents autors

Els valors d'amplitud de vergències considerats com a "normals" varien d'uns autors a uns altres. No obstant, s'ha de tenir en compte que l'important és determinar la relació que existeix entre la demanda constant del sistema visual de l'individu per una distància de fixació, és a dir, el valor de la *fòria* i el valor de les *reserves fusional*s que necessiti. (Borràs, M.R. et al, 2010)

-Valors mínim i màxim de la vergència fusional en visió de lluny (6m) i en visió de prop (33cm) segons Álvaro M. Pons et al.

Valors	VISIÓ DE LLUNY (6m)			VISIÓ DE PROP (33 cm)		
	BN ( $\Delta$ )	BT ( $\Delta$ )	BS o BI ( $\Delta$ )	BN ( $\Delta$ )	BT ( $\Delta$ )	BS o BI ( $\Delta$ )
Mínim	7	20	2	16	25	2
Màxim	10	35	4	18	35	4

Taula 1. Valors de normalitat de les Reserves Fusionals en visió de prop proposats pels autors Álvaro M. Pons et al. en el seu llibre *Fundamentos de visión binocular*. (Pons, Á.M. i Martínez, F.M., 2004)

-Mitjana dels valors de la vergència fusional en visió de prop (40 cm) trobada per Goss i Becker

PRISMES DE RISLEY		BARRA DE PRISMA	
BN ( $\Delta$ )	BT ( $\Delta$ )	BN ( $\Delta$ )	BT ( $\Delta$ )
17/20,8/10,9 $\pm$ 5,7/5/4,9	23/25,9/12,6 $\pm$ 10,1/9,7/9,4	19,4/21,4/12 $\pm$ 9,4/9,4/4,1	26,7/28,9/16 $\pm$ 11/11/7,5

Taula 2. Mitjana dels valors de la borrositat, de la ruptura i de la recuperació de les Reserves Fusionals mesurades tant amb prismes de *Risley* com en *barras de prismes* a subjectes d'edat entre 18-35 anys. (Goss, D.A. i Becker, E., 2011)

-Valors de normalitat en visió de lluny (6m) i en visió de prop (40cm)

AUTORS	VISIÓ DE LLUNY (6m)		VISIÓ DE PROP (40cm)	
	BN ( $\Delta$ )	BT ( $\Delta$ )	BN ( $\Delta$ )	BT ( $\Delta$ )
Morgan (1944)	X/7/4 $\pm$ X/3/2	9/19/10 $\pm$ 4/8/4	13/21/13 $\pm$ 4/4/5	17/21/11 $\pm$ 5/6/7
Sheedy i Saladin (1978)	X/8/5 $\pm$ X/3/3	15/28/20 $\pm$ 7/10/11	14/19/13 $\pm$ 6/7/6	22/30/23 $\pm$ 8/12/11
Lesser	X/9/5	8/19/10	14/22/18	15/21/15

Taula 3. En aquesta taula podem veure els valors de normalitat proposats per autors diferents. (Borràs, M.R. et al, 1999) (Grosvenor, T i Grosvenor, T.P., 2007)

De la taula 3, destaquem l'autor Morgan (1944) ja que els seus valors de normalitat són els més utilitzats en clínica. Aquest utilitza com a instrument, per fer les mesures de les reserves fusionals, els prismes de Risley del foròpter i com a test una columna vertical. (Grosvenor, T i Grosvenor, T.P., 2007).

## 2.3. Flexibilitat de vergència

La *flexibilitat de vergència* és la mesura de la velocitat amb què una persona pot recuperar la fusió o mantenir la visió binocular en presència de canvis ràpids de demanda de vergència.

La prova de la flexibilitat de vergència consisteix en provocar de manera alternativa *convergència* i *divergència* forçades amb prismes de base externa i de base interna de manera que hi hagi una alternança entre prismes.

En fer la prova el pacient s'ha de fixar amb el test amb la demanada d'acomodació constant, llavors se li posa un dels prismes davant d'un dels dos ulls i ha de mirar el test fins que el vegi simple i nítid, és a dir, aconseguint la fusió de la imatge del test. Una vegada s'aconsegueix la fusió, se li posa l'altre prisma i han de tornar a aconseguir fusionar la imatge del test. Es va canviant d'un prisma a l'altre en obtenir la fusió de la imatge del test durant 1 minut. I finalment s'anoten el nombre de cicles que s'han pogut registrar en aquest minut (cpm). Es considera un cicle quan el pacient ha obtingut la fusió de les imatges quan mira a través del prisma de BN i quan torna a obtenir fusió quan mira a través del prisma de BT. (Mel, A.C. i Firth, A.Y., 2002) (McDaniel, C. i Fogt, N., 2010)

Al catàleg de la casa de productes de *Gulden Ophthalmics* es pot veure que hi ha diverses maneres d'aconseguir la combinació de prismes que volem per realitzar la prova. La prova pot agafar-se amb *prismes solts* o bé a partir de *combinacions prismàtiques unides* que ens permeten anar més ràpid en fer la prova. Tant els prismes solts com les *combinacions prismàtiques unides* poden anar muntats sobre una estructura per tal de que sigui més còmoda la realització de la prova. Els *primer solts* poden anar muntats en una estructura anomenada *flipper*, aquest sol ser de plàstic i és similar a unes ulleres però sense barnilles ja que té la mateixa forma i té una barra que sobresurt per tal de poder-lo subjectar amb la mà i aguantar-lo davant de l'ull del pacient fent els canvis de potencia prismàtica de manera ràpida. En el segon cas poden incorporar un orifici per tal de poder-hi col·locar un mànec d'acer per tal de poder fer els canvis de prisma davant de l'ull del pacient amb facilitat. (Gulden Ophthalmics, 2014)

L'elecció de en quin ull col·locar el prisma varia en les diverses fonts bibliogràfiques. En l'estudi de *Mel, A. C. i Firth, A. Y.* l'elecció d'on col·locar el prisma va ser aleatòria, a uns quants subjectes se'ls va col·locar el prisma davant de l'ull dret i uns altres subjectes se'l s'hi va col·locar davant de l'ull esquerre. (Mel, A.C. i Firth, A.Y., 2002)

L'elecció de l'optotip de fixació també varia en les diverses fonts bibliogràfiques. En l'estudi de *Mel, A. C. i Firth, A. Y.*, nombrat en el paràgraf anterior, es va emprar com a test de fixació una lletra Snellen d'agudes visual 0.6 a una distància de 33cm. (Mel, A.C. i Firth, A.Y., 2002)

*McDaniel, C. i Fogt, N.* en el seu article publicat l'any 2010, amb el títol *Adaptació de la vergència en el test clínic de vergència*, utilitzen com a test una columna de lletres d'agudes visual 20/30 de lletres a 16 polzades que equivalen a 40.6 mil·límetres. (McDaniel, C. i Fogt, N., 2010)

*Gall et al.* al 1998, en el seu estudi denominat *Vergence Facility: Establishing clinical utility*, van comparar els diversos tests d'orientació vertical que hi havia vigents per fer la mesura de la flexibilitat de vergència. Els tests provats a la distància de 40cm van ser una columna de lletres d'agudes visual 0.6, una targeta anaglífica retroil·luminada, i els cercles Wirth orientats verticalment. L'estudi va ser dissenyat per determinar si és important o no l'elecció de la targeta alhora de controlar la supressió en realitzar la mesura de la flexibilitat de vergència. Ells van trobar que la flexibilitat de vergència en visió pròxima és independent de la targeta que s'utilitza i van considerar que una senzilla columna de lletres d'agudes visual de 0.6 era l'apropiada.

### 2.3.1. Prismes utilitzats per la flexibilitat de vergència i valors de normalitat

Hi ha hagut una manca de normativa i poc consens en la literatura sobre la potència prismàtica que s'ha d'utilitzar en aquesta prova (Mel, A.C. i Firth, A.Y., 2002).

-Valors de normalitat segons diversos autors.

AUTORS	POTENCIA PRISMÀTICA ( $\Delta$ )	CICLES PER MINUT (cpm)	OBSERVACIONS
PIERCE (VP)	8BN/8BT	7,5cpm	Alternant BN i BT
GRIFFIN (VP)	5BN/15BT	20cpm	Alternant BN i BT
BUZZELI (VP)	4BN/16BT	5cpm	Alternant BN i BT de 5 a 14 anys
ROSNER (VL)	6BN/12BT	6cpm	Alternant BN i pla Alternant BT i pla
ROSNER (VP)	12BN/14BT	6cpm	Alternant BN i pla Alternant BN i pla
JACOBSEN (VP)	5 BN/15BT	8,6cpm	Alternant BN i BT joves adults

Taula 4. Valors de normalitat de diversos autors emprant diverses combinacions de potències prismàtiques (Borràs, M.R. et al, 1999).

Pellizzer, S. i Siderov, J. l'any 1998 en el seu estudi van determinar si l'avaluació de la flexibilitat de vergència era clínicament útil en pacients amb presbícia fent servir la següent convenció de prismes muntats en flipers 12 $\Delta$ BT/3 $\Delta$ BN a la distància de 40cm (Pellizzer, S. i Siderov, J., 1998)

Gall et al. al 1998 en el seu article, denominat *Vergence Facility: Establishing clinical utility*, van realitzar el primer estudi sistemàtic sobre la flexibilitat de vergència trobant la magnitud que s'ha d'elegir alhora de fer aquest test sent 3 $\Delta$ BN i 12 $\Delta$ BT. Aquesta combinació de prisma és molt útil per separar a els subjectes simptomàtics dels subjectes no simptomàtics. Emprant aquest valors prismàtics el valor esperat segons els autors és de 15cpm, perquè aquest valor és la suma de 3 $\Delta$ BN amb 12 $\Delta$ BT.

Chen, A.H. i Zainol, A.H. (2002) en el seu estudi, denominat *Vergence accommodation System in Malay primary school children*, van mesurar la flexibilitat de vergència en nens d'1 a 6 anys. Els autors van demostrar que el canvi de potencia prismàtica del flipper emprat per la mesura de la flexibilitat de vergència fa obtenir diferències entre els resultats obtinguts. Els valors obtinguts en aquest estudi es comparen amb un altre estudi realitzat per Scheiman i Wick (1994) on es va mesurar la flexibilitat de vergència en adults. En l'estudi de *Scheiman i Wick* (1994) es va emprar un flipper amb 8 $\Delta$ BN i 8 $\Delta$ BT, aquests prismes eren aproximadament tres vegades més grans que els prismes que es van emprar en l'altre estudi (3 $\Delta$ BN i 3 $\Delta$ BT). Els resultats obtinguts en l'estudi on s'emprava 3 $\Delta$ BN i 3 $\Delta$  BT, van ser d'una flexibilitat de vergència de 20.18 $\pm$  5cpm, que era tres vegades major que la quina es va obtenir emprant 3 $\Delta$ BN i 3 $\Delta$  BT, sent 7cpm. (Chen, A.H. i Zainol, A.H.,2002)

En l'estudi realitzat per Mel, A.C. i Firth, A. Y. (2002) es va mesurar la flexibilitat de vergència en pacients que tenien 19 $\pm$ 1 anys i es va utilitzar un flipper amb 12 $\Delta$  BT i 3 $\Delta$ BN obtenint una mitjana de 12.07 $\pm$ 4,18cpm.

## 2.4. Correlació entre la mesura de la flexibilitat de vergència i la mesura de les reserves fusional segons estudis.

L'avaluació de la flexibilitat de vergència és defensada com una guia útil per avaluar la funcionalitat eficient del sistema de vergència en les condicions del món real. (Mel, A.C. i Firth, A.Y., 2002).

*Delgadillo i Griffin (1989)* en el seu estudi comparatiu entre utilitzar dos mètodes de mesura sobre la flexibilitat de vergència, 8BN/8BT i 5BN/15BT a 40cm, no han trobat cap relació significativa entre els problemes de la visió binocular que aporten símptomes al pacient i la resposta de la flexibilitat de vergència.

En un estudi realitzat per *Pellizzer i Siderov*, on mesuraven la flexibilitat de vergència a un grup de persones que eren prèsbites amb 12ΔBT i 8ΔBN a una distància de 40cm, van trobar que la fusió amb el prisma de base nasal (BN) era més lenta que la fusió amb el prisma de base temporal (BT), i van suggerir que els moviments de divergència requerien un temps major que els moviments de convergència pels similars passos de disparitat (*Pellizzer, S. i Siderov, J., 1998*).

Segons un estudi els autors Mel i Firth s'ha vist que no hi ha una correlació demostrable en aquests dos exàmens. Una de les explicacions sobre això és que els dos tests mesuren diferents aspectes fisiològics del sistema de vergències i l'eficàcia d'aquests diferents aspectes pot variar dins de la normalitat. En aquest estudi, es va veure que un subjecte podia realitzar millor una prova en comparació a una altra si tenia un component del seu sistema de convergència superior a un altre, fins i tot si tots els components estaven dins dels límits normals (*Mel, A.C. i Firth, A.Y., 2002*).

Si es considera la teoria del mecanisme dual de convergència fusional per veure la relació entre la flexibilitat de vergències i les reserves fusional, es podria postular que les dues proves se centren lleugerament en diferents aspectes del sistema. L'avaluació de la flexibilitat de vergència és més sensible a la generació d'impulsos nerviosos a causa del canvi més gran en la disparitat, sent aproximadament un canvi davant de l'ull de 15Δ en comparació amb la mesura de les reserves fusional on els canvis són més petits. (*Mel, A.C. i Firth, A.Y., 2002*).

Si es consideren altres aspectes del sistema de convergència, es pot dir que les reserves fusional en comparació a la flexibilitat de vergència avaluen més el component d'adaptació de la vergència fusional. Això és degut a que les reserves fusional impliquen que hi hagi un manteniment prolongat de la posició de convergència. No obstant, no s'ha demostrat que les reserves fusional puguin induir quantitats significatives d'adaptació. (*Mel, A.C. i Firth, A.Y., 2002*)

-Mitjana de valors de la mesura de la *flexibilitat de vergència* i de les *reserves horitzontals* segons els autors Mel i Firth.

AUTORS	RESERVES I FLEXIBILITAT DE VERGÈNCIA (33cm)		
Mel i Firth	RESERVES		FLEXIBILITAT DE VERGÈNCIA (cpm)
	BN (Δ)	BT (Δ)	12.07±4,18
	44,71/59,82±11,88/22,66	30,5/45,61±11,28/22,15	

Taula 5. Mitjana de valors de la mesura de la *flexibilitat de vergència* amb un *flipper* de 12ΔBT i 3ΔBN i de les *reserves horitzontals* mesurades amb una *barra de prismes* en 28 subjectes d'edats entre 18-23 anys (*Mel, A.C. i Firth, A.Y., 2002*)



## 2.5. La concordança

El terme concordança prové de l'expressió llatina *concordare*, el significat de la qual fa referència a que hi ha "correspondència o conformitat d'una cosa amb una altra". La seva importància en l'àrea de la salut cau en que existeixen diverses maneres de valorar els fenòmens de la naturalesa i per tant apareixen diferents aproximacions o mètodes diagnòstics usats per mesurar els mateixos fenòmens o malalties. Per del tant, la concordança adquireix importància quan es vol conèixer si un mètode o instrument nou, diferent a l'habitual, obté resultats equivalents de tal manera que eventualment un i altre poden ser reemplaçats o intercanviats. (Reyes, É.C. et al., 2010).

## 2.6. Estadística: Mètodes paramètrics.

### 2.6.1. Mètode estadístic del coeficient de correlació de Pearson

El matemàtic, *Karl Pearson*, va desenvolupar en la dècada de 1880 la seva *teoria de correlació*. (Theodore, M. P. i Princeton, N.J., 2004). El coeficient de Pearson, conegut com a "r Pearson" o simplement "r", és el càlcul estadístic més comú per analitzar dades paramètriques (distribució normal). (Prion, S. i Haerling, K.A, 2014)

Aquest mètode mesura la probabilitat d'establir una equació lineal entre dues variables, en la que per cada canvi d'unitat en una d'elles s'espera un canvi d'unitat (correlatiu) en l'altra, sense tenir en compte ni la magnitud ni la escala de mesurament de les variables compromeses. El seu ús no és adequat per estimar la concordança entre dues variables atès que es poden obtenir coeficients de correlació de Pearson molt propers a la unitat. (Cortés, E. et al, 2010)

Hi ha dos supòsits importants del coeficient de correlació de Pearson: el primer supòsit és que només es pot utilitzar amb dades relacionades i el segon supòsit és que les dades han de ser en una distribució normal.

El càlcul estadístic de r agafa un valor entre -1 i +1. Tenint en compte, en primer lloc, que com més gran sigui r en valor absolut, més gran és la relació entre les dues variables. En segon lloc, que un valor de r igual a "0" representa que no hi ha cap relació en absolut entre les dues variables. En tercer lloc, que una correlació positiva vol dir que les dues variables es mouen en la mateixa direcció. I en quart lloc, que un valor negatiu de r vol dir que hi ha una relació negativa o d'oposició entre les variables d'interès. (Prion, S. i Haerling, K.A, 2014)

Els valors d'r s'interpreten de la següent manera: de 0 a  $\pm 0,20$  la correlació és insignificant, de  $\pm 0,21$  a  $\pm 0,35$  la correlació és feble, de  $\pm 0,36$  a  $\pm 0,67$  la correlació és moderada, de  $\pm 0,68$  a  $0,90$  la correlació és forta i de  $\pm 0,91$  a  $\pm 1,00$  la correlació es considera molt forta. (Prion, S. i Haerling, K.A, 2014)

És molt important destacar que en la relació entre variables descrita pel coeficient de correlació no hi intervé la causalitat. Els càlculs de correlació es fan servir sovint quan un estudi és experimental o quasi experimental i no es pot dur a terme per a raons estructurals o ètiques. Per molt forta que sigui la correlació no podem dir que una variable és causa de l'altra. Només podem reportar la força i la direcció de la relació. No obstant, podem ser capaços de prendre una decisió que estigui amb interferència sobre quina variable podria haver influït en l'altra basada en una anàlisi de sentit comú d'estudis de fenòmens. (Prion, S. i Haerling, K.A, 2014)

En conclusió aquest mètode, mesura la intensitat de l'associació lineal entre dos mesuraments, és a dir la correlació, però no proporciona informació sobre l'acord observat, ni sobre la presència de diferències sistemàtiques entre els mesuraments o instruments. (Cortés, E. et al., 2010)

## 2.6.2. Mètode estadístic ANOVA

Ronald Fisher al 1918 va proposar la primera anàlisi lògica de la variància, el mètode ANOVA. Aquest mètode va ser realment popularitzat al 1925 amb la publicació de la primera edició del seu llibre *Statistical methods for research workers*. I també al 1935 amb la publicació del seu llibre *The design of experiments*. (Thompson, B., 2002)

La prova ANOVA consisteix en l'avaluació del grau d'associació o independència entre una variable quantitativa i una variable categòrica que classifica o diferencia a als individus en grups, tants com categories té aquesta variable. La prova es pot aplicar quan es té tres o més categories. El procediment estadístic compara les mitjanes de les distribucions de la variable quantitativa en els diferents grups establerts per la variable categòrica. (Rubio, M. J. i Berlanga, V., 2012)

Es poden tenir dues condicions, que no hi hagi associació entre les dues variables estudiades (*Ho* o *hipòtesi nul·la*) o que hi hagi un grau de relació o associació entre les dues variables (*Ha* o *hipòtesis alternativa*). El procés d'acceptació o rebuig de la hipòtesi es decideix prèviament a través del *nivell de significació* o *valor p*. El *valor p* indica si l'associació és estadísticament significativa, un terme que en la literatura científica etiqueta com a "garantia de qualitat". Aquest valor ha estat arbitràriament seleccionat i es fixa en 0,05 o en 0,01. Una seguretat del 95% porta implícita un *valor p* inferior a 0,05 i una seguretat del 99% porta implícita un *valor p* inferior a 0,01.

Si rebutgem la hipòtesis nul·la (*Ho*) i acceptem la hipòtesis alternativa (*Ha*) com a certa, afirmant que el *valor p* és menor de 0,05, es diu que les dues variables presenten diferències significatives i que per tant es molt poc probable que l'atzar les hagi causat. En canvi, si acceptem la hipòtesis nul·la (*Ho*), que avala que les variables no estan associades, afirmant que el *valor p* és major a 0,05 es diu que l'atzar és molt probable que hagi provocat les diferències entre les mesures. (Rubio, M. J. i Berlanga, V., 2012)

S'ha de tenir en compte que la *significació estadística* o *valor p* depèn de dos elements essencials: la magnitud de la diferència que volem provar i la mida de la mostra. Si hi ha una diferència major entre les variables d'estudi, més fàcil serà poder demostrar que la diferència és significativa i al revés, si la diferència és petita les possibilitats de detectar diferències es minimitzen. I com major sigui la mida de la mostra més fàcil serà detectar diferències entre les variables d'estudi. (Manterola, C. i Pineda, V., 2008)

## 2.6.3. Mètode estadístic de la t d'Student

Al 1906 *Gosset, W.S.*, amb el pseudònim "Student" en les seves publicacions, va preguntar-se quina era la probabilitat de que la mitjana de la població fos pròxima a la mitjana de la mostra. Hi havia un error mostral o d'estimació, error que sorgia en avaluar una mostra enlloc d'una població complerta. Però la preocupació de *Gosset* era que hi havia un error mostral o d'estimació associat a la desviació estàndard de la mostra. Així, d'altra banda, *Gosset* va advertir que a mesura que disminuïa el nombre d'experiments, el valor de la desviació estàndard trobat en la mostra d'experiments esdevenia en el mateix subjecte un error cada vegada més gran, fins que els judicis que s'aconseguien d'aquesta manera podien arribar a ser totalment enganyosos.

Per avaluar la mitjana quan la mida de la mostra era petita, per tant, no es podia aplicar la distribució estàndard normal per això, Gosset necessitava una altra forma d'estadística que tingués en compte l'error mostral associat a mostres petites. (Coladarci, T., 2010) (Zabell, S.L., 2008)

La prova t d' Student segueix la mateixa definició i condicions que el mètode ANOVA però a diferència que només es pot aplicar quan es té només dues categories grupals, és a dir, és dicotòmica. (Rubio, M. J. y Berlanga, V., 2012)

#### 2.6.4. Mètode estadístic de Bland i Altman

El *mètode estadístic de Bland i Altman*, publicat per l'autor l'any 1986, serveix per avaluar la concordança que hi ha entre dos mètodes diferents de mesura i per determinar si un nou mètode de mesura pot reemplaçar un mètode estàndard acceptat existent. (Bland, J. M. i Altman, D.G., 2010) (Hill, R.F. et al, 2010).

L'anàlisi de Bland i Altman, emprada especialment en la disciplina de la medicina, ha estat àmpliament utilitzada com a mitjà de comparació entre un mètode estàndard de mesura i un nou mètode. Un dels propòsits que té és determinar si un nou mètode es pot utilitzar per reemplaçar un mètode ja establert com a patró. (Hill, R.F. et al, 2010)

Es calcula per cada individu la diferència entre les mesures obtingudes amb els dos mètodes, la mesura d'aquestes diferències ( $\bar{X}_d$ ) representa l'error sistemàtic, mentre que la variància ( $S_d^2$ ) d'aquestes diferències mesura la dispersió de l'error aleatori, és a dir, la imprecisió. Amb aquestes dues mesures es calcula els límits de concordança del 95%. Aquests límits ens informen entre quines diferències oscil·len la major part de les mesures preses amb els dos mètodes. L'investigador haurà de valorar si aquestes diferències són suficientment petites com per considerar que els mètodes siguin intercanviables o no. Per tal de que la mitja i la variància de les diferències siguin estimacions correctes s'ha d'assumir que són constants al llarg del rang de mesures, és a dir, que la magnitud de la mesura no està associada a un error major (Carrasco, J.L. i Jover, L., 2004).

Per altra banda, per comprovar aquesta suposició es pot construir un gràfic de dispersió on es representa gràficament la mitjana de les dues mesures, com la millor estimació del veritable valor, enfront de la diferència absoluta entre els dos valors. El gràfic inclou, a més, una línia horitzontal en la diferència mitja i dues línies, anomenades límits de concordança, a una distància de dues desviacions estàndard per dalt i per sota de la primera.

Permet conèixer si les diferències entre els dos mètodes són sistemàtiques o, al contrari, degudes a l'atzar. Per tal de que hi hagi una màxima concordança entre els mètodes s'espera que la diferència de les dues mitjanes doni "0" i que el 95% de les diferències es trobin dins de 1,96 de les desviacions estàndard d'aquestes mitjanes.

Si les diferències entre els parells d'observacions segueixen aproximadament una distribució normal i els valors tendeixen a ser estables en tot el rang de mesura, s'espera que el 95,5% d'aquestes diferències caiguin dins dels límits de concordança. Això permet valorar gràficament, de forma senzilla, el grau d'acord entre els dos mètodes.

(Cortés, E. et al, 2010)

En termes de diagnòstic, l'avantatge d'aquest mètode estadístic és que s'expressa en les mateixes unitats de mesura que les de l'examen clínic. Així l'examinador pot establir el seu propi criteri envers si hi ha o no realment una diferència significativa entre els mètodes de mesura. (Antona, B. et al., 2008)

### 3. Objectius

L'objectiu principal d'aquest treball és determinar els valors de les reserves horitzontals i de la flexibilitat de vergència en visió pròxima en una mostra de joves i així valorar la concordança entre els següents mètodes de mesura de les reserves horitzontals:

- Von Graeffe amb el test d'una lletra
- Von Graeffe amb el test d'una columna de lletres
- Barra de prismes amb el test d'una lletra

Aquest objectiu general es concreta en els següents objectius específics:

1. Estudiar l'efecte en el valor de les reserves fusionals al utilitzar com optotip una línia de lletres o una lletra aïllada, mantenint tant l'examinador com el mètode de mesura.
2. Estudiar l'efecte en el valor de les reserves fusionals al utilitzar els dos mètodes clínics de mesura habituals, la barra de prismes i els prismes de Risley del foròpter, mantenint tant l'examinador com l'optotip de fixació.
3. Comparar els resultats obtinguts de reserves fusionals i de flexibilitat de vergència amb els d'altres estudis amb mostres de característiques similars.

## 4. Metodologia

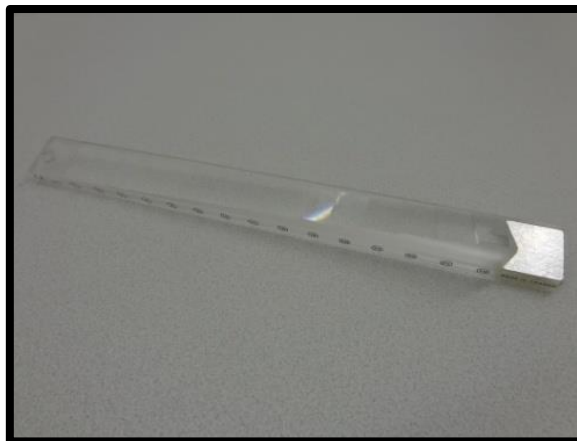
En aquest apartat, en primer lloc, exposarem els instruments emprats per la realització de la part experimental del treball. En segon lloc, descriurem la mostra que ha estat seleccionada per realitzar l'estudi. En tercer lloc, explicarem de manera detallada el protocol seguit alhora de fer les mesures. I per acabar, exposarem els principis ètics que s'han de seguir per la metodologia.

### 4.1. Instrumentació

A continuació farem èmfasi als instruments utilitzats per a cada prova.

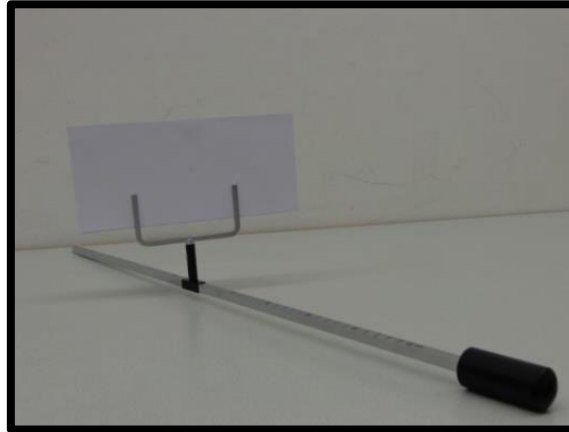
#### 4.1.1. Reserves horitzontals amb la barra de prisma en visió de prop

Per fer la mesura de les reserves horitzontals vam fer servir una *barra de prismes horitzontal* que anava amb els següents passos: de  $1\Delta$  a  $2\Delta$ , de  $4\Delta$  a  $20\Delta$  en passos de  $2\Delta$  i de  $20\Delta$  a  $40\Delta$  en passos de  $5\Delta$  (imatge 11). Col·locada de manera que la base del prisma fos nasal (BN) o temporal (BT) segons la mesura realitzada.



Imatge 11. Barra de prismes horitzontal en passos de  $1\Delta$  a  $2\Delta$ , de  $4\Delta$  a  $20\Delta$  en passos de  $2\Delta$  i de  $20\Delta$  a  $40\Delta$  en passos de  $5\Delta$

Per tal de poder subjectar el test a la distància adequada vam utilitzar un *regle Royal Air Force (R.A.F)*. Aquest instrument consta d'un regle mil·limetrat metàl·lic on hi ha col·locat un suport amb una pinça de subjecció on s'hi poden posar dos tests anteposats. El suport es desllissa suaument sobre el regle mil·limetrat, per saber amb exactitud els valors obtinguts de les reserves. A més a més, el suport pot girar sobre si mateix, això permet escollir ràpidament l'optotip necessari. (imatge 12).



Imatge 12. Regle Royal Air Force (R.A.F)

En aquesta prova vam fer servir una sola lletra d'Agudeses visual 0.7. La lletra va ser de la font *Times New Roman* i de mida 4.5. Vam escollir aquesta mida ja que era la que s'aproximava més a 4.57 que era la mida que equivalia a una agudeses visual 0.7 (Imatge 16).

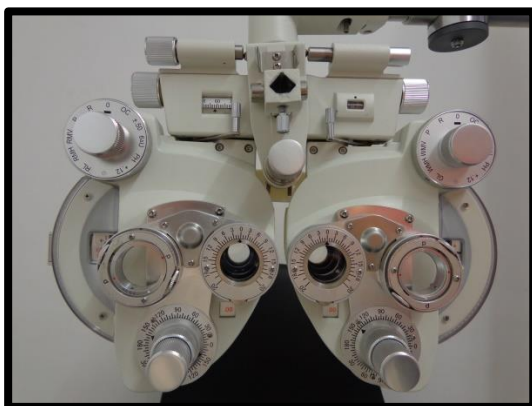
La *Facultat d'oftalmologia*, en un article publicat per Neely al 1956, aconsella que quan es fa servir el regle Royal Air Force (R.A.F) es faci ús de la font *Times New Roman*. (Neely, J.C., 1956).

#### 4.1.2. Reserves horitzontals amb el mètode Von Graeffe en visió de prop

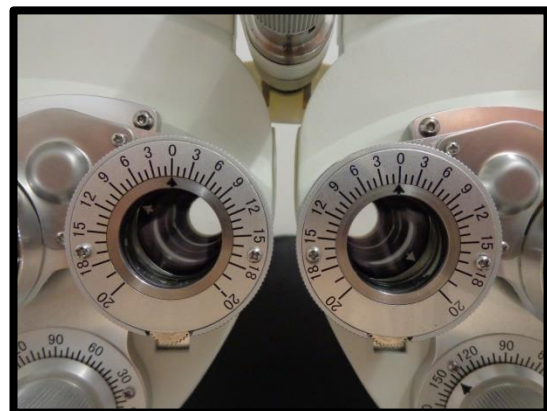
Per fer la mesura de les *reserves horitzontals* vam utilitzar el mètode *Von Graeffe* amb els *prismes de Risley* del *foròpter*, partint de  $0\Delta$ , així vam poder col·locar davant dels ulls del pacient prismes de base nasal (BN) o temporal (BT) (Imatge 13 i Imatge 14).

Per poder subjectar el test a la distància adequada vam fer servir la pinça que porta la *barra mil·limetrada del foròpter*. Aquesta pinça es pot moure endavant i endarrere per seleccionar la distància a la qual es vol fer les mesures en visió de prop.

En aquesta prova vam utilitzar dos tipus de tests, un d'ells compost per una lletra d'Agudeses visual 0.7 i l'altre test estava format per una columna de lletres vertical d'agudeses visual 0.7. També vam escollir per ambdós tests la font *Times New Roman* de mida 4.5 (Imatge 16 i Imatge 17).



Imatge 13. Foròpter



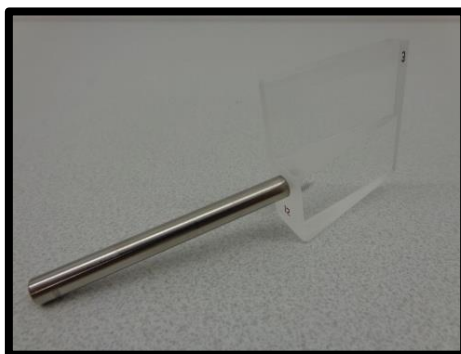
Imatge 14. Prismes de Risley del Foròpter

### 4.1.3. Flexibilitat de vergència

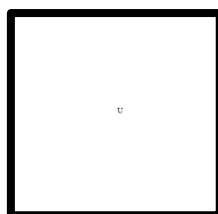
Per poder fer la mesura de la flexibilitat de vergències vam fer servir dos prismes units amb les bases oposades, un de 3 diòptries prismàtiques de base nasal (BN) i l'altre de 12 diòptries prismàtiques de base temporal (BT) subjectats amb un mànec d'acer. (Imatge 15). I un cronòmetre.

Per tal de poder subjectar el test a la distància adequada vam utilitzar un *regle Royal Air Force (R.A.F)*, instrument ja explicat en l'apartat 4.1.1. (Imatge 12).

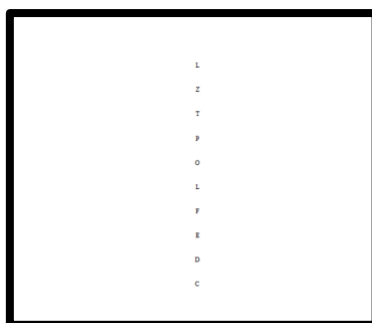
En aquesta prova vam fer servir el test d'una columna de lletres vertical d'agudesa visual 0.7, utilitzant també el format de la font Times New Roman de mida 4.5 (Imatge 17)



Imatge 15. Mànec d'acer amb els 3ΔBN i els 12ΔBT units amb les bases oposades.



Imatge 16. Test format per una lletra de la font Times New Roman d'Agudesa visual 0.7.



Imatge 17. Test format per una columna de lletres vertical de la font Times New Roman d'Agudesa visual 0.7.

## 4.2. Selecció de la mostra

En aquest apartat parlarem sobre com vam seleccionar els subjectes que van formar part de la mostra.

Vam realitzar les mesures a 53 alumnes de tercer curs de la Facultat d'Òptica i optometria de Terrassa. Tots ells complien els requisits de selecció:

- Presentar la unitat en l'agudesia visual (AV) monocular en visió de prop (VP).
- Presentar un error refractiu entre  $\pm 6.00$  DE.
- No presentar un astigmatisme superior a 3.00 DC.
- No haver estat sotmès a cirurgia ocular.
- No podien tenir antecedents d'estrabisme, ambliopia o patologies oculars.

Els pacients ametrops havien de dur la seva compensació optomètrica durant la realització de les mesures.

## 4.3. Principis ètics en la realització d'estudis experimentals

Abans de realitzar qualsevol tipus d'investigació, s'han de conèixer els requisits ètics, legals i jurídics especialment quan la investigació es realitza en éssers humans. L'Associació Mèdica Mundial (AMM) ha promulgat la Declaració de Hèlsinki com una proposta de principis ètics per a la investigació mèdica en éssers humans, incloent la investigació del material humà i d'informació identificable. És per això, que el present estudi es basarà en la declaració de Hèlsinki, document internacional molt important en la ètica d'investigació biomèdica aplicable des del juny del 1964 que s'utilitza quan es duen a terme diversos estudis amb éssers humans. (Asociación Médica Mundial (AMM), 2008)

Alhora de protegir les dades personals s'ha seguit la Llei Orgànica 15/1999, del 13 de desembre, de protecció de dades de caràcter personal i la llei 41/2002, del 14 de novembre, reguladora de l'autonomia del pacient i dels drets i les obligacions en la matèria d'informació i documentació clínica, que contenen les directrius que s'han de seguir per fer efectiu el deure del secret. (Agencia estatal boletín oficial del estado, 1999)

Les proves que s'han realitzat no són invasives però vam explicar a cada individu que va participar en l'estudi les condicions d'aquest abans de la realització i cada un va llegir i signar un document anomenat consentiment informat (Annex I).

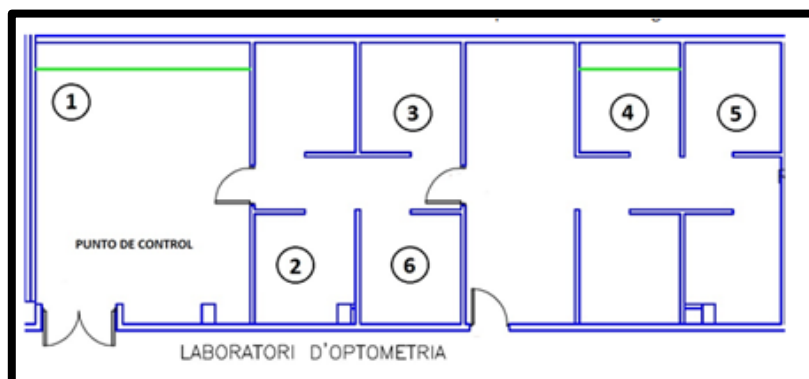
## 4.4. Protocol de mesura

L'estudi va consistir en mesurar:

- Les *reserves horitzontals* en visió propera, utilitzant dos instruments de mesura diferents, els prismes de Risley i la barra de prismes. Quan vam fer la mesura amb prismes de Risley es van utilitzar dos optotips diferents, una única lletra i una columna de lletres, i quan la mesura es va fer amb barra de prismes es va utilitzar únicament l'optotip d'una lletra.
- La flexibilitat de vergència utilitzant una columna de lletres vertical.



La presa de la vam desenvolupar, durant el mes de febrer del 2014, en una sessió que va ocupar una setmana. Abans de la realització de la presa de mesures es van citar els pacients, disposats a formar part de l'estudi, per comprovar si eren vàlids per formar-ne part. I si complien els requisits establerts (Annex II). Els pacients que complien els criteris d'inclusió van signar el consentiment informat (Annex I) i se'ls va anotar a la fitxa de registre, passant a formar part de la mostra, obtenint una totalitat de 53 individus. A cada membre de la mostra li vam fer les mateixes proves però amb un ordre aleatori passant per tots els gabinets optomètrics, de l'1 al 6 (Imatge 18), per realitzar diverses proves optomètriques.



Imatge 18. Distribució Laboratori.

En la segona sessió el gabinet 2 estava destinat a la presa de mesures per a la realització d'aquest treball final de grau.

En aquest gabinet només hi va participar un únic examinador, jo mateixa, per la presa de les mesures de les reserves horitzontals i de la flexibilitat de vergència. Es va utilitzar sempre el mateix material per fer les mesures (apartat 4.1.). Les condicions ambientals d'il·luminació de la sala eren condicions fotòpiques i les condicions de la il·luminació damunt de l'optotip eren de 450 Lux.

El protocol de mesura va ser organitzat per Blocs. Es van crear tres blocs, els quals cada subjecte els havia de realitzar de manera aleatòria. El **Bloc I** estava format per les proves de mesura de les reserves horitzontals emprant el mètode Von Graeffe i elegint de manera aleatòria el test. El test podia ser una única lletra, el qual vam anomenar-lo com a mètode de mesura 1, o ve una columna de lletres, el qual vam anomenar-lo mètode de mesura 2. El **Bloc II** estava format per la prova de mesura de les reserves horitzontals amb *barra de prisma* utilitzant com a test una única lletra, el qual vam anomenar-lo mètode de mesura 3. I el **Bloc III** estava format per la prova de mesura de la flexibilitat de vergències emprant com a únic test una columna de lletres vertical.

## Bloc I

### **Mètode de mesura 1: Von Graeffe (1 lletra)**

Vam realitzar dues mesures diferents, la primera mesura que vam fer va ser la mesura de les *reserves horitzontals* en base nasal (BN). I la segona mesura que vam fer va ser la mesura de les reserves horitzontals en base temporal (BT). Ambdues mesures vam repetir-les tres vegades. Cada una de les mesures implica obtenir resultats de ruptura i recuperació.

Abans de començar si el pacient era ametrop vam dir-li que dugués la seva correcció posada. I vam posar el test d'una columna de lletres vertical emprant la *barra de subjecció del foròpter* a 40cm. Vam col·locar el *foròpter* davant del pacient ajustant la distància naso-pupil·lar i vam controlar que li quedés ben adaptat davant de la seva cara sense cap inclinació. Vam posar els *prismes rotatoris de Risley* davant dels dos ulls, partint inicialment des de 0 prismes ( $\Delta$ ). D'aquesta manera el pacient en l'inici va observar el test simple.

En primer lloc, vam prendre la mesura de les *reserves horitzontals* en base nasal (BN). Primer de tot, li vam indicar al pacient que es fixés en el test, i li vam dir: "Veu el test simple?" en indicar-nos que el veia simple li vam dir: "Fixis en el test i indiqui'ns quan vegi dues imatges del mateix, dient la paraula doble". Per obtenir la diplopia del pacient vam anar incorporant prisma de base nasal (BN) davant dels dos ulls progressivament i en la mateixa quantitat. Un cop hi va veure doble vam incrementar el valor prismàtic que li va causar diplopia fins a 5 prismes de base nasal ( $\Delta$ BN) en els dos ulls i li vam dir: "Segueix veient dues imatges del test?" en veure-hi doble li vam dir: "Indiqui quan torni a veure una sola imatge del test de manera nítida, amb la paraula simple". El que vam fer en aquest cas va ser disminuir la quantitat de prisma que li havíem posat davant dels dos ulls fins que hi veiés simple. Un cop acabat aquest procés vam anotar la quantitat prismàtica que li ha permès veure-hi doble, aquesta era la suma de prisma que hi havia en l'ull dret amb la que hi havia en l'ull esquerre, i altre cop simple aquesta també era la suma de prisma que hi havia en l'ull dret amb la de l'ull esquerre.

En segon lloc, vam prendre la mesura de les *reserves horitzontals* en base temporal (BT). Primer de tot, li vam repetir el mateix procediment però incorporant prismes de base temporal (BT). En començar, li vam indicar al pacient que es fixés en el test, i li vam dir "Veu el test simple?" en indicar-nos que el veia simple li vam dir: "Fixis en el test i indiqui'ns quan vegi dues imatges del mateix, dient la paraula doble". Per obtenir la diplopia del pacient vam anar incorporant prisma de base temporal (BT) davant dels dos ulls i en la mateixa quantitat. Una vegada veié el test doble vam augmentar el valor prismàtic que li havia causat diplopia fins a 5 prismes de base temporal ( $\Delta$ BT) en ambdós ulls i li vam dir: "Segueix veient dues imatges del test?" si hi seguia veient doble li vam dir: "Indiqui quan torni a veure una sola imatge del test de manera nítida, amb la paraula simple". El que vam fer en aquest cas va ser disminuir la quantitat de prisma que li havíem posat davant dels dos ulls fins que hi veiés simple. Un cop acabat aquest procés vam anotar la quantitat prismàtica que li havia permès veure-hi doble, aquesta era la suma de prisma que hi havia en l'ull dret amb la de l'ull esquerre, i altre cop simple, aquesta també era la suma de prisma que hi havia en l'ull dret amb la de l'ull esquerre.



Imatge 19. Realització del mètode Von Graeffe amb el Foròpter. Podem observar la barra de subjecció, el test i el foròpter amb els prismes de Risley.

## Mètode de mesura 2: Von Graeffe Foròpter (columna de lletres)

Vam realitzar dues mesures diferents, la primera mesura que vam fer va ser la mesura de les *reserves horitzontals* en base nasal (BN). I la segona mesura que vam fer va ser la mesura de les reserves horitzontals en base temporal (BT). Ambdues mesures vam repetir-les tres vegades. Cada una de les mesures implica obtenir resultats de ruptura i recuperació.

Abans de començar, si el pacient era ametrop vam dir-li que dugués la seva correcció posada. I vam posar el test d'una lletra emprant la *barra de subjecció del foròpter* a 40cm. Vam col·locar el foròpter davant del pacient ajustant la distància naso-pupilar i vam controlar que li quedés ben adaptat davant de la seva cara sense cap inclinació. Vam posar els *prismes rotatoris de Risley* davant dels dos ulls, partint inicialment des de 0 prismes ( $\Delta$ ). D'aquesta manera el pacient en l'inici va observar el test simple. I vam seguir els mateixos passos i indicacions que en l'apartat anterior.

## Bloc II

### Mètode de mesura 3: Barra de prismes (1 lletra)

Vam realitzar dues mesures diferents, la primera mesura que vam fer va ser la mesura de les *reserves horitzontals* en base nasal (BN). I la segona mesura que vam fer va ser la mesura de les reserves horitzontals en base temporal (BT). Ambdues mesures vam repetir-les tres vegades. Cada una de les mesures implica obtenir resultats de ruptura i recuperació.

Abans de començar, si el pacient era ametrop vam dir-li que dugués la seva correcció posada. I vam posar el test d'una lletra a 40cm emprant la pinça de subjecció del *regle R.A.F.* i després li vam dir al pacient que es subjectés el regle R.A.F. amb una o ambdues mans, de manera que estigués còmode, recolzant-se'l a la barbeta deixant-nos espai per anteposar la *barra de prisma* davant del seu ull dret. Vam col·locar la *barra de prisma* orientada de manera que quedés ben vertical davant del seu ull dret,

per no induir un efecte prismàtic vertical degut a la inclinació de la barra, partint des de 0 prismes ( $\Delta$ ). D'aquesta manera el pacient en l'inici observar el test simple.

En primer lloc, vam fer la mesura de les *reserves horitzontal* amb base nasal (BN). Primer de tot, li vam indicar al pacient que es fixés en el test, i li vam dir: "Veu el test simple?" en indicar-nos que el veia simple li vam dir: "Fixis en el test i indiqui'ns quan vegi dues imatges del mateix, dient la paraula "doble". Per obtenir la diplopia del pacient vam anar incorporant prisma de base nasal (BN) davant l'ull dret (UD). Un cop hi va veure doble vam incrementar el valor prismàtic que li va causar diplopia fins a 5 prismes de base nasal ( $\Delta$ BN) en l'ull dret (UD) i li vam dir: "Segueix veient dues imatges del test?" en veure-hi doble li vam dir: "Indiqui quan torni a veure una sola imatge del test de manera nítida, amb la paraula simple". El que vam fer en aquest cas va ser disminuir la quantitat de prisma que li havíem posat davant de l'ull dret (UD) fins que hi veïés simple. Un cop acabat aquest procés vam anotar la quantitat prismàtica que li ha permès veure-hi doble que era la quantitat de prisma que hi havia en l'ull dret (UD) quan el pacient hi veia doble, i altre cop simple que era la quantitat de prisma que hi havia en l'ull dret (UD) quan el pacient hi veia doble.

En segon lloc, vam fer la mesura de les *reserves horitzontal* amb base temporal (BT). Primer de tot, li vam indicar al pacient que es fixés en el test, i li vam dir: "Veu el test simple?" en indicar-nos que el veia simple li vam dir: "Fixis en el test i indiqui'ns quan vegi dues imatges del mateix, dient la paraula doble". Per obtenir la diplopia del pacient vam anar incorporant prisma de base temporal (BT) davant l'ull dret (UD). Un cop hi va veure doble vam incrementar el valor prismàtic que li va causar diplopia fins a 5 prismes de base temporal ( $\Delta$ BT) davant de l'ull dret (UD) i li vam dir: "Segueix veient dues imatges del test?" en veure-hi doble li vam dir: "Indiqui quan torni a veure una sola imatge del test de manera nítida, amb la paraula simple". El que vam fer en aquest cas, va ser disminuir la quantitat de prisma que li havíem posat davant de l'ull dret (UD) fins que hi veïés simple. Un cop acabat aquest procés vam anotar la quantitat prismàtica que li ha permès veure-hi doble que era la quantitat de prisma que hi havia en l'ull dret (UD) quan el pacient hi veia doble, i altre cop simple que era la quantitat de prisma que hi havia en l'ull dret (UD) quan el pacient hi veia simple.



Imatge 20. Realització del mètode de la barra de prismes (1 lletra). Podem observar el subjecte que porta la seva correcció, el regle R.A.F, el test i la barra de prisma.

## Bloc III

### **Flexibilitat de Vergències 3 $\Delta$ BN/12 $\Delta$ BT (columna de lletres vertical)**

Vam realitzar la mesura de la flexibilitat de vergència contant el nombre de cicles per minut que el pacient podria fer quan combinàvem 3 $\Delta$ BN i 12 $\Delta$ BT.

Abans de començar, si el pacient era ametrop vam dir-li que duqués la seva correcció posada. Li vam posar el test d'una columna de lletres vertical a 40cm emprant la pinça de subjecció del regle R.A.F. després li vam dir al pacient que es subjectés el regle R.A.F. amb una o ambdues mans, de manera que estigués còmode, recolzant-se'l a la barbata de manera que ens deixés anteposar els prismes davant del seu ull dret.

En començar, li vam dir al pacient: "veu una única imatge del test nítida" en dir que sí vam iniciar la prova dient-li: "fixis en aquesta imatge ara la veuràs borrosa o doble i ens has d'indicar quan la vegis altre vegada nítida i única dient la paraula "ja", vam col·locar davant del seu ull dret 3 prismes de base nasal ( $\Delta$ BN), quan ens va dir "ja" vam anteposar 12 prismes de base temporal ( $\Delta$ BT) i quan ens va tornar a dir "ja" vam tornar a posar 3 prismes de base nasal ( $\Delta$ BN) i així successivament durant un minut (mesurat amb un cronòmetre).

La prova només la vam fer una vegada a cada participant i en acabar-la vam anotar els resultats, tenint en compte que cada dues vegades que el pacient deia "ja" equivalien a un cicle i tenint en compte que havíem calculat els cicles que feia en un minut, la unitat de mesura era en cicles per minut (cpm).



Imatge 21. Realització del mètode de la Flexibilitat de Vergències 3BN/12BT (1 columna de lletres vertical). Podem observar el regle R.A.F, el test i el mànec d'acer amb els 3 $\Delta$ BN i els 12 $\Delta$ BT units amb les bases oposades.

Tots els resultats obtinguts en cada una de les proves dels diferents blocs eren anotats en el full dissenyat exclusivament per aquest estudi (Annex III).

## 5. Resultats

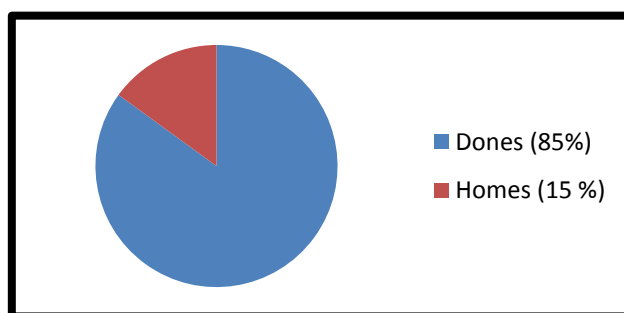
A continuació parlarem del descriptiu de la mostra, dels descriptius de les variables i s'exposaran diversos mètodes estadístics que ens han servit per avaluar la concordança entre mètodes de mesura de les reserves fusionals.

### 5.1 Descriptius

En este aquest apartat es comentaran tant els descriptius de la mostra dels participants en el estudi, com els descriptius de les diferents mesures realitzades.

#### 5.1.1. Descriptiu de la mostra

Vam treballar amb una mateixa mostra per tal de poder fer la valoració de la concordança entre els resultats mitjançant diversos mètodes, sense fer distincions entre edats ni sexes. Un cop aplicats els criteris d'inclusió, la nostra mostra va ser de 53 subjectes amb una edat mitja de  $21,95 \pm 1,61$  anys, sent 45 dones (85%) i 8 homes (15%). Hi va haver una diferència percentual entre sexes degut a que la mostra seleccionada va ser dins d'un grup on el percentatge de dones era més elevat que el d'homes.



Gràfica 1. Mostra el tant per cent de dones i d'homes de la mostra

#### 5.1.2. Descriptius variables

En la taula de continuació es poden veure els descriptius de les variables per cada mètode aplicat. De cada variable s'aconseguia la mitja aritmètica, la desviació estàndard (sd), el rang i els percentils 5,25, 50, 75 i 95.

La mitja aritmètica ( $\bar{x}$ ), només aplicable en variables de naturalesa quantitativa, es defineix com aquell valor que resulta de dividir la suma de totes les observacions entre el número d'elles. El resultat d'aquest quocient no coincidirà necessàriament amb cap valor de la variable, però sí ha de ser un valor del recorregut de la mateixa i ha d'estar expressat en les mateixes unitats de mesura que aquesta variable.

La variància ( $\sigma^2$ ), que és la mesura de la dispersió més coneguda i utilitzada, és la mitja de les diferències al quadrat de n puntuacions (mitja quadràtica) respecte la seva mitja aritmètica. I ens mostra la variabilitat de les puntuacions dels subjectes en la variable que estem estudiant. Ve expressada en les

unitats de mesura de la variable al quadrat, lo que limita la seva interpretació. Per tal d'eliminar aquest inconvenient apareix un terme denominat desviació estàndard (sd).

La desviació estàndard (sd) o desviació típica és l'arrel quadrada de la variància agafada en signe positiu. La seva unitat de mesura és la mateixa que la de la variable.

Els percentils ( $P_x$ ) són els 99 valors que divideixen una sèrie de dades (ordenada en forma creixent o decreixent), en 100 parts iguals. Donen valors corresponents al 1%, al 2%... y al 99% de les dades. El percentil 50( $P_{50}$ ), és igual a la meitat de les observacions de la sèrie, és el valor de la mitjana.

Tal i com s'ha dit amb anterioritat els mètodes els vam classificar de la següent manera:

- Mètode 1 (M1): Von Graeffe Foròpter (1 lletra)
- Mètode 2 (M2): Von Graeffe Foròpter (Columna de lletres)
- Mètode 3 (M3): Barra de prismes (1 lletra)
- Mètode 4 (M4): Flexibilitat de vergència (Columna de lletres)

L'anotació de les reserves mesurades es van abreviar de la següent manera BNRU (Base Nasal Ruptura), BNRE (Base Nasal Recuperació), BTRU (Base Temporal Ruptura) i BTRE (Base Temporal Recuperació).

Mètodes	Reserves	Mitja ( $\Delta$ )	$\pm$ desviació estàndard ( $\Delta$ )	Percentils (%)				
				5	25	50	75	95
<b>M1:</b> Von Graeffe Foròpter (1 lletra)	BNRU	13,28	$\pm 5,52$	5,80	10,33	12	17	24
	BNRE	7,71	$\pm 5,18$	0,00	6	6	11,33	18
	BTRU	22,38	$\pm 9,90$	6,00	13,67	22	29,67	40
	BTRE	11,74	$\pm 7,16$	0,00	6,67	12	16	24
<b>M2:</b> Von Graeffe Foròpter (Columna de lletres)	BNRU	14,82	$\pm 5,48$	6,00	11,67	13,33	18	24
	BNRE	8,66	$\pm 4,98$	0,47	6	8	12	18,20
	BTRU	25,84	$\pm 9,79$	10,93	18	24,67	32,67	40
	BTRE	11,46	$\pm 5,86$	4,00	6	10,67	16	23,80
<b>M3:</b> Barra de prismes (1 lletra)	BNRU	14,81	$\pm 4,86$	7,60	11	14	17,67	24,83
	BNRE	10,50	$\pm 4,22$	4,47	7,33	10	12,67	18,20
	BTRU	26,52	$\pm 11,51$	7,13	16	26,67	39,17	40
	BTRE	15,39	$\pm 6,02$	3,37	10,83	16	20	24,83
<b>FV:</b> Flexibilitat de vergència (Columna de lletres)	FV (cpm)	18,28	$\pm 5,77$	7,70				

Taula 6. Descriptius variables per cada mètode aplicat. La unitat de mesura en tots els valors de la taula és la diòptria prismàtica ( $\Delta$ ).

Mirant la taula 6, on es mostren els descriptius variables, podem dir que:

-la mesura de la ruptura en base nasal (BNRU) el mètode 2 i el mètode 3 donen valors molt similars i el mètode 1 dona un valor diferent als primers.

-la recuperació en base nasal (BNRE) pel mètode 1 i pel mètode 2 donen valors similars en canvi el mètode 3 dona un valor molt diferent als primers.

-la ruptura en base temporal (BTRU) pel mètode 2 i pel mètode 3 donen valors similars i en canvi el valor pel mètode 1 és molt diferent a aquests.

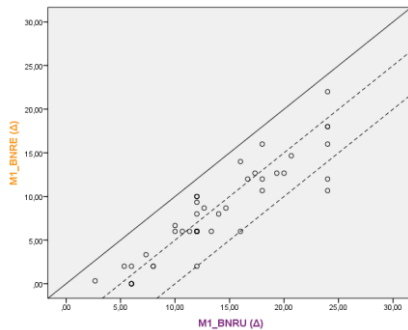
-la recuperació en base temporal (BTRE) podem dir que pel mètode 1 i pel mètode 2 donen valors molt similars en canvi el mètode 3 s'allunya d'ambdós valors.

Segons el test estadístic de normalitat *Kolmogorov Smirnov* tots els valors presenten una distribució normal.

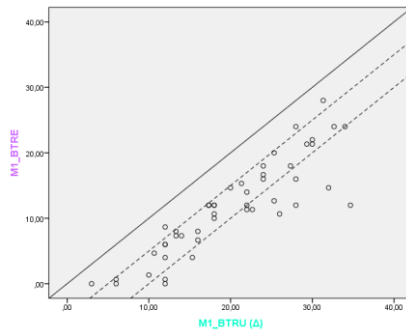
## 5.2. Comparativa de la Ruptura i la Recuperació

### 5.2.1. Pearson

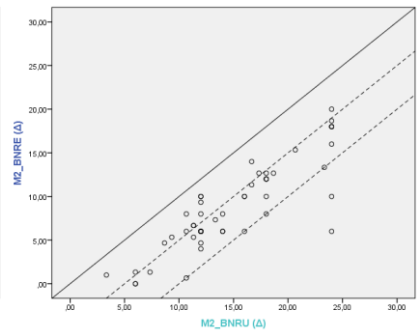
A continuació es poden veure les gràfiques de Pearson on es comparen les mesures de la ruptura i la recuperació dels tres mètodes de mesura diferents. En el mètode 1, gràfiques 2 i 3, s'han fet les mesures amb els prismes de Risley del foròpter emprant com a test una lletra, en el mètode 2, gràfiques 4 i 5, s'han fet les mesures amb els prismes de Risley del foròpter emprant com a test una columna de lletres i el mètode 3, gràfiques 6 i 7, s'han fet les mesures amb la barra de prisma emprat coma test. Aquest mètode serveix per mesurar la probabilitat d'establir una equació lineal entre dues variables, en la que per cada canvi d'unitat en una d'elles s'espera un canvi d'unitat (correlatiu) en l'altra, sense tenir en compte ni la magnitud ni la escala de mesurament de les variables compromeses. El seu ús no és adequat per estimar la concordança entre dues variables atès que es poden obtenir coeficients de correlació de Pearson molt propers a la unitat. (Cortés, E. et al, 2010)



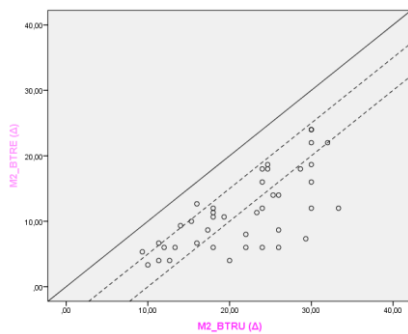
Gràfica 2. Mètode 1 Ruptura vs Recuperació (BN)  
 $r=0,91$



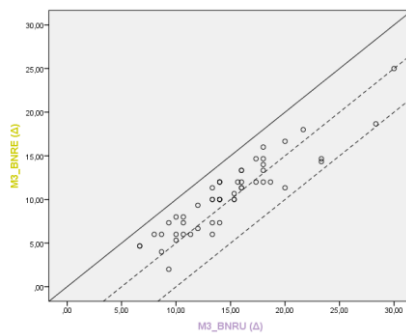
Gràfica 3. Mètode 1 Ruptura vs Recuperació (BT)  
 $r=0,88$



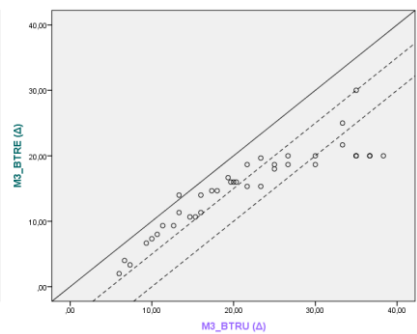
Gràfica 4. Mètode 2 Ruptura vs Recuperació (BN)  
 $r=0,86$



Gràfica 5. Mètode 2 Ruptura vs Recuperació (BT)  
 $r=0,70$



Gràfica 6. Mètode 3 Ruptura vs Recuperació (BN)  
 $r=0,91$



Gràfica 7. Mètode 3 Ruptura vs Recuperació (BT)  
 $r=0,90$



-En la gràfica 2 que mostra la comparativa de la ruptura i la recuperació en base nasal pel mètode 1, on s'han pres les mesures amb els prismes de Risley del foròpter i utilitzant com a test una lletra, s'observa que quasi tots els valors es troben entre 5 i 10 diòptries prismàtiques de diferència entre ruptura i la recuperació.

-En la gràfica 3 que mostra la comparativa de la ruptura i la recuperació en base temporal pel mètode 1, on s'han pres les mesures amb els prismes de Risley del foròpter i utilitzant com a test una lletra, s'observa que vuit valors que es troben per sota del rang comprés entre 5 i 10 diòptries prismàtiques mostrant un valor de la ruptura alt però un valor de la recuperació baix.

-En la gràfica 4 que mostra la comparativa de la ruptura i la recuperació en base nasal pel mètode 2, on s'han pres les mesures amb els prismes de Risley del foròpter i utilitzant com a test una columna de lletres, s'observa que quasi tots els valors es troben entre 5 i 10 diòptries prismàtiques.

-En la gràfica 5 que mostra la comparativa de la ruptura i la recuperació en base temporal pel mètode 2, on s'han pres les mesures amb els prismes de Risley del foròpter i utilitzant com a test una columna de lletres, s'observa un gran nombre de casos on la ruptura és elevada i la recuperació és molt baixa comparativament.

-En la gràfica 6 que es mostra la comparativa de la ruptura i la recuperació en base nasal pel mètode 3 on s'han pres les mesures amb la barra de prismes i utilitzant com a test una lletra, s'observa que tots els valors es troben entre 5 i 10 diòptries prismàtiques de diferència entre el valor de la ruptura i de la recuperació.

-En la gràfica 7 que mostra la ruptura i la recuperació en base temporal pel mètode 3, on s'han pres les mesures amb la barra de prismes i utilitzant com a test una lletra, s'observa que quasi tots els valors es troben dins del rang comprés entre 5 i 10 diòptries prismàtiques a excepció de 5 casos en que la ruptura és elevada i la recuperació és molt baixa.

### 5.2.2. T-Student

El mètode T-Student consisteix en l'avaluació del grau d'associació o independència entre una variable quantitativa i una variable categòrica que classifica o diferencia a als individus en grups, tants com categories té aquesta variable. La prova es pot aplicar quan es té només dues categories grupals El procediment estadístic compara les mitjanes de les distribucions de la variable quantitativa en els diferents grups establerts per la variable categòrica. (Rubio, M. J. y Berlanga, V., 2012)

-Taula resum del mètode T-Student

Mètodes	Reserves	N	Diferències relacionades		p (Significació)
			Diferència ( $\Delta$ )	$\pm$ desviació estàndard ( $\Delta$ )	
<b>M1:</b> Von Graeffe Foròpter (1lletra)	BNRU	53	5,61	2,50	<0.001
	BNRE				
	BTRU	47	7,84	3,01	<0.001
	BTRE				
<b>M2:</b> Von Graeffe Foròpter (Columna de lletres)	BNRU	53	6,18	2,90	<0.001
	BNRE				
	BTRU	41	9,49	4,40	<0.001
	BTRE				
<b>M3:</b> Barra de prismes (1lletra)	BNRU	53	4,31	2,08	<0.001
	BNRE				
	BTRU	40	6,75	5,12	<0.001
	BTRE				

Taula 7. En la següent taula es mostra la diferència entre mètodes, més menys la desviació estàndard i la significació.

-En la taula 7 es mostra que a vegades el nombre d'individus és menor a la totalitat de la mostra analitzada, que és d'un total de 53 persones, això és degut a que els individus que presentaven una ruptura major a 40 i que per tant no és podien mesurar van estar exclosos alhora d'aplicar el mètode T-Student ens els mètodes de mesura de la recuperació.

-El valor de la diferència dona en tots els casos positiva perquè el valor de la ruptura sempre és més gran que el de la recuperació.

-Amb aquest mètode estadístic comparem la ruptura i la recuperació per tots els mètodes de mesura tant per les bases nasals com per les bases temporals. I podem dir que el valor de la significació o *valor p* és menor a 0,05. Això ens informa que la recuperació sempre i en tots els casos té un resultat menor, tal i com era d'esperar.

-Només destacar que per tots els mètodes utilitzats la diferència entre la ruptura i la recuperació és més gran per a les bases temporal que per les bases nasals.

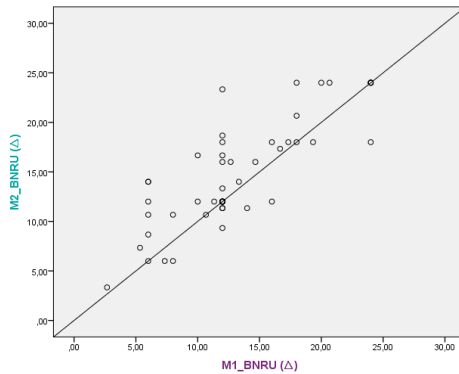
## 5.3. Concordança entre mètodes

### 5.3.1. Concordança entre mètodes variant l'optotip.

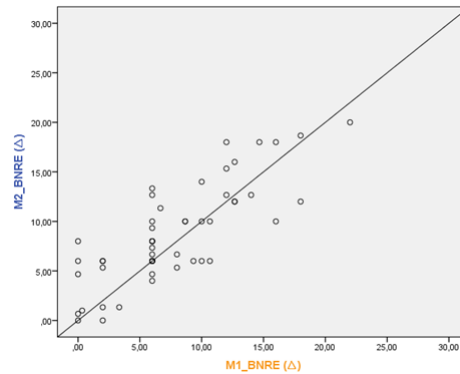
En aquest apartat s'han utilitzat tres mètodes estadístics diferents, Pearson, la T d'Student i Bland i Altman, per tal de mesurar quin grau de concordança hi ha entre dos mètodes de mesura en els que vam emprar el mateix instrument, els prismes de Risley del foròpter, i vam variar només el test. Aquests són el mètode 1, en el que vam utilitzar com a test una lletra, i el mètode 2, en el que vam utilitzar com a test una columna de lletres.

## Efecte l'optotip: Mètode estadístic de Pearson

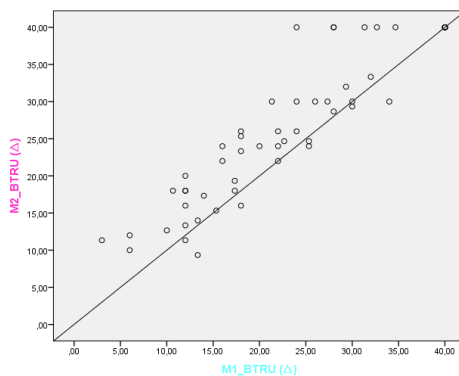
A continuació es mostren les gràfiques pel mètode estadístic de Pearson que comparen el mètode de mesura 1 i el mètode de mesura 2 en els quals s'han mesurat les reserves horitzontals, tant el valor de la ruptura com el de la recuperació, utilitzant com a instrument els prismes de Risley del foròpter i com a test una lletra o una columna de lletres respectivament.



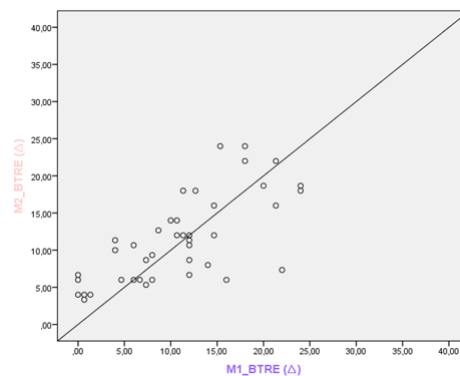
**Gràfica 8. M1 vs M2 (Ruptura BN) (r=0,83)**



**Gràfica 9. M1 vs M2 (Recuperació BN) (r=0,81)**



**Gràfica 10. M1 vs M2 (Ruptura BT) (r=0,91)**



**Gràfica 11. M1 vs M2 (Recuperació BT) (r=0,71)**

En comparar els dos mètodes en els quals estem mantenint l'instrument de mesura, els prismes de Risley del foròpter, i canviant el test trobem que:

-En la gràfica 8 on hi ha representada la mesura de la ruptura en base nasal (BNRU) el coeficient de correlació entre els dos mètodes és de  $r=0,83$ , sent molt pròxima a 1. Això vol dir que hi ha una forta relació directa i creixent entre ambdós mètodes, havent-hi una correlació positiva forta. (Prion, S. i Haerling, K.A, 2014). Trobant que la majoria de punts es troben per sobre de la bisectriu del quadrant, per tant, hi ha una forta tendència a que els valors siguin majors quan s'utilitza el test d'una columna de lletres (mètode 2).

-En la gràfica 9 on hi ha representada la mesura de la recuperació en base nasal (BNRE), trobem que hi ha un valor del coeficient de correlació molt pròxim a 1, sent  $r=0,81$ . Per tant, tot i que es canviï el test, hi ha una relació forta directa i creixent entre els mètodes. (Prion, S. i Haerling, K.A, 2014). Trobant que els valors estan distribuïts uniformement per sobre i per sota de la recta, havent-hi valors molt similars per els dos mètodes.

-En la gràfica 10 on hi ha representada la mesura de la ruptura en base temporal (BTRU), trobem una correlació quasi perfecta entre mètodes, havent-hi una relació directa i creixent ja que és

$r=0,91$ . (Prion, S. i Haerling, K.A, 2014). Trobant que els valors estan bastant dispersats però tendeixen a estar per sobre de la bisectriu del quadrant per tant per la major part del individus els valors pel mètode 2, on s'emptra una columna de lletres, són majors que pel mètode 1, on s'emptra una lletra.

-En la gràfica 11 on hi ha representada la mesura de la recuperació en base temporal (BTRE), hi ha una relació directa i creixent entre els mètodes i la correlació és bona ja que és  $r=0,71$ . (Prion, S. i Haerling, K.A, 2014). Trobant que els valors estan distribuïts uniformement per sobre i per sota de la recta, per aquest motiu, no existeix una tendència a que els valors siguin majors per un dels mètodes.

### Efecte de l'optotip: Mètode estadístic de la T d'Student

En la taula de continuació s'ha aplicat el mètode T d'Student que serveix per mesurar el grau d'associació entre els mètodes de mesura (Rubio, M.J. i Berlanga, V., 2012). Es mostren els valors de la diferència més menys la desviació estàndard i els valors de la significació entre els valors de la ruptura i la recuperació, tant en base nasal (BN) com en base temporal (BT), entre el mètode 1 i el mètode 2, en els que s'ha utilitzat el mateix instrument de mesura, els prismes de Risley del foròpter, i s'ha variat el test utilitzant una lletra o una columna de lletres respectivament.

Mètodes	Reserves	Diferència ( $\Delta$ )	$\pm$ desviació estàndard ( $\Delta$ )	p (Significació)
<b>M1:</b> Von Graeffe Foròpter (1 lletra) vs <b>M2:</b> Von Graeffe Foròpter (Columna de lletres)	<b>BNRU</b>	-1,53	3,22	0,01
	<b>BNRE</b>	-0,94	3,18	0,04
	<b>BTRU</b>	-3,45	4,15	<0,001
	<b>BTRE</b>	-0,65	4,93	0,40

Taula 8. Valors de la diferència més menys la desviació estàndard i els valors de la significació calculats pel mètode T d'Student.

Mirant a la taula s'observa que:

-Els valors de la diferència són tots negatius això vol dir que els valors del mètode 2, on s'ha utilitzat com a test una columna de lletres, són més grans que els del mètode 1, on s'ha utilitzat com a test una lletra.

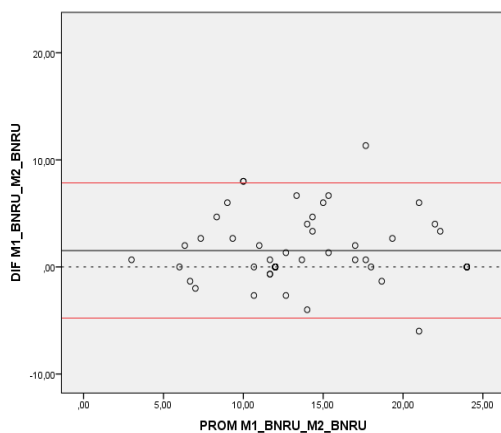
-La mesura de la ruptura en base temporal (BTRU) dona una diferència molt gran, sent  $-3,45\Delta$  per tan els valors entre els mètodes de mesura són molt diferents estadísticament.

-Mirant els valors de la significació s'observa que només trobem una mesura que no doni diferències estadísticament significatives, aquesta és la mesura de la recuperació en base temporal (BTRE) ja que el valor de significació, p, és més gran que 0,05, sent 0,40. Per tant els dos mètodes de mesura, en aquest, cas es poden emprar sense que hi hagin moltes diferències estadístiques entre les mesures. En la resta de casos sí que es troba que hi ha diferències estadístiques significatives ja que p és inferior a 0,05 i per tant no hi ha una bona concordança entre mètodes.

## Efecte de l'optotip: Mètode estadístic de Bland i Altman

A continuació es mostren les gràfiques de Bland i Altman que comparen el mètode de mesura 1 i el mètode de mesura 2 en els quals s'han mesurat les reserves horitzontals, tant el valor de la ruptura com el de la recuperació, en els que s'ha utilitzat el mateix instrument de mesura, els prismes de Risley del foròpter, i s'ha variat el test utilitzant una lletra o una columna de lletres respectivament.

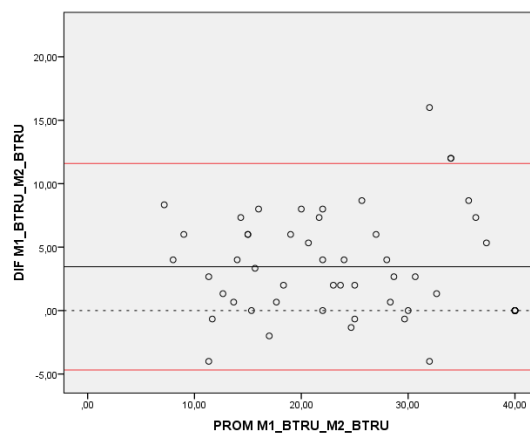
Les gràfiques representen, per tots els individus que formen part de l'estudi, un diagrama de dispersió de la mitjana de la mesura d'un mètode i la mitjana de la mesura d'un altre mètode (eix x) en comparació amb la diferència absoluta entre ambdós valors (eix y). Mostrant el valor de la diferència (línia negra), mostrant el rang amb els valors dels límits de concordança (línies vermelles), tan el límit màxim com el límit mínim.



Gràfica 12. Mètode 1 vs Mètode 2 (Ruptura BN)

Diferència ( $\Delta$ )	Límits de Concordança ( $\Delta$ )		Rang ( $\Delta$ )
	Límit màxim	Límit mínim	
1,53	7,85	-4,78	12,62

Taula 9. Valors de la diferència, dels límits de concordança i del rang de la gràfica 12.



Gràfica 13. Mètode 1 vs Mètode 2 (Ruptura BT)

Diferència ( $\Delta$ )	Límits de Concordança ( $\Delta$ )		Rang ( $\Delta$ )
	Límit màxim	Límit mínim	
3,45	11,59	-4,68	16,27

Taula 10. Valors de la diferència, dels límits de concordança i del rang de la gràfica 13.

En la gràfica 12 es representa la concordança entre el mètode 1 i el mètode 2 per la mesura de la ruptura en base nasal (BNRU). Podem observar que la diferència de la mitjana entre mètodes, sent 1,53 $\Delta$ , dona positiva perquè el mètode 2 té una mitjana major que la del mètode 1. El rang és de 12,62 $\Delta$ , amb un límit màxim a 7,85 $\Delta$  i un límit mínim a -4,78 $\Delta$ , on dins d'ell s'hi troben tots els valors agrupats excepte un que es troba per sobre i l'altre que es troba per sota d'aquest.

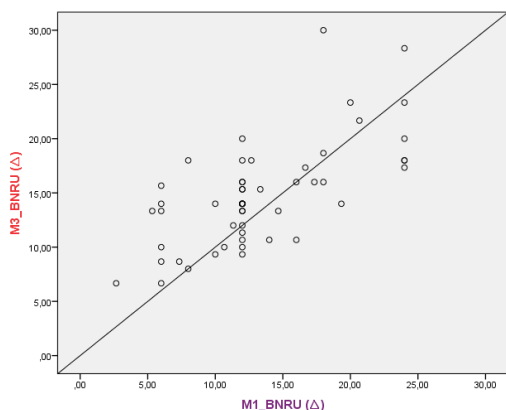
En la gràfica 13 es representa la concordança entre el mètode 1 i el mètode 2 per la mesura de la ruptura en base temporal (BTRU). Podem observar que la diferència de la mitjana entre mètodes dona positiva, sent de 3,45 $\Delta$ , perquè el mètode 2 té un valor de la mitjana major que el mètode 1. El rang és gran, sent de 16,27 $\Delta$ , amb un límit màxim a 11,59 $\Delta$  i un límit mínim a -4,68 $\Delta$ .

### 5.3.2. Concordança entre mètodes variant l'instrument

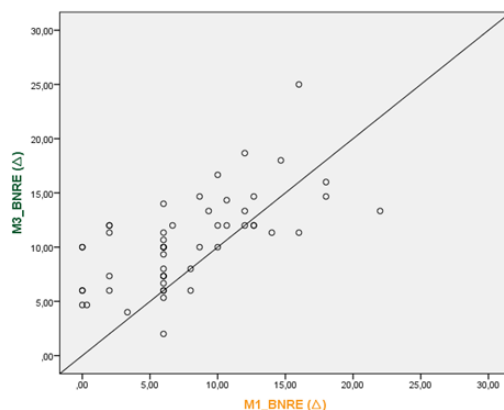
En aquest apartat s'han utilitzat tres mètodes estadístics diferents, Pearson, la T d'Student i Bland i Altman, per tal de mesurar quin grau de concordança hi ha entre dos mètodes de mesura en els que vam emprar el mateix test, una lletra, i vam variar l'instrument. Aquests són el mètode 1 en el que vam utilitzar com a instrument els prismes de Risley del foròpter i el mètode 3 en que vam utilitzar com a instrument la barra de prismes.

#### Efecte de l'instrument: Mètode estadístic de Pearson

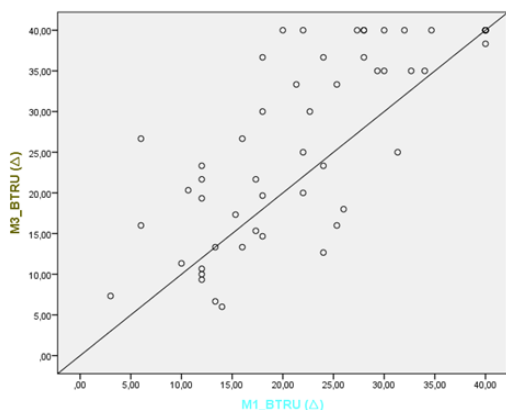
A continuació es mostren les gràfiques de Pearson que comparen el mètode de mesura 1 i el mètode de mesura 3 en els quals s'han mesurat les reserves horitzontals, tant el valor de la ruptura com el de la recuperació, en els que s'ha utilitzat com a test una lletra, i s'ha variat l'instrument utilitzant els prismes de Risley del foròpter i la barra de prismes respectivament.



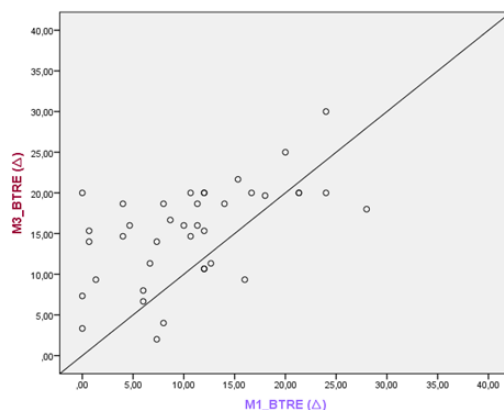
Gràfica 14. M1 vs M3 (Ruptura BN) (r=0,68)



Gràfica 15. M1 vs M3 (Recuperació BN) (r=0,64)



Gràfica 16. M1 vs M3 (Ruptura BT) (r=0,75)



Gràfica 17. M1 vs M3 (Recuperació BT) (r=0,56)

Mirant les gràfiques podem dir, lo següent:

-En la gràfica 14, on es compara la ruptura en base nasal (BNRU) entre el mètode 1 i el mètode 3, trobem que hi ha una relació directa i creixent entre el mètode 1, que utilitza com a instrument els prismes de Risley del foròpter i el mètode 3, que utilitza com a instrument la

barra de prismes. Trobant que els punts majoritàriament estan per sobre de la bisectriu del quadrant mostrant que pel mètode 3 (barra de prismes) els resultats són més elevats.

La correlació entre els dos mètodes és de  $r=0.68$ , sent pròxima a  $r=0.7$ , per lo tant hi ha una bona correlació en les mesures de la ruptura en base nasal (BNRU) entre el mètode 1 i el mètode 3. (Prion, S. i Haerling, K.A, 2014)

-En la gràfica 15, on es compara la recuperació en base nasal (BNRU) entre el mètode 1 i el mètode 3, hi ha una relació directa i creixent entre el mètode 1, que utilitza com a instrument els prismes de Risley del foròpter i el mètode 3, que utilitza com a instrument la barra de prismes. Trobant que tot hi haver-hi una distribució quasi uniforme per sobre i per sota de la bisectriu del quadrant, hi ha més tendència a que els valors estiguin per sobre i per tant els valors pel mètode 3 són majors que els valors pel mètode 1.

La correlació en la mesura de la recuperació amb base nasal (BNRU) entre el mètode 1 i el mètode 3 és relativament bona sent  $r=0.64$ . (Prion, S. i Haerling, K.A, 2014)

-En la gràfica 16, on es compara la ruptura en base temporal (BTRU) entre el mètode 1 i el mètode 3, hi ha una relació directa i creixent entre el mètode 1, que utilitza com a instrument els prismes de Risley del foròpter i el mètode 3, que utilitza com a instrument la barra de prismes. Trobant que els valors estan bastant dispersats però tendeixen a estar per sobre de la bisectriu del quadrant per tant per la major part del individu els valors pel mètode 3 són majors que pel mètode 1.

La correlació en la mesura de la ruptura amb base temporal (BTRU) entre el mètode 1 i el mètode 3 és molt bona, sent  $r=0.75$ . (Prion, S. i Haerling, K.A, 2014)

-En la gràfica 17, on es compara la ruptura en base temporal (BTRU) entre el mètode 1 i el mètode 3, hi ha una relació directa i creixent entre el mètode 1, que utilitza com a instrument els prismes de Risley del foròpter i el mètode 3, que utilitza com a instrument la barra de prismes. Trobant que els valors tendeixen a estar per sobre de la bisectriu del quadrant per tant per la major part del individu els valors pel mètode 3 són majors que pel mètode 1.

La correlació en la mesura de la recuperació amb base temporal (BTRE) entre el mètode 1 i el mètode 3 és moderada, sent  $r=0.56$ . (Prion, S. i Haerling, K.A, 2014)

### **Efecte de l'instrument: Mètode estadístic de la T d'Student**

En la taula de continuació s'ha aplicat el mètode T d'Student que serveix per mesurar el grau d'associació entre els mètodes de mesura (Rubio, M.J. i Berlanga, V., 2012). Es mostren els valors de la diferència més menys la desviació estàndard i els valors de la significació entre els valors de la ruptura i la recuperació, tant en base nasal (BN) com en base temporal (BT), entre el mètode 1 i el mètode 3, en els quals s'han mesurat les reserves horitzontals, tant el valor de la ruptura com el de la recuperació, en els que s'ha utilitzat com a test una lletra, i s'ha variat l'instrument utilitzant els prismes de Risley del foròpter i la barra de prismes respectivament.

Mètodes	Reserves	Diferència ( $\Delta$ )	$\pm$ desviació estàndard ( $\Delta$ )	Significació
<b>M1:</b> Von Graeffe Foròpter (1 lletra) vs <b>M3:</b> Barra de prismes (1 lletra)	<b>BNRU</b>	-1,53	4,20	0,01
	<b>BNRE</b>	-2,79	4,07	<0,001
	<b>BTRU</b>	-4,14	7,65	<0,001
	<b>BTRE</b>	-4,54	6,34	<0,001

Taula 11. Valors de la diferència més menys la desviació estàndard i els valors de la significació calculats pel mètode T d'Student.

Mirant a la taula s'observa que:

-Els valors de la diferència són tots negatius això vol dir que els valors del mètode 3, on s'ha fet servir com a instrument la barra de prismes, són més grans que els del mètode 1 on s'ha fet servir com a instrument el foròpter.

-El valor de significació per tots els casos és inferior a 0,05 per tant podem dir que els dos mètodes són estadísticament diferents.

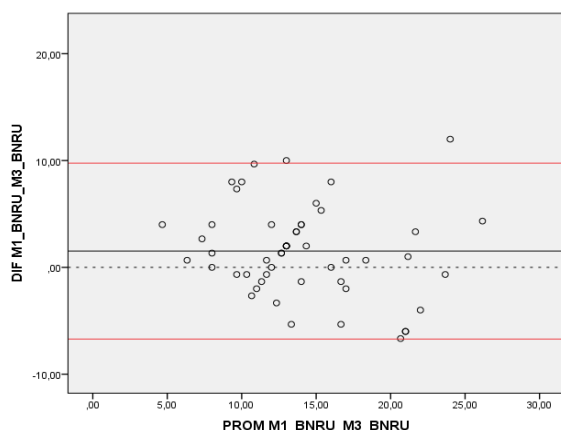
-S'observa en la taula 11 que les diferències entre els dos mètodes són més grans per les bases temporals que per les bases nasals.

### Efecte de l'instrument: Mètode estadístic de Bland i Altman

A continuació es mostren les gràfiques de Bland i Altman que comparen el mètode de mesura 1 i el mètode de mesura 3 en els quals s'han mesurat les reserves horitzontals, tant el valor de la ruptura com el de la recuperació, en els que s'ha utilitzat com a test una lletra, i s'ha variat l'instrument utilitzant els prismes de Risley del foròpter i la barra de prismes respectivament.

Les gràfiques representen, per tots els individus que formen part de l'estudi, un diagrama de dispersió de la mitjana de la mesura d'un mètode i la mitjana de la mesura d'un altre mètode (eix x) en comparació amb la diferència absoluta entre ambdós valors (eix y). Mostrant el valor de la diferència (línia negra), mostrant el rang amb els valors dels límits de concordança (línies vermelles), tan el límit màxim com el límit mínim.

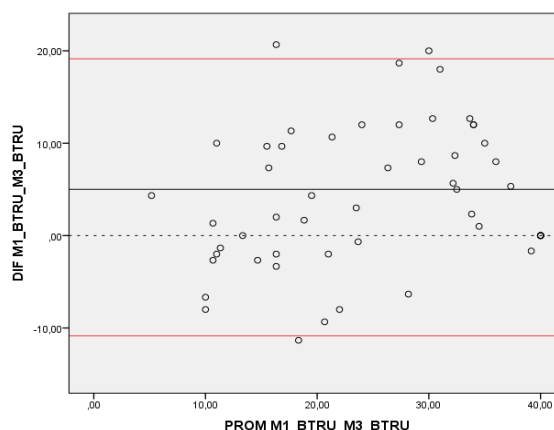




Gràfica 18. Mètode 1 vs Mètode 3 (Ruptura BN)

Diferència ( $\Delta$ )	Límits de Concordança ( $\Delta$ )		Rang ( $\Delta$ )
	Límit màxim	Límit mínim	
1,53	9,76	-6,70	16,46

Taula 12. Valors de la diferència, dels límits de concordança i del rang de la gràfica 18.



Gràfica 19. Mètode 1 vs Mètode 3 (Ruptura BT)

Diferència ( $\Delta$ )	Límits de Concordança ( $\Delta$ )		Rang ( $\Delta$ )
	Límit màxim	Límit mínim	
4,14	19,13	-10,86	29,99

Taula 13. Valors de la diferència, dels límits de concordança i del rang de la gràfica 19.

En la gràfica 18, es representa la concordança entre el mètode 1, on s'ha fet servir com a instrument els prismes de Risley del foròpter, i el mètode 3, on s'ha fet servir com a instrument la barra de prismes, per la mesura de la ruptura en base nasal (BNRU). Podem observar que la diferència de la mitjana entre mètodes dona positiva, sent  $1,53\Delta$ , perquè el mètode 3 té una mitjana major que la del mètode 1 i és inferior a  $1,96$ . Per tant, no es troben diferències estadístiques entre els mètodes (Cortés, E. et al, 2010). El rang és gran, sent  $16,46\Delta$ , amb un límit màxim a  $9,76\Delta$  i un límit mínim a  $-6,70\Delta$  on dins d'ell s'hi troben la majoria dels valors una mica agrupats.

En la gràfica 19, es representa la concordança entre el mètode 1, on s'ha fet servir com a instrument els prismes de Risley del foròpter, i el mètode 3, on s'ha fet servir com a instrument la barra de prismes, per la mesura de la ruptura en base temporal (BTRU). Podem observar que la diferència de la mitjana entre mètodes dona positiva, sent  $4,14\Delta$ , perquè el mètode 3 té un valor de la mitjana major que el mètode 1 i és major a  $1,96$ . Per tant hi ha diferències estadístiques entre els mètodes (Cortés, E. et al, 2010). El rang és molt elevat, sent  $29,99\Delta$ , amb un límit màxim a  $19,13\Delta$  i un límit mínim a  $-10,86\Delta$ .

## 5.4. Comparativa entre autors

### 5.4.1. Comparativa dels valors de les reserves horitzontals d'aquest estudi amb els valors de d'altres autors

En aquest apartat es comparen els valors del mètode 2 d'aquest estudi amb els de d'altres autors mitjançant el mètode estadístic de la T d'Student per a una mostra. Els autors que s'han escollit són Goss, D.A. i Becker, E. (2011) que utilitzen en el seu estudi una mostra similar a la nostra, d'edat compresa entre 18-35 anys, i els valors de normalitat de Morgan (1944) per ser els més utilitzats clínicament.

-Mitjanes dels valors de les reserves obtinguts en aquest estudi.

Mètode	Reserva	Mitja ( $\Delta$ )	$\pm$ desviació estàndard ( $\Delta$ )
<b>Mètode 2</b>	<b>BNRU</b>	14,82	5,48
	<b>BNRE</b>	8,66	4,98
	<b>BTRU</b>	25,84	9,79
	<b>BTRE</b>	11,46	5,86

Taula 14. Valors de les reserves en base nasal i temporal, tant de la ruptura com de la recuperació, del mètode 2 d'aquest estudi on s'ha utilitzat com a instrument els prismes de Risley del foròpter i com a test una columna de lletres a 40 cm.

-Valors de normalitat proposats per Morgan (1944) i Goss, D.A. i Becker, E. (2011)

Reserva	Morgan ( $\Delta$ )	Goss i Becker( $\Delta$ )
<b>BNRU</b>	21 $\pm$ 4	20,8 $\pm$ 5
<b>BNRE</b>	13 $\pm$ 5	10,9 $\pm$ 4,9
<b>BTRU</b>	21 $\pm$ 6	25,9 $\pm$ 9,7
<b>BTRE</b>	11 $\pm$ 7	12,6 $\pm$ 9,4

Taula 15. Valors de les reserves en base nasal i temporal, tant de la ruptura com de la recuperació, dels autors Morgan (1944) amb els prismes de Risley utilitzant com a test una columna de lletres a la distància de 40cm i Goss i Becker (2011) amb els prismes de Risley del foròpter utilitzant com a test lletres d'agudes visual 0.5 a la distància de 40cm.

### Comparativa dels valors obtinguts pel Mètode 2 amb l'autor Morgan

En la taula de a continuació es mostra la comparativa dels valors obtinguts pel mètode 2 d'aquest estudi amb els valors de normalitat de Morgan.

Mètodes	Reserva	Diferència ( $\Delta$ )	Significació
<b>Mètode 2 vs Morgan</b>	<b>BNRU</b>	-6,18	<0,001
	<b>BNRE</b>	-4,34	<0,001
	<b>BTRU</b>	4,84	<0,001
	<b>BTRE</b>	0,46	0,62

Taula 16. Comparativa dels valors del mètode 2 d'aquest estudi amb els valors de normalitat de l'autor Morgan (1944). Es mostra el valor de la diferència i la significació per a cada tipus de reserva.

Podem observar que les diferències obtingudes per les reserves en base nasal donen negatives. Això és degut a que els valors de Morgan, tant per la ruptura com per la recuperació, són més grans que els del nostre estudi. I també podem observar que les diferències obtingudes per les reserves en base temporal donen totes positives, això é degut a que els valors del nostre estudi donen majors als valors de Morgan.

Mirant el valor de la significació veiem hi ha diferències estadísticament significatives entre els valors de Morgan i els valors del nostre estudi, i sempre superiors a  $4\Delta$ , a excepció del valor de la recuperació en base temporal que ens dona un valor de significació superior a 0,05, i per tant, no es troben diferències estadísticament significatives.

### Comparativa del Mètode 2 amb els autors Goss i Becker

En la taula de a continuació es mostra la comparativa dels valors obtinguts pel mètode 2 d'aquest estudi amb els valors de l'estudi de Goss i Becker.

Mètodes	Reserva	Diferència ( $\Delta$ )	Significació
<b>Mètode 2 vs Goss i Becker</b>	<b>BNRU</b>	-5,98	<0,001
	<b>BNRE</b>	-2,24	<0,001
	<b>BTRU</b>	-0,06	0,96
	<b>BTRE</b>	-1,14	0,22

Taula 17. Comparativa dels valors del mètode 2 d'aquest estudi amb els valors obtinguts en l'estudi de Goss i Becker(2011). Es mostra el valor de la diferència i la significació per a cada tipus de reserva.

Podem observar que les diferències obtingudes per les reserves, tant en base nasal com en temporal, donen negatives. Això és degut a que els valors de Goss i Becker són més grans que els del nostre estudi.

Mirant el valor de la significació en els valors de la base nasal, tant de la ruptura i la recuperació, veiem que comparant els valors de Goss i Becker entre els valors del nostre estudi hi ha diferències estadísticament significatives, ja que el valor és menor a 0,05. I en els valors de les reserves en base temporal, tant per la ruptura com per la recuperació, veiem que no hi ha diferències estadísticament significatives entre ambdós estudis, ja que la significació és major a 0,05 sent 0,96 per la ruptura i 0,22 per la recuperació.

### **5.4.2. Comparativa dels valor de la mitja de la flexibilitat de vergència d'aquest estudi amb el valor de d'altres autors**

En aquest apartat es comparen el valor de la flexibilitat de vergència d'aquest estudi amb els de d'altres autors mitjançant el mètode estadístic de la T d'Student per una mostra.

Els autors que s'han escollit són Gall et al. (1998) que van utilitzar una mostra similar a la nostra d'edats entre 18-35 anys i van utilitzar com a test una columna de lletres d'agudes visual 0.6 a una distància de 40cm. I Mel i Firth (2002) que van utilitzar una mostra similar a la nostra d'edats entre 18-23 anys i van

utilitzar com a test de fixació una lletra Snellen d'agudesa visual 0.6 a una distància de 33cm. Tots els autors van utilitzar la mateixa combinació prismàtica que la del nostre estudi, 3ΔBN/ 12ΔBT.

-Mitjana dels valors de la flexibilitat de vergència obtingut en aquest estudi (40cm).

<b>Autors</b>	<b>Mitja (cpm)</b>	<b>±desviació estàndard (cpm)</b>
El nostre estudi	18,28	5,77

Taula 18. Valors de la flexibilitat de vergència d'aquest estudi on s'ha utilitzat una combinació prismàtica de 3ΔBN/ 12ΔBT per fer les mesures i de test column de lletres vertical a 40cm.

-Valor de normalitat proposats pels autors Gall et al. (en visió de prop).

<b>Autors</b>	<b>CICLES PER MINUT (cpm)</b>
Gall et al.	15
Mel i Firth	12,07±4,18

Taula 19. Valors de la flexibilitat de vergències dels autors Gall et al. (1998) i Mel i Firth (2002) que van utilitzar una combinació prismàtica de 3ΔBN/ 12ΔBT.

### Comparativa del valor de la flexibilitat de vergència obtingut en aquest estudi amb el valor de normalitat proposat pels autors Gall et al.

En la taula de a continuació es mostra el valor de la diferència i significació obtinguts en compara el valor de la mitja de la flexibilitat de vergència obtingut en el nostre estudi amb el valor de normalitat proposat pels autors Gall et al.

<b>Autors</b>	<b>Diferència (cpm)</b>	<b>Significació</b>
<b>FV estudi vs FV Gall et al.</b>	3,28	<0,001

Taula 20. Comparativa del valor de la flexibilitat de vergència d'aquest estudi amb el valor proposat per Gall et al.(1998).

Podem observar que entre ambdós valors hi ha diferències estadísticament significatives ja que el valor de la significació és inferior a 0,05 i s'obté un valor de la diferència positiu, ja que el valor del nostre estudi és major al proposat per Gall et al.

### Comparativa del valor de la flexibilitat de vergència obtingut en aquest estudi amb el valor de normalitat proposat pels autors Mel i Firth

En la taula de a continuació es mostra el valor de la diferència i significació obtinguts en compara el valor de la mitja de la flexibilitat de vergència obtingut en el nostre estudi amb el valor de normalitat proposat pels autors Mel i Firth.

<b>Autors</b>	<b>Diferència (cpm)</b>	<b>Significació</b>
<b>FV estudi vs Mel i Firth</b>	6,21	<0,001

Taula 21. Comparativa del valor de la flexibilitat de vergència d'aquest estudi amb el valor proposat per Mel i Firth (2002).

Podem observar que entre ambdós valors hi ha diferències estadísticament significatives ja que el valor de la significació és inferior a 0,05 i s'obté un valor de la diferència positiu, ja que el valor del nostre estudi és major al proposat per Mel i Firth.

## 6. Discussió

L'objectiu principal d'aquest estudi és avaluar quin grau de concordança entre els resultats de les mesures de les reserves horitzontals, en variar el test o bé en variar l'instrument. I l'objectiu secundari és comparar els nostres resultats, tant els de les reserves horitzontals com els de la flexibilitat de vergència, amb els de d'altres autors esmentats en el marc teòric.

En aquest apartat es farà una valoració de manera crítica i constructiva dels resultats obtinguts en aquest estudi comparant-los també amb els resultats i comentaris de d'altres autors.

### Comparativa dels resultats de la ruptura i la recuperació de les reserves fusional

En la comparativa de la ruptura i la recuperació en base nasal podem dir que en tots els mètodes de mesura, quasi bé en la totalitat de valors cau en un rang comprès entre 5 i 10 diòptries prismàtiques de diferència. En la comparativa de la ruptura i la recuperació en base temporal podem dir que hi ha valors que cauen dins del rang de 5 i 10 diòptries prismàtiques però n'hi ha molts que cauen per sota d'aquest rang i que per tant la diferència entre ruptura i recuperació és més gran. Això ens informa que, independentment del mètode utilitzat, al mesurar les reserves de base temporal la diferència entre el valor de ruptura i recuperació és molt variable i que no es pot intuir un en funció de l'altre.

Donat el disseny de les proves clíniques per a l'avaluació de les reserves fusional, la ruptura sempre presenta un valor més elevat que la recuperació. En el nostre estudi, per a tots els mètodes de mesura emprats, aquesta diferència és més gran per base temporal que per la base nasal. També les mesures de base temporal mostren una dispersió més gran de resultats que es pot determinar per una desviació estàndard més gran, també per a tots els mètodes

### Variació de l'optotip mantenint constants les altres condicions de prova

En estudiar l'efecte que provoca variar l'optotip al mesurar les reserves fusional, mantenint totes les altres condicions de la prova, trobem els valors de les reserves, tant per la base nasal com per la base temporal, són més grans quan utilitzem el test d'una columna de lletres enlloc del d'una lletra aïllada obtenint, però, una bona correlació entre els valors. Es troba una major diferència entre les mesures en la ruptura en base temporal, amb un valor de  $-3,45\Delta \pm 4,15\Delta$ , considerada estadísticament significativa i també creiem que és clínicament significativa. En la resta de casos la diferència entre mètodes és menor i pot ser considerada no gaire rellevant des del punt de vista clínic ja que estem parlant d'un valor de  $-1,53\Delta \pm 3,22 \Delta$  per la ruptura en base nasal i per la recuperació, tant en base nasal com en base temporal trobem valors de diferència inferiors a una diòptria prismàtica.

Rowe (2010) en el seu treball, utilitza una única lletra com objecte de fixació i compara l'efecte que té la mida d'aquesta lletra amb el valor de les reserves fusional. Troba que quant més gran és la lletra, les reserves són més elevades i també amb una diferència més important per a la base temporal que la nasal. Encara que el disseny no sigui el mateix que el del nostre estudi pensem que els resultats es poden comparar ja que quan s'utilitza una línia de lletres l'optotip també és més gran que al utilitzar una

única lletra. Aquesta autora justifica els seus resultats pel estímulo de la visió perifèrica en condicions de lletra gran.

Goldstein et al. (1968) mostren que les amplituds de fusió depenen de la quantitat i extensió de la zona de fusió dins del camp de visió. Per tant quan més gran sigui aquest material de fusió més gran seran les amplituds.

Si estudiem l'efecte que hi ha sobre el valor de les reserves fusionals quan s'utilitzen dos optotips diferents, mitjançant l'observació de les gràfiques Bland i Altman, veiem que l'interval de confiança entre un mètode i l'altre és important. Així, per les reserves de base nasal, els valors de les diferències es troben en un rang d'entre  $7,85\Delta$  i  $-4,78\Delta$ . Aquesta diferència és prou important com per variar el diagnòstic clínic al dir si els resultats de les reserves d'un pacient es consideren dins del rang de la normalitat o no, o per determinar si compensen la fòria que presenten.

Quan analitzem les diferències en el cas de les bases temporals veiem que els valors es troben en un rang gran d'entre  $11,59\Delta$  i  $-4,68\Delta$ . Això ens informa novament que només variant l'optotip podem trobar diferències entre els resultats de les reserves de més de  $11\Delta$ . Atenent la magnitud dels valors que estem treballant, aquesta diferència ens podria portar a diagnòstics diferents només pel fet d'utilitzar optotips diferents.

### Variació de l'instrument mantenint constants les altres condicions de prova

En estudiar l'efecte que provoca variar l'instrument al mesurar les reserves fusionals, mantenint totes les altres condicions de la prova, trobem que en totes les mesures de les reserves hi ha una relació directa i creixent. Tant per bases nasals com per a les temporals, pels valors de la ruptura com pels de la recuperació, hi ha relativament una bona correlació entre el mètode Von Graeffe del foròpter i el de la barra de prismes que oscil·la entre 0,75 i 0,64. Excepte en el cas de la ruptura en base temporal en que la correlació és moderada, sent  $r=0.56$ . Tots els valors són majors quan s'empra la barra de prisma que els quan s'empra els prismes de Risley del foròpter. El valor de significació de la diferència a l'utilitzar dos mètodes de mesura per tots els casos és inferior a 0,05, per tant, podem dir que quan estem variant l'instrument trobem diferències estadístiques considerables. En el cas de les reserves de base nasal les diferències oscil·len entre 1,5 i  $3\Delta$ . I en els casos de les reserves en base temporal es troben diferències molt grans en les mesures de la ruptura i la recuperació, sent en tots dos casos superiors a  $4\Delta$ , que poden considerar-se també grans clínicament.

*Goss, D. A. i Becker, E. (2011)* en el seu estudi ja van trobar que els valors de la ruptura i la recuperació mesurats amb la barra de prisma tendien a ser majors que els valors mesurats amb els prismes de Risley del foròpter i van dir que podria ser degut en primer lloc a la influència de la visió perifèrica que hi ha present en fer les mesures amb la barra de prismes, en segon lloc als passos no continus que té la barra que li donen més imprecisió que el foròpter on els passos són suaus i continus, i en tercer lloc a que els passos de la barra de prisma fan estimular els moviments sacàdics i augmenten el parpelleig facilitant els moviments de vergència.

*Antona et al. (2008)*, en el seu estudi, arriben a conclusions similars ja que també obtenen que els valors de la recuperació són majors amb la barra de prisma que amb els prismes de Risley del foròpter. Els autors van dir que era probable que l'efecte de la visió perifèrica, que hi ha en la mesura de les reserves amb la barra de prisma, fos més influent en els valors de recuperació, podent explicar que el punt de recuperació fos més alt amb la barra de prisma que amb els prismes rotatoris del foròpter. Aquests

autors, en el seu estudi, utilitzen una línia de lletres en les dues condicions de mesura i nosaltres una lletra, per tant podem identificar que aquestes diferències són independents de les característiques de l'estímul.

Encara que la comparació dels valors de les reserves amb prismes del foròpter i amb una barra de prismes no era l'objectiu principal del seu estudi, Ciuffreda et al. (2006) van trobar que, com en el nostre cas, es rangs de vergència eren majors amb barra de prismes que amb el foròpter i també van trobar que la diferència era major per la base temporal que per la base nasal.

### Comparació de les reserves i la flexibilitat de vergència amb els valors de d'altres autors

En comparar les reserves amb valors d'altres autors trobem que els valors de les reserves de base nasal amb els valors de Morgan (1944), tant per la ruptura com per la recuperació, són més grans que els del nostre estudi. I en les reserves de base temporal els valors de Morgan, tant per la ruptura com per la recuperació, són menors que els del nostre estudi. Trobant que hi ha diferències estadísticament significatives entre els seus valors i els valors del nostre estudi a excepció dels valors de la recuperació en base temporal on no hi ha diferències estadísticament significatives.

En les reserves de base nasal i temporal els valors de Goss i Becker (2011) són més grans que els del nostre estudi. Trobant diferències estadísticament significatives en els valors de la base nasal, tant de la ruptura i la recuperació i no trobant diferències estadísticament significatives entre ambdós estudis en els valors de les reserves en base temporal, tant per la ruptura com per la recuperació.

En comparar el valor de la mitja de la flexibilitat de vergència amb valors d'altres autors podem observar que entre el valor del nostre estudi i el de Gall et al. (1998) hi ha diferències estadísticament significatives ja que els valor del nostre estudi són majors al de normalitat proposat per Gall et al. I entre els valors del nostre estudi i el trobat per Mel i Firth (2002) hi ha diferències estadísticament significatives ja que els valors del nostre estudi són majors als seus valors.



## 7. Conclusions

*Goss. i Becker (2011)*, en el seu estudi, arriben a la conclusió que els resultats obtinguts en les mesures dels rangs de vergència amb la barra de prisma no poden ser utilitzats de manera intercanviable amb els determinats amb els prismes de Risley del foròpter, ni pel propòsit de seguiment d'un individu, ni pel propòsit de comparació amb els valors considerats com a normals. Nosaltres, en aquest estudi:

-Hem pogut observar que existeix una gran discrepància entre els mètodes de mesura de les reserves horitzontals en visió pròxima estudiats. Trobant fins i tot diferències que són importants com per poder ser acceptades clínicament.

-Hem comprovat que, al mesurar les reserves fusional, tenint un valor de ruptura no podem preveure el valor de la recuperació.

-Hem pogut observar que si utilitzem com a test una columna de lletres trobem valors de les reserves més grans trobant diferències, en alguns casos, clínicament considerables. Això podria estar atribuït a que una columna de lletres estimula més a la visió perifèrica que una sola lletra.

-Hem pogut observar que els valors de la ruptura i la recuperació mesurats amb barra de prisma tendeixen, en alguns casos, a ser majors que els valors mesurats amb els prismes de Risley del foròpter. Així, en la mesura de la ruptura de les reserves en base nasal, tant pels valors de la ruptura com pels valors de la recuperació, no trobem diferències estadístiques en canviar l'instrument. En base temporal sí que trobem diferències estadístiques, tant en els valors de la ruptura com en els valors de la recuperació, que poden ser considerats clínicament significatius.

-Hem pogut observar que els valors de normalitat per a les reserves fusional de Morgan, que són els més emprats habitualment com a referència, són més grans que els del nostre estudi i difereixen estadísticament amb els nostres valors a excepció dels valors de la recuperació en base temporal. Igualment, els valors de Goss i Becker són més grans que els del nostre estudi, trobant diferències estadístiques principalment en la mesura de les reserves en base nasal, tant la ruptura com la recuperació.

-En quan a la flexibilitat de vergència en visió de prop, hem pogut observar que els valors del nostre estudi donen majors al valor proposat per Gall et al, que són els quins s'utilitzen més com a referència en la pràctica clínica, trobant diferències estadísticament significatives. Igualment, els valors del nostre estudi donen majors al trobat en l'estudi de Mel i Firth, també amb diferències estadísticament significatives.

Podem concloure que:

-El fet de canviar el disseny de l'optotip per a mesurar les reserves fusional ens fa obtenir resultats diferents, principalment en les reserves de base temporal, sent sempre més grans amb una línia de lletres que amb una lletra aïllada. Aquest fet es pot atribuir a que quan utilitzem una línia vertical de lletres estem estimulants a la visió perifèrica que no és estimulada quan utilitzem una única lletra. La diferència trobada ens permet concloure que no es pot utilitzar de manera indiferent un o l'altre optotip ja que podria alterar el diagnòstic del pacient.

-El fet de canviar l'instrument de mesura ens fa variar les reserves en base temporal, sent sempre més grans els valors amb la barra de prismes. Aquest fet es pot atribuir a que quan

utilitzem la barra de prismes estem estimulant la visió perifèrica que no és estimulada quan fem el foròpter que és a camp tancat. La diferència trobada ens permet concloure que les dues tècniques utilitzades no són intercanviables ni pel seguiment dels pacients ni a l'hora de fer un diagnòstic ja que es podria arribar a conclusions diferents.

-Els valors obtinguts en la nostra mostra, tant de reserves fusionals com de flexibilitat de vergència, no conclouen amb els d'altres autors. Per aquesta diferència no hem trobat una possible justificació.

## 8. Bibliografía

### Libres i Articles:

- Agarwal, S, Althya Agarwal, A., Apple, D.J., Buratto, L, Alló, J.L, Pandey, S.K. i Agarwal. (2002). Vol1: Textbook of ophthalmology: Basic sciences, Optics and Refraction, Neuro-ophthalmology and Strabismus A. Ed: Jaype
- Agencia estatal boletín oficial del estado. (1999.) Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre, de Protección de Datos de Carácter Personal.
- Aguilar, J.M. i Mateos, F. (1994). Óptica Fisiológica, Tomo 2. Universidad Politécnica de Valencia.
- Antona, B., Barrio, A., Barra, F., Gonzalez, E. i Sanchez, I. (2008). Repeatability and agreement in the measurement of horizontal fusional vergences. Universidad Complutense de Madrid. Ophthal. Physiol. Opt. 2008 28: 475–491.
- Asbury, T. i Fredrick D.R. (2002). Chapter 12: Strabismus. Ed. McGraw-Hill
- Asociación Médica Mundial (AMM). (2008).Declaración de Helsinki de la asociación médica mundial. Principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos. Madrid
- Bland, J. M. i Altman, D.G. (1986). Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement.
- Borras, M.R., Gispets. J., Ondategui, J.C., Pacheco, M., Sanchez, E. i Varón, C. (1999).Visión binocular. Diagnóstico y tratamiento. Ed. UPC. ISBN: 84-8301-205-7
- Borras, M.R., Gispets. J, Ondategui, J.C, Pacheco, M., Sanchez, E. i Varón, C. (1999). Optometría. Manual de exámenes clínicos. Ed. UPC. ISBN: 84-8301-309-6
- Buzzelli, A.R. (1986). Vergence facility: developmental trends in a school age population. American Journal of optometry & Physiological optics. Vol.63, No. 5, pp. 351-355.
- Carrasco, J.L. i Jover, L. (2004). Métodos estadísticos para evaluar la concordancia. Universitat de Barcelona. Med Clin (Barc) 2004;122(Supl 1):28-34
- Chen, A.H. i Zainol, A.H. (2002). Vergence accommodation System in Malay primary school children. Malaysian Journal of Medical Sciences, Vol. 9, No. 1, January 2002 (9-15).
- Ciuffreda, M.A., Ciuffreda, K.J. i Wang, B. (2006). Repeatability and variability of near vergence ranges. J Behav Optom 2006;17:39-46.
- Cortés, E., Rubio, J.A. i Gaitán, H. (2010). Métodos estadísticos de evaluación de la concordancia y la reproducibilidad de pruebas diagnósticas. Revista Colombiana de Obstetricia y Ginecología Vol. 61 No. 3 (247-255).
- Coladarci, T. (2010). Student's statistic. Corsini Encyclopaedia of Psychology (4th ed., p. 1723).

- Cummings, B. (2007). Pearson Education.
- Delgadillo, H.M. i Griffin J.R. (1989). Vergence facility and associated symptoms: a comparison of two flipper test. *Optom Vis Sci* 1989; 66 (Suppl).
- Evans, B.J.W. (1997). *Pickwell's Binocular Vision Anomalies*. Ed. Butterworth-Heinemann, Oxford.
- Evans, B.J.W. i Wilkins, A. J. (2002). Optometric function in visually sensitive migraine before and after treatment with tinted spectacles. *Physiol. Opt.* 2002 22: 130–142.
- Evans, B.J.W. (2006). *Fundamentos del ojo. Visión Binocular*. Ed. Elsevier.
- Flüeler, U.R, Elhatton, K.M. I David, L.G. (1994). A combination horizontal/vertical prism bar. A precisely calibrated tool use in front of one eye. *Strabismus-1995, Vol.3. N I*, pp 27-32.
- Gall, R., Wick, B. i Bedell, H. (1998). Vergence Facility: Establishing clinical utility. *Optometry and vision science*. Vol 78, No.10.
- Goldstein, J.H., Hornblass, A., Clahane, A.C. (1968). Effect of peripheral vision on the binocular relationship: a further study. *Am J Ophthalmol*. 1968; 66:86.
- Goss, D. A. i Becker, E. (2011). Comparison of near fusional vergence ranges with rotary prisms and with prism bars. *Optometry* (2011) 82, 104-107.
- Grosvenor, T i Grosvenor, T.P. (2007). *Primary Care Optometry*. Elsevier Health Sciences.
- Hainline, L. i Riddell, P.M. (1995). Binocular Alignment and vergence in early infancy. *Vision Res*. Vol. 35, No. 23/24, pp 3229-3236, 1995.
- Henson, D.B. i North, R. (1980). Adaptation to prism-infuced heterophoria. *American Journal of optometry & Physiological optics*. Vol.57, No.3, pp 129-137.
- Hill, R.F., Tofts, P.S., Baldock, C. (2010).The Bland–Altman analysis: Does it have a role in assessing radiation dosimeter performance relative to an established standard?
- Kalloniatis, M. i Luu, C. (2005).The Perception of Space. *Webvision*.
- Khosroyani, M. i Hung, G.K. (2002). A Dual-Mode Dynamic Model of the Human Accommodation System. *Bulletin of Mathematical Biology* (2002) 64, 285–299
- Neely, J.C. (1956).Appliance the R.A.F. near-point rule. Air Vice-Marshal. *Brit. J. Ophthal.* (1956) 40, 636.
- Pellizzer, S. i Siderov, J. (1998). Assessment of vergence facility in a sample of adults with presbyopia. *Optom Vis Sci* 1998; 78: 817-821.
- Manterola, C. i Pineda, V. (2008). El valor de “p” y la “significación estadística”. Aspectos generales y su valor en la práctica clínica. Universidad de La Frontera.
- McDaniel, C. i Fogt, N. (2010). Vergence adaptation in clinical vergence testing. University of Houston College of Optometry. *Optometry* (2010) 81, 469-475.

- Mel, A. C. i Firth, A. Y. (2002), Is there a relationship between prism fusion range and vergence facility. University of Sheffield. Br Orthopt J 2002; 59: 38–44.
- Prion, S. i Haerling, K.A. (2014). Making Sense of Methods and Measurement: Pearson Product-Moment Correlation Coefficient. Clinical Simulation in Nursing (2014) 10, 587-588.
- Pons, Á. M. i Martínez, F.M. (2004). Fundamentos de visión binocular. Universitat de València.
- Puell, M.C. (2006). Óptica Fisiológica: El sistema óptico del ojo y la visión binocular. Universidad Complutense de Madrid.
- Reyes, É.C., Romero, J.A. i Duarte, H. (2010). Métodos estadísticos de evaluación de la concordancia y la reproducibilidad de pruebas diagnósticas.
- Romero, J., García, J.A. i García, A. (1996). Curso Introductorio a la Óptica Fisiológica. Ed Comares.
- Rosenfield, M., Ciuffreda, K.J. i Ong, E. (1995). Vergence adaptation and the order of clinical vergence range testing. Optom Vis Sci 72: 219-23, 1995.
- Rowe, F. J. (2010). Fusional Vergence Measures and Their Significance in Clinical Assessment. University of Liverpool. Strabismus, 18(2), 48–57, 2010.
- Rubio, M. J. y Berlanga, V. (2012). Cómo aplicar las pruebas paramétricas bivariadas t de Student y ANOVA en SPSS. Caso práctico. Universitat de Barcelona.
- Schor, C.M. and Ciuffreda, K.J. (1983). Vergence Eye Movements: Basic and Clinical Aspects. Ed. Butterworths.
- Theodore, M. P. i Princeton, N.J. (2004). The Scientific Life in a Statistical Age. Princeton University Press. ISBN 0-691-11445-5. 352 pp.
- Thompson, B. (2002). “Statistical,” “Practical,” and “Clinical”: How Many Kinds of Significance Do Counsellors Need to Consider?
- Wesson, M.D., Massin, L.C. i Boyles, S.T. (1995). Objective testing of vergence ranges. Optom Assoc: 1995; 66(6):338-42.
- Wesson, M.D. (1982). Normalization of prism bar vergences. American Journal of optometry & Physiological optics. Vol. 59, No. 8, pp.628-634.
- Zabell, S.L. (2008). On Student’s 1908 Article “The Probable Error of a Mean”. Journal of the American Statistical Association. Vol. 103, No. 481

## Catàlegs

- Gulden Ophthalmics. (2014). 2014 Catalog. [www.guldenophthalmics.com](http://www.guldenophthalmics.com).

## 9. Annexos

### Annex I:

#### Consentiment informat

## **INFORMACIÓ**

**Estudi sobre la concordança de resultats i la repetibilitat de diferents mètodes per a la mesura de variables de binocularitat i acomodació ocular.**

### **Objectiu de l'estudi:**

Participarà en un estudi sobre la repetibilitat i concordança de resultats en la mesura de diferents variables de la funció acomodativa i binocular en VP. El tractament d'aquests resultats també formarà part d'uns Treballs Acadèmics Dirigits realitzats per diferents estudiants del darrer curs de títol de Grau en Òptica i Optometria, a la FOOT.

Ha estat seleccionat com a possible participant d'aquest estudi donat que compleix els requisits que es demanen dins del protocol establert.

### **Condicions de l'estudi:**

La prova estarà formada per un seguit de mesures que es duran a terme en dues sessions. És realitzaran a les instal·lacions de la FOOT, sense interferir en l'horari de classes.

No s'ha detectat cap tipus de risc en la realització de cap de les mesures ja que, en tot els casos, s'utilitzen tècniques no invasives.

Per qualsevol dubte o problema pot posar-se en contacte amb: Rosa Borràs.

[rosa.borras@oo.upc.edu](mailto:rosa.borras@oo.upc.edu)

# CONSENTIMENT INFORMAT

En/Na \_\_\_\_\_ amb DNI núm.

\_\_\_\_\_ i \_\_\_\_\_ anys d'edat, amb domicili a

\_\_\_\_\_ província de \_\_\_\_\_,

manifesto que he sigut informat per \_\_\_\_\_ sobre els detalls dels treballs que es realitzen en el marc del **“Estudi sobre la concordança de resultats i la repetibilitat de diferents mètodes per a la mesura de variables de binocularitat i acomodació ocular.”**

La meva decisió de participar en l'estudi és voluntària i els resultats que s'obtinguin els podré utilitzar en la realització de les meves tasques acadèmiques.

Declaro que tots els meus dubtes i preguntes han sigut aclarits, que he entès tota la informació que se m'ha proporcionat. Per això, dono el meu consentiment per a participar en l'estudi. Estic d'acord en què les meves dades relatives a aquest estudi siguin guardades, processades electrònicament i transmeses, pel qual dono el meu consentiment per què es reveli la informació necessària recollida durant l'estudi per a què pugui ser processada i difosa a la comunitat científica, sense que en cap moment sigui revelada la meva identitat, ja que entenc que els meus drets de confidencialitat queden protegits.

En \_\_\_\_\_, a \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

Firma del pacient

Firma del investigador

## Annex II:

### Fitxa d'exclusió

NOMBRE: \_\_\_\_\_ N° PACIENTE: \_\_\_\_\_  
FECHA: / / ASIGNATURA:  NEURO  DVB

FICHA CONTROL DE PRUEBAS	
EXCLUSIÓN	<input type="checkbox"/> Ambliopia <input type="checkbox"/> Estrabismo <input type="checkbox"/> Cirugía <input type="checkbox"/> Refracción
FIRMA	
	SELLO



## Annex III:

### Fitxa d' anotació de resultats

# RESERVES

Nom pacient: \_\_\_\_\_

Nº Pacient: \_\_\_\_\_

Examinador: \_\_\_\_\_

Dia: \_\_\_\_\_

Observacions: \_\_\_\_\_

### Bloc 1

			1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>
• Von Graefe Foropter (línia lletres)	▽ BN	Ruptura			
		recuperació			
	▽ BT	Ruptura			
		recuperació			

			1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>
• Von Graefe Foropter (1 lletra)	▽ BN	Ruptura			
		recuperació			
	▽ BT	Ruptura			
		recuperació			

### Bloc 2

			1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>
• Barra de prismes (1 lletra)	▽ BN	Ruptura			
		recuperació			
	▽ BT	Ruptura			
		recuperació			

### Bloc 3

	Cpm	Dificultat
• Flexibilitat de Vergències 3BN/12NT (línia lletres)		

## Annex IV:

### Fitxa control de proves

NOMBRE: \_\_\_\_\_ N° PACIENTE: \_\_\_\_\_  
FECHA: / / ASIGNATURA:  NEURO  DVB SESIÓN: \_\_\_\_\_

FICHA CONTROL DE PRUEBAS						
Nº GABINETE	1	2	3	4	5	6
FIRMA						
				SELLO		