



GRAU EN ÒPTICA I OPTOMETRIA

TREBALL FINAL DE GRAU

ESTUDI SOBRE LA CONCORDANÇA DE RESULTATS ENTRE DIFERENTS MÈTODES CLÍNICS DE MESURA PER LA DETERMINACIÓ DE LA ESTEREOAGUDESA EN DOS GRUPS D'EDAT

YASMINA SÁNCHEZ FLIX

ELVIRA PERIS MARCH
M. ROSA BORRÀS GARCIA
DEPARTAMENT D'ÒPTICA I OPTOMETRIA

TERRASSA, 13 Juny 2014



GRAU EN ÒPTICA I OPTOMETRIA

La Sra. Elvira Peris March, com a tutora del treball i la Sra. Rosa Borràs García com a directora del treball.

CERTIFIQUEN

Que la Sra. Yasmina Sánchez Flix ha realitzat sota la seva supervisió el treball: Estudi sobre la concordança de resultats entre diferents mètodes clínics de mesura per la determinació de la estereoagudesa en dos grups d'edat, que es recull en aquesta memòria per optar al títol de grau en Òptica i Optometria.

I per a què consti, signem aquest certificat.

Terrassa, 13 de Juny de 2014.



GRAU EN ÒPTICA I OPTOMETRIA

ESTUDI SOBRE LA CONCORDANÇA DE RESULTATS ENTRE DIFERENTS MÈTODES CLÍNICS DE MESURA PER LA DETERMINACIÓ DE LA ESTEREOAGUDESA EN DOS GRUPS D'EDAT

RESUM

Objectiu: L'objectiu d'aquest estudi ha sigut estudiar la concordança que existeix entre quatre tests d'estereopsis realitzats en visió propera, per comprovar si són intercanviables en la pràctica clínica.

Metodologia: Els tests utilitzats han sigut dos polaritzats (Randot i Titmus-Wirt), un anàglif (TNO) i un d'estereopsis real (Frisby). Les mesures de tots els tests han sigut a 40 cm a excepció del test de Frisby que s'ha realitzat a 40, 60 i 80 cm. L'estereoagudeza s'ha avaluat a dues mostres diferents, la primera consta de 55 estudiants universitaris d'edats entre 20 i 28 anys) i la segona està formada per 59 escolars (d'edats entre 8 i 9 anys). Totes les mesures s'han realitzat pel mateix examinador.

Resultats: S'han obtingut dos tipus de resultats, uns estadístics amb la prova de la t de Student i les gràfiques de Bland & Altman i uns altres clínics amb taules de contingència i criteris passa-falla amb el percentil 75. En els resultats estadístics els tests que més concorden tant en adults com en nens són els de Randot – Frisby i els que menys els de Randot – TNO i TNO – Frisby. Clínicament s'ha trobat que totes les combinacions de tests presenten valors acceptables de concordança però la millor en el cas dels adults són els de Wirt – TNO i el Wirt – Frisby amb un 89,1% i en el cas dels nens el Wirt – TNO amb un 93,2%.

Conclusions: Des del punt de vista clínic podem dir que els tests que s'utilitzen per mesurar l'estereoagudeza en visió propera, tot i sent de diferent naturalesa (polaritzats, anàglifs i real) mostren bona concordança entre ells, destacant l'alta concordança que presenta els test de Wirt – TNO , tant en els adults com en els nens.



GRAU EN ÒPTICA I OPTOMETRIA

ESTUDI SOBRE LA CONCORDANÇA DE RESULTATS ENTRE DIFERENTS MÈTODES CLÍNICS DE MESURA PER LA DETERMINACIÓ DE LA ESTEREOAGUDESA EN DOS GRUPS D'EDAT

RESUMEN

Objetivo: El objetivo de este estudio ha sido estudiar la concordancia que existe entre cuatro tests de estereopsis realizados en visión próxima, para comprobar si son intercambiables en la práctica clínica.

Metodología: Los tests utilizados han sido dos polarizados (Randot y Titmus-Wirt), un anáglifo (TNO) i uno de estereopsis real (Frisby). Las medidas de todos los tests han sido a 40 cm a excepción del test de Frisby que se ha realizado a 40, 60 i 80 cm. La estereoagudeza se ha evaluado en dos muestras diferentes, la primera consta de 55 estudiantes universitarios (edades entre 20 y 28 años) i la segunda de 59 escolares (de edades entre 8 y 9 años). Todas las medidas han sido realizadas por el mismo examinador.

Resultados: Se han obtenido dos tipos de resultados, unos estadísticos con la prueba de la t de Student i las gráficas de Bland and Altman i otros clínicos con tablas de contingencia i criterios pasa/falla con el percentil 75. En los resultados estadísticos los tests que más concuerdan tanto en adultos como en niños son los de Randot – Frisby y los que menos los de Randot – TNO y TNO – Frisby. Clínicamente se ha visto que todas las combinaciones de tests presentan buenos valores de concordancia pero los más equivalentes en el caso de los adultos son los de Wirt – TNO y Wirt – Frisby con un 89,1% y en el caso de los niños el Wirt – TNO con un 93,2%.

Conclusiones: Desde el punto de vista clínico podemos decir que los tests que se utilizan para medir la estereoagudeza en visión próxima, incluso siendo de diferente naturaleza (polarizados, anáglifos i real) muestran buena concordancia entre ellos, destacando la alta concordancia que tienen los tests de Wirt – TNO, tanto en niños como en adultos.



GRAU EN ÒPTICA I OPTOMETRIA

ESTUDI SOBRE LA CONCORDANÇA DE RESULTATS ENTRE DIFERENTS MÈTODES CLÍNICS DE MESURA PER LA DETERMINACIÓ DE LA ESTEREOAGUDESA EN DOS GRUPS D'EDAT

ABSTRACT

Purpose: The aim of this study was to study the existing concordance between four stereopsis tests performed in near vision, to check whether they are interchangeable or not in clinical practice.

Methods: The used tests had been two polarized (Randot and Titmus-Wirt), one anaglyphic (TNO) and another with real stereopsis (Frisby). The measurements of all the tests had been in 40 cm of distance except the Frisby test which the distance had been in 40, 60 and 80 cm. The stereopsis values were evaluated in two different samples, the first consists of 55 university students (aged between 20 and 28 years old) and the second of 59 students (between ages of 8 and 9 years old). All measurements were performed by the same examiner.

Results: Two types of results had been obtained, some statistical and some clinical. In the statistical results the most matching tests both in adults and children are the Randot - Frisby and the least matching are Randot - TNO and TNO - Frisby. Clinically, it was found that all the tests combinations show high levels of matching but the most equivalent in the adults case are the Wirt - TNO and Wirt - Frisby with 89,1% and in the children's case are the Wirt - TNO with 93,2%.

Conclusions: Clinically, the tests used to measure stereoacuity in near vision, even being of a different nature (polarized, anaglyphs and real) show good agreement between them, highlighting the high concordance with tests Wirt - TNO, both children and adults.



ESTUDI SOBRE LA CONCORDANÇA DE RESULTATS ENTRE DIFERENTS MÈTODES CLÍNICS DE MESURA PER LA DETERMINACIÓ DE LA ESTEREOAGUDESA EN DOS GRUPS D'EDAT

SUMMARY

INTRODUCTION

Stereopsis is a phenomenon that is created when two slightly different images of our external environment are projected on the retinas of each eye and the brain interprets them to form a single three-dimensional final image. The difference between these two images originates from binocular disparity or retinal disparity, which is due to the fact that the eyes are separated about 6 or 7 centimetres from each other. This ability allows calculating the distance between objects causing in individuals the so-called 3D vision. It is not necessary for the subject to be provided of stereopsis in order to have depth perception because there are monocular clues that can help us. These clues can be primary or secondary, the primary are the ones related to accommodation and convergence, and the secondary ones are the calculation of the apparent size or constancy of size, atmospheric perspective or geometry, lighting and objects shadows, interposition, motion parallax and gradient textures. Stereopsis can be measured using a stereoscopic visual acuity (AVE) which is defined as the threshold of deep discrimination angularly expressed, i.e. the minimal binocular disparity that can be perceived. This stereoscopic visual acuity is always calculated in arc seconds and can be affected by factors such as: spatial factors, tests orientation, the effect of luminance and contrast, interoculars effects, colour and the ocular movement, temporary factors and the effect of practice.



AVE can be measured by several clinical tests that are classified in polarized tests, anaglyphs or real. The polarized tests are conducted with some glasses formed by lenses that filter light waves at certain angles, in this way each eye only sees compositions of different images. Anaglyph test, on the other hand, use some anaglyph glasses which are formed by two lenses of different colours (green in RE and red in LE, in this study) that filter overlapping and displaced images. The stereopsis real tests do not need to use any artificial means. Among all the tests that exist, the most well-known are Randot, Titmus, TNO and Frisby. The first two are polarized, the second is anaglyphic and the third is real. The aim of this study is to study the concordance between these four tests that had been mentioned earlier applied in near vision. The concordance refers to the results correspondence between one optometric test and another, i.e. to verify whether two or more different measurement techniques obtained similar results. Thus, these optometric techniques can be exchanged or replaced in a clinical practice because they are considered equivalent.

METHOD

This study was applied to two samples of different ages. The first sample consists of 55 young students (48 women and 7 men) aged between 20 and 28 years old, and the second sample consists of 59 children from third course of primary school (33 girls and 26 boys) aged between 8 and 9 years old. All measurements were performed by the same examiner. Measurements from the first sample were made at Facultat d'Òptica i Optometria de Terrassa (UPC) in March 2014 whereas the measurements from the second sample were made at Centre Universitari de la Visió (CUV) between February and April 2014. Lighting conditions had been the same in both cases.

In order to participate in the study, both groups have been selected according to a set of inclusion criteria. The adults had to be enrolled in Facultat d'Òptica i Optometria, presenting visual acuity equal to or higher than 20/20 with the best correction in near vision, had an ametropia lower than +6,00 / -6,00 spherical dioptres and not to present an astigmatism higher than -3,00 cylindrical dioptres, not to present amblyopia, strabismus, ocular pathologies, eye surgery and to sign an informed consent. The inclusion criteria in the children's case were: study third course of primary school, be Caucasian, visual acuity equal to or higher than 20/30 with the best correction in near vision, ametropia lower than +1,5 / -1,5 spherical dioptres with an astigmatism lower than -1,00 cylindrical dioptres, not to present amblyopia, strabismus,



ocular pathologies and have sign a consent inform with a travelling authorization by the father / mother or guardian. Once the participants were selected, the material was prepared and we began to perform the measurements. The measurement protocol consisted in always position the tests to 40 cm in front of a lectern of 50° (except Frisby which has been presented at three distances: 40 cm, 60 cm and 80 cm respectively), bring the regular correction with the polarized or anaglyph glasses on (depending on test) and control the patient's distance. In the measurements was always very important to insist on the participant so he gave an answer and if he was wrong it could not be repeated but it continued until the end of the test. The tests were carried out randomly to each participant to avoid erroneous value always in the latest tests caused by eyestrain. At the end of the procedure, the examiner noted the final guessed result for the patient and saved the data.

After obtaining all the measures, we performed a statistical analysis with the results achieved in each person. All data obtained from the participants are protected under ethical principles based on the Declaration of Helsinki and protected by Organic Law 15/1999 of December thirteen. For a description and analysis of these results has been used IBM SPSS Statistics 22 statistical program for Windows 7 Enterprise and Microsoft Excel 2010.

RESULTS

The statistical analysis of the results of this study is a bit special because Randot and Wirt tests are not continuous variables, so it does not follow a linear nor geometric scale. Another peculiarity is that the distribution of the results is not normal. In these cases, an unconventional statistic must be used and the AVE values must be transforming to logarithms. From there, four steps have been carried out: first, make the descriptive sampling and measurement methods, then find the average results for each pair of compared tests (six pairs in total) using the Student's t-distribution, next have the Bland and Altman graphs for the six pairs to find the confidence interval, and finally make the Contingency tables pass / fail, taking as the normal value the percentile of 75. The median value in adults found in Randot was 20 "arc (measurement range 20 – 70 "arc), in Titmus-Wirt was 40 "arc (measurement range 40 – 70 "arc), in TNO was 60 "arc (measuring range 15 – 480 "arc) and Frisby was 20 "arc (measurement range 20 – 85 "arc). The median value in children found in Randot was 20 "arc (measurement range 20 – 50 "arc), in Titmus-Wirt was 40 "arc (measurement range 40 - 60" arc), in TNO was 60 "arc (measuring range 15 – 120 "arc) and Frisby was 20 "arc (measuring



range 20 - 170" arc). As for the Student's t-distribution the P-value both in adults and in children indicates that statistically significant differences exist in all pairs of compared tests minus Randot - Frisby. In Bland and Altman graphs is found that both in adults and children, the confidence interval is lower than the pair of tests Randot - Frisby. In the adult's case, the confidence interval is higher than the pairs Randot - TNO and TNO - Frisby, and in the children's case is higher in the same pairs. The last method that evaluates the concordance is the Contingency tables, which makes the measurements using clinical criteria. In this case, in the adults sample it can be observed that the most matched tests are Wirt - TNO and Wirt - Frisby with a percentage of 89,1% of concordance in both cases. In the children's sample, it is found that the tests with most concordance are Wirt - TNO with a value of 93,2%.

CONCLUSIONS

In the discussion, the results achieved on median, standard deviation and range of measures in arc seconds were compared with different authors, and it was found that in most studies the values obtained were very similar to ours, except in certain author. As for the concordance, when compared to an author known for her doctoral thesis, which had a very similar sample to this study and using the same four tests (Randot, Titmus-Wirt, TNO and Frisby), considers that, none has concordance because they present significant statistical differences between them. Other found authors present many mistakes in doing the statistical analysis and cannot be compared with them. In our study, we can conclude that with the statistical method we can see that Randot - Frisby test agree both in adults and children, and from a clinical method the most matched tests are Wirt - TNO and Wirt - Frisby equally in adults, and in children only Wirt - TNO. Therefore, these tests that match can be exchanged in clinical practice as they have equivalences and this change will not affect the measurement of stereopsis. The lack of concordance of the other tests may be due to the difference in the design of these tests or for the presence of external aspects that have not been controlled such as monocular depth clues.

AGRAÏMENTS

En primer lloc vull agrair a les meves tutores i directores d'aquest treball: Elvira Peris i Rosa Borràs pel seu esforç i dedicació amb mi i aquest projecte. Si no hagués sigut per elles aquest treball no hagués estat el mateix, ja que en tot moment m'han guiat i donat moltes pautes perquè pogués quedar un gran treball. He après molt de les dues i de la seva forma de treballar, i sens dubte tot això ho aplicaré en futurs treballs.

En segon lloc vull donar les gràcies a tots els voluntaris que han participat en aquest estudi, tant als nens de les escoles que participen als cribratges del CUV com els estudiants de la FOOT, per haver col·laborat amb nosaltres i formar part d'aquest estudi. També agrair a la facultat i al CUV per deixar-nos el material necessari i accedir a les sales on vam realitzar totes les mesures.

Vull agrair a tots els meus companys d'universitat amb els que he passat molts bons i mítics moments durant tots aquests quatre anys. Especialment a la meva companya Anna Puig per donar-me molt de suport durant tot aquest procés d'elaboració del treball. A l'Antonio i la Pamela perquè encara que hem fet treballs diferents hem compartit els moments d'estrès junts. per acabar a la Silvia Santos, que ens aportava la harmonia necessària quant n'havem de bòlit amb el treball.

D'una manera molt especial, a l'Oriol, perquè el seu suport ha sigut primordial i sempre ha cregut en mi, aportant-me més forces que ningú. Als meus pares, l'Àngela i el Carlos per donar-me l'efecte i el suport incondicional i per haver fet possible que m'hagués tret aquesta carrera. A la meva germana Estefany perquè sempre està al meu costat en tots el moments importants de la meva vida. Finalment a la meva àvia Carmen per aportar-me l'alegria que sempre he necessitat. A la meva família els hi dedico aquest projecte i tot l'esforç realitzat per treure'm aquesta carrera i poder finalitzar aquesta gran etapa que tantes coses m'ha aportat.

MOLTES GRÀCIES.

Índex

CAPÍTOL 1: Introducció	1
CAPÍTOL 2: Estat de l'art	2
2.1 Definició de estereopsis	2
2.2 Història sobre les idees de la visió estereoscòpica	2
2.3 Aspectes teòrics de la visió binocular i la estereopsis	4
2.3.1 <i>Disparitat binocular</i>	4
2.3.2 <i>Horòpter i Àrea de Panum</i>	4
2.4 Factors empírics de la percepció de profunditat	5
2.5 Visió estereoscòpica en éssers vius segons les pistes monoculars i la disparitat binocular	9
2.6 Agudesesa visual estereoscòpica (AVE) o Estereoagudesesa	10
2.7 Factors que afecten a l'estereoagudesesa	11
2.7.1 <i>Factors espacials</i>	12
2.7.2 <i>Orientació del test</i>	12
2.7.3 <i>Efecte de la luminància i el contrast</i>	12
2.7.4 <i>Efectes interoculars</i>	12
2.7.5 <i>Efecte del color</i>	13
2.7.6 <i>Efecte dels moviments oculars</i>	13
2.7.7 <i>Influència dels factors temporals</i>	13
2.7.8 <i>Efecte de la pràctic</i>	13
2.8 Estereogrames	14
2.9 Mesura clínica de la agudesesa visual estereoscòpica	14
2.9.1 <i>Test polaritzats</i>	14
2.9.2 <i>Test anàglifs</i>	15
2.9.3 <i>Tests reals</i>	16
2.10 Estudis sobre estereopsis i la concordança entre proves clíniques	17
CAPÍTOL 3: Objectius del treball	20
CAPÍTOL 4: Metodologia Experimental	21
4.1 Disseny de l'estudi	21
4.2 Selecció de la mostra. Criteris d'inclusió i exclusió	21
4.3 Organització clínica	22
4.3.1 <i>Mostra 1: Adults</i>	22
4.3.2 <i>Mostra 2: Escolars</i>	23

4.4	Material emprat	24
4.4.1	Tests d'estereopsis	24
4.4.2	Faristol amb cartolina blanca + Cinta mil·limetrada	26
4.4.3	Cinta mètrica, llum de sobretaula i fitxes d' anotació dels resultats	26
4.5	Protocols de mesura clínica	27
4.5.1	Test de Randot.....	28
4.5.2	Test de Titmus-Wirt	29
4.5.3	Test TNO	30
4.5.4	Test de Frisby.....	31
4.6	Anàlisis de resultats.....	32
4.7	Principis ètics en la realització d'estudis experimentals	33
CAPÍTOL 5: Estadística per l'anàlisi de resultats de concordança		34
5.1	Estudi previ de les variables	34
5.1.1	Escala de les variables expressades en segons d'arc.....	34
5.1.2	La distribució dels resultats no segueix una distribució normal.....	35
5.2	Descriptius de l'estudi	36
5.2.1	Descriptius de la mostra	36
5.2.2	Descriptius individuals dels mètodes de mesura	37
5.3	Estudi de la concordança mitjançant t-Student.....	38
5.4	Estudi de la concordança mitjançant Bland & Altman.....	39
5.5	Taula resum sobre la concordança entre els diferents tests de mesura	42
5.6	Concordança amb criteri clínic PASSA/FALLA	44
CAPÍTOL 6: Discussions		48
5.1	Discussió sobre els resultats individuals assolits en els tests utilitzats.....	48
5.2	Discussió sobre la concordança entre els tests utilitzats	49
CAPÍTOL 7: Conclusions		50
CAPÍTOL 8. Referències bibliogràfiques		51
ANNEXOS		54

CAPÍTOL 1: *Introducció*

La visió binocular és la capacitat de coordinació d'ambdós ulls quant s'utilitzen a la vegada. Aquesta condició és molt important ja que fa que es pugi veure la realitat en tres dimensions, donant lloc al que es coneix com agudeses visual estereoscòpica. Aquesta estereoagudeses es pot calcular amb diferents tests clínics que es troben avui dia en l'àmbit de la optometria, que són molts i variats ja que dependent dels tests s'avalua l'estereoagudeses d'una forma o una altre.

Molts cops quant es treballa en optometria no es dona la suficient importància o directament no es tenen en compte les diferències que presenten els diversos tests de mesura a l'hora d'aplicar-los. Tampoc es qüestiona si el fet d'utilitzar un test o un altre de forma indiferent en el diagnòstic, es poden donar algunes limitacions en quant a la concordança de resultats. També hi ha certes diferències entre els tests segons l'edat del pacient i és important tenir-ho en compte. Per això, aquest estudi es vol centrar en l'estimació de la concordança que es presenta al comparar diferents tècniques de mesura de la estereoagudeses en visió propera.

CAPÍTOL 2: *Estat de l'art*

En aquest capítol s'introdueixen diversos aspectes teòrics sobre el tema principal en que es basa aquest treball. Es presenten certes consideracions de la visió binocular, per després parlar de la estereopsis i finalment explicar la concordança i la seva funció en la clínica.

2.1 Definició de estereopsis

Els ulls son els òrgans responsables de captar la informació que ens arriba de l'exterior. Cada un d'ells forma una imatge, que el cervell s'encarrega de processar per poder generar una única imatge tridimensional. A aquest procés se'l coneix com a **Estereopsis** o més col·loquialment com visió en 3D. Estereopsis és una paraula que prové dels termes grecs 'stereo' que significa sòlid i de 'opsis' que significa visió.

L'estereopsis actua interpretant les disparitats que hi ha entre les imatges de cada ull. La disparitat mínima que és pot detectar és la mesura d'estereoagudesa que pot arribar a ser de 5 segons d'arc, i la disparitat més gran que es pot fusionar rep el nom de '*límit fusional de Panum*'.⁽¹⁾ Aquest fenomen és molt important ja que ens permet jutjar les distàncies relatives en que estan els objectes a partir de la disparitat binocular^(2,3), de la que es parlarà més endavant.

2.2 Història sobre les idees de la visió estereoscòpica

La història sobre l'evolució de la visió estereoscòpica és molt interessant de conèixer però també molt amplia d'explicar. A continuació es representa una taula resum dels aspectes més rellevants sobre els fets que s'anaven esbrinant de la visió binocular, fins arribar als conceptes teòrics del que actualment es coneix com a estereopsis.

IDEES DE LA VISIÓ BINOCULAR ESTEREOSCÒPICA		
Autor	Època/Any descobriment	Conceptes històrics
Euclides i Aristòtil	Antiga Grècia	Van aportar les primeres idees sobre el fenomen de la visió binocular.
Galeno	Antiga Grècia	Va descriure l'anatomia de l'ull i la càpsula de Tenon. Pensava que el cristal·lí era el lloc de recepció visual i que els músculs extraoculars eren set.
Johannes Kepler	1604	Va exposar per primer cop els principis bàsics de la formació de la imatge retiniana bidimensional i invertida en el seu llibre <i>Ad Vitellionem Paralipomena</i> .
	1611	Va continuar les explicacions en un segon llibre: <i>Dioptrice</i> .
Alhazen	Edat Mitjana	Pare de l'òptica moderna. Va realitzar una geometria sobre la visió binocular per associar la sensació de profunditat a la convergència binocular. Aquestes aportacions

		es van anticipar als conceptes moderns sobre l'horòpter.
Leonardo Da Vinci	Edat Moderna	Va codificar els punts de profunditat monocular, entre ells les regles de la perspectiva rectilínia.
François d'Aguilon	1613	Va publicar el llibre <i>Opticorum Libri Sex</i> . Va introduir el terme horòpter sense tenir coneixement sobre els treballs de Kepler. Era conscient de que la visió binocular millorava la sensació de profunditat i va realitzar la primera investigació sobre la diplopia binocular fisiològica.
J. Rohault	1671	Va senyalar que es podien calcular distàncies monocularment gràcies a la paral·laxi de moviment de cap.
Nicholas Malebranche	1674	Explicava que la convergència és el factor clau per calcular distàncies. Va descriure la decussació parcial de les fibres nervioses en el quiasma òptic, assegurant que la binocularitat radica posteriorment al quiasma.
Robert Boyle	1688	També va declarar que la visió binocular contribuïa a la impressió de la profunditat visual.
Joseph Harris	1764	Va fer dibuixos sobre les disparitats creuades i no creuades.
	1775	Va escriure el Tractat d'Òptica, on parlava de l'àrea de Panum fusional 700 anys després que Alhazen i 80 anys abans que Peter Ludvig Panum.
Vieth	1818	Va especificar clarament la geometria de punts corresponents i de horòpter horitzontal.
Johannes Peter Müller	1826	Va produir un anàlisi independent i similar al de Vieth.
	1843	Va veure que les imatges dispars de Wheatstone produïen sensació de profunditat.
	1826-1861	Es van produint avanços en la fotografia estereoscòpica ja que començava a tenir molt d'èxit entre la població burgesa, fins l'arribada del cinema.
Prévost	1843	Comentava que quant hi ha convergència, l'horòpter és un cercle horitzontal i una línia vertical en el pla mig del cap.
Volkman	1836	Va fer hipòtesis sobre les geometries del horòpter teòric.
Wheatstone	1838	Va inventar l'estereoscopi de mirall.
Brewster	1849	Va inventar un estereoscopi basat en el de Wheatstone però amb dues lents correctives convexes per fusionar i enfocar les imatges desde més a prop.
Riddell	1853	Va crear un microscopi binocular amb oculars addicionals per produir un efecte estereoscòpic.
William Shaw	1861	Va combinar un taumatrop (disc amb una imatge a cada costat i cordes als laterals que quant s'estiren, el disc gira i les imatges es veuen superposades), amb un mirall estereoscopi per produir una imatge estereoscòpica.
O.W. Holmes	1863	Va crear una versió portàtil del estereoscopi.
Helmholtz	1925	Es va adonar que l'estereopsis depèn de la disparitat.
Sherrington	1933	Va concloure que les imatges monoculares es tracten independentment i que la síntesis final és mental.
Bela Julesz	1960	Va introduir l'estereograma de punts aleatoris que permet crear una impressió de profunditat i un objecte tridimensional que no es visible en qualsevol imatge monocular. Principi en el qual es basa l'actual test TNO.
Hubel i Wiesel	1952 i 1962	Van relatar que els camps receptius de les cèl·lules binoculars en el còrtex visual del gat, ocupaven posicions corresponents en els dos ulls.
Jack Pettigrew	1968	Va descobrir que ja existeixen neurones sensibles de disparitat binocular desde una etapa primerenca del processament visual.

Taula 2.1: Cronologia de totes les idees sobre la visió binocular fins l'actualitat. (4,5,6,7,8,9,10)

2.3 Aspectes teòrics de la visió binocular i la estereopsis

2.3.1 Disparitat binocular

Com ja es comentava anteriorment, la visió estereoscòpica és la habilitat de poder calcular la distància relativa dels objectes mitjançant la visió binocular. Aquesta habilitat depèn de petites diferències entre les imatges retinianes que es formen als dos ulls degut a la distància interpupil·lar, ja que com els ulls estan separats entre sí aproximadament uns 6 cm, cada ull percep una visió del món lleugerament dispar, a aquest fet se'l denomina **disparitat binocular o retiniana**.⁽⁹⁾

Existeixen dos formes diferents de disparitat: la creuada i la no creuada. La **disparitat creuada** sorgeix quant percebem que hi ha un objecte situat més a prop que el punt on estem fixant la nostra mirada i la **disparitat no creuada** quant percebem que hi ha un objecte més llunyà que el punt de fixació.⁽¹¹⁾

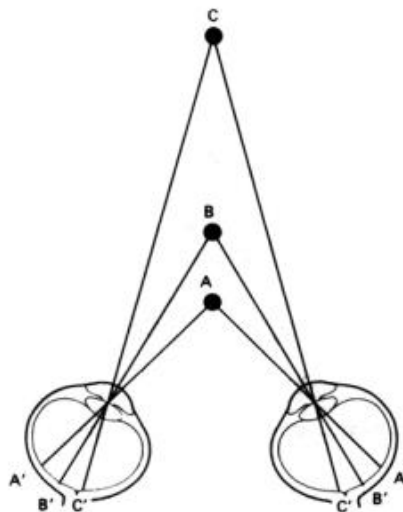


Figura 2.1: Si la vista es fixa contínuament en el punt B, l'objecte A origina la disparitat creuada i el C la no creuada.

2.3.2 Horòpter i Àrea de Panum

Podem definir l'**horòpter teòric** com el lloc geomètric de tots aquells punts de l'espai objecte que estimulen punts retinians corresponents i donen lloc a la percepció d'una direcció visual igual per ambdós ulls, de forma que l'horòpter està format per dos línies que configuren les seves components horitzontal i vertical (exceptuant el cas en el que el punt de fixació està a l'infinit, on l'horòpter es converteix en una superfície). De totes maneres, hi ha punts que no estimulen punts corresponents i que no es troben a l'horòpter però es veuen fusionats igualment gràcies a l'àrea de Panum.

Sent l'àrea de Panum, l'àrea en la retina d'un ull on els punts d'aquesta, al ser estimulats simultàniament amb un únic punt de la retina de l'altre ull, donen lloc a una percepció fusionada. Per tant, cada punt de la retina d'un ull té la seva àrea de Panum associada en l'altre ull. Això permet un rang de disparitats binoculars on la imatge es percep de forma simple encara que no es trobi sobre l'horòpter. L'àrea de Panum s'interpreta en l'espai objecte com l'espai de Panum, i es defineix com l'espai situat entre els límits anteriors i posteriors de la visió haplòpica (visió simple), en el que es produeix la percepció fusionada del objectes no fixats.⁽¹²⁾

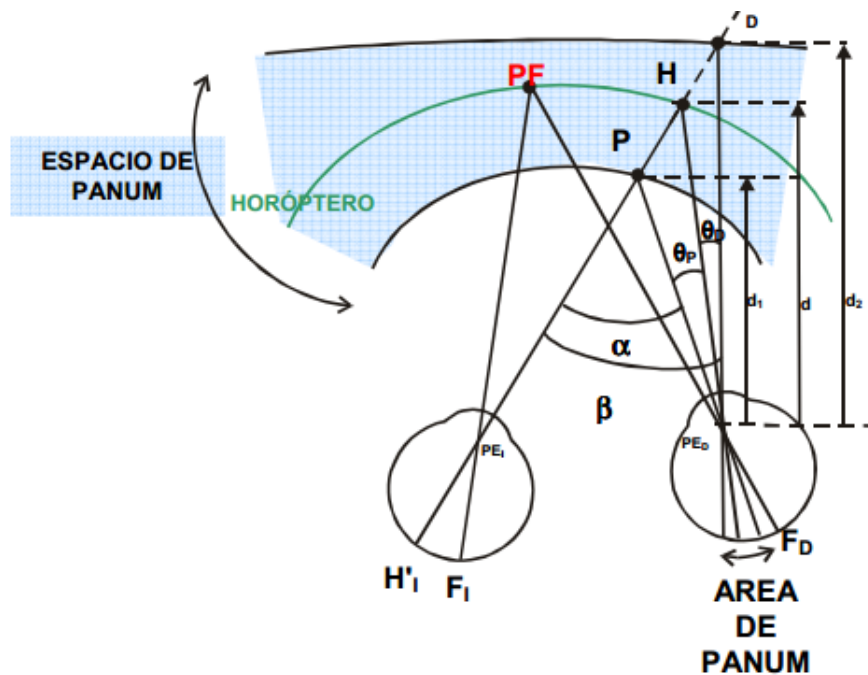


Figura 2.2: Esquema per l'obtenció del espai i les àrees de Panum. També es pot observar l'horòpter representat com a una línia verda.

2.4 Factors empírics de la percepció de profunditat

Es tendeix a relacionar la percepció de profunditat amb l'estereopsis, però és una relació errònia ja que hi ha persones que presenten visió monocular i també poden apreciar la distància visual dels objectes en l'espai.^(13,14) La diferència entre la percepció de profunditat i la estereopsis, és que la primera fa referència a la percepció de diferències relatives o absolutes, en la distància entre l'observador i l'objecte, i en canvi, la segona és la percepció visual binocular del espai tridimensional, basat en la disparitat retiniana, com s'ha explicat anteriorment.⁽¹⁴⁾

Existeixen una sèrie de factors empírics que poden ser primaris o secundaris i serveixen com a pistes monoculars per a calcular les distàncies relatives dels objectes.⁽¹⁵⁾

- **Pistes monoculars primàries:**
 - ❖ **Acomodació:** La diferència entre observar imatges borroses o nítides ens ajuda a determinar profunditats. Quant el sistema visual augmenta la potència del cristal·lí s'associa amb que s'està observant amb nitidesa un objecte proper.
 - ❖ **Convergència:** Els canvis de fixació d'un punt a un altre impliquen canvis en l'angle de convergència i per tant, canvis en l'estat de la contracció dels músculs extrínsecs dels ulls.
- **Pistes monoculars secundàries:**
 - ❖ **Tamany aparent i constància del tamany:** Si un objecte s'allunya, subtendeix un angle menor en la retina. Això produeix l'efecte de que les imatges retinianes d'objectes llunyans són més petites que les dels objectes propers.

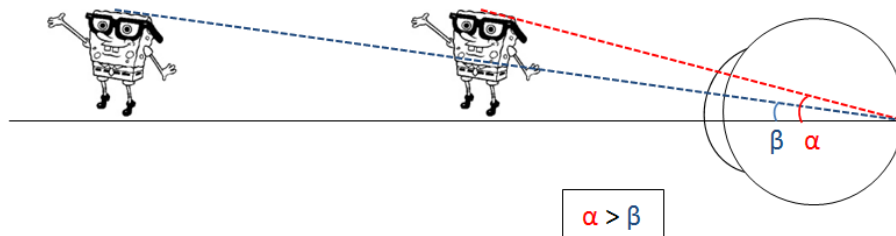


Figura 2.3: Esquema sobre els angles subtendits en l'ull en objectes posicionats en VP i VL.

- ❖ **Perspectiva atmosfèrica o aèria:** La densitat de l'atmosfera fa que la forma dels objectes llunyans sembli distorsionada. Aquesta capa de gas, també provoca que els objectes es tornin d'un color blavós degut a que desvia els rajos de llum en funció de la longitud d'ona, fent que el color blau sigui el que més es desvii.



Figura 2.4: Globus aerostàtics on els més llunyans es veuen poc definits i blavosos.

- ❖ **Perspectiva geomètrica:** És un dels mètodes més utilitzats pels artistes per representar l'existència tridimensional en els seus quadres. Es basa en projectar un objecte sobre un pla, traçant línies rectes desde tots els punts d'un objecte i que acabin convergint en un punt concret O.

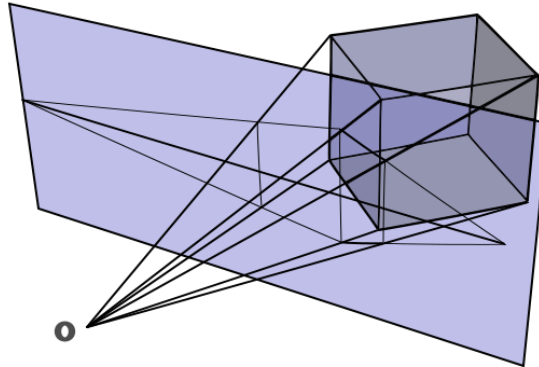


Figura 2.5: Objecte tridimensional representat en un pla bidimensional, on tots els seus punts convergeixen en un punt concret O.

És un fet similar al de l'altura relativa, on es comparen imatges ordenades de forma obliqua i separades per una línia horitzontal, de forma que els objectes que estan per sobre de la línia semblen més llunyans.



Figura 2.5.1: Objectes separats per una línia horitzontal, creant una percepció de llunyania dels mateixos.

- ❖ **Il·luminació i ombres:** Qualsevol objecte opac tridimensional projecta ombres que depenen de la posició de la font de llum. El cervell, identifica la procedència de la font de llum per calcular posicions dels objectes, on normalment s'interpreta que la llum sempre prové d'un pla zenital (desde a dalt). Per tant, els objectes més brillants o il·luminats donen la sensació de que estan més a prop i els més obscurs o poc il·luminats més allunyats. Aquest fet però, ens pot arribar a fer conclusions inequívokes si es fa una assignació incorrecta sobre la procedència de la llum.



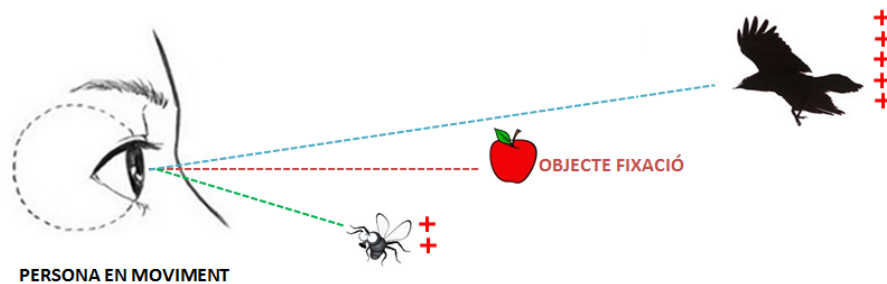
Figura 2.6: Una parella d'iris oculars. El de la esquerra està més il·luminat que el de la dreta, provocant que el segon iris sembli que està més lluny.

- ❖ **Interposició:** És una de les formes d'interpretació de la posició relativa d'un objecte més habituals. Quant un objecte es superposa a un altre per davant, s'interpreta com que aquest segon està més a prop.



Figura 2.7: Formes geomètriques que s'interposen provocant que el sol es percebi com a més llunyà respecte a l'estrella.

- ❖ **Paral·laxis de moviment:** Està relacionada amb la velocitat relativa dels objectes. Quant un observador està en moviment a una velocitat constant (per exemple en cotxe o tren) i mira un punt de fixació concret, els objectes més propers al punt de fixació es mouen més lents i els llunyans més ràpid. D'altra banda, si estem quiets i miren un objecte en moviment, aquest es veurà a una velocitat més ràpida que els objectes que estiguin més llunyans, que es veuran més lents^(14,15).



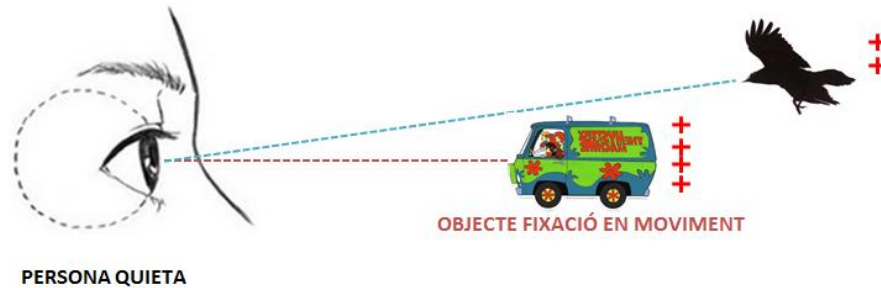


Figura 2.8: En la figura superior es pot observar com una persona en moviment veu un au volant més ràpid que la mosca. En la figura inferior es veu una persona quieta que mira un cotxe i aquest va més ràpid que el vol d'una au.

- ❖ **Gradient de textures:** Una textura és quant un objecte conté un patró repetitiu. A mesura que un objecte s'allunya, la seva textura és cada vegada més fina, fins que arriba un moment en que ja no es pot apreciar, aquí el sistema visual interpreta la distància llunyana de l'objecte.



Figura 2.9: En el sòl d'aquesta horta es pot apreciar un exemple de gradient de textures.

2.5 Visió estereoscòpica en éssers vius segons les pistes monoculars i la disparitat binocular

La visió estereoscòpica està molt ben desenvolupada en mamífers i felins gràcies a la posició frontal dels seus ulls, permetent així que es superposin els camps visuals monoculars i donant lloc a un ampli camp visual binocular. No passa el mateix amb els animals amb ulls laterals on els camps visuals monoculars són oposats i gairebé no interaccionen. Els éssers vius amb superposició visual en els seus camps no han de tenir necessàriament visió estereoscòpica.

L'evolució dels ulls frontals en vertebrats ha sigut explicada per Kupfer (1967) a partir de la decussació dels axons retinians en el quiasma òptic. Va demostrar que en un adult humà, la relació entre les fibres creuades i les no creuades en el quiasma òptic era aproximadament de 53 a 47, a diferència dels peixos i aus on la decussació és total.⁽¹⁶⁾ Antigament es pensava que només els éssers humans presentaven visió estereoscòpica però s'ha descobert que no és així. S'han fet estudis d'algunes espècies animals i s'ha vist que uns poden calcular la distància a la que està la presa a partir de pistes monoculars i d'altres a partir de la disparitat binocular. Els que utilitzen pistes monoculars són alguns insectes (aranyes, nimfa llagosta, abelles, mosca d'ulls tija), peixos, granotes, coloms, ratolins, gossos, porcs, ovelles i conills. Altres animals calculen la profunditat gràcies a la disparitat binocular com els crustacis, gripaus, esparvers, mussols, suricatas, cavalls, gats i primats. El conill és un cas molt curiós ja que presenta estereopsis tant en visió frontal com posterior (Hughes i Vaney, 1982). Hi ha altres animals que no se sap ben bé com calculen les distàncies ja que són més complexos i falten més estudis al respecte, com per exemple la òliba que es creu que s'ajuden amb senyals auditives (Konishi, 1993).

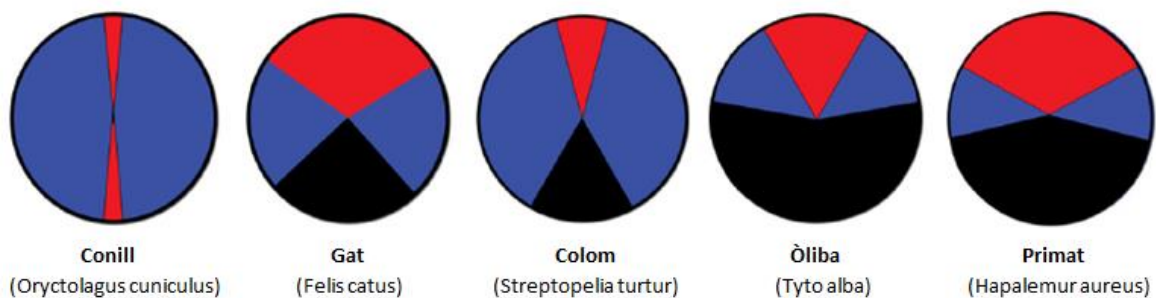


Figura 2.10: Diagrames sobre la visió monocular (blau), visió binocular estereoscòpica (vermell) i visió cega (negre) d'algunes espècies esmentades en el punt 1.5.

2.6 Agudesa visual estereoscòpica (AVE) o Estereoagudesa

L'agudesa visual estereoscòpica és relativament fàcil de mesurar i es defineix com el llinard de discriminació de profunditat expressat angularment, és a dir, la mínima disparitat binocular que pot percebre una persona. S'ha de tenir molt en compte que no estem parlant de la agudesa visual, ja que aquesta és l'equivalent en visió monocular.⁽³⁾ La disparitat binocular (η) es calcula de la següent forma:

$$AVE = \min(\eta) = \min \frac{\Delta d}{d^2} \text{ DIP}$$

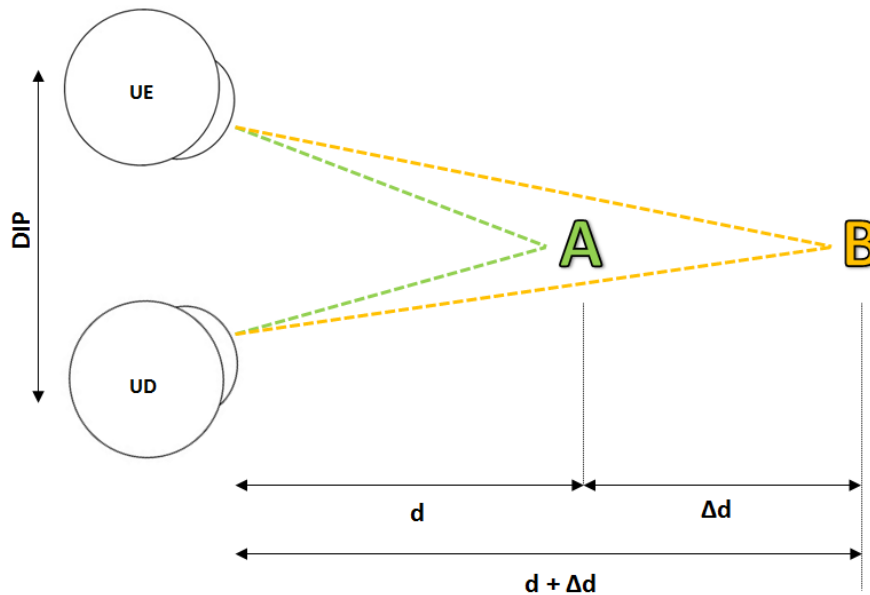


Figura 2.11: Esquema AVE. Dos punts A i B, situats a distàncies d i $d + \Delta d$ respectivament d'un observador amb una distància interpupil·lar (DIP).

Aquesta expressió dona un resultat en radians que es pot canviar a segons d'arc (mesura en que normalment es presenta la AVE) multiplicant el resultat final per 206264,8.⁽¹⁵⁾ D'aquesta forma, el valor mínim de disparitat binocular coincidirà amb la mínima distància Δd que hem de separar els objectes per veure'ls separats en profunditat.

El valor mig d'estereoagudesesa en pacients amb binocularitat normal s'ha vist que es troba entre 10 i 30'' d'arc, encara que 40'' d'arc també es consideraria un valor normal. Sobre la estereoagudesesa és important saber que un valor baix en els resultats obtinguts, implica que l'estereoagudesesa és més bona, en definitiva que la capacitat estereoscòpica és elevada.^(3,17)

Finalment, existeix una altre factor que s'anomena precisió estereoscòpica i es pot definir com la inversa de l'AVE:

$$\text{Precisió estereoscòpica} = 1/\text{AVE}$$

2.7 Factors que afecten a l'estereoagudesesa

La disparitat d'estímuls millora quant es tracta d'una disparitat creuada en comptes d'una no creuada. De totes formes, en tots dos casos existeix una influència de certs paràmetres que afecten a la mesura de la AVE, i que han de ser òptim per obtenir resultats fiables.

2.7.1 *Factors espacials:*

- **Excentricitat dels estímuls:** La AVE és pitjor quant s'augmenta la excentricitat dels estímuls comparats. Estudis han demostrat que es veu més afectada la excentricitat horitzontal que la excentricitat vertical. És a dir, la AVE es pot arribar a multiplicar per un factor 100 quant els estímuls es separen del punt de fixació uns 2º horitzontalment, i en canvi en vertical roman, tant sols varia per un factor 2 en separacions de 1º d'excentricitat (Rawlings i Shipley, 1969).
- **Tamany i espaiat entre estímuls:** L'AVE millora quant la longitud dels estímuls és aproximadament d'uns 20', valor a partir del qual roman gairebé constant. En quant a la separació espacial, millora fins que la separació entre estímuls és d'uns 0,2º, valor a partir del qual la AVE és més dolenta (Hirsch i Weymouth, 1948).
- **Número d'estímuls:** Si s'introdueixen altres estímuls al voltant del test amb el que es realitza la mesura de la AVE, aquesta és més dolenta (Mitchinson i Westheimer, 1984).

2.7.2 Orientació del test: Si considerem dues línies verticals separades una distància determinada com a dos estímuls, i es giren en un cert angle θ , la disparitat horitzontal entre les línies és constant, però no la distància entre elles. Quant es realitza aquest gir, la importància dels punts propers es fa més gran, obtenint un efecte similar al explicat anteriorment per Mitchinson i Westheimer. Es creu que existeixen cèl·lules que tenen més prevalença a detectar disparitats entre línies verticals que obliqües.

2.7.3 Efecte de la luminància i el contrast: La AVE és més bona quant els tests tenen una luminància de 10 mililamberts, valor a partir del qual roman gairebé constant. Per una altre part, la dependència de la AVE amb el contrast és proporcional a l'arrel cúbica per valors de contrast suprallindars i a l'arrel quadrada per valors de contrast pròxims al llindar. En general, es diu que la dependència respecte al contrast és dèbil per valors suprallindars, però que la AVE és pitjor al aconseguir valors de contrast llindar. (Cormack et al, 1991).

2.7.4 Efectes interoculars: La AVE és pitjor quant la il·luminació i el contrast entre els dos ulls varia. Si s'aplica menys llum a només un ull, la capacitat estereoscòpica disminueix més del doble que si s'aplica una disminució de la il·luminació en els dos ulls (Legge i Gu, 1989).

2.7.5 Efecte del color: S'ha vist que en general, s'obtenen valors més dolents de AVE per estímuls de color blau (Pennington, 1970), que podrien ser deguts a la baixa densitat de cons sensibles al blau que hi ha en la retina. Experiències psicofísiques, indiquen que la pèrdua de AVE és menor si els elements del test són grans, i major quant són més petits. Aquest efecte, actualment no està totalment clarificat ja que podria ser conseqüència d'aberracions cromàtiques i/o efectes de contrast de vora.

2.7.6 Efecte dels moviments oculars: Si enlloc de realitzar les mesures amb fixació constant, es permet moure lliurement els ulls, la AVE és més bona (Ogle, 1939). Això passa perquè al canviar la posició dels ulls, hi ha un canvi en les disparitat binoculars fent possible una comparació entre valors per millorar la precisió. De totes maneres, no hi ha proves que demostrin aquesta afirmació.

2.7.7 Influència dels factors temporals:

- **Durada de l'estímul:** Quant s'ha mesurat la AVE en funció del temps, s'ha trobat que el llindar de disparitat binocular és constant fins els 0,1 s i després dona valors més dolents amb el temps d'exposició fins els 3 s, moment en el qual es manté constant (Langlands, 1926). Un altre investigador, Watt va indicar que la AVE millora a mesura que augmenta el temps d'exposició fins valors d'1 s. Va interpretar aquesta millora com un processat seqüencial de la estereopsis, de forma que la disparitat més burda es processa abans que la fina. Tyler (1991) va comprovar que el llindar d'estereopsis era inversament proporcional a la durada dels estímuls utilitzant estereogrames de punts aleatoris.
- **Efecte del retard interocular:** Si es presenta un estímul primer a un ull i després a un altre, la AVE no es veurà afectada sempre i quant l'interval de presentació dels estímuls en cada ull no superi els 25 ms, moment en el qual ja comença a donar valors pitjors fins que als 100 ms es perd l'estereoagudesesa completament (Ogle, 1963). Més tard, es demostra que el límit d'integració està relacionat amb el temps de persistència d'una imatge en la retina (Engel, 1970).
- **Efecte del moviment lateral dels estímuls:** La AVE no es veu afectada pel moviment dels estímuls sempre que no superin els 2°/s (Westheimer i McKee, 1977).

2.7.8 Efecte de la pràctica: Hi ha fonaments sobre com la AVE millora significativament amb la pràctica en pacients entrenats durant un temps (Wittenberg, 1969).

2.8 Estereogrames

Un estereograma és una imatge amb un patró de disparitats binoculars ocult i es pot visualitzar una figura tridimensional en relleu en condicions adients. Hi ha dos tipus d'estereogrames: les parelles estereoscòpiques i estereogrames en paper tintat. Les **parelles estereoscòpiques** són un par d'imatges que es veuen per separat, però es fusionen a nivell cortical donant una forma estereoscòpica. Aquesta visualització es pot fer de forma lliure (sense instruments òptics especials), mitjançant un par de filtres òptics (vermell-verd, cian-vermell, polaritzats, etc.) o amb estereoscopis (de mirall o de lents positives descentrades). Els **estereogrames de paper tintat**, o simplement estereogrames, són imatges compostes per un tapís que es repeteix horitzontalment però una mica distorsionat per poder amagar el patró de disparitats binoculars que té. El tapís pot estar format per punts aleatoris blancs i negres, acolorits, de símbols de diferent tamany, o de imatges complexes com una figura reconscible però que no serà la figura tridimensional completa que s'observi.

Cal tenir en compte que un estereograma ha de generar una disparitat binocular superior al llindar d'estereopsis del observador. Per això s'utilitza el terme **factor de visibilitat del estereograma** i es defineix com:

On η_{\min} és la disparitat binocular i η_u el llindar d'estereopsis del observador. Si V és més petita que la unitat, la probabilitat de que el subjecte pugui percebre una certa profunditat serà molt baixa, i viceversa.⁽¹⁵⁾

2.9 Mesura clínica de la agudesa visual estereoscòpica

Existeixen una sèrie de mètodes per la mesura de la AVE mitjançant diferents test clínics. Tots els mètodes es basen en la determinació de la distància Δd que es mostrava en l'esquema del apartat 2.6. A continuació es descriuran els tests que existeixen en la pràctica clínica classificant-los en test polaritzats, anàglifs i reals.

2.9.1 *Test polaritzats*

Són els que produeixen la dissociació mitjançant l'ús de lents polaritzades. Hi ha tres tipus molt utilitzats en optometria:

- **Test de Randot:** Consta de tres parts que van augmentant en dificultat. La primera part consisteix en identificar figures geomètriques que estan emmascarades per punts aleatoris on els valors d'estereoagudeses corresponen a dos nivells de gran disparitat: 550 i 250" d'arc. La segona part consta de tres files i en cada una hi ha 5 animals. L'observador ha d'indicar quin únic animal de cada fila es veu en relleu respecte els demés, doncs presenta una disparitat horitzontal entre els límits del dibuix. Els valors d'estereoagudeses van dels 400 als 100" d'arc. Per últim, la tercera part consisteix en deu files de punts de Wirt⁽³⁾ on només un únic punt de cada fila serà vist en profunditat per l'observador, en aquest cas l'estereoagudeses va dels 800 als 20" d'arc.
- **Test de Titmus:** La metodologia és molt semblant al test de Randot ja que també està format per tres parts diferenciades. La primera part es tracta d'una gran mosca o 'House Fly' amb unes ales translúcides on l'observador ha de poder veure com les ales es dirigeixen cap enfora respecte al cos, gràcies a la disparitat horitzontal que hi ha entre els límits d'aquestes, donant una estereoagudeses burda de 3.000" d'arc. La segona part del test, és exactament igual que la segona part del test de Randot. La tercera part consta de nou conjunts de rombes amb punts de Wirt a l'interior, on l'observador només veurà un punt de cada conjunt amb disparitat horitzontal. Estan organitzats de tal manera que l'estereoagudeses va dels 800 als 40" d'arc.⁽³⁾
El principal problema d'aquest test és que els valors de AVE que dona són independents de la DIP i normalment no es controla amb exactitud la distància del observador. Pel tipus de test, es pot donar el cas en la segona part de detectar el punt correcte inclús en visió monocular, només observant el desplaçament lateral. A més a més, els passos de AVE entre un punt i un altre són massa grans per lo que, en un estudi rigorós es troba que el valor de AVE equival al error de mesura.⁽¹⁵⁾
- **Test de Random Dot E:** És una variant del test Randot i és exclusivament per nens a partir dels 3 anys. L'observador ha de distingir entre una imatge amb una lletra E en relleu i una imatge sense cap lletra. La distància habitual per a realitzar aquest test és de 50 cm, distància a la qual la E presenta 504" d'arc. Si es modifica la distància també ho farà la disparitat.

2.9.2 Test anàglifs

Són els que produeixen la dissociació mitjançant l'ús de lents vermell-verd, anomenades anàglifs. L'ull que porti per davant el filtre vermell veurà la imatge impresa en color verd, i viceversa.

- **Test de TNO:** Està format per set làmines que contenen imatges superposades amb colors complementaris verd i vermell. És un test basat en estereogrames de paper tintat. Les tres primeres làmines permeten donar una mesura qualitativa ja que determinen si existeix visió estereoscòpica o no. En canvi, les làmines 5, 6 i 7 estan formades per uns discos amb absència d'un sector triangular, on l'observador haurà de determinar en quina direcció està orientat aquest sector. Aquestes làmines donen informació quantitativa ja que mesuren el grau d'estereoagudeses, que pot anar dels 480 als 15'' d'arc. Per una altre part, la làmina 4, és un test de supressió que permet definir quin és l'ull dominant.⁽³⁾

2.9.3 Tests reals

Són els que no necessiten cap filtre òptic especial de forma que calcula la estereopsis real del pacient. Hi ha quatre tests:

- **Mètode de Howard-Dolman:** És un dels més fiables i s'utilitza especialment per casos especials com pilots d'aviació, etc.⁽³⁾ Consisteix en dos varetes verticals del mateix diàmetre separades una distància fixa, i que s'observen a través d'una obertura horitzontal que evita veure les puntes superiors i inferiors de les varetes, per evitar pistes monoculars som el tamany del objecte. L'observador a de moure unes de les varetes fins que considera que estan equidistants. L'error de determinació del punt d'equidistància es relaciona directament amb la mínima separació Δd que ha d'haver entre els estímuls per que s'observi en profunditat. Per una correcta mesura, s'han d'aplicar tècniques estadístiques que comporten molt de temps pel que ho fa un test rarament utilitzat en clínica, i molt en investigació.^(3,15)
- **Test de Frisby:** Consisteix en un conjunt de tres làmines transparents de diferents espessors: 6, 3 i 1,5 mm. Cada làmina presenta quatre requadres amb figures geomètriques disposats aleatòriament. Tres dels requadres estan impresos en la superfície anterior de la làmina i un en la superfície posterior. La disparitat retiniana varia dels 600 als 20'' d'arc, depenent de la distància d'observació. L'observador ha d'identificar quin requadre està a diferent profunditat respecte als altres.^(3,15) Els resultats són molt bons en nens.⁽¹⁵⁾
- **Test de Lang:** No s'utilitza cap tipus de lent o filtre però com és un test de visió dissociada, necessita d'unes microlents cilíndriques per presentar imatges diferents a cada ull. Està dissenyat per a ser utilitzat a 40 cm. Hi ha dos tipus, el Lang Stereotest I

amb disparitats dels 1.200 als 550'' d'arc, i el Lang Stereotest II amb disparitats dels 600 als 200'' d'arc. Al observador se li pregunta per la imatge que està representada en la làmina.⁽³⁾

- **Test del punter i la cànula:** Està dissenyat per una mesura ràpida, senzilla i per trobar una estereopsis burda. L'examinador aguanta enfront del observador la cànula en posició vertical, i aquest últim ha d'introduir el punter en ella el més ràpid possible. Un cop aconseguit, l'examinador canvia la localització de la cànula repetint el procés.⁽³⁾

Per la realització de la mesura de la agudesa visual estereoscòpica en aquest estudi s'empraran els test: Randot, Titmus, TNO i Frisby, ja que són els més utilitzats en la pràctica clínica. Més endavant es parlarà d'aquest punt en més profunditat.

2.10 Estudis sobre estereopsis i la concordança entre proves clíniques

La variabilitat induïda pel mètode clínic de mesura també es pot anomenar **concordança**, i en aquest cas fa referència a la correspondència dels resultats entre un test optomètric amb un altre. En l'àmbit de la salut, normalment existeixen diverses formes d'avaluar un aspecte clínic amb diferents mètodes diagnòstics. La concordança serveix per comprovar si entre dos o més tècniques de mesura diferents s'obtenen resultats similars, fent així que aquestes tècniques es puguin intercanviar o reemplaçar ja que es consideren equivalents. Perquè a efectes pràctics sigui interessant canviar un mètode per un altre, aquest últim ha d'aportar-nos algun avantatge respecte al anterior, com que sigui més senzill d'aplicar o d'entendre, més econòmic, més ràpid, o moltes altres raons de pes.^(18,19)

La concordança no valora la validesa de les proves diagnòstiques sinó la variabilitat dels resultats obtinguts segons els mètode. Com tot estudi, la valuació de la concordança no es pot alterar per elements aliens o fonts d'error del tipus: il·luminació, fatiga del observador, variabilitat dels observadors, variabilitat en els tests de mesura o variabilitat originada per mesurar en diferents moments en el temps.⁽¹⁸⁾

A continuació alguns estudis sobre la estereopsis:

- Wendy E. Adams et al⁽²⁰⁾, en l'any 2008 van fer un estudi sobre els canvis que es poden donar al mesurar la estereoagudesa amb diferents mètodes de mesura i en dos visites consecutives. La mostra estudiada van ser 36 pacients (17 adults de ≥ 19 anys i 19 nens dels 7 als 18 anys) amb estrabisme estable dintre d'un rang de 5Δ . Els tests utilitzats van ser: Randot preescolar, Frisby, Frisby-Davis Distance (FD2) i el Distance Randot. Els resultats van indicar que les diferències que hi ha en la metodologia dels tests no eren

dependents en el nivell d'estereoagudeses, perquè es donaven diferències petites entre tots els resultats i per ser significatius es necessiten canvis d'aproximadament 2 octaves en el llinar de la AVE. En quant a avaluar dos grups d'edat diferents, es va veure que no hi havia gairebé diferències en els resultats, ja que adults i nens obtenien resultats similars en les quatre proves realitzades.

- Hamed Momeni-Moghadam MSc et al⁽²¹⁾, en l'any 2011 van avaluar la estereopsis amb els tests TNO (prova global) i Titmus (prova local). La mostra constava de 174 estudiants universitaris escollits a l'atzar sense estrabisme i amb una AV amb la millor correcció de 20/25. Es van classificar segons si presentaven símptomes relacionats amb la visió binocular o no. Els resultats van concloure que la estereopsis és una bona mesura per detectar problemes en la visió binocular, especialment en test globals com el TNO. Els pacients amb simptomatologia detectaven valors més baixos d'estereoagudeses amb el Titmus (45" d'arc) que amb el TNO (90" d'arc).
- Se-Youp Lee et al⁽²²⁾, en 2005 van realitzar un estudi per observar els canvis en la estereoagudeses amb la edat en pacients ocularment sans. La mostra utilitzada van ser 80 pacients amb edats entre els 7 i 76 anys amb possibilitat de defecte refractiu i amb una AV amb la millor correcció del 20/30. Els van dividir en grups segons l'edat (en passos de 10 en 10 anys) i es van realitzar els tests Titmus, Randot i TNO. Els resultats demostraven que l'estereopsis disminuïa en les quatre proves a mesura que augmentava l'edat, especialment en els grups majors de 50 anys, on la reducció era evident. El TNO es veia especialment afectat en els grups d'edat de 50, 60 i 70 anys, el Titmus en el grup dels 70 anys i el Randot en el grup dels 70 anys. Es va veure que aquests pacients més grans presentaven cataractes. Acaben concluint que l'estudi és limitat degut al petit tamany de la mostra estudiada.
- Lauren M. Boden et al⁽²³⁾, en el 2009 va fer un estudi per comparar l'estereoagudeses en visió propera en jugadors de baseball i no jugadors de baseball d'una escola pública. La mostra que va utilitzar estava composta per 51 esportistes i 52 no esportistes d'edats entre 10 a 18 anys. Únicament es va realitzar el test de Randot a 40 cm i si els subjectes s'equivocaven al donar una resposta, es tornava a repetir la mesura per evitar que les estiguessin endevinant. Els resultats van raonar que els jugadors de baseball presentaven millor estereopsis que els sedentaris, i dintre d'aquests dos grups, les noies sempre obtenien millors resultats que els nois.
- Sherry L. Fawcett, PhD⁽²⁴⁾, va realitzar un estudi en 2005 per comprovar les discrepàncies entre els tests de Randot, Titmus i Preschool Random. Es va duu a terme

en una mostra de 54 voluntaris normals i 91 pacients amb visió binocular anòmala. L'anàlisi estadístic es va realitzar de forma més meticulosa en els pacients amb visió binocular anormal i es va observar com aquests pacients obtenien millors resultats amb la prova del Randot que amb la resta. Finalment també es va observar com existien desacords entre els tests de Randot i Titmus al comparar-los amb el Random. Segons l'autora, aquestes diferències poden ser degudes als diferents mecanismes entre els tests que no donen concordança i a possibles pistes monoculares.

- Eileen E. Birch et al⁽²⁵⁾, en l'any 2005 va fer una recerca per desenvolupar una prova d'estereoagudesesa de punts aleatoris senzilla, ràpida i portàtil per la mesura dels resultats sensorials binoculars durant els primers 24 mesos de vida. Es va realitzar a dues mostres, la primera eren 386 nadons i nens sans (de 1 mes als 8 anys) i 280 pacients pediàtrics amb trastorns oculars (de 5 mesos a 9 anys). Es va adaptar una barra vertical de punts aleatoris en un format semblant al de la agudesesa visual de Teller i es va anomenar: Randot Stereocard. Es va trobar que als 4 mesos, la mitjana d'AVE normal era de 600" arc, als 12 mesos de 100" arc i als 18 mesos de 70" arc. Els nens d'entre 2 i 6 anys van obtenir valors normals segons la normativa d'estereoagudesesa del test Randot Preescolar. La nova La nova prova va tenir una taxa d'èxit del 91,3% i presentava una concordança del 87% amb el Randot Preescolar. Es conclou que el Randot Stereoacard és fiable per avaluar nens fins els 24 mesos.

CAPÍTOL 3: Objectius del treball

L'objectiu genèric d'aquest treball és analitzar els resultats d'estereopsis que s'obtenen quant s'utilitzen diferents tests d'estereoagudeses: Estereotest Cercles de Randot, Estereotest Cercles de Titmus-Wirt, Estereotest TNO i Estereotest Frisby, en dues mostres de diferents edats. S'estudiarà el nivell de concordança que hi pot haver entre els diferents tests i veure si els resultats obtinguts són equivalents. Aquest estudi pretén també estudiar la concordança entre cada un dels tests esmentats anteriorment amb el criteri de normalitat que està establert per cada un d'ells.

Per assolir aquest objectiu s'han plantejat els següents objectius específics:

- Determinar la concordança en els quatre tests mitjançant distribució t de Student i els límits de Bland & Altman en una població sana de joves estudiants i escolars.
- A partir dels criteris clínics de normalitat habituals per a cada un dels tests clínics estudiats, es vol determinar la concordança de resultats mitjançant unes taules de contingència amb patró passa/falla.

CAPÍTOL 4: *Metodologia Experimental*

En aquest apartat es presenta breument el disseny de l'estudi, es descriu el procés de selecció de la mostra estudiada, es detalla tant l'organització clínica que s'ha dut a terme com el protocol que s'ha seguit en cada una de les proves clíniques. També és descriu breument el tractament de les dades obtingudes i finalment s'indiquen els principis ètics en que es basa aquest estudi.

4.1 Disseny de l'estudi

Aquest treball té com a finalitat estudiar la concordança dels resultats que s'obtenen amb els diferents mètodes clínics per a determinar l'estereoagudesesa en visió propera (VP), en dues mostres de diferent edat. La primera mostra (Mostra 1) consta de 55 joves estudiants (48 dones i 7 homes) d'edats compreses entre 20 i 28 anys i la segona mostra (Mostra 2) està formada per 59 nens de tercer de primària (33 nenes i 26 nens) d'edat 8 – 9 anys. A cada subjecte de cada una de les mostres, se'ls hi van passar un total de quatre tests d'estereopsis: dos polaritzats (Randot i Titmus-Wirt), un anaglífic (TNO) i un d'estereòpsia real (Frisby).

Totes les mesures s'han realitzat pel mateix examinador. Les mesures de la mostra 1 han tingut lloc a la Facultat d'Òptica i Optometria de Terrassa (UPC) durant el mes de març del 2014 mentre que les mesures de la mostra 2 s'han dut a terme en el Centre Universitari de la Visió (CUV) entre els mesos de febrer i abril de 2014, mantenint les mateixes condicions d'il·luminació.

4.2 Selecció de la mostra. Criteris d'inclusió i exclusió

Mostra 1: Per poder participar en l'estudi, els adults han sigut seleccionats segons una sèrie de criteris que s'expliquen a continuació:

- Joves matriculats en la Facultat d'Òptica i Optometria de Terrassa (UPC)
- Agudesesa visual (AV) monocular \geq a 20/20 amb la seva correcció en VL i VP
- Ametropia inferior a +6,00/-6,00 diòptries esfèriques
- No presentar astigmatisme superior a -3,00 diòptries cilíndriques
- No presentar ambliopia o estrabisme
- No presentar cap patologia ocular prèvia
- No haver estat sotmès a intervenció quirúrgica ocular
- Haver signat el consentiment informat

Mostra 2: Per poder participar en l'estudi, els nens han sigut seleccionats segons una sèrie de criteris que s'expliquen a continuació:

- cursar tercer de primària
- Edat compresa entre 8 – 9 anys
- Raça caucàsica
- Agudesa visual (AV) monocular \geq a 20/30 amb la seva correcció en VL
- Defecte refractiu residual a +1,5/-1,5 diòptries esfèriques
- No presentar astigmatisme residual $>$ a -1,00 diòptries cilíndriques
- No presentar ambliopia ni estrabisme
- No presentar cap patologia ocular prèvia
- Haver presentat tots els documents necessaris, signats per la persona responsable pare/mare o tutor legal:
 - ❖ Consentiment informat
 - ❖ Autorització de desplaçament

4.3 Organització clínica

4.3.1 Mostra 1: Adults

Totes les proves clíniques es van realitzar en el laboratori de Disfuncions de la visió binocular de la FOOT (UPC) juntament amb altres companys que examinaven diferents aspectes de la visió binocular. La distribució dels examinadors es va classificar en diferents espais numerats del 1 al 6, on l'estereopsis es mesurava en l'espai número 1. La distribució de forma esquemàtica es mostra a la figura 4.1.

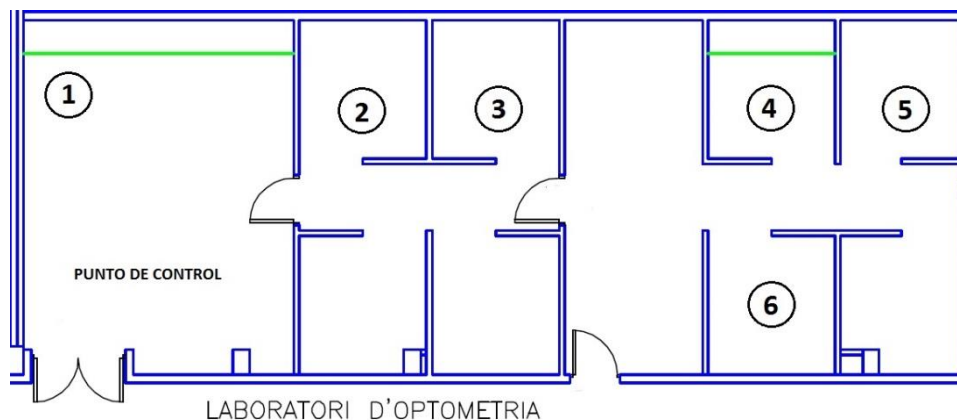


Figura 4.1: Distribució dels espais del laboratori d'optometria on es realitzaven les diferents proves. (1) Mesura d'estereopsis, (2 i 3) Mesura de fories, (4) mesura de l'amplitud d'acomodació, (5) mesura de reserves de vergència i (6) mesura de l'amplitud d'acomodació.

En el punt de control, un company prenia la mesura de la AV prèviament de cada subjecte que forma part de l'estudi i recollia els consentiments informats (**Veure Annex - II**) que havien d'estar signats per cada subjecte. Aquest company també donava les indicacions pertinents tant als pacients com als examinadors, perquè hi hagués una bona assignació i execució de les proves que es duïen a terme. Tots el examinadors havien de preparar el material pertinent abans de l'arribada dels pacients i començar tots a l'hora per garantir una bona coordinació en el procés.

No tots els pacients començaven pel primer gabinet, sinó que es realitzaven les mesures de forma aleatòria per evitar que els resultats dels últims gabinets donessin errors per fatiga del pacient.



Figura 4.2: Observadora realitzant el test de Randot en l'espai nº 1 del laboratori de Disfuncions de la Visió Binocular (FOOT) sota la supervisió de la examinadora.

4.3.2 Mostra 2: Escolars

Les mesures es van realitzar a un dels gabinets del Centre Universitari de la Visió (UPC) i tots els nens eres alumnes de les escoles que participen en el projecte de Cribratges visuals de Terrassa. De tots els nens que van venir a fer-se la revisió visual (100 infants), es van fer les mesures d'estereopsis a un total de 74 infants, 15 dels quals es van descartar perquè no complien els criteris d'inclusió (6 per raça no caucàsica, 7 per ametropia, 1 per ambliopia, 1 simuladora), per tant la mostra final és de 59 escolars com es comentava més endavant.



Figura 4.3: Nen realitzant el test de TNO al Centre Universitari de la Visió (CUV) sota la supervisió de la examinadora.

4.4 Material emprat

4.4.1 *Tests d'estereopsis*

Per les mesures de la agudesa visual estereoscòpica, tant en adults com en nens, s'han fet servir quatre tests:

- **Randot:** Molt útil a partir dels 3 anys.⁽²⁶⁾ S'utilitzen unes ulleres polaritzades formades per unes lents que filtren les ones de llum en certs angles. Cada lent només permet passar la llum que és polaritzada d'una forma compatible, de forma que cada ull veurà composicions d'imatges en el test independents. L'inconvenient d'aquest test es que presenta pistes monoculars, que són més evidents sense portar les ulleres polaritzades, de totes formes amb elles es continuen tenint pistes.

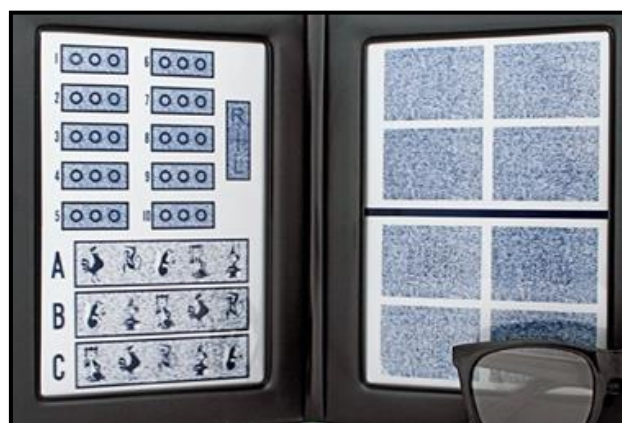


Figura 4.4: Test polaritzat de Randot.

- **Titmus-Wirt:** Test molt semblant al test de Randot. És molt útil a partir dels 3 anys. També s'utilitzen ulleres polaritzades i presenta el mateix inconvenient de pistes monoculars que el test anterior, ja que es pot veure com els cercles amb disparitat estan lleugerament desplaçats del centre.⁽²⁶⁾



Figura 4.5: Test polaritzat de Titmus-Wirt.

- **TNO:** Molt útil a partir dels 3 anys.⁽²⁶⁾ S'utilitzen ulleres anaglífiques amb dues lents de colors diferents (verd al UD i vermell al UE) per filtrar les imatges superposades i lleugerament desplaçades que es troben al TNO. Aquest test no presenta pistes monoculars però es poden obtenir diferents resultats segons a quin ull es col·loqui el filtre verd i el filtre vermell.

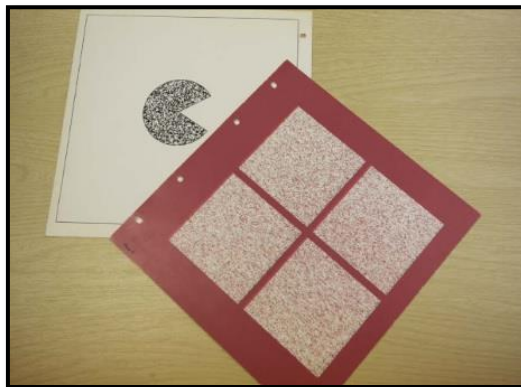


Figura 4.6: Test de punts aleatoris TNO.

- **Frisby:** Molt útil a partir dels 4 anys⁽²⁶⁾, ja que no és necessari cap mitjà artificial per realitzar-lo i amb el tests anteriors alguns nens poden no voler posar-se les ulleres. També presenta pistes monoculars.



Figura 4.7: Test de disparitat real Frisby.

4.4.2 Faristol amb cartolina blanca + Cinta mil·limetrada

Per poder col·locar els tests en una posició adequada i còmode respecte a la mirada del observador, s'ha fet servir un faristol a 50° (perpendicular a la línia de mirada). Es va afegir al faristol una cinta mil·limetrada per poder controlar adequadament les distàncies d'observació. En aquest mateix faristol, quan s'utilitzava el test Frisby es posava una cartolina blanca de fons per millorar la visualització del test, ja que és l'únic test amb làmines transparents i si es fes servir el fons obscur del faristol dificultaria la resposta.

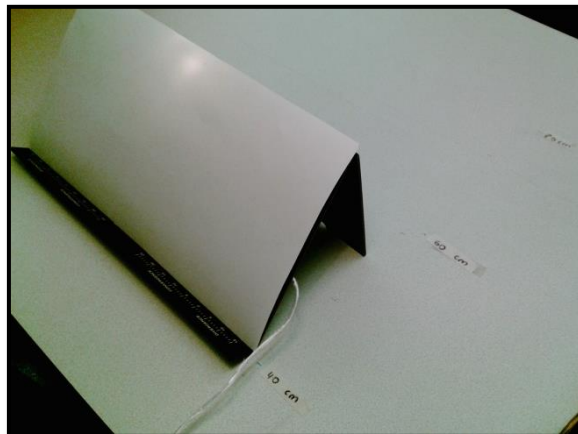


Figura 4.8: Faristol amb cinta mil·limetrada a un lateral i cartolina blanca, juntament amb les marques a la taula de les diferents distàncies emprades en la mesura.

4.4.3 Cinta mètrica, llum de sobretaula i fitxes d'anotació dels resultats

Alguns dels tests clínics s'han realitzat a diferents distàncies respecte al observador (40, 60 i 80 cm), per això prèviament a les mesures, amb una cinta mètrica s'han dibuixat marques sobre la taula de les tres longituds i poder canviar el faristol de posició més ràpidament. Per garantir una bona il·luminació dels tests s'ha emprat una llum de sobretaula col·locada a un cantó de la taula de treball. Finalment, s'han creat fitxes específiques per anotar els resultats

obtinguts de cada observador (**Veure Annex - II**). Com que el treball havia de complir aleatorietat, es van confeccionar un total de 8 fitxes amb l'ordre de les proves alternat, per així evitar que la última prova no sigui sempre la mateixa i doni resultats deficients deguts a la fatiga del pacient.



Figura 4.9: A la imatge de l'esquerra s'observa el lloc de treball en la sessió clínica dels adults i en la imatge de la dreta el lloc de treball en la sessió clínica dels escolars.

4.5 Protocols de mesura clínica

En tots els tests realitzats es duen a terme una sèrie de passos en comú, que són els que s'exposen a continuació:

- Posicionar el test damunt d'un faristol a 40 cm (Aquest punt varia en el test de Frisby com s'explicarà més endavant).
- La il·luminació damunt del test serà de 550 luxs, uniforme i no pot haver reflexos.
- En cas necessari, el pacient ha de portar la correcció habitual: en els nens, la que utilitzin per totes les distàncies i en adults la que utilitzin per totes les distàncies, o bé si n'utilitzen només per VP.
- En el cas del Randot i el Titmus col·locar les ulleres polaritzades i pel TNO les ulleres anaglífiques. Aquestes dues ulleres han d'anar sempre sobre la ullera habitual del observador, si es que n'utilitzen.
- Utilitzar la cinta mil·limetrada del faristol per posicionar al pacient a la distància correcta i anar comprovant que sempre es mantingui en aquesta posició.
- Controlar que no moguin el cap per evitar pistes per paral·laxi de moviment.
- Insistir en cada test per forçar una resposta, especialment al final dels tests on l'estereopsis és més difícil d'estimular. Si el subjecte s'equivoca en una resposta, no es tornarà a demanar que repeteixi aquesta resposta, sinó que es continuarà fins el final del test i s'anotarà l'últim valor endevinat correctament.

Seguidament es parlarà sobre les instruccions que s'han donat en cada cas. Segons el tipus d'observador, s'han de donar unes instruccions o unes altres. En els nens s'ha de tenir molta cura en les instruccions perquè ho puguin entendre correctament. També s'adjunta una taula sobre les respostes correctes en cada test.

4.5.1 Test de Randot

La primera part d'identificació de figures geomètriques la sol veure tothom per tant no la farem servir per anar més ràpid. En nens d'entre 8 i 9 anys es comença per la part del test dels animals i després es continua amb els punts de Wirt, en canvi en els adults es comença directament amb els punts de Wirt.

- Adults:
 - ❖ S'explica que hi ha 10 files amb tres rodones a cada una, on hi ha una d'elles que sobresurt respecte les demés, pot ser la primera, la del mig o l'última. Esperem resposta, si encerta es passa a la següent fila i així successivament fins acabar les deu files o bé que no puguin donar una resposta correcta. El valor d'estereòpsia que s'anota és el corresponent a l'última fila que s'ha pogut veure correctament.
- Escolars:
 - ❖ En la segona part del test, s'explica que hi ha tres files d'animals on un de cada fila sobresurt respecte als demés. S'utilitzen frases del tipus "Aquestes ulleres tenen un poder màgic i fan que un d'aquests animals vulgui venir cap a tu, podries senyalar quin es?".
 - ❖ En els punts de Wirt, es fa el mateix procediment que pels adults i s'utilitzen frases com "Podries senyalar amb el dit, sense tocar el test, si hi ha alguna rodona de la primera fila que sobresurti?, pot ser la primera, la del mig o l'última" (molt important en nens per evitar dificultats dreta-esquerra). Fem èmfasi en la pregunta: "En veus alguna que sobresurti?", esperem resposta, si ho diu bé es passa a la fila següent i així successivament fins acabar les deu files o bé que no es pugui ser capaç de donar una resposta correcta. El valor d'estereòpsia a anotar és el corresponent a l'última fila que s'ha pogut veure correctament.

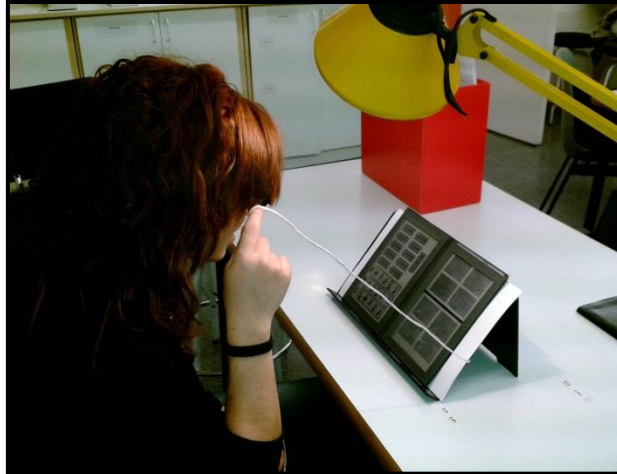


Figura 4.10: Alumne realitzant el test de Randot ajustant-se la distància d'observació a 40 cm amb la cinta mil·limetrada.

4.5.2 Test de Titmus-Wirt

La primera part d'agafar les ales a una mosca gegant la sol veure tothom per tant no la farem servir per anar més ràpid. Com en el Randot, en nens d'entre 8 i 9 anys també es comença per la part dels animals i seguidament els punts de Wirt, en els adults es comença directament pels punts de Wirt.

- Adults:
 - ❖ S'explica que hi ha 9 rombes amb quatre rodones al seu interior (punts de Wirt), on una d'elles sobresurt respecte les demés, pot ser la de a dalt, la de a baix, la de la dreta o l'esquerra. Esperem resposta, si encerta es passa al següent rombe i així successivament fins acabar-los tots o bé que no puguin donar una resposta correcta. El valor d'estereòpsia que s'anota és el corresponent a l'últim punt de Wirt que s'ha pogut veure correctament.
- Escolars:
 - ❖ La part dels animals és igual en el Titmus-Wirt que en el Randot, per tant s'utilitzen les mateixes indicacions.
 - ❖ En els punts de Wirt, es fa el mateix procediment que pels adults i s'utilitzen frases com "Podries senyalar amb el dit, sense tocar el test, si hi ha alguna rodona que sobresurti en el primer rombe?, pot ser la de a dalt, la de a baix, la de la dreta o l'esquerra" (molt important per evitar dificultats dreta-esquerra). Fem èmfasi en la pregunta: "En veus alguna que sobresurti?", esperem resposta, si ho diu bé es passa al següent rombe i així successivament fins acabar-los tots o bé que no es pugui ser capaç de donar una resposta correcta. El valor

d'estereòpsia a anotar és el corresponent a l'última fila que s'ha pogut veure correctament.



Figura 4.11: Escolar realitzant el test de Titmus-Wirt al CUV.

4.5.3 Test TNO

De les tres primeres làmines que hi ha per determinar si hi ha presència d'estereòpsis o no, s'utilitza només la primera làmina tant en nens com en adults, per anar més ràpid en el procés de mesura. Si s'encerta la resposta, es continua directament amb les làmines 5, 6 i 7.

- Adults:
 - ❖ Es presenta la làmina 1 on hi ha dues papallones, una no presenta disparitat i l'altre es vista amb ulleres anaglífiques. Es pregunta: "Quantes papallones veus?", si s'encerta es continua amb la làmina 5. Si només veuen una, es donen pistes marcant la zona on s'ha de veure la papallona inferior a veure si d'aquesta manera són capaços d'apreciar-la, ja que poden no fixar-se bé.
 - ❖ Les làmines 5, 6 i 7, estan formades per uns discos amb absència d'un sector triangular de forma que s'ha d'indicar la orientació d'aquest sector triangular absent, que pot ser a dalt, a baix, a la dreta o a l'esquerra. Primer es presenta la làmina 5, si s'encerta, es continua amb la làmina 6 i si també es fa bé es presenta la 7. En cada làmina es presenten dos nivells d'estereoagudesesa (cada nivell format per dos discos) per tant, si només s'encerta un únic disc d'un nivell d'estereoagudesesa no es comptabilitza i el valor a anotar és el corresponent al nivell anterior.
- Escolars:

- ❖ Com es passen les mateixes làmines que en els adults, el passos a seguir són exactament els mateixos. En les làmines 5, 6 i 7, en comptes de parlar d'un disc es pot parlar d'un pastís que li falta un tros perquè sigui més fàcil i amè pels nens. També es pot demanar que indiquin amb el dit (sense tocar el test) la direcció del tros que li falta al pastís per evitar dificultat dreta-esquerra. L'estereoagudesesa s'anota amb el mateix procés que en els adults.



Figura 4.12: Alumne realitzant el test de TNO al laboratori de Disfuncions de la Visió Binocular (FOOT).

4.5.4 Test de Frisby

Aquest test està dissenyat per poder presentar-se en 6 distàncies diferents (dels 30 als 80 cm) però per no fer-lo tant llarg, només es presentarà a 40, 60 i 80 cm. En els 40 cm, es presenten totes les làmines de diferent gruix: 6, 3 i 1,5 mm. Després es mou el faristol a 60 cm passant únicament la làmina de 1,5 mm, i finalment es mou el faristol a 80 cm per tornar a passar només la làmina de 1,5 mm. D'aquesta forma s'aconsegueix un rang suficient de valors d'estereoagudesesa d'una forma més lleugera. Es farà el mateix procediment tant en adults com en nens.

- Adults:
 - ❖ Primer de tot es posiciona el faristol a 40 cm i es col·loca la làmina més fàcil d'observar de 6 mm. S'ha d'explicar que hi ha quatre requadres amb petits triangles al seu interior, on un d'aquests requadres sobresurt respecte els altres tres: "Pots observar quin dels quatre requadres sobresurt respecte els altres tres?", esperem resposta i si s'encerta passem la làmina de 3 mm. Repetim les mateixes indicacions i si es torna a encertar, es passa a la làmina de 1,5 mm. Un cop s'acaba la primera part, es mou el faristol a 60 cm i es comprova amb el cordill mil·limetrat que el pacient està a la distància adequada. Es passa la

làmina de 1,5 mm i es torna a preguntar el mateix que en els altres casos, si s'encerta es torna a moure el faristol a 80 cm (comprovant de nou la distància observador-test amb el cordill) i es torna a posar la làmina de 1,5 mm. En aquests últims casos, com s'utilitza la mateixa làmina es important girar-la per darrera del pacient perquè no torni a repetir la mateixa resposta i així comprovar que realment pot apreciar la disparitat i no ho diu a l'atzar. El valor d'estereòpsia a anotar és el corresponent a l'últim requadre que s'ha pogut endevinar.

- Escolars:
 - ❖ Es realitza el mateix procés que en els adults per tant les instruccions a seguir són exactament les mateixes. En comptes de preguntar quin test sobresurt i que donin una resposta, es pot explicar que agafin amb la ma el requadre que sembla que sobresurt respecte als altres tres, ja que els nens això ja ho fan espontàniament al veure el test. D'aquesta manera és més divertit per ells i s'eviten dificultats dreta-esquerra. L'estereoagudeses és la corresponent a l'últim requadre que s'ha vist correctament.⁽²⁰⁾



Figures 4.13: Alumne realitzant el test de Frisby, on l'examinadora utilitza la cinta mil·limetrada per controlar la distància d'observació adequada en cada cas.

Es van fer servir unes taules sobre els nivells d'estereoagudeses dels quatre tests per saber quin valor anotar als resultats en funció de la resposta (**Veure Annex – III**).

4.6 Anàlisi de resultats

Una vegada obtingudes les mesures, s'han passat a una base de dades. Per la descripció i l'anàlisi d'aquests resultats s'ha utilitzat el paquet estadístic IBM SPSS Statistics 22 per a

Windows 7 Enterprise i Microsoft Excel 2010. En el següent capítol s'exposen adequadament les taules i gràfics pertinents.

4.7 Principis ètics en la realització d'estudis experimentals

En aquest treball, s'ha tingut en compte la **declaració de Helsinki** promulgada per l'Associació Mèdica Mundial (AMM) on es parla sobre una proposta de principis ètics per la investigació mèdica d'éssers humans, incloses la investigació del material humà i la informació identificable. Principalment, la declaració de la AMM només està destinada pels metges, encara que insta a altres involucrats en la investigació mèdica d'éssers humans a seguir aquests principis, com és el nostre cas, el dels òptics optometristes.

També em treballat amb infants pels que es necessita un consentiment escrit per part del pare/mare o tutor legal dels nens, informant-los sobre el tipus d'investigació i les proves que es realitzaran, advertint de que no es causarà cap cap tipus de perjudici al pacient en qüestió.

Finalment, totes les dades de caràcter personal obtingudes estan protegides sota la **Llei Orgànica 15/1999 del 13 de desembre**, que és una llei espanyola que té per objectiu garantir i protegir, en lo que respecte al tractament de dades personals, les llibertats públiques i els drets fonamentals de les persones físiques, i especialment del seu honor, intimitat i privacitat personal i familiar.

CAPÍTOL 5: Estadística per l'anàlisi de resultats de concordança

En aquest apartat s'introdueix l'estudi previ de les variables presents i les seves peculiaritats. Seguidament es presenten els descriptius de les dues mostres estudiades i l'estudi de la concordança tenint en compte diferents mètodes estadístics. A continuació es presentaran dues taules resums per a cada mostra incloent-hi tots els valors importants per fer la lectura dels resultats més fàcil i senzilla. Finalment s'aplica un mètode amb criteri clínic per estudiar la concordança.

5.1 Estudi previ de les variables

Les variables d'aquest estudi tenen unes peculiaritats a les que ens hem de referir abans de començar l'anàlisi de dades.

5.1.1 *Escala de les variables expressades en segons d'arc*

RANDOT: 20 – 25 – 30 – 40 – 50 – 70 – 100 – 140 – 200 – 400 – 800

WIRT: 40 – 50 – 60 – 80 – 100 – 140 – 200 – 400 – 800

TNO: 15 – 30 – 60 – 120 – 240 – 480

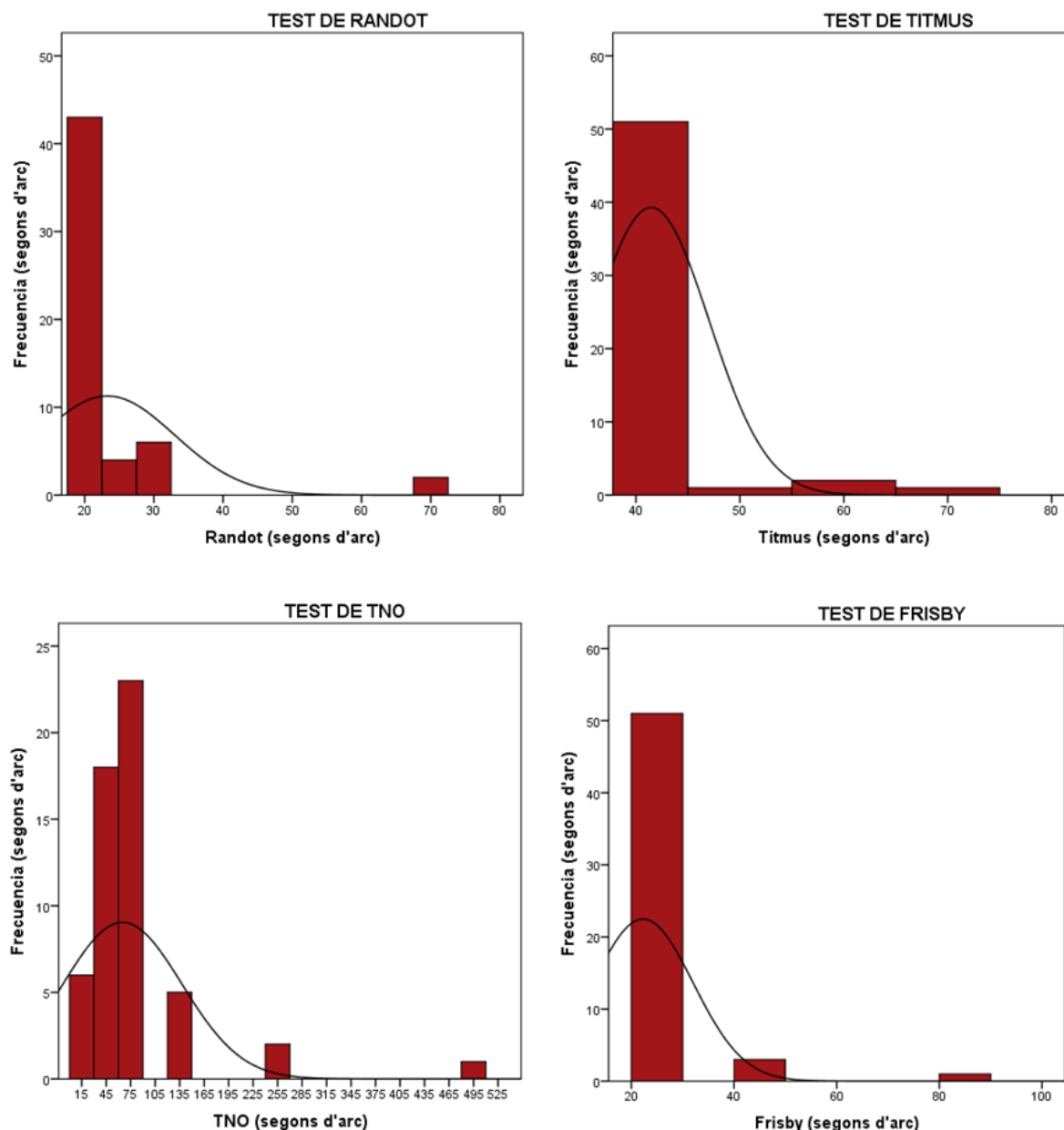
FRISBY: 20 – 40 – 85 – 170 – 340

El test del TNO presenta una seqüència geomètrica on cada terme sempre és multiplicat per una raó de 2. El test de Frisby no presenta una seqüència geomètrica estrictament de raó 2 però també es podria considerar com a tal, perquè la diferència és mínima. En canvi, els tests de Randot i Wirt no són variables contínues, ja que no segueixen ni escales lineals ni geomètriques.

Quant les escales són lineals, es poden fer les operacions matemàtiques habituals per l'aplicació de l'estadística, però en casos en que es presenten propietats geomètriques es necessita una especial consideració, ja que no és possible sumar o restar valors o calcular una mitjana. En aquests casos, una solució pràctica a aquest inconvenient és passar els valors de segons d'arc a logaritme ⁽²⁸⁾. Les regles matemàtiques diuen que el logaritme d'un producte és la suma dels logaritmes, de forma que aquesta propietat converteix les sèries geomètriques en una progressió aritmètica. Un mètode similar s'utilitza per analitzar l'agudesa visual d'Snellen convertint els valors a LogMAR. ⁽²⁸⁾ D'aquesta forma, té lògica aplicar una escala logarítmica en el Frisby i el TNO, no així en els resultats de Randot i Wirt.

5.1.2 La distribució dels resultats no segueix una distribució normal

En les gràfiques 5.1 es mostra la distribució dels resultats per als quatre tests d'estereopsis avaluats en el cas dels adults. En els cas dels nens els histogrames són exactament iguals.



Gràfiques 5.1: Distribució anormal amb les corresponents corbes gaussianes en els quatre tests clínics d'estereopsis emprats.

Mirant els histogrames, es pot observar com no s'obté cap distribució gaussiana normal en cap dels quatre casos, ja la freqüència màxima es troba a l'esquerra de la gràfica i no al centre. Això sembla indicar que no s'ha trobat el llindar mínim d'estereoagudesesa en els tests, perquè si els tests tinguessin valors d'AVE més baixos, potser ens trobaríem amb una altre tipus de corba. Si mirem la corba del TNO es veu com la part l'esquerra del gràfic s'acosta més al que

seria una corba de normalitat, possiblement perquè aquest test és l'únic dels quatre que aconseguix trobar un valor d'AVE més bo, en aquest cas de 15'' d'arc. Amb les quatre corbes en el cas dels nens succeeix gairebé el mateix.

Per això i per tots els punts esmentats anteriorment, l'anàlisi de la concordança entre en l'estudi es plantejarà amb tres mètodes diferents, basats en l'estadística que s'aplica en articles dels darrers anys⁽²⁴⁾:

- **Mètode 1:** Es passaran les variables a escales logarítmiques, el que ens permetrà utilitzar una mica la estadística convencional i compara la mitjana dels resultats obtinguts en els diversos tests mitjançant la t-Student.
- **Mètode 2:** Treballant també en escales logarítmiques, es faran les gràfiques de les diferències trobades entre cada parella de tests mitjançant els gràfics de Bland & Altman. Es marcarà la diferència trobada i l'interval de confiança.
- **Mètode 3:** Ens basarem en la utilitat clínica dels tests i en els valors de normalitat que la literatura ens dona per a cada un d'ells. Així doncs, es veurà si les mostres estudiades passen o fallen aquest criteri de normalitat per a cada test i la concordança entre ells.

En casos en que els resultats no presenten una distribució normal, també es pot aplicar la prova de Wilcoxon per realitzar una comparativa entre els diferents tests emprats, però s'ha realitzat i s'ha vist que dona uns valors molt semblants a la t de Student.

5.2 Descriptius de l'estudi

5.2.1 *Descriptius de la mostra*

- **Mostra 1 (Adults):**

PARTICIPANTS	EDAT
N = 55 	$\bar{x} \pm sd$ 21,94 ± 1,61

Taula 5.1: Descriptius dels adults segons el sexe i l'edat.

- Mostra 2 (Escolars):

PARTICIPANTS	EDAT
N = 59 ♀ = 33 ♂ = 26	$\bar{x} \pm sd$ 8,5 ± 0,45

Taula 5.2: Descriptius dels nens segons el sexe i l'edat.

5.2.2 Descriptius individuals dels mètodes de mesura

- Mostra 1 (Adults):

	MITJANA (Log)	RANG DE MESURA ("arc)		MEDIANA ("arc)	RANG INTERQUARTIL ("arc)	RANG P5 – P95 ("arc)
		Valor màxim	Valor mínim	P50	P25 - P75	
RANDOT	1,37	20	70	20	20 – 20	20 – 38
TITMUS-WIRT	1,62	40	70	40	40 – 40	40 – 60
TNO	1,81	15	480	60	30 – 60	15 – 240
FRISBY	1,35	20	85	20	20 – 20	20 – 40

Taula 5.3: Mitjana en logaritme, rang de mesura, mediana i rang interquartílic en segons d'arc per adults.

- Mostra 2 (Escolars):

	MITJANA (Log)	RANG DE MESURA ("arc)		MEDIANA ("arc)	RANG INTERQUARTIL ("arc)	RANG P5 – P95 ("arc)
		Valor màxim	Valor mínim	P50	P25 - P75	
RANDOT	1,34	20	50	20	20 – 20	20 – 30
TITMUS-WIRT	1,61	40	60	40	40 – 40	40 – 50
TNO	1,71	15	120	60	30 – 60	15 – 120
FRISBY	1,46	20	170	20	20 – 20	20 – 85

Taula 5.4: Mitjana en logaritme, rang de mesura, mediana i rang interquartílic en segons d'arc per nens.

D'aquestes dues taules de resultats, cal destacar que el límit inferior (P25) i superior (P75) del rang interquartil és el mateix en els tests de Randot, Titmus-Wirt i Frisby, el que demostra que aquests mètodes de mesura presenten resultats poc variables i gairebé sempre donen el mateix valor. Pel contrari, no passa el mateix amb el test del TNO que sembla discriminar millor entre els pacients, ja siguin adults o nens. També cal destacar que el rang dels percentils

P5 – P95 és major pels adults en els tests de Randot, Titmus-Wirt i TNO, menys el amb el test de Frisby que dona un rang més gran en els nens.

5.3 Estudi de la concordança mitjançant t-Student

Amb la distribució t de Student es vol observar si existeixen diferències estadísticament significatives interpretant el valor P que s’obté, i també es volen observar les diferències clínicament significatives segons la mediana obtinguda en segons d’arc. Aquest procés es realitzarà a les sis combinacions possibles que existeixen entre els quatre tests d’estereopsis.

- Mostra 1 (Adults):

	T-STUDENT		Mediana de les diferències ("arc)	Rang interquartil diferències ("arc)	Diferències clínicament significatives
	Mitjana de diferències (Log)	p-Valor			
RANDOT – WIRT	-0,27 ± 0,11	<0,001	20	20 – 20	NO
RANDOT – TNO	-0,33 ± 0,31	<0,001	30	10 – 40	SÍ
RANDOT – FRISBY	0,02 ± 0,16	=0,399	0	0 – 0	NO
WIRT – TNO	-0,06 ± 0,30	=0,112	20	10 – 20	NO
WIRT – FRISBY	0,29 ± 0,09	<0,001	20	20 – 20	NO
TNO – FRISBY	0,35 ± 0,29	<0,001	40	10 - 40	SÍ

Taula 5.5: Mitjana de diferències en logaritme, valor P, rangs i diferències significatives clíniques en adults.

- Mostra 2 (Escolars):

	t-STUDENT		Mediana de les diferències ("arc)	Rang interquartil diferències ("arc)	Diferències clínicament significatives
	Mitjana de diferències (Log)	p-valor			
RANDOT – WIRT	-0,28 ± 0,08	<0,001	20	20 – 20	NO
RANDOT – TNO	-0,32 ± 0,23	<0,001	35	10 – 40	SÍ
RANDOT – FRISBY	-0,05 ± 0,19	=0,052	0	0 – 0	NO

WIRT – TNO	-0,04 ± 0,22	=0,152	20	10 – 20	NO
WIRT – FRISBY	0,23 ± 0,20	<0,001	20	20 – 20	NO
TNO – FRISBY	0,27 ± 0,27	<0,001	40	10 – 40	SÍ

Taula 5.6: Mitjana de diferències en logaritme, valor P, rangs i diferències significatives clíniques en nens.

Primer de tot observarem les diferències estadísticament significatives a partir del valor P. Si aquest valor és inferior o igual a 0,05 significa que es descarta la hipòtesis nul·la que es planteja sobre la concordança, ja que existeixen diferències significatives entre la parella de tests comparats i per tant no poden intercanviar-se com si fossin equivalents. En les taules 5.5 i 5.6 es pot observar com únicament les parelles de Randot – Frisby i Wirt – TNO no presenten diferències estadísticament significatives el que vol dir que concorden. En el cas de que existissin petites diferències entre aquests tests, serien degudes a l'atzar. En el cas dels adults concorda més la parella del Randot – Frisby i en el cas dels nens concorda més la parella del Wirt – TNO.

Com aquest anàlisi es vol aplicar a la pràctica clínica d'optometria, s'ha d'avaluar si existeixen diferències clínicament significatives. Per això es mirarà la mediana en segons d'arc que s'ha obtingut per a cada combinació de tests. En la majoria dels tests que s'han combinat no s'obtenen diferències clínicament significatives, ja que les medianes de les diferències obtinguda en cada cas, corresponen a les diferències entre els llindars dels dos tests comparats. Els únics tests que sí presenten diferències clínicament significatives tant en adults com en nens són el Randot – Wirt i el TNO – Frisby, ja que la mediana de les diferències presenta un valor més alt al de la diferència entre els llindars dels dos tests comparats.

5.4 Estudi de la concordança mitjançant Bland & Altman

Les gràfiques de Bland and Altman determinen l'interval de confiança del 95% que existeix entre les sis combinacions possibles dels quatre tests d'estereopsis. Segons l'amplada d'aquest interval de confiança es podrà estudiar la concordança existent.

- **Mostra 1 (Adults):**

	BLAND AND ALTMAN			
	Mitjana de diferències (Log)	95% Interval de confiança		
		Log.		Amplada IC (Log)
Inferior	Superior			
RANDOT – WIRT	-0,27 ± 0,11	-0,48	-0,06	0,42
RANDOT – TNO	-0,33 ± 0,31	-0,94	0,27	1,21
RANDOT – FRISBY	0,02 ± 0,16	-0,29	0,33	0,62
WIRT – TNO	-0,06 ± 0,30	-0,65	0,52	1,17
WIRT – FRISBY	0,29 ± 0,09	0,10	0,47	0,37
TNO – FRISBY	0,35 ± 0,29	-0,21	0,91	0,70

Taula 5.7: Mitjana de diferències en logaritme i l'interval de confiança del 95% en adults.

- **Mostra 2 (Escolars):**

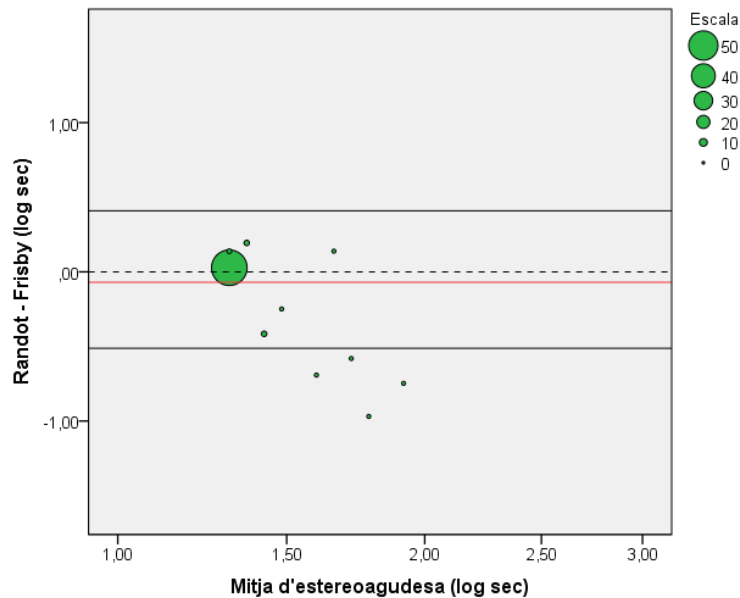
	BLAND AND ALTMAN			
	Mitjana de diferències (Log)	95% Interval de confiança		
		Log.		Amplada IC (Log)
Inferior	Superior			
RANDOT – WIRT	-0,28 ± 0,08	-0,43	-0,13	0,30
RANDOT – TNO	-0,32 ± 0,23	-0,78	0,14	0,92
RANDOT – FRISBY	-0,05 ± 0,19	-0,43	0,33	0,76
WIRT – TNO	-0,04 ± 0,22	-0,48	0,40	0,88
WIRT – FRISBY	0,23 ± 0,20	-0,16	0,62	0,78
TNO – FRISBY	0,27 ± 0,27	-0,27	0,81	1,08

Taula 5.8: Mitjana de diferències en logaritme i l'interval de confiança del 95% en nens.

Per estudiar l'equivalència segons l'interval de confiança s'ha de mirar l'amplada d'aquest rang. Contra més petita sigui l'amplada del IC més concordança entre tests hi haurà, encara que també s'ha de mirar que aquest interval de confiança sigui proper a zero. De forma

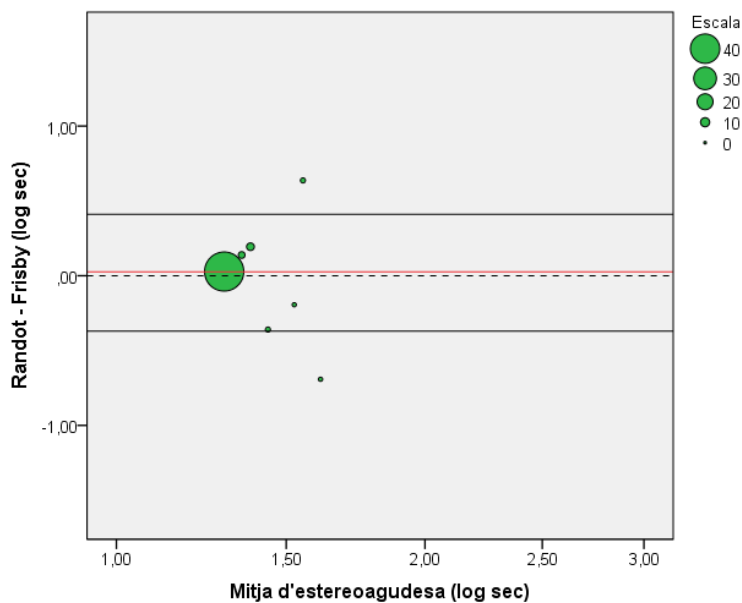
que a les taules 5.7 i 5.8, tant en adults com en nens, es pot observar com la parella Randot – Frisby és la que més concordança presenta. Pel que fa a les parelles que menys concorden, en les dues mostres de participants s’observa com són les de Randot – TNO i TNO – Frisby. A continuació s’exposen les gràfiques B&A de les parelles que més concorden en cada cas. El conjunts de totes les gràfiques s’adjunten als annexos (Veure Annex - IV):

- **Mostra 1 (Adults):**



Gràfiques 5.2: Millor Bland & Altman obtingut per adults. Els límits superior i inferior del IC (línies contínues negres), mitjana de les diferències (línia contínua vermella), punt d’origen 0,00 (línia discontinua), casos representats (rodones verdes). Contra més gran sigui la rodona més punts concorden en aquell punt.

- **Mostra 2 (Escolars):**



Gràfiques 5.3: Millor Bland & Altman obtingut en nens. Límits superior i inferior del IC, mitjana de les diferències i rodones verdes igual que la gràfica anterior.

5.5 Taula resum sobre la concordança entre els diferents tests de mesura

- Mostra 1 (Adults):

	DIFERÈNCIES		t-STUDENT	BLAND AND ALTMAN (IC 95%)		Amplada IC (Log)
	Mitjana (Log)	Mediana ("arc)	p-valor	Log		
				Límit inferior	Límit superior	
RANDOT – WIRT	-0,27 ± 0,11	20	<0,001	-0,48	-0,06	0,42
RANDOT – TNO	-0,33 ± 0,31	30	<0,001	-0,94	0,27	1,21
RANDOT – FRISBY	0,02 ± 0,16	0	=0,399	-0,29	0,33	0,62
WIRT – TNO	-0,06 ± 0,30	20	=0,112	-0,65	0,52	1,17
WIRT – FRISBY	0,29 ± 0,09	20	<0,001	0,10	0,47	0,37
TNO – FRISBY	0,35 ± 0,29	40	<0,001	-0,21	0,91	1,12

Taula 5.9: Recull dels resultats obtinguts entre els diferents mètodes estadístics en adults. Els valors que proporcionen més concordança estan pintats de color verd i els que presenten menys concordança de color vermell.

- Mostra 2 (Escolars):

	DIFERÈNCIES		t-STUDENT	BLAND AND ALTMAN (IC 95%)		
	Mitjana (Log)	Mediana ("arc)	p-valor	Log		Amplada IC (Log)
				Límit inferior	Límit superior	
RANDOT – WIRT	-0,28 ± 0,08	20	<0,001	-0,43	-0,13	0,30
RANDOT – TNO	-0,32 ± 0,23	35	<0,001	-0,78	0,14	0,92
RANDOT – FRISBY	-0,05 ± 0,19	0	=0,052	-0,43	0,33	0,76
WIRT – TNO	-0,04 ± 0,22	20	=0,152	-0,48	0,40	0,88
WIRT – FRISBY	0,23 ± 0,20	20	<0,001	-0,16	0,62	0,78
TNO – FRISBY	0,27 ± 0,27	40	<0,001	-0,27	0,81	1,08

Taula 5.10: Recull dels resultats obtinguts entre els diferents mètodes estadístics en nens. Els valors que proporcionen més concordança estan pintats de color verd i els que presenten menys concordança de color vermell.

En la taula 5.9 i 5.10 es pot veure com tant la mitjana de diferències, la t de Student i el Bland and Altman coincideixen en el que el tests que més concorden són el Randot – Frisby i els que menys ho fan són el Randot – TNO i el TNO - Frisby. El Wirt – TNO segons la t de Student també presenta un cert grau de concordança però menor que la parella del Randot – Frisby.

Tant en el cas dels adults com els nens, les parelles de Randot – Wirt i Wirt – Frisby presenten un IC petit però la mitjana de diferències és molt gran i les gràfiques Bland and Altman s’allunyen molt del punt d’origen zero de forma que la concordança entre aquests tests és menor.

5.6 Concordança amb criteri clínic PASSA/FALLA

En aquest apartat de concordança amb criteri clínic s’utilitzen sis taules de contingència. Com a valor per a establir un llindar es farà servir el Percentil 75 del rang interquartílic en segons d’arc. Tots el valors per sota d’aquest límit es consideraran com a passa i els que estiguin per sota com a falla.

- **Mostra 1 (Adults):**

		Wirt 40" arc		Total
		Passa	Falla	
Randot 20" arc	Passa	41	2	43
	Falla	10	2	12
Total		51	4	55

Concordança = 41 + 2 = 43/55 (78,2%)
No concordança = 10 + 2 = 12/55 (21,8%)

		TNO 60" arc		Total
		Passa	Falla	
Randot 20" arc	Passa	42	1	43
	Falla	12	0	12
Total		54	1	55

Concordança = 42 = 42/55 (76,4%)
No concordança = 12 + 1 = 13/55 (23,6%)

		Frisby 20" arc		Total
		Passa	Falla	
Randot 20" arc	Passa	40	3	43
	Falla	11	1	12
Total		51	4	55

Concordança = $40 + 1 = 42/55$ (76,4%)

No concordança = $11 + 3 = 14/55$ (25,5%)

		TNO 60" arc		Total
		Passa	Falla	
Wirt 40" arc	Passa	46	5	51
	Falla	1	3	4
Total		47	8	55

Concordança = $46 + 3 = 49/55$ (89,1%)

No concordança = $1 + 5 = 6/55$ (10,9%)

		Frisby 20" arc		Total
		Passa	Falla	
Wirt 40" arc	Passa	48	3	51
	Falla	3	1	4
Total		51	4	55

Concordança = $48 + 1 = 49/55$ (89,1%)

No concordança = $3 + 3 = 6/55$ (10,9%)

		Frisby 20" arc		Total
		Passa	Falla	
TNO 60" arc	Passa	45	2	47
	Falla	6	2	8
Total		51	4	55

Concordança = $45 + 2 = 47/55$ (85,5%)

No concordança = $6 + 2 = 8/55$ (14,5%)

- Mostra 2 (Escolars):

		Wirt 40" arc		Total
		Passa	Falla	
Randot 20" arc	Passa	49	1	50
	Falla	7	2	9
Total		56	3	59

Concordança = $49 + 2 = 51/59$ (86,4%)

No concordança = $7 + 1 = 8/59$ (13,6%)

		TNO 60" arc		
		Passa	Falla	Total
Randot 20" arc	Passa	46	4	50
	Falla	8	1	9
Total		54	5	59

Concordança = 46 + 1 = 47/59 (79,7%)
 No concordança = 8 + 4 = 12/59 (20,3%)

		Frisby 20" arc		
		Passa	Falla	Total
Randot 20" arc	Passa	45	5	50
	Falla	5	4	9
Total		50	9	59

Concordança = 45 + 4 = 49/59 (83,1%)
 No concordança = 5 + 5 = 10/59 (16,9%)

		TNO 60" arc		
		Passa	Falla	Total
Wirt 40" arc	Passa	53	3	56
	Falla	1	2	3
Total		54	5	59

Concordança = 53 + 2 = 55/59 (93,2%)
 No concordança = 1 + 3 = 4/59 (6,8%)

		Frisby 20" arc		
		Passa	Falla	Total
Wirt 40" arc	Passa	50	6	56
	Falla	0	3	3
Total		50	9	59

Concordança = 50 + 3 = 53/59 (89,8%)
 No concordança = 6 = 6/59 (10,2%)

		Frisby 20" arc		Total
		Passa	Falla	
TNO 60" arc	Passa	49	5	54
	Falla	1	4	5
Total		50	9	59

Concordança = $49 + 4 = 53/59$ (89,8%)

No concordança = $1 + 5 = 6/59$ (10,2%)

Aquest mètode és un dels més importants realitzats en aquest estudi ja que es basa en un model clínic i aquesta investigació es vol aplicar a la teoria i a la pràctica clínic. En la mostra d'adults es pot observar com els tests que més s'assemblen són el Wirt – TNO i el Wirt – Frisby amb un percentatge de 89,1% de concordança en tots dos casos. En la mostra dels escolars, es troba que els tests que més equivalència presenten són el Wirt – TNO amb un valor del 93,2%. Es interessant veure com en les dues mostres hi ha una similitud en els resultats, cosa que amb els mètodes estadístics era més difícil trobar un acord mutu.

CAPÍTOL 6: *Discussions*

En aquest capítol s'analitzaran els resultats obtinguts en el capítol anterior i es compararan diferents aspectes amb altres autors. Sempre que sigui possible, els resultats es compararan amb els dels altres autors amb unitats logarítmiques, amb rang de mesures, amb la mediana i amb el rang interquartílic. No obstant, hi ha autors que tan sols utilitzen els valors de mediana acompanyats en alguns casos de la seva corresponent desviació estàndard.

5.1 Discussió sobre els resultats individuals assolits en els tests utilitzats

S'han trobat pocs articles que utilitzin la mediana en els seus resultats, ja que la majoria d'autors utilitzen una estadística paramètrica i treballen amb valors en segons d'arc. Només es podrà comparar amb alguns articles que són els següents:

En el test de Randot no s'han trobat articles que parlin de mediana en mostres de participants adults i escolars, però pel que fa al test de Titmus-Wirt, en adults hem obtingut una mediana i un rang de mesura de 40 segons d'arc/1,62 log segons (rang 40 – 70). En la investigació de Sherry L. Fawcett⁽²⁴⁾ troba que per adults la mediana i el rang de mesura és de 40 segons d'arc/1,60 log segons (rang 40 – 80/1,60 – 1,90). En aquest cas també ens donen els valors en logaritme ja que per fer l'anàlisi estadístic l'estereoagudesesa ha sigut transformada a una escala logarítmica. D'altre banda, en el cas dels nens ha sigut impossible trobar cap article que obtingués valors de mediana en una mostra similar.

Per la mostra d'adults que realitzen el test del TNO hem trobat una mediana de 60 segons d'arc. Estudis com el de l'autor Garnham L. Et al⁽²⁹⁾ que també realitza el test de TNO en adults, troba una mediana de 60 segons d'arc, que és un valor exactament igual al nostre. En quant als nens, en aquest estudi s'ha obtingut una mediana de 60 segons d'arc i l'autor Anketell P.M et al⁽³⁰⁾ amb una mostra semblant a la nostra d'escolars de primària, troba una mediana del mateix valor (60 segons d'arc).

Per acabar, el test de Frisby proporciona valors de mediana de 20 segons d'arc tant en adults com en nens. Recuperant l'estudi referenciat anteriorment de Garnham L. Et al⁽²⁹⁾, s'observa com també realitza el test de Frisby en una mostra d'adults i obté una mediana de 30 segons d'arc. Ambdós valors semblants encara que els 30 segons d'arc d'estereoagudesesa que va trobar Garnham, no s'han utilitzat en aquest estudi. Per una altre part, Anketell P.M et al⁽³⁰⁾ també esmentat anteriorment, realitza el test de Frisby en nens d'edats similars a la nostra mostra, i aconsegueix una mediana de 20 segons d'arc.

5.2 Discussió sobre la concordança entre els tests utilitzats

Els tres mètodes estadístics utilitzats en el capítol anterior (mitjana de diferències, t de Student i Bland & Altman) per dues mostres diferents d'adults i nens, mostren un acord sobre la parella de tests que més concorden i aquesta és la del Randot – Frisby i els que menys concorden són els de Randot – TNO i TNO – Frisby. Aquesta concordança entre Randot i Frisby també podria ser deguda a que els dos tests tenen el mateix llindar de mesura de 20" d'arc i aquest valor es percebut per més del 75% de la mostra. Per tant no podem concloure que siguin equivalents ni que es puguin intercanviar clínicament.

Si recuperem un article utilitzat en l'apartat 5.1 de l'autor Hamed Momeni-Moghadam et al⁽²¹⁾, es pot veure com realitzen el seu estudi comparant els resultats d'estereoagudeses en una mostra similar a la nostra a partir dels tests TNO – Wirt. Ells no troben diferències estadísticament significatives entre els dos tests, però sí que valoren la capacitat del TNO i el Titmus-Wirt per diferenciar subjectes amb presència o absència de simptomatologia en la visió binocular. Això seria molt interessant sinó fos perquè arriben a la conclusió de que el valor de tall per distingir-ho són els 90 segons d'arc en el TNO i 45 segons d'arc en el Titmus-Wirt, valors que cal remarcar, no existeixen en aquests dos tests. Un altre estudi destacable és la tesis de la Beatriz Antona⁽¹⁹⁾ que utilitza una mostra d'adults semblant a la nostra i utilitza els mateixos tests: Randot, Titmus-Wirt, TNO i Frisby. Els seus resultats conclouen a diferència dels nostres, que cap dels quatre tests presenta concordança entre ells, ja que tots obtenen una $p < 0,05$ que ens dona informació sobre les diferències significatives que hi ha entre els tots els tests. En quant a valors numèrics es impossible comparar-los ja que ella treballa en segons d'arc i nosaltres en logaritmes.

Finalment, a les taules de contingència que avaluen la concordança amb criteri clínic mitjançant el criteri passa/falla del percentil 75, es pot veure com tots els tests comparats en adults superen una concordança del 75% però les parelles que millor concorde són les del Wirt – TNO i el Wirt – Frisby amb un valor superior al 85%. En els nens, tots els tests comparats també superen una concordança del 75% però la parella amb més equivalència és la de Wirt – TNO amb un 93,2%. De totes formes, en la mostra d'escolars s'ha de remarcar que les parelles de tests Wirt – Frisby i TNO – Frisby presenten un valor molt alt de concordança de 89,8%. S'ha de dir que els resultats del passa/falla donen discrepàncies amb els resultats obtinguts en els mètodes estadístics. En aquest cas, tampoc s'han trobat articles recents que hagin mesurat la concordança mitjançant aquest mètode, de forma que no es possible comparar-ho.

En tots els casos, s'ha de destacar que estan concordant tests que no tenen cap semblança en quant a metodologia, ja que en cap dels mètodes concorden dos tests polaritzats, sinó que concorden un polaritzat i un anàglif o un polaritzat i un d'estereopsis real, o un anàglif i un d'estereopsis real. A més a més, tan sols en un cas concorden tests amb el mateix llinar de mesura.

CAPÍTOL 7: *Conclusions*

En aquest estudi s'ha pogut concloure el següent:

- Els criteris de normalitat per als diferents tests d'estereopsis: Randot, Titmus-Wirt, TNO i Frisby, són els valors en segons d'arc de 20, 40, 60 i 20 respectivament. Ja que són els valors de mediana que surten al nostre estudi i coincideixen amb altres estudis comentats en la discussió.
- Els mètodes estadístics de la proba t de Student i les gràfiques Bland & Altman, demostren que la parella de tests que més concorda en adults i en nens és la del Randot – Frisby i les que menys les de Randot – TNO i TNO – Frisby.
- El mètode clínic de taules de contingència amb criteri passa/falla del percentil 75, conclou que tots els tests presenten un grau de concordança acceptable però en adults la parella de tests que més concorden són les del Wirt – TNO i Wirt – Frisby per igual. En canvi en nens la que més concorda és únicament la del Wirt – TNO.
- La concordança entre el Randot – Frisby podria ser deguda a que els dos tests presenten el mateix llinar i aquest llinar és un valor al que la gran majoria de pacients pot arribar, per tant la diferència que es trobarà entre els dos tests serà mínima i imposada pel disseny del test. Si aquests tests presentessin llinars més baixos (com el del TNO per exemple) potser no presentarien tanta concordança ja que hi hauria més rang de mesura.
- La falta de concordança entre la resta de tests pot ser deguda a la diferència en el disseny del tests o a la presència d'aspectes aliens que no s'han controlat com les pistes monoculars de profunditat.

Per finalitzar volem afegir que per continuar millorant els estudis clínics sobre estereopsis considerem imprescindible millorar el disseny dels tests que s'utilitzen, tant en la reducció dels seus llinars de mesura com en la homogeneïtzació dels intervals de mesura.

CAPÍTOL 8. Referències bibliogràfiques

1. LEVIN, Leonard A., NILSSON, Siv F.E., VER HOEVE, James. WU, Samuel M. *Adler's Physiology of the Eye: Clinical Application*. Alm, Albert i Kaufman Paul L. (Editors). 11^a ed. Elsevier, 2011. ISBN: 978-0-323-05714-1.
2. ALBUSAC JIMÉNEZ, Javier Alonso et al. *Tecnologías libres para síntesis de imagen digital tridimensional*. González Morcillo, Carlos (Editor). 1^a ed. Ciudad Real (España): 2006. ISBN: 84-689-9280-1.
3. MONTÉS-MICÓ, Robert. *Optometría. Principios básicos y aplicación clínica*. Barcelona (España): Elsevier España SL, 2011. Pàgs.: 146 – 156. ISBN: 978-84-8086-822-8.
4. HOWARD, Ian P. i ROGERS, Brian J. *Binocular Vision and Stereopsis*. Nova York (EEUU): Oxford University Press Inc, 1995. Pàgs. 8-30 i 645-657. ISBN: 0-19-508476-4.
5. HERNÁNDEZ, Miguel. *Historia de la ciencia*. [en línia]. http://www.gobiernodecanarias.org/educacion/3/usrn/fundoro/archivos%20adjuntos/publicaciones/actas/act_%208_10_pdf/03_miguel_hernandez.pdf [consulta 18/3/2014].
6. ESPELBAUM, Sergio. "Historia de la estereoscopia y sus aplicaciones". 2010, vol. 81 n^o 2; pàgs. 62-67.
7. PEREA, José. *Panorama histórico*. [en línia]. <<http://www.videooculografo.com/pdfs/panorama.pdf>> [consulta 18/3/2014].
8. COLORADO, Oscar. *Fotografía estereoscópica, la promesa pendiente*. [en línia] <<http://oscarenfotos.com/2013/07/21/estereografia-la-promesa-pendiente/>> [consulta 20/3/2014].
9. PUELL MARÍN, M^a Cinta. *Óptica fisiológica. El sistema óptico del ojo y la visión binocular*. 1^a ed. Madrid (España): Editorial Complutense S.A., desembre 2006, Pàgs. 240. ISBN: 978-84-7491-829-8.
10. MORENO, Ángela. *La fisiología de la estereopsis*. [en línia] <<http://es.scribd.com/doc/213896675/La-Fisiologia-de-La-Estereopsis>> [consulta 25/3/2014].
11. BOWER, T.G.R. El desarrollo del niño pequeño. *La percepción de la distancia*. [en línia]. Madrid: Pàgs. 80-83. [consulta 2/4/2014]. Disponible en internet: <http://iledes.files.wordpress.com/2010/01/t9-percep-distancia2.pdf>
12. ÁLVAREZ Jose Luis, TAPIAS Montserrat. *Tema 8: àrea i espai de Panum*. Motilitat i Percepció binocular. Universitat Politècnica de Catalunya (UPC).

13. RODRIGUEZ SALVADOR, Vicente., GALLEGO LAGO, Irene., ZARCO VILLAROSA, Diego. *Visión y deporte*. Barcelona: Editorial Glosa S.L, 2010. ISBN: 978-84-7429-493-4
14. ÁLVAREZ Jose Luis, TAPIAS Montserrat. *Tema 9: Distància visual*. Motilitat i Percepció binocular. Universitat Politècnica de Catalunya (UPC).
15. PONS MORENO, Álvaro M., MARTÍNEZ VERDÚ, Francisco M. *Fundamentos de la visión binocular*. Alacant: Editorial PUV Publicacions, 2004. ISBN: 84-370-5918-6.
16. URTUBIA, César. *Las vías visuales*. Neurofisiología i psicofísica de la visión. Universitat Politècnica de Catalunya (UPC).
17. ESKRIDGE, J. Boyde., AMOS, John F., BARTLETT, B. *Clinical Procedures in Optometry*. COOPER, J. (Autor del capítol 14: Stereopsis). Philadelphia: Lippincott, 1991. Pàgs. 808. ISBN: 978-03-9750-984-3.
18. CORTÉS-REYES, Édgar., RUBIO-ROMERO Jorge Andrés., Gaitán-Duarte, Hernando. "Métodos clínicos de evaluación de la concordancia i la reproducibilidad de pruebas diagnósticas." *Profesores asociados a departamentos*. 2010. Pàgs. 13.
19. ANTONA PEÑALBA Beatriz. "Fiabilidad intraexaminador i concordancia de pruebas clínicas de evaluación de la visión binocular" En: Francisco Barra Lázaro (director). Madrid: 2010. ISBN: 978-84-693-0657-4.
20. ADAMS Wendy E., et al. "Defining real change in measures of stereoacuity". *American Academy of Ophthalmology*, 2009. Vol. 116, nº. 2, pàgs. 281-285.
21. MOMEMI-MOGHADAM, Hamed., et al. "Stereopsis with TNO and Titmus Tests in symptomatic and asymptomatic university students". *Journal of Behavioral Optometry*, 2011. Vol. 23, nº. 2, Pàgs. 35-39.
22. LEE, Se-Youp., I KOO, Nam-Kyun. "Change of stereoacuity with aging in normal eyes". *Korean J Ophthalmol*, 2005. Vol 19, nº. 2, pàgs. 136-139.
23. BODEN, Lauren M. et al. "A comparison of static near stereo acuity in youth baseball/softball players and non-ball players". 2009. Vol 80, pàgs. 121-125.
24. FAWCETT, Sherry L. "An evaluation of the agreement between contour-based circles and Random Dot-Based near stereoacuity tests". *AAPOS*, 2005. Vol. 9, nº 6, pàgs 572-578.
25. BIRCH, Eileen E. "Measurement of stereoacuity outcomes at ages 1 to 24 months: Randot Stereocards". *J AAPOS*, 2005. Vol. 9, nº 1, pàgs. 31-36.
26. ELLIOT, David B. *Clinical procedures in primary eye care*. 4ª ed. Elsevier Saunders, 2013. Pàgs. 336. ISBN: 987-07-020-5194-4.

- 27.** FRISBY, J.P. *The frisby Stereotest (Instructions)*. Department of Psychology, University of Sheffield, UK.
- 28.** PEYMAN, Alireza., PEYMAN, Mohammadreza., AKHLAGHI, Mohammadreza. "Correct method for statistical analysis of stereopsis in ophthalmology research". 2011.
- 29.** GARNHAM, L., et al. "Effect of age on adult stereoacuity as measured by diferent types of stereotest". *Journal of Ophthalmology*, 2006.
- 30.** ANKETELL, P.M., SAUNDERS K.J., LITTLE, J.A. "Stereoacuity norms for school-age children using the Frisby Stereotest". *J AAPOS*, 2013.

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

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, procesades 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 procesada i difosa a la comunitat científica, sense que en cap moment sigui revelada la meua 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 1 d' anotació de resultats.

Nom pacient:

Nº Pacient: _____

Examinador: _____

Dia:

Fitxa 1

Observacions:

Bloc 1

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Mètode Randot Punts de Wirt	Esq.	Dreta	Esq.	Mig	Dreta	Mig	Esq.	Dreta	Mig	Dreta

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Mètode Titmus-Wirt Punts de Wirt	A baix	Esq.	A baix	A dalt	A dalt	Esq.	Dreta	Esq.	Dreta

Bloc 2

	Làmina 1	Làmina 5		Làmina 6		Làmina 7	
Mètode TNO	2 Papallones	A baix	Esq.	A dalt	Esq.	A Baix	Dreta
		A dalt	A baix	Dreta	Dreta	A dalt	Esq.

Mètode Frisby	40 cm	Làmina 6 mm	
		Làmina 3 mm	
		Làmina 1,5 mm	
	60 cm	Làmina 1,5 mm	
	80 cm	Làmina 1,5 mm	

ANNEX III: Rang d'estereoagudeses i respostes correctes.













TEST DE RANDOT

RESPOSTA	NIVELL ESTEREOAGUDESSES (" arc)
Figures geomètriques	Dels 500 – 250
Animals	
Gat	400
Conill	200
Mico	100
Punts de Wirt	
1. Esquerra	800
2. Dreta	400
3. Esquerra	140
4. Mig	100
5. Dreta	70
6. Mig	50
7. Esquerra	40
8. Dreta	30
9. Mig	25
10. Dreta	20

TEST DE TITMUS – WIRT

RESPOSTA	NIVELL ESTEREOAGUDESSES (" arc)
Mosca	3000
Animals	
Gat	400
Conill	200
Mico	100
Punts de Wirt	
1. A baix	800
2. Esquerra	400
3. A baix	200
4. A dalt	140
5. A dalt	100
6. Esquerra	80
7. Dreta	60
8. Esquerra	50
9. Dreta	40

TEST TNO

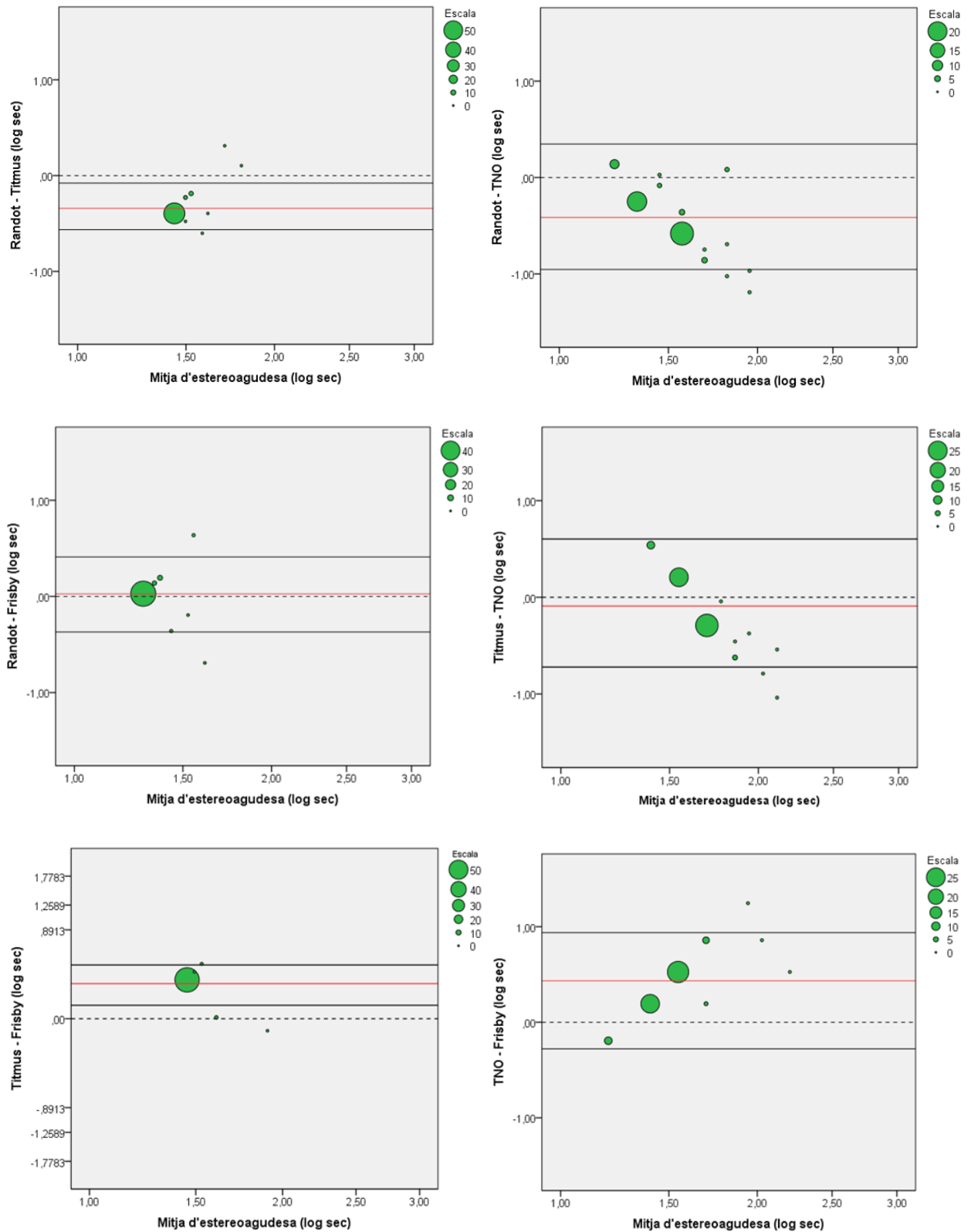
LÀMINA 5		LÀMINA 6		LÀMINA 7	
480''		120''		30''	
					
240''		60''		15''	
					

TEST DE FRISBY

DISTÀNCIA (cm)	NIVELL ESTEREOAGUDESA ('' arc)		
	Làmina 6 mm	Làmina 3 mm	Làmina 1,5 mm
40	340	170	85
60			40
80			20

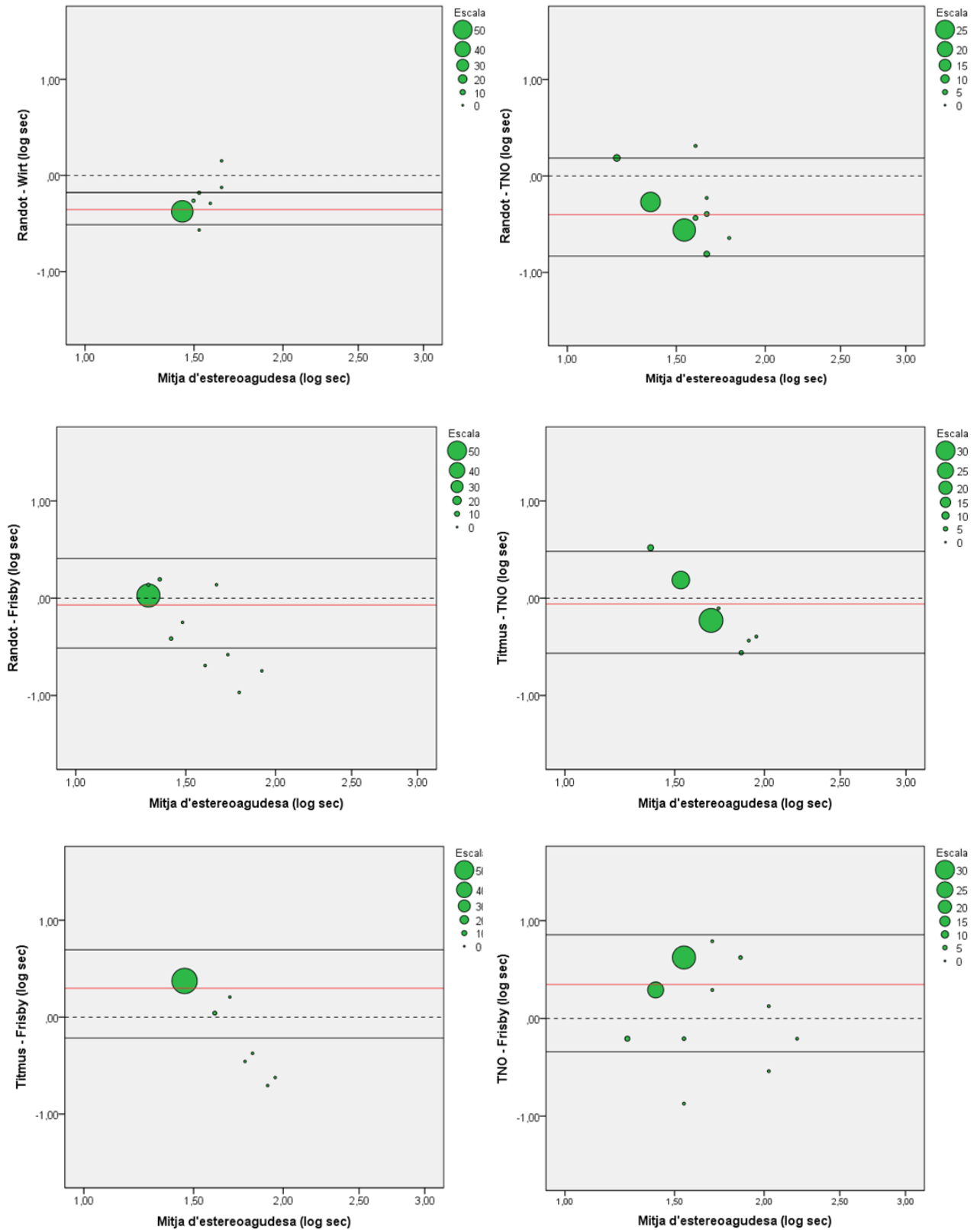
ANNEX IV: Totes les gràfiques *Bland and Altman* en adults i en nens.

- Mostra 1 (Adults):



Gràfiques A.1: Bland & Altman obtinguts per les sis comparatives entre parelles de tests en adults. Els límits superior i inferior del IC (línies contínues negres), mitjana de les diferències (línia contínua vermella), punt d'origen 0,00 (línia discontinua), casos representats (rodones verdes). Contra més gran sigui la rodona més punts concorden en aquell punt.

- Mostra 2 (Escolars):



Gràfiques A.2: Bland & Altman obtinguts per les sis comparatives entre parelles de tests en nens. Els límits superior i inferior del IC (línies contínues negres), mitjana de les diferències (línia contínua vermella), punt d'origen 0,00 (línia discontinua), casos representats (rodones verdes). Contra més gran sigui la rodona més punts concorden en aquell punt.