

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE ENFERMERÍA, FISIOTERAPIA Y PODOLOGÍA



TESIS DOCTORAL

**CARACTERIZACIÓN GLOBAL DE LA MEDIDA CLÍNICA DE LA
ESTEREOAGUDEZA**

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTORA

PRESENTADA POR

María Isabel Sánchez Pérez

Directores

Enrique Pacheco del Cerro
Beatriz Antona Peñalba
Francisco Barra Lázaro

Madrid, 2014

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID



TESIS DOCTORAL

**CARACTERIZACIÓN GLOBAL DE LA MEDIDA CLÍNICA
DE LA ESTEREOAGUDEZA**

M^a Isabel Sánchez Pérez

MADRID, 2014

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE ENFERMERÍA, FISIOTERAPIA
Y PODOLOGÍA



CARACTERIZACIÓN GLOBAL DE LA MEDIDA CLÍNICA
DE LA ESTEREOAGUDEZA

Memoria para optar al grado de doctor

Presentada por:

M^a ISABEL SÁNCHEZ PÉREZ

MADRID, 2014

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID



CARACTERIZACIÓN GLOBAL DE LA MEDIDA CLÍNICA DE LA ESTEREOAGUDEZA

M^a ISABEL SÁNCHEZ PÉREZ

Directores

ENRIQUE PACHECO DEL CERRO, BEATRIZ ANTONA PEÑALBA

FRANCISCO BARRA LÁZARO

Agradecimientos

Mi más sincero agradecimiento a las siguientes personas:

A Enrique González y José Luis Cebrián

A mis compañeros: Guadalupe González, Yolanda Martín y Ángel Gutiérrez por las muchas horas de su tiempo invertidas en la toma de medidas.

A todos los pacientes que han querido colaborar voluntaria y desinteresadamente en este estudio porque sin ellos no hubiera sido posible elaborar el trabajo que ha servido de base para esta tesis.

Al profesor David Carabantes Alarcón.

Al equipo decanal de la Facultad de Enfermería, Fisioterapia y Podología por acogerme.

A mis compañeros del equipo decanal de la Facultad de Óptica y Optometría por su apoyo y empuje.

Por supuesto agradezco a mis directores de tesis Dres. Antona, Pacheco y Barra su dedicación así como sus consejos y experiencia.

Y por último agradezco a Pablo, Juan José y Gloria y Enrique su paciencia y apoyo.

Esta tesis doctoral está dedicada a mi hermana Carmen

ÍNDICE

<i>Lista de símbolos, abreviaturas y siglas</i>	13
<i>Glosario de términos sobre Estereopsis</i>	16
<i>Glosario de términos sobre estudios de medición</i>	16
<i>Lista de tablas</i>	18
<i>Lista de figuras</i>	19
RESUMEN	21
THESIS ABSTRACT	25
1.INTRODUCCIÓN	41
1.1. ANTECEDENTES.....	43
1.2. CONCEPTO DE ESTEREOAGUDEZA	47
1.2.1. DEFINICIÓN	47
1.2.2. UTILIDAD CLINICA DE LA ESTEREOPSIS	49
1.2.3. DESARROLLO DE LA ESTEREOAGUDEZA.....	52
1.2.4. FACTORES QUE AFECTAN A LA AVE	57
1.2.5. TIPOS DE TESTS DE ESTEREOPSIS.....	59
1.2.6. EL GOLD ESTÁNDAR: TEST DE HOWARD-DOLMAN	64
1.2.7. ENUMERACION DE LOS TESTS USADOS EN ESTA INVESTIGACION	66
1.2.8. DESVENTAJAS COMUNES DE LOS TESTS DE ESTEREOPSIS	67
1.3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	68
1.3.1. ESTUDIOS DE REPETIBILIDAD DE PRUEBAS CLÍNICAS	74
1.3.2. ESTUDIOS DE CONCORDANCIA DE PRUEBAS CLÍNICAS	77
2.HIPÓTESIS Y OBJETIVOS	79
2.1. HIPÓTESIS.....	81
2.2. OBJETIVOS.....	81
3.MATERIAL Y MÉTODO	85
3.1. DETERMINACION DEL TAMAÑO MUESTRAL	87
3.2. MUESTRA DE SUJETOS.....	89
3.2.1. CAPTACIÓN DE SUJETOS.....	89
3.2.2. CRITERIOS DE INCLUSIÓN	92

3.3. TEST DE ESTEREOPSIS EMPLEADOS EN EL ESTUDIO	93
3.3.1. TEST DE RANDOT	93
3.3.2. TEST DE TITMUS.....	96
3.3.3. TEST TNO	99
3.3.4. TEST DE FRISBY	102
3.3.5. TEST FRISBY-DAVIS 2 (FD-2) PARA VL.....	105
3.4. PROCEDIMIENTO.....	109
3.4.1. PRUEBAS PRELIMINARES	109
3.4.2. APLICACIÓN DE LOS TESTS DE ESTEREOPSIS.....	113
3.4.3. ENMASCARAMIENTO Y ALEATORIZACIÓN	120
3.5. MATERIAL PARA EL ANÁLISIS ESTADÍSTICO	122
4.RESULTADOS	125
4.1. CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA	127
4.2. REPETIBILIDAD DE LOS TESTS DE ESTEREOPSIS	129
4.2.1. REPETIBILIDAD INTRAEXAMINADOR	129
4.2.2. REPETIBILIDAD INTEREXAMINADOR	136
4.3. CONCORDANCIA ENTRE TESTS DE ESTEREOPSIS.....	143
4.3.1. CONCORDANCIA ENTRE TESTS DE MEDIDA EN JOVENES.....	144
4.3.2. CONCORDANCIA ENTRE TESTS DE MEDIDA EN NIÑOS.....	146
4.3.3. CONCORDANCIA ENTRE TESTS DE MEDIDA EN PRESBITAS	147
5.DISCUSIÓN	151
5.1. REPETIBILIDAD Y CONCORDANCIA EN JOVENES.....	153
5.2. LA MEDIDA DE LA AVE EN NIÑOS.....	155
5.3. LA ESTEREOAGUDEZA Y LOS FILTROS	158
5.4. LA DIFICULTAD DEL TNO.....	159
5.5. LA ESTEREOPSIS Y SUS APLICACIONES CLINICAS.....	161
5.6. EL TESTS DE FRISBY-DAVIS 2 (FD-2) PARA VL.....	161
5.7. ESTEREOAGUDEZA EN VISIÓN LEJANA VS ESTEREOAGUDEZA EN VISIÓN PRÓXIMA.....	162
5.8. LA ESTEREOPSIS Y SU MEDIDA EN PRESBITAS	163
5.9. LA ELECCION DEL TEST	166
6.CONCLUSIONES	169
7.FINANCIACIÓN Y PROYECTOS	175
7.1. FINANCIACIÓN DEL PROYECTO	177

7.2. PUBLICACIONES.....	177
7.3. PROYECTO DE ESTUDIOS FUTUROS	178
8.REFERENCIAS	181
9.ANEXOS	197
9.1. ANEXO I. CONSENTIMIENTO INFORMADO ADULTOS	199
9.2. ANEXO II. CONSENTIMIENTO INFORMADO NIÑOS.....	201
9.3. ANEXO III. HISTORIA CLÍNICA	203
9.4. ANEXO IV. ORGANIZACIÓN GENERAL TOMA DE MEDIDAS.....	205
9.5. ANEXO V. DETERMINACIÓN ORDEN ALEATORIO REALIZACIÓN DE PRUEBAS.....	206
9.6. ANEXO VI. INSTRUCCIONES DE APLICACIÓN DE PRUEBAS PRELIMINARES	207
9.7. ANEXO VII: INSTRUCCIONES DE APLICACIÓN DE LAS PRUEBAS DE AVE	217
9.8. ANEXO VIII. FICHAS ANOTACIÓN DE RESULTADOS JÓVENES Y PRÉSBITAS	222
9.9. ANEXO IX. FICHAS DE ANOTACIÓN DE RESULTADOS DE NIÑOS	227
9.10. ANEXO X. MODELO INFORME ENTREGADO A LOS PARTICIPANTES	229
9.11. ANEXO XI. MÉTODO ESTADÍSTICO DE BLAND Y ALTMAN	230
9.12. ANEXO XII. DECLARACIÓN DE HELSINKI	238
9.13. ANEXO XIII. TABLAS DE REPETIBILIDAD INTRAEXAMINADOR EN JOVENES.....	244
9.14. ANEXO XIV. TABLAS DE REPETIBILIDAD INTEREXAMINADOR EN JOVENES	245
9.15. ANEXO XV. TABLAS DE CONCORDANCIA ENTRE TESTS EN JOVENES.....	246
9.16. INTRAEXAMINADOR E INTEREXAMINADOR EN NIÑOS	247
9.17. ANEXO XVII. TABLAS DE CONCORDANCIA ENTRE TESTS EN NIÑOS	248
9.18. ANEXO XVIII. TABLAS DE REPETIBILIDAD INTRAEXAMINADOR EN PRESBITAS.....	249
9.19. ANEXO XIX. TABLAS DE REPETIBILIDAD INTEREXAMINADOR EN PRESBITAS.....	250
9.20. ANEXO XX. TABLAS DE CONCORDANCIA ENTRE TESTS EN PRESBITAS	251
9.21. ANEXO XXI. APROBACION DEL COMITÉ ETICO DE INVESTIGACION.....	252

LISTA DE SÍMBOLOS, ABREVIATURAS Y SIGLAS

AA	Amplitud de acomodación
AC/A	Cociente AC/A
AutoRx	Autorrefractómetro
AV	Agudeza visual
AV cc	Agudeza visual con compensación
AVE	Agudeza visual estereoscópica o estereoagudeza
BE	Base externa
BI	Base Interna
CCI	Coefficiente de correlación intraclase
CDC	Coefficiente de concordancia
CDR	Coefficiente de repetibilidad
CCF	Cilindros cruzados fusionados
cm	Centímetros
cpm	Ciclos por minuto

D	Dioptrías
DE	Desviación estándar
DF	Disparidad de Fijación
DIP	Distancia interpupilar
DM	Diferencia media
DP	Dioptría prismática
et al.	y colaboradores
FR	Test de Frisby
FD-2	Test de Frisby para visión lejana (véase FR vL o Frisby-Davis 2)
FR vL	Test de Frisby para visión lejana (véase FD2 o Frisby-Davis 2)
m	Metros
min.	Minutos
NGL	Núcleo Geniculado Lateral
r	Coefficiente de correlación de Pearson
RA	Test de Randot

s	Segundos
seg. arc	Segundos de arco
TIT	Test de Titmus
TNO	Test de estereoagudeza TNO
VFN	Vergencia fusional negativa
VFP	Vergencia fusional positiva
VL	Visión lejana
VP	Visión próxima
vs.	<i>Versus</i> (respecto a, en comparación con)
Δ	Dioptrías prismáticas

GLOSARIO DE TÉRMINOS SOBRE ESTEREOPSIS^{1,2}

Estereopsis: Percepción de la profundidad basada en la disparidad retiniana.

Agudeza visual estereoscópica AVE: Sinónimo de estereopsis.

Estereogramas: Tarjetas diseñadas para permitir la percepción de estereopsis. Por definición deben estar compuestas de, al menos, dos estímulos uno de los cuales no está contenido en el horóptero.

GLOSARIO DE TÉRMINOS SOBRE MEDICIÓN^{3,4}

En la investigación clínica, según Last³, existen muchos términos que se utilizan indebidamente como sinónimos: exactitud, precisión, validez, fiabilidad, repetibilidad y reproducibilidad. Y por esta razón, a continuación se definen algunos de ellos.

Concordancia: Evalúa la variabilidad de los resultados entre dos pruebas que pretenden medir la misma variable y permite decidir si ambos métodos de medida son intercambiables. Es un sinónimo de acuerdo.

Fiabilidad: Indica el grado en que pueden reproducirse los resultados obtenidos por un procedimiento de medición cuando se aplica a la misma persona en más de una ocasión, pero en idénticas condiciones. Se evalúa la **fiabilidad intraexaminador** cuando se establece el grado de reproducibilidad al efectuar la medición de un observador consigo mismo, mientras que **la fiabilidad interexaminador** se refiere a la reproducibilidad entre varios observadores

cuando efectúan la medición en un mismo individuo. Corresponde a la precisión de la medida.

Repetibilidad: Capacidad del método de medida para producir el mismo resultado o uno muy semejante cada vez que se aplica el procedimiento en condiciones idénticas. Es sinónimo de reproductibilidad.

Validez: Indica en qué grado el procedimiento mide la magnitud que se desea cuantificar. Expresa el grado en que el valor que se obtiene con el proceso de medición se corresponde con el verdadero valor de la variable en un sujeto. Corresponde a la exactitud de la medida.

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Estado del tema al inicio de la línea de investigación.....	45
Tabla 2. Niveles de binocularidad, de mayor a menor	47
Tabla 3. Edad a la que se desarrollan las capacidades de la visión binocular.....	55
Tabla 4. Valores de estereoagudeza con el test de Howard-Dolman.....	65
Tabla 5. Número de sujetos necesarios para la estimación de la concordancia intra e inter-observador.	88
Tabla 6. Valores de corte en los criterios de inclusión	93
Tabla 7. Tabla resumen de los tests usados en la investigación.....	108
Tabla 8. Características principales de la muestra de sujetos jóvenes	127
Tabla 9. Características principales de la muestra de sujetos presbitas	128
Tabla 10. Valores medios de estereoagudeza para cada test y muestra de edad ..	129
Tabla 11. Repetibilidad intraexaminador para cada test y muestra de sujetos	130
Tabla 12. Repetibilidad interexaminador para cada test y muestra de sujetos	137
Tabla 13. Concordancia entre pruebas de estereoagudeza en VP en jóvenes.....	144
Tabla 14. Concordancia entre pruebas de estereoagudeza en VP en niños	146
Tabla 15. Concordancia entre pruebas de estereoagudeza en VP en presbitas	148

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Percepción tridimensional	48
Figura 2. Las vías visuales	54
Figura 3. Pistas monoculares secundarias: tamaño aparente del objeto, constancia del tamaño y gradiente de texturas	59
Figura 4. Esquema del diseño y modelo de un estereotest de contornos	60
Figura 5. Esquema del diseño y modelo de un estereotest de puntos aleatorios.....	61
Figura 6. Filtros polarizados (izquierda) y anaglifos (derecha) usados con tests de Estereogudeza	63
Figura 7. Esquema del test de Howard-Dolman.....	65
Figura 8. Test de Randot para medida de la Estereogudeza	94
Figura 9. Test de Titmus para medida de la Estereogudeza.....	97
Figura 10. Láminas de screening del test TNO	100
Figura 11. Test TNO para medida de la estereogudeza	101
Figura 12. Test de Frisby para la medida de la estereogudeza.....	104
Figura 13. Test de Frisby-Davis 2 (FD-2) para la medida de la estereogudeza en VL.....	106
Figura 14. Realizando pruebas preliminares en la muestra de jóvenes	110
Figura 15. Realizando tests de Titmus, TNO y FD2 en jóvenes.....	115
Figura 16. Realizando tests a niños	117
Figura 17. Repetibilidad intraexaminador en la medida de la estereogudeza en VP en jóvenes	132
Figura 18. Repetibilidad intraexaminador en la medida de la estereogudeza en VL en jóvenes	133
Figura 19. Repetibilidad intraexaminador en la medida de la estereogudeza en VP en niños	134
Figura 20. Repetibilidad intraexaminador en la medida de la estereogudeza en VP en presbítas	135

Figura 21. Repetibilidad intraexaminador en la medida de la estereoagudeza en VL en présbitas.....	136
Figura 22. Repetibilidad interexaminador en la medida de la estereoagudeza en VP en jóvenes	139
Figura 23. Repetibilidad interexaminador en la medida de la estereoagudeza en VL en jóvenes.....	140
Figura 24. Repetibilidad interexaminador en la medida de la estereoagudeza en VP en niños.....	141
Figura 25. Repetibilidad interexaminador en la medida de la estereoagudeza en VP en présbitas.....	142
Figura 26. Repetibilidad interexaminador en la medida de la estereoagudeza en VL en présbitas.....	143
Figura 27. Concordancia entre pruebas de estereoagudeza en VP en jóvenes.....	145
Figura 28. Concordancia entre pruebas de estereoagudeza en VP en niños	147
Figura 29. Concordancia entre pruebas de estereoagudeza en VP en présbitas ...	149

RESUMEN

TITULO

Caracterización global de la medida clínica de la Estereoagudeza

INTRODUCCION

La característica fundamental del tipo de visión binocular presente en los humanos es la visión estereoscópica. Para su evaluación existen muchos tests, cada uno de ellos con sus propias ventajas e inconvenientes.

Resulta obvia la conveniencia de realizar estudios cuyos resultados aporten información que permitan determinar la prueba más adecuada para su uso clínico desde el punto de vista de su repetibilidad. Las características más importantes que se pueden encontrar en los artículos de investigación que describen la utilidad de una prueba clínica son su validez, su capacidad de discriminación y su repetibilidad intra e interexaminador. La prueba ideal debe tener buena repetibilidad, una buena validez, una buena capacidad discriminativa y ser fácil de administrar. De estos aspectos, la presente investigación, base de esta tesis doctoral se centró en determinar cuáles de las pruebas más utilizadas en la práctica diaria en el ámbito de la Optometría para evaluar la estereoagudeza presentan una buena repetibilidad intra-examinador e inter-examinador, así como estudiar si entre ellos estos tests son intercambiables.

OBJETIVOS

- Hacer un estudio exhaustivo de la estereopsis y su medida para determinar la repetibilidad y concordancia entre diferentes tests de medida.

- Estudiar dichas propiedades en muestras de población de diferentes rangos de edad, sujetos jóvenes, niños y présbitas para determinar cuál de los tests es más recomendado en cada una de ellas en la clínica diaria.

MATERIAL Y MUESTRA

Tras seleccionar los tests de más uso en la práctica clínica (Randot, Titmus, TNO, Frisby y Frisby-Davis 2 (FD2)), para lograr los objetivos propuestos se escogieron tres franjas de edad , adultos jóvenes, niños y présbitas y se sometió a cada uno de los posibles candidatos de cada muestra a un estudio previo para determinar si cumplían o no los criterios de inclusión preestablecidos, quedando así configurados los tres grupos muestrales. Se realizaron los tests de medida de estereoagudeza a cada uno de los sujetos en dos ocasiones distintas por el mismo examinador para determinar la repetibilidad intraexaminador, y en dos ocasiones distintas por diferentes examinadores para determinar la repetibilidad interobservador. Las cuatro sesiones de medida se realizaron siempre en las mismas condiciones y en un orden aleatorio y enmascarado, mediando entre ellas unos intervalos de tiempo adecuados.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

De manera general, tras la evaluación de los resultados se concluye que los tests de profundidad real, Frisby y Frisby-Davis 2 (FD2) presentan una buena repetibilidad intra e interexaminador, tanto en visión próxima como en visión lejana.

Para cada muestra de población se ha encontrado un test más adecuado por ser más repetible y por tanto, más fiable. Entre los sujetos jóvenes los mejores resultados se han obtenido con los tests de Frisby y Randot. El test de Titmus ha sido el de mejor repetibilidad en la muestra infantil y el test de Frisby en el caso de

los adultos presbitas. Dichos resultados se repiten tanto en el examen intraobservador como en el interexaminador.

En cuanto a la concordancia entre tests de medida de estereoagudeza, han mostrado mejores valores los que individualmente han resultado más repetibles y en todos los casos el peor grado de acuerdo es el presentado por el test TNO con respecto a los demás utilizados en este estudio.

THESIS ABSTRACT

TITLE

Global characterization of clinical measurement of stereoacuity.

INTRODUCTION

Stereoscopic vision is defined as the vision that results from the visual system's capability to obtain information regarding objects' depth localization, which is based on binocular disparity¹. As visual objects are subjectively organized in depth, stereopsis provides the means to perceive 3D-images². It corresponds to the highest possible level of binocular vision.

Stereopsis is assessed by stereoscopic visual acuity (SVA) measurement, also known as stereoacuity, defined as the depth-discrimination threshold, expressed in angular terms; that is, the minimum binocular disparity perceivable by an observer. The smallest binocular disparity will coincide with the minimum distance that must exist between two objects in order to see them separate and in depth. According to this definition, it should be noticed that the lower the stereoacuity's numerical value, the higher the stereoscopic capability, as the binocular disparity detectable by an individual is lower.

The average value determined in the majority of the population¹ ranges from 10 to 30" (seconds of arc); however, values of up to 40" can be considered normal.

Albeit stereopsis is usually measured in near vision (NV), it can also be determined in far or distance vision (DV)^{2,3} using different tests. Measurement of distance stereoacuity can be useful to monitor the control of intermittent exotropia^{2,4-6}.

From a clinical standpoint, stereoacuity measurement is a useful tool to evidence an individual's binocular vision state, to the extent that it is considered as the barometer of binocularity⁷. Maximum stereoscopic capability will be achieved by individuals that do not have binocular vision disorders, and will be affected in the presence of strabismus, amblyopia (both strabismic and refractive⁸) and binocular anomalies^{1,9}. It will also be altered in anisometropia¹⁰⁻¹² and aniseiconia¹³. Stereotests are used to indirectly measure suppression⁹. Among factors that can affect stereoacuity are uncorrected refractive errors, poor visual acuity, sensory or motor fusion problems and age^{7,14-17}. A constant vergence error implies not only a possible fixation disparity, but also reduced stereopsis, as a direct relationship between the former and stereoacuity has been shown^{7,18}.

An additional important clinical application of SVA measurement is as a screening device. Efficacy of SVA measurement for screening studies is sufficiently evidenced in scientific literature^{7,8,19}. In their studies, authors such as Rutstein⁸ or Schimdt¹⁹ have shown that these tests, including distance stereotesting, have a good potential as screening tools. When used for this aim, test selection is essential²⁰ as it must effectively discriminate normal from what points to a binocular problem.

Clinical optometric care is conducted through interviews, observations and clinical tests. The most important features to be taken into account for the latter are tests' repeatability, validity and discrimination capability; among these, repeatability is the most outstanding, as it affects the others. For validity and high discrimination capability, tests must have high repeatability.

Literature review undertaken has highlighted the fact that different studies use different cut-off points to classify an abnormal stereopsis condition, which hinders efficacy assessment of a particular screening program. As has been shown, this is due to the fact that intra-subject stereoacuity thresholds can vary greatly between different tests. Hall²¹ has demonstrated that correlation between different stereotests is weak; thus, an all time use of the same stereotest is recommended to measure a true stereoacuity change in an individual²⁰.

From all stated above, it infers the importance of using tests with high intra- and inter-examiner repeatability and of a good agreement between different types of tests.

Repeatability studies²² provide important information to clinicians and researchers. Through them, clinicians can learn the limitations of the measures taken and can have greater guidance for new instrument acquisition or for election of the most convenient technique for daily practice. As to researchers, they enable selection of the most suitable tests to program their investigations. Results of a repeatability study enable awareness on which method or system is more convenient or, even, that a conventional method used is not necessarily the best.

Inter-method agreement refers to the ability of two different procedures, that measure the same variable, to provide similar results when administered to the same individual. It is a most useful parameter to determine if two methods are interchangeable.

Currently, there are many stereoacuity tests available, which can be classified into three different groups attending to their design:

1. Local or contour stereograms: depth effect is created by introducing a horizontal disparity in the contours or edges of the images seen by each eye. This kind of tests are the easiest to perceive; their main drawback is the presence of monocular clues. Of the four near-stereotest used in our study, the Titmus test belongs to this category.
2. Global or random-dot stereograms: invented by Julesz²³, this group of tests have greater sensitivity than contour stereograms. They consist of two plates of randomly placed dots, which are identical with the exception that dots are horizontally displaced in one of the plates in relation to the other. When viewed with polarized filters, dots from one plate are seen with one eye and dots from the other plate by the other eye. Stereoscopic perception is obtained owing to the retinal disparity of the displaced dots²⁴. Two of the stereotests used in our study belong to this group: the TNO and the Randot tests.
3. Real-depth stereotests: images shown are seen by both eyes, as depth is provided by presenting targets at slightly different distances, which allows testing without the use of dissociating filters. These tests are, thus, less artificial. The Firsby stereotest used in our study belongs to this group.

Another important issue related to the different stereotests is the type of filter used to trigger dissociation. As mentioned earlier, real-depth stereotests do not require filters. However, local or contour stereograms tests require the use of polarized filters. Such filters are also used for the majority of the random-dot tests, except for the TNO test, in which an anaglyph red-green filter is used. Each type of filter has its own features and provides a different level of dissociation; this implies obtaining different SVA measures.

As described above, differences among various and multiple tests and limitations of each of them renders comparison of results difficult, as they are conditioned by many factors^{25,26}.

Continuing with the research line opened by Dr. Barra and Dra. Antona²⁷, our study aimed to evaluate stereotests most commonly used in daily clinical practice. Therefore, tests used in young adults and in presbyopic individuals have been Randot, Titmus, TNO, Frisby and Frisby-Davis 2, also known as distance-FD2. Distance-FD2; and Frisby tests were not used in children as, being real-depth stereotests, they imply greater comprehension and execution difficulty. Additionally, these two tests require greater administration time than the other three and the effect of fatigue on the results warned against their use in the children population.

OBJETIVES

In the study conducted for this thesis we have sought to elaborate a global characterization of various stereotests, evaluating their intra- and inter-examiner repeatability and agreement between tests in a population of children and young adults, and also to onset an assessment in a sample of presbyopes. Literature reviewed indicates that stereopsis will be decreased in presbyopic individuals.

MATERIALS AND METHODS

Stereotests selection for this study [Randot, Titmus, TNO, Frisby and Frisby-Davis 2 (FD2)] was based on those most widely used in daily clinical practice. To better achieve the proposed objectives three age ranges were selected: children, young adults and presbyopic individuals. An anamnesis was conducted on all possible

candidates in order to verify compliance with preestablished inclusion criteria. Inclusion criteria for all three age groups were:

1. Unacquaintance with any of the study-tests.
2. No history of refractive surgery, strabismus, nistagmus or amblyopia.
3. Not taking medication or being affected by a disease known to possibly affect accommodation, vergences or ocular motility.
4. No signs of any ocular disease.
5. Corrected distance- and near-visual acuity (VA) 0.9 (20/22) or greater in each eye.
6. No accommodation or vergence disorder. Subjects should be asymptomatic, with accommodation and vergences tests values that show no diagnostic tendency pointing to a possible binocular disorder. Potential carriers of accommodation or vergence disorders, based on established cut-off values, were excluded.
7. For presbyopes, no accommodation disorders other than presbyopia.

The young adult sample was selected among the Escuela Universitaria de Óptica of the Universidad Complutense de Madrid students, and the presbyopic sample from students of the Universidad para Mayores of the same Institution. For the sample of children, a school center was selected. The three sample groups included 104, 25 and 94 participants, respectively.

A preliminary study was applied to all participants enrolled, followed by the study-tests. For intra-examiner repeatability, stereoacuity tests were administered to all subjects by the same examiner on two different visits; for inter-examiner repeatability, tests were applied by two different examiners also on two different visits. Exam conditions were the same at all times. On each of the four study visits, tests were administered following a randomized and masked design, with adequate time intervals between each.

Statistical analysis of data was carried out with the *Analyse-It for Microsoft Excel statistical program* (Leeds, UK. See <http://www.analyse-it.com>). Degree of repeatability and agreement were established following Bland and Altman's²⁸⁻³¹ method.

RESULTS

Overall and on the basis of the analysis of the data, it can be concluded that Frisby and Frisby-Davis 2 (FD2) real depth stereotests show good intra- and inter-examiner repeatability.

Based on higher repeatability, each population sample showed a more reliability test. Frisby and Randot tests exhibited best results in young adults, while Titmus test's repeatability results were higher among children and Frisby stereotest among presbyopic adults. These results were obtained both intra- and inter-subjects.

In relation to agreement, the best results have been obtained between stereoacuity tests in which, individually, repeatability was higher. In all cases, TNO test showed the worst degree of agreement compared to all other stereotests used in our study.

With respect to the study of changes with age, average results obtained in young adults versus presbyopes corroborate that stereoacuity deteriorates with aging.

DISCUSSION

An ideal test should have good repeatability, good validity and good discriminative capability, and be easy to administer. Before inter-examiner repeatability is

analyzed, repeatability studies should firstly evaluate intra-examiner repeatability; if an examiner is not consistent with itself, it will neither be with a second one. Following Argimón's recommendations³², data from our study have been analyzed in the aforementioned order. Inter-examiner repeatability results replicate those obtained for intra-examiner reliability both in young adult and in presbyopic populations. In some cases, inter-examiner repeatability results were even better than intra-examiner, being the latter, in all cases, high.

In the young adult sample, Frisby and Randot's intra-examiner repeatability results were highest, which coincides with the results reported by Leat et al..²⁶. These authors used Randot and Frisby tests in subjects aged 8 to 19 years, obtaining excellent repeatability results; however, their sample size was 6 times smaller than the sample used in the study described in this thesis.

As to the degree of agreement between stereotests in young adults, data obtained show that tests with the highest intra- and inter-examiner repeatability also showed the highest between tests agreement. That is, highest agreement was found between Randot and Frisby.

Various studies on stereoacuity in children that have been reviewed indicate that this parameter improves with age; according to Heron³³, it reaches adult values by the age of 7 years (Randot and Titmus) or by the age of 5 years (TNO). The author also refers poor agreement between stereotests included in his study, worse between TNO versus the others, which concurs with the findings of our study.

In other studies carried out by Birch or Simons, the authors also conclude that stereopsis improves with child's age. Noteworthy for the present discussion is the study reported by Cooper et al..³⁴ performed on 112 children aged 3 to 11 years, using the Randot, Frisby and Titmus tests. Best stereoscopic acuity thresholds were obtained with the Randot test, followed by the Titmus test and, last, with the

TNO test. These results coincide with those obtained in our population of children. Cooper et al.. also highlight that as stereoacuity improves, variability decreases.

However, in relation to reliability in children, best intra- and inter-examiner results were obtained with the Titmus test, possibly due to a ceiling effect. Additionally, the Titmus test is easier for children, as Wirt circles are not placed on random dots, as is the case for the Randot test, which decreases test contrast.

In relation to the type of filter necessary for each stereopsis test, Yamada et al..³⁵ report results similar to the ones obtained in our study. The authors studied stereoacuity measured differences using anaglyph filters versus conventional polarized filters in a sample of 60 children with normal binocular vision. As in our study, they obtained worse results with the red/green filters in comparison to polarized filters, and a poor degree of agreement between tests that require either types of filters. Authors such as Bogdanovich or Cornforth have suggested contrast and transmittance differences between each eye or chromatic aberration, respectively, as possible responsible causes for the worst results obtained with anaglyph filters. Other studies, such as those reported by Hatch and Richman, point out a good agreement between real-depth stereotests and tests that require polarized filters. In our study, we have obtained a higher agreement coefficient between Frisby and Randot and Titmus tests than with TNO test.

There are a great deal of clinical applications derived from stereoacuity measurement. One is to monitor the progress of patients under treatment with lenses, prisms or visual therapy. According to Hall²¹, poor correlation between different stereotests prevents exchangeability; thus, an all time use of the same stereotest is recommended to verify treatment efficacy. Yamada³⁵ adds that, for this aim, tests that require the use of polarized filters are more useful.

In young adults and presbyopes enrolled in our study, the Frisby-Davis 2 test (FD-2) has shown to be very repeatable, both intra- and inter-examiner. However, monocular clues that could lead to measurement errors should be removed; in this sense, studies conducted by Holmes³⁶ have demonstrated that largest disparities of this test can be passed even monocularly.

In relation to the analysis of our presbyopic population, it should be emphasized that the sample size was only $n=25$; our results should, thus, be confirmed in a larger study. With regard to this matter, all studies revised in our literature review conclude that stereopsis decreases with increasing age³⁷, more so when random-dot tests are used. This finding should be taken into account when measuring stereopsis thresholds in presbyopic subjects, as it would prevent a disease diagnosis in subjects that show the normal age-related decrease.

Of special relevance on this issue are the studies conducted by Lee and Koo³⁸ (2005) and by Garnham and Sloper³⁷ (2006). With a different distance-stereotest than the one used in our study, Lee et al. found that distance-stereoacuity deteriorated after the age of 50 years, while near-stereopsis reduction was evident after the age of 50 years in a stereotest-dependant manner. With the TNO test, stereopsis decreased significantly as from the 50s, while reduction was only significant as of the 70s by Titmus and Randot tests. Garnham and Sloper reached the same TNO-conclusions.

Comparing the thresholds values obtained in the sample of young adults and presbyopes, we have found worse values in subjects of older age, with a higher average deterioration when measures were taken by TNO test.

There are several reason that try to explain the cause of stereoacuity impairment in older people. Some authors point to a reduction in cerebral function³⁹, others associate it to a selective loss of ganglion or Müller cells, and others⁴⁰ attribute it to

an erroneous optical correction of the subject's ametropia at the time of stereoacuity measurement. In order to avoid this latter source of error, in our study, before proceeding to measure stereoacuties, we carried out a preliminary study which included refraction of all subjects; therefore, all participants enrolled in the study, that complied inclusion criteria, had the best possible visual acuity.

Based on all stated above, we can conclude that selection of a stereoacuity test is not a simple task. It is important to choose a test with high repeatability and, when differences between two tests are not clinically significant, to decide in favor of the simplest to administer, as sources of error will be fewer, specially in children.

CONCLUSIONS

1. In near vision, young adults without binocular disorders exhibit similar intra e inter-examiner repeatability by FRISBY and RANDOT tests, slightly higher by FRISBY test. Due to Frisby's observed ceiling effect, for clinical practice the use of Randot test is recommended in this age group.
2. In young adults and presbyopes without binocular disorders, FRISBY-Davis 2 (FD-2) test shows high intra- and inter-examiner repeatability.
3. In 6 year old children without binocular disorders, TITMUS test shows the highest intra- and inter-repeatability, however, the high ceiling effect obtained with this test should be considered.
4. In near vision, presbyopes exhibit the best intra- and inter-examiner repeatability by FRISBY test.

5. Inter-examiner repeatability keeps good and at least equal correlation with intra-examiner reliability; in our study, in some cases it has been even higher.
6. Of the three samples studied, the worst repeatability found is by TNO and RANDOT tests in presbyopes; thus, it is safe to say that the worse repeatability is, the poorer the stereoacuity.
7. Worse stereoacuity measures have been obtained by TNO test in all age groups.
8. In young adults without binocular disorders, tests with the highest intra- and inter-examiner repeatability also showed the highest between tests agreement. That is, highest agreement was found between RANDOT and FRISBY.
9. In children, agreement between TITMUS, RANDOT and TNO tests is not good; it is higher between TITMUS and TNO tests.
10. In near vision, the best agreement found in presbyopes has been between FRISBY and TITMUS tests.
11. In presbyopes, agreement between stereoacuity tests has been low, worst in all cases between TNO and the rests of tests.
12. Stereopsis range improves with child's development and, in adulthood, decreases with growing age; presbyopes have poorer distance- and near-stereopsis than young adults. This fact should be taken into account in order to prevent measure assessment errors. Decreased stereopsis is notably higher by TNO test.

13. Real-depth tests have shown the best performance not only in terms of intra- and inter-examiner but also as to agreement between study populations. However, this type of tests are the most difficult to administer and show an important ceiling effect in young adults.
14. Considering the greater execution difficulty by Frisby test and the ceiling effect by Frisby test in adults and by Titmus test in children, for clinical practice we recommend the use of the RANDOT test for children and young adults and of the FRISBY test for presbyopes.

REFERENCES

1. Montés-Micó R. *Optometría: Principios básicos y aplicación clínica*. Barcelona: Elsevier; 2011.
2. Simon JW. *Oftalmología Pediátrica y Estrabismo: Academia Americana de Oftalmología*. Madrid: Elsevier; 2007.
3. Wilson FM, Blomquist PH. *Oftalmología práctica*. Madrid:Elsevier; 2013.
4. Rutstein RP, Corliss DA. BVAT distance vs near stereopsis screening of strabismus, strabismic amblyopia and refractive amblyopia: a prospective study of 68 patients. *Binocul Vis Strabismus Q* 2000;15(3):229-36.
5. Rutstein RP, Furh P, Schaafsma D. Distance stereopsis in orthophores, heterophores and intermittent strabismics. *Optom Vis Sci* 1994;71(7):415-21.
6. Holmes JM, Birch EE, Leske DA, Fu VL, Mohny BG. New tests of distance stereoacuity and their role in evaluating intermittent exotropia. *Ophthalmology* 2007;114(6):1215-20.
7. Saladin JJ. Stereopsis from a performance perspective. *Optom Vis Sci* 2005;82:186-205.
8. Rutstein RP, Corliss DA. Distance stereopsis as a screening device. *Optom Vis Sci* 2000;77(3):135-9.

9. Rutstein RP, Daum KM. *Anomalies of Binocular Vision: Diagnosis & Management*. St Louis: Mosby; 1998.
10. Rutstein RP, Corliss R. Relationship between anisometropia, amblyopia y binocularity. *Optom Vis Sci* 1999;76:229-33.
11. Oguz H, Oguz V. The effects of experimentaly induced anisometropia on estereopsis. *J Pediatr Ophthalmol Strabismus* 2000;37:214-18.
12. Tomac S, Birdal E. Effects of anisometropia on binocularity. *J Pediatr Ophthalmol Strabismus* 2001;38:27-33.
13. Jiménez JR, Ponce A, del Barco LJ, Díaz JA, Perez-Ocón F. Impact of induced aniseikonia on stereopsis with random dot stereograms. *Optom Vis Sci* 2002;79:121-5.
14. Jani SN. The age factor in stereopsis screening. *Am J Optom Arch Am Acad Optom* 1966;43:653-7.
15. Heckman T, Schor CM. Is edge information for stereoacuity spatially channelled? *Vision Res* 1989;29:593-607.
16. Greene HA, Madden DJ. Adult age difference in visual acuity, stereopsis, and contrast sensivity. *Am J Optom Physiol Opt* 1987;64:749-53.
17. Adams AJ, Wong LS, Wong L, Gould B. Visual acuity changes with age: some new perspectives. *Am J Optom Physiol Opt* 1988;65:403-6.
18. Blakemore C. The range and scope of binocular depth discrimination in man. *J Physiol* 1970;211(3):599-622.
19. Schmidt PP, Maguire MG, Moore B, Cyert L. Testability of pre-schoolers on stereotests used to screening vision disorders. *Optom Vis Sci* 2003;80(11):753-7.
20. Morris H, O'Connor AR, Stephenson MG, Mitchell M, Price GJ, Anderson S. Clinical assessment of stereopsis and its functional significance. *Br Ir Orthopt J* 2005;2:8-14.
21. Hall C. The relationship between clinical stereotest. *Ophthal Physiol Opt* 1982;2:133-43.
22. Bullimore MA. The way you do the things you do. *Optom Vis Sci* 1998;75(10):707.

23. Julesz B. Foundations of cyclopean perception. Chicago: University Chicago Press; 1971.
24. Wright KH, Spiegel PH. Los Requisitos en Oftalmología. Oftalmología Pediátrica y Estrabismo. Madrid: Harcourt; 2001.
25. Saladin JJ. Phorometry and stereopsis. In: Benjamin WJ (ed), Clinical Refraction. Philadelphia: Saunders Company; 1998:p.724-773.
26. Leat SJ, St Pierre J, Hassan-Abadi S, Faubert J. The moving dynamic Random Dot Stereotest: Development, age norms, and comparison with the Frisby, Randot, and Stereo Smile tests. J Pediatr Ophthalmol Strabismus 2001;38(5):284-94.
27. Antona B. Tesis doctoral: Fiabilidad intraexaminador y concordancia de pruebas clínicas de evaluación de la visión binocular. Madrid: Universidad Complutense de Madrid; 2008:230.
28. Bland JM, Altman DG. Measurement in medicine: The analysis of method comparison studies. The Statistician 1983;32:307-317.
29. Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. Lancet 1986; 1(8476):307-10.
30. Bland JM, Altman DG. Comparing two methods of clinical measurement: a personal history. Int J Epidemiol 1995;24(suppl.1):S7-14.
31. Bland M. An Introduction to Medical Statistics. Oxford: Oxford University Press 1987.
32. Argimon JM, Jiménez J. Métodos de investigación clínica y epidemiológica. 3 ed. Madrid: Elsevier; 2004.
33. Heron G, Dholakia S, Collins D, McLaughlin H. Stereoscopic threshold in children and adults. Am J Optom Physiol Opt 1985;62:505-15.
34. Cooper J, Feldman JM, Medlin D. Comparing stereoscopic performance of children using the Titmus, TNO and Randot stereotest. J Am Optom Assoc 1979;50:821-5.

35. Yamada T, Scheiman M, Mitchell GL. A comparison of stereopsis testing between red/green targets and polarized targets in children with normal binocular vision *Optometry* 2008;79(3):138-42.
36. Holmes JM, Fawcett SL. Testing distance stereoacuity with the Frisby-Davis 2 (FD2) test. *Am J Ophthalmol* 2005;139(1):193-5.
37. Garnham L, Sloper JJ. Effect of age on adult stereoacuity as measured by different types of stereotests. *Br J Ophthalmol* 2006;90:91-5.
38. Lee SY, Koo NK. Change of stereoacuity with aging in normal eyes. *Korean J Ophthalmol* 2005;19(2):136-9.
39. Zaroff CM, Knutelska M, Frumkes TE. Variation in stereoacuity: normative description, fixation disparity and the roles of aging and gender. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2003;44(2):891-900.
40. Rubin GS, West SK, Munoz B, Bandeen-Roche K, Zeger S, Schein O, Fried LP. A comprehensive assessment of visual impairment in a population of older Americans. The SEE Study. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1997;38(3):557-68.

1. Introducción



1.1. ANTECEDENTES

La característica fundamental del tipo de visión binocular presente en los humanos es la visión estereoscópica⁴³. Los dos ojos reciben imágenes débilmente dispares de los objetos debido a la separación horizontal de ambos.

Hay tres requisitos fundamentales para la visión estereoscópica:

- Gran superposición binocular de los campos visuales monoculares
- Decusación parcial de las fibras visuales aferentes
- Coordinación de los movimientos conjugados de ambos ojos

Cualquier obstáculo que se interponga en el normal desarrollo visual en las primeras etapas de la vida se reflejará en el nivel de estereoagudeza alcanzado. La visión estereoscópica está ausente en pacientes con estrabismo, y es pobre o ausente en los casos de ambliopía. La estereopsis es un método útil para evaluar el nivel de visión binocular presente, especialmente en los niños.

Existen muchos tests para la evaluación de la capacidad estereoscópica y cada uno de ellos presenta sus propias ventajas e inconvenientes. Es importante conocer las limitaciones de cada test y los valores normales para cada grupo de edad. Generalizando al resto de aspectos presentes en la visión binocular podemos decir que para cada capacidad existe una amplia variedad de técnicas de medida, hasta el punto de que muchas veces en la práctica diaria nos preguntamos cuál de ellas es la más adecuada.



El punto de partida de esta línea de investigación iniciada por el Dr. Barra Lázaro y la Dra. Antona Peñalba fue una revisión bibliográfica donde se pudo comprobar la necesidad de estudiar todos estos aspectos para proporcionar al clínico información precisa y criterios claros y contrastados sobre los diferentes tests y técnicas disponibles. La Tabla 1 resume el trabajo de revisión sobre el estado del tema en el momento de su inicio

Además, tras revisar las publicaciones relacionadas se detectó una falta de coincidencia sobre la forma de abordar el análisis estadístico en este tipo de estudios.

Resulta obvia la conveniencia de realizar estudios cuyos resultados aporten información que permita determinar la prueba más adecuada para su uso clínico desde el punto de vista de su repetibilidad. Las características más importantes que se pueden encontrar en los artículos de investigación que describen la utilidad de una prueba clínica son su validez, su capacidad de discriminación y su repetibilidad intraexaminador e interexaminador¹. La prueba ideal debe tener buena repetibilidad, una buena validez, una buena capacidad discriminativa y ser fácil de administrar. De estos aspectos, la presente investigación, base de esta tesis doctoral se centró en determinar cuáles de las pruebas utilizadas para evaluar la estereoagudeza presentan una buena repetibilidad intraexaminador e interexaminador.

La atención clínica en Optometría se realiza mediante la entrevista, la observación y las pruebas clínicas. Las características más importantes a tener en cuenta al aplicar las pruebas son su repetibilidad, su validez y su capacidad discriminativa, siendo de todas ellas la más importante la repetibilidad porque influye en las demás: las pruebas deben tener alta repetibilidad para que puedan ser válidas y para que tengan buena capacidad de discriminación.



Tabla 1. Estado del tema al inicio de la línea de investigación

Fuente³⁰: Tesis doctoral Antona, B.

HABILIDAD ESTUDIADA	PUNTO DE PARTIDA LINEA DE INVESTIGACION
AMPLITUD DE ACOMODACIÓN	<ul style="list-style-type: none">No hay trabajos previos que utilicen los métodos estadísticos recomendados para estudiar la repetibilidad con lentes negativasLa técnica de acercamiento sólo se ha analizado de forma correcta en niñosNo hay estudios de concordancia que apliquen el análisis estadístico adecuado
FLEXIBILIDAD ACOMODATIVA	<ul style="list-style-type: none">No hay trabajos previos que utilicen la metodología recomendada
RETRASO ACOMODATIVO	<ul style="list-style-type: none">Ha sido un aspecto algo más estudiado y se han encontrado trabajos previos de los distintos métodos excepto de la prueba de los cilindros cruzados fusionados (CCF)
ACOMODACIÓN RELATIVA	<ul style="list-style-type: none">No hay ningún trabajo que estudie la repetibilidad de estas pruebas
DESVIACIÓN OCULAR	<ul style="list-style-type: none">Muchos estudios en últimos 50 añosFalta de homogeneidad metodológica en la comparación de resultados
RESEVAS FUSIONALES HORIZONTALES	<ul style="list-style-type: none">Sólo se han aplicado los métodos estadísticos recomendados en la medida del punto de rotura base externa con diasporámetro y del PPC con niñosNo se ha estudiado la medida base interna, ni el emborronamiento o el recobro base externaNo se ha estudiado la medida de reservas fusionales con barra de prismas.No hay estudios de concordancia
FLEXIBILIDAD DE VERGENCIAS	<ul style="list-style-type: none">Sólo se ha realizado un análisis estadístico correcto en presbítas.
ESTEREOAGUDEZA	<ul style="list-style-type: none">No hay estudios de repetibilidad intra-examinador para el test TNO ni para el test de Titmus.No hay estudios de concordancia que apliquen el análisis estadístico adecuado.



Los estudios de repetibilidad²⁵ aportan información importante tanto para los clínicos como para los investigadores. Gracias a ellos, el clínico conocerá las limitaciones de sus medidas y estará más orientado a la hora de adquirir futuros instrumentos y al elegir las técnicas más idóneas en su práctica diaria. Por su parte, los investigadores elegirán las pruebas más adecuadas al planificar sus investigaciones. Los resultados de un estudio de repetibilidad permiten a unos y otros darse cuenta de que unas técnicas o sistemas de medida son más adecuadas que otras y que su modo tradicional de hacer las cosas no siempre es el mejor.

Existen, al menos, cuatro áreas en las que la evaluación del cambio en los resultados de las pruebas puede ser importante en la toma de decisiones clínicas:

- (1) La detección de enfermedades
- (2) El control de la remisión o de la progresión de la enfermedad
- (3) El control del efecto de los tratamientos
- (4) La evaluación de las diferencias en el desempeño bajo diferentes condiciones de prueba⁴⁴.

Revisando las publicaciones del área biosanitaria se observa que cada vez existen más estudios sobre la repetibilidad de los tests. Sin embargo, en el ámbito de las anomalías binoculares no existen muchos trabajos, no hay siempre consenso entre sus conclusiones y sólo recientemente están analizándose los datos con las técnicas estadísticas adecuadas. Fruto de esta situación surgió la idea de plantear este estudio, continuación de la tesis doctoral de la Dra. Antona³⁰, cuyos objetivos se plantean más adelante.



1.2. CONCEPTO DE ESTEREOAGUDEZA

1.2.1. DEFINICIÓN

La visión estereoscópica se define como la visión que resulta de la capacidad del sistema visual de obtener información de la posición en profundidad de los objetos a partir de la disparidad binocular². Gracias a la estereoagudeza percibimos imágenes en tres dimensiones ya que se trata de un ordenamiento subjetivo de los objetos visuales en profundidad⁵. Corresponde al nivel más alto posible de la visión binocular.

*Tabla 2. Niveles de binocularidad, de mayor a menor
Fuente⁴⁵: R. Martín, G. Vecilla. Manual de Optometría*

Nivel 1	Estereopsis	Percepción tridimensional
Nivel 2	Fusión plana	Fusión de imágenes y campos sin estereopsis
Nivel 3	Visión simultánea	Visión binocular sin fusión
Nivel 4	Supresión	Fijación monocular

El sistema visual es capaz, tanto de tener una impresión visual única de su entorno a partir de las dos imágenes retinianas, como de compararlas para computar distancias, espesores, profundidad y dimensiones a partir de la información de disparidad binocular.

La estereopsis no debe considerarse como una forma de fusión simple⁵. Aparece cuando la disparidad de las imágenes retinianas es demasiado grande para



permitir la simple superposición o fusión de las dos direcciones visuales, pero no es lo suficientemente grande para producir diplopía. Cuando se trata de fusionar dos imágenes o puntos dispares, si la disparidad retiniana de las imágenes es temporal con respecto al centro de cada fovea, la imagen estereoscópica aparecerá más cerca, mientras que si dicha disparidad es nasal, la imagen estereoscópica será vista más lejos. Si la disparidad llega a ser demasiado grande, las imágenes no podrán ser fusionadas y serán vistas con diplopia. Sin embargo, si la disparidad no es demasiado grande las imágenes pueden ser fusionadas, incluso cuando no caen exactamente sobre puntos retinianos correspondientes. Esto es debido a la disparidad permitida por las Áreas de Panum⁴⁶. Este fenómeno es el responsable de la estereopsis.

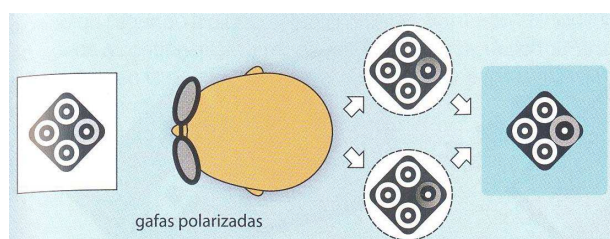


Figura 1. Percepción tridimensional
Fuente⁴⁵: R. Martín, G. Vecilla. Manual de Optometría

No es un término que deba considerarse como sinónimo de percepción de profundidad, ya que existen pistas monoculares⁴⁷ que contribuyen a esta sensación. Estas pistas son el solapamiento de objetos, el tamaño relativo del objeto, las luces y las sombras, el paralaje del movimiento y la perspectiva. Sin embargo, para que exista estereopsis debe haber disparidad retiniana horizontal de las dos imágenes. Así, el encéfalo interpreta la disparidad nasal entre dos imágenes retinianas similares como más alejadas del punto de fijación y la disparidad temporal como más cercanas. A distancias superiores a 6 metros ya la percepción de la profundidad se basa en pistas monoculares.



Dicha capacidad se mide mediante la agudeza visual estereoscópica AVE, también llamada estereoagudeza y se define como el umbral de discriminación de profundidad expresado angularmente, es decir, es la mínima disparidad binocular que puede percibir un observador. El valor mínimo de disparidad binocular coincidirá con la mínima distancia que tenemos que separar dos objetos para verlos separados y con profundidad. Según esta definición, hay que hacer notar que cuanto más bajo es el valor numérico de la estereoagudeza, mejor es la capacidad estereoscópica, ya que la disparidad binocular que puede ser detectada por el sujeto es menor y la separación angular que puede haber entre dos puntos para que sean percibidos como distintos y vistos con profundidad será menor.

El valor promedio medido para la mayoría de la población² oscila entre 10 y 30" (segundos de arco) pudiéndose considerar como normales valores de hasta 40".

Aunque habitualmente la estereopsis se mide en visión próxima VP, también puede medirse en lejos VL^{5, 6} usando diferentes tests. Las medidas de la estereoagudeza en lejos pueden ser útiles para vigilar el control de la exotropía intermitente^{5, 7-9}.

1.2.2. UTILIDAD CLINICA DE LA ESTEREOPSIS

Desde el punto de vista clínico, la utilidad de la medida de la estereoagudeza radica en que es un buen indicativo del estado de la visión binocular del sujeto estudiado. Por esta razón se la considera como un barómetro de la binocularidad¹⁰. La máxima capacidad se alcanzará en sujetos sin alteraciones de la visión binocular, y se verá afectada en los casos de estrabismo, ambliopía, tanto estrábica como refractiva¹¹ y anomalías binoculares^{2, 12}. También se encontrará



reducida en los casos de anisometropía¹³⁻¹⁵ y aniseiconia^{16, 48-50}. Los estereotests, de manera indirecta, se utilizan para medir la supresión¹². Así, entre los factores que pueden afectar a la estereoagudeza se encuentran los errores refractivos no compensados, la mala agudeza visual, los problemas de fusión sensorial o motora y la edad^{10, 17-20}. La existencia de un error constante en las vergencias implica que puede haber disparidad de fijación y también hace que disminuya la estereopsis, ya que se ha demostrado que existe una relación muy directa de ésta con la estereoagudeza^{10, 21}. Todos los cambios en la estereopsis no son necesariamente causados por la disparidad de fijación DF, pero cuando la disparidad de fijación está afectada, la estereopsis está afectada.

La cantidad prismática necesaria para eliminar la disparidad de fijación se denomina foria asociada. También se ha demostrado⁵¹ que a medida que la foria asociada aumenta, la AVE disminuye, tanto si se trata de la medida con disparidad cruzada como si se mide con disparidad descruzada. Selwyn⁵² concreta aún más, indicando que afecta en mayor grado a la medida con disparidad no cruzada con los tests que empleó en su estudio.

Por la misma razón, un estado inadecuado de la acomodación afecta directamente a la estereoagudeza¹⁰, ya que el efecto de la borrosidad pone en marcha los sistemas de enlace entre la acomodación y la disparidad, modificando las vergencias y por tanto la estereopsis.

Otra importante aplicación clínica de la medida de la AVE es la realización de cribajes^{10, 11, 53, 54}. Existen suficientes evidencias en la literatura sobre la utilidad de la medida de la AVE en las tareas de screening^{10, 11, 22}. Autores como Rutstein¹¹ o Schimdt²² han demostrado con sus trabajos que dichos tests tienen un buen potencial como herramientas de screening, incluso en la medida de estereopsis en visión lejana. Cuando se usan con este fin, la elección del test es una consideración importante²³, ya que debe usarse un test efectivo que discrimine lo



que es normal de aquello que señala un problema binocular. El propósito de un screening visual es identificar y no necesariamente diagnosticar un problema. De ahí la importancia de la elección^{23, 55-57}, para evitar remisiones innecesarias minando así la credibilidad y validez del screening. Esto viene a subrayar aún más la importancia de la precisión en la medida de la estereopsis.

Al revisar la literatura, queda claro que los distintos estudios utilizan distintos puntos de corte para clasificar una anomalía, creando así dificultades para evaluar la eficacia de un programa de screening particular. Y es porque se ha demostrado que los umbrales de estereoagudeza en sujetos individuales pueden variar mucho entre distintos tests. Hall²⁴ demostró que existía una débil correlación entre los diferentes estereotests y por ello se recomienda que para medir un cambio real en la estereoagudeza se use siempre el mismo test, de visita en visita²³. Esto nos viene a decir que es importante utilizar tests de medida que presenten una buena repetibilidad inter e intraexaminador.

Según lo descrito, la utilidad clínica de la AVE es evidente. La existencia de una buena función binocular, en particular, de una buena estereopsis, proporciona una mejor calidad de la función visual, y por tanto es beneficiosa en nuestra vida diaria. Sin embargo, en el día a día los beneficios funcionales de una buena estereopsis no han sido siempre valorado lo suficiente, quizá porque el impacto real de la pérdida de estereoagudeza en la vida diaria puede ser mínimo^{50, 58}.

La pérdida, la disminución o el deterioro de la estereopsis no implica dolor de cabeza, diplopia, visión borrosa ni otros síntomas que resulten molestos al sujeto afectado⁵⁰. Además la evidencia sugiere que es posible adaptarse a la pérdida de estereopsis.

No obstante, existen una serie de actividades de la vida cotidiana que son mucho más efectivas cuando se realizan binocularmente^{23, 50}. Estudios realizados



comparando el comportamiento de adultos con visión mono y binocular en tareas de uso diario, han concluido que los sujetos que realizaban las tareas en binocular eran significativamente más rápidos⁵⁹ y más exactos⁶⁰ que los que las realizaban monocularmente. Los trabajos de Kulp et al.⁵³ son también un buen soporte a favor de los beneficios de una buena estereoagudeza. Concluyen que tener un buen grado de estereopsis incide de forma favorable sobre el nivel académico, en lectura, matemáticas y escritura.

Una buena capacidad estereoscópica también puede favorecer un mejor rendimiento deportivo⁵⁴ y tener un impacto positivo en la conducción de vehículos⁶¹. Un alto nivel de AVE es un requerimiento legal para obtener la licencia en el caso de los pilotos.

Existe una gran variedad de tests para la medida de la AVE, que se describirán más adelante, pero la mayoría de ellos ha sido desarrollado para la detección de ambliopías y estrabismos en edades tempranas. A pesar de todas las aplicaciones clínicas descritas, los tests de medida de la estereoagudeza habitualmente se utilizan en la práctica clínica para identificar anomalías binoculares tales como tropías, ambliopías y alteraciones binoculares^{23, 62} y su uso está muy extendido en la población infantil, ya que no siempre los niños colaboran en pruebas más largas y complejas y la evaluación de la estereoagudeza aporta mucha información al clínico. Por esta razón muchos de los estudios normativos publicados han sido realizados con niños⁶³.

1.2.3. DESARROLLO DE LA ESTEREOAGUDEZA

Al nacer la agudeza visual es muy deficiente²⁷, encontrándose el rango normal entre percibir el movimiento de las manos y contar dedos. Esta mala visión se



debe sobre todo a la inmadurez de los centros visuales encefálicos, entre ellos, el núcleo geniculado lateral NGL y la corteza estriada. Al cabo de poco tiempo, la estimulación de la retina con las imágenes formadas favorece la desaparición de algunas conexiones corticales y el desarrollo de otras y así comienza a mejorar la agudeza visual.

Entre las 6 y 8 semanas de vida ya se ha establecido la fijación foveal central junto con los seguimientos suaves. De esta manera, la función visual evoluciona con rapidez durante los dos primeros meses de vida y esa fase se conoce como *periodo crítico* del desarrollo visual. Para llegar a conseguir una agudeza visual de alta resolución se requiere que el niño reciba imágenes retinianas nítidas que favorezcan ese desarrollo normal. La estimulación visual anormal durante ese periodo puede producir un daño permanente al obstaculizar la formación de imágenes nítidas y, por tanto, el correcto desarrollo. Esto conduce a la ambliopía, popularmente denominada ojo vago, con la consiguiente pérdida de agudeza visual estereoscópica.

La agudeza visual mejora más lentamente después del periodo crítico, llegando a ser de 20/30 hacia los 3 años.

La fijación central y los seguimientos suaves marcan hitos importantes en el proceso de desarrollo visual normal. La mayoría de los lactantes logran fijación central y seguimientos suaves precisos a los 2 ó 3 meses de edad. Una mala fijación a los 5 ó 6 meses suele ser patológica y debe ser objeto de una revisión exhaustiva para descartar anomalías de la vía visual aferente o la vía motora²⁷. Una ventaja importante es que en el niño es bastante probable que las áreas de Panum estén exageradas durante la primera infancia⁶⁴ y luego se estrechen. De esta manera, el sistema visual en desarrollo se ve libre del peligro de supresión durante la fase de menor control oculomotor.



Paralelamente a la mejora de la visión monocular se produce el desarrollo de la visión binocular, gracias a la intervención de ambos ojos. Las fibras del nervio óptico procedentes de la porción nasal de la retina cruzan al otro lado de la línea media en el quiasma, para unirse a las fibras nerviosas retinianas temporales procedentes del otro ojo. Ambos grupos de fibras se proyectan hacia el núcleo geniculado lateral y la corteza estriada. En la corteza estriada, la vía aferente conecta con células corticales binoculares que responden a la estimulación procedente de cualquier ojo y con células corticales monoculares que sólo responden a la estimulación procedente de uno de los dos ojos.

En el humano, aproximadamente el 70% de las células de la corteza estriada son binoculares. Y son estas células corticales binoculares junto con las neuronas de las áreas de asociación visual del encéfalo las que hacen posible la visión binocular única con estereopsis. Para que se produzca un desarrollo visual binocular normal es indispensable que exista estimulación retiniana igual para ambos ojos y alineación ocular correcta, es decir que no exista estrabismo.

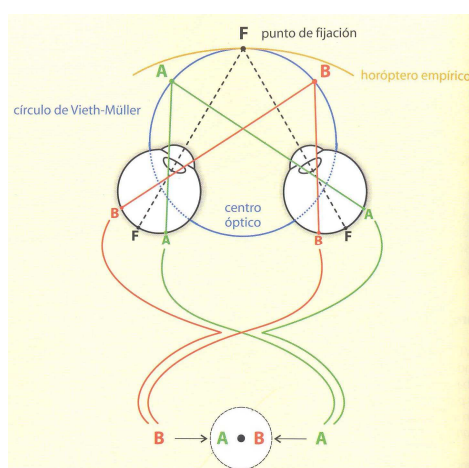


Figura 2. Las vías visuales
Fuente⁴⁵: R. Martín, G. Vecilla. *Manual de Optometría*



Se ha demostrado presencia de visión binocular y fusión entre los 1,5 y los 2 meses de edad, mientras que la estereopsis se desarrolla más tarde, entre los 3 y los 6 meses de vida^{27, 45, 65}. Según Edwards⁶⁴ la disparidad cruzada se manifiesta antes que la homónima, probablemente porque contribuye a separar los objetos que se quieren enfocar del fondo, lo que indica que ambas disparidades dependen de mecanismos distintos.

Tabla 3. Edad a la que se desarrollan las capacidades de la visión binocular
Fuente²⁷: K. Wright, P. Spiegel. *Oftalmología Pediátrica y Estrabismo*

Desarrollo visual normal	Edad
Presencia de reacción pupilar a la luz	30 semanas de gestación
Respuesta de parpadeo a la amenaza visual	2-5 meses
Fijación bien desarrollada	2 meses
Seguimientos suaves bien desarrollados	6-8 semanas
Sacádicos bien desarrollados	1-3 meses
Nistagmus optocinético	<ul style="list-style-type: none">• Presente en el nacimiento• Respuesta en monocular temporal a nasal mejor que nasal a temporal hasta 2-4 meses
Acomodación	4 meses
Estereopsis bien desarrollada	3-7 meses
Sensibilidad al contraste bien desarrollada	7 meses
Alineación ocular estable	1 mes
Maduración foveal completa	4 meses
Mielinización del nervio óptico completa	7 meses a 2 años

Aunque la descripción de los distintos tipos de estereotests se realizará más adelante, conviene anticipar en este capítulo del desarrollo visual del niño que,



según Heron et al.³⁵ en un estudio realizado con 369 niños de entre 3 y 7 años, el valor de la estereoagudeza mejora con la edad del niño, a la vez que se completa el desarrollo del sistema visual del mismo, y concluye que los niños alcanzan unos valores similares a los de los adultos a los 7 años con los tests de Randot y Titmus y a los 5 años con el TNO.

Un amplio estudio realizado en 2008 por Tarczy-Hornoch et al.⁶⁶, con el grupo MEDEPS (Grupo de estudio de enfermedades del ojo multiétnico pediátrico) utilizando el test de Randot Preschool en 3132 niños afroamericanos e hispanos con edades comprendidas entre 30 y 72 meses, encontró que entre los 3 y los 4 años, la capacidad de realizar correctamente los tests aumenta notablemente. Además, a mayor edad mejor es la AVE. No encontraron diferencias significativas entre las distintas razas pero las estereoagudezas medidas en las niñas eran levemente mayores que en los niños en grupos de la misma edad cronológica. Estos resultados coinciden con los encontrados en 1997 por Birch⁶⁷. Este patrón se encuentra seguramente relacionado con una maduración de la capacidad de atención y de las habilidades cognitivas que se precisan para poder realizar este estereotest⁶⁶. Hay que matizar aquí que la edad cronológica no siempre va en consonancia con la edad mental del niño y por consiguiente con su capacidad para prestar atención, entender y colaborar en la tarea que se le presenta. Además, medir la estereopsis en niños presenta la dificultad de que se está midiendo un sistema binocular en desarrollo y eso produce una gran variabilidad en los resultados.

En la presente investigación, como se verá más adelante, se ha trabajado con una muestra de 100 niños, pero todos ellos tenían la misma edad, 6 años.



1.2.4. FACTORES QUE AFECTAN A LA AVE

Con un solo ojo se puede tener percepción de la profundidad, aunque ésta nunca será tan buena como la obtenida binocularmente². Esta percepción de la profundidad conseguida de forma monocular se logra a través de información de origen fisiológico o bien aprendido por la experiencia y se conoce como pistas monoculares. Así, se llaman pistas monoculares primarias las que hacen uso de la información fisiológica y se denominan pistas monoculares secundarias las que son consecuencia de la información adquirida por el sujeto a través de la experiencia^{2, 47}.

Las pistas monoculares primarias son la acomodación y la convergencia.

Entre las pistas monoculares secundarias se pueden citar:

- **Perspectiva geométrica:** la imagen de dos líneas paralelas, como por ejemplo las vías del tren, que parecen converger en el horizonte produce la sensación de profundidad. A mayor distancia, mayor convergencia.
- **Difusión atmosférica:** La densidad de la atmósfera hace que un objeto, a medida que se va alejando se distorsione y emborrone. Además la luz se desvía en función de su longitud de onda, siendo la azul la más desviada y por ello un objeto que se aleja, además de distorsionarse, tiende a azularse.
- **Superposición de imágenes:** Si un objeto solapa a otro en el campo visual se interpreta como que está delante de éste. Cuando dos imágenes están una al lado de la otra no tenemos información de las distancias, pero cuando una solapa a la otra se asigna una información de profundidad relativa entre ellos.



- **Distribución de luces y sombras:** Cualquier objeto no transparente y con volumen proyecta sombras que dependen de la posición de la fuente de luz. Así, localizando las sombras situaremos el foco de luz y con ello recibiremos información de la posición de los objetos. La distribución de luces y sombras contribuye a generar sensación de profundidad. En esto se basa la técnica del claroscuro utilizada por los pintores.
- **Tamaño aparente del objeto y constancia del tamaño:** Un objeto, a medida que se va alejando, subtende un ángulo menor en la retina. Así, el efecto producido es que las imágenes retinianas de objetos lejanos son mucho más pequeñas que las de objetos cercanos.
- **Gradiente de texturas:** Cualquier objeto reconocible por el sistema visual que contenga un patrón repetitivo se puede clasificar como textura. Dicha textura, a medida que se va alejando del observador, se va haciendo más fina, dando así la sensación de profundidad.
- **Paralaje de movimiento:** Se basa en la velocidad relativa de los objetos. Al mover la cabeza o el cuerpo hacia un lado u otro, las imágenes proyectadas por los objetos presentes en el campo visual se mueven en la retina. Los objetos más cercanos parecen moverse más rápido y en sentido contrario a nuestro movimiento y los más alejados mas lentos.

Estas pistas monoculares actúan de manera conjunta con la estereopsis generando a veces confusión.

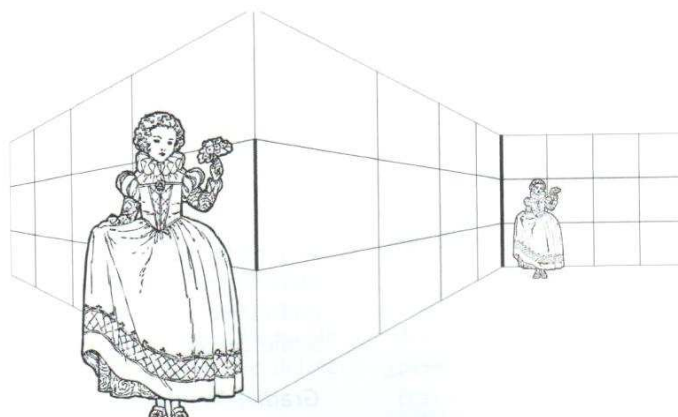


Figura 3. Pistas monoculares secundarias: tamaño aparente del objeto, constancia del tamaño y gradiente de texturas
Fuente²: Montés-Micó, R. Optometría: principios básicos y aplicación clínica

Pero cuando la visión estereoscópica desaparece, el sujeto, mediante su aprendizaje previo, se va adaptando a esta forma de percepción de la profundidad y por ello a veces, el impacto real de la pérdida de la capacidad estereoscópica no es demasiado grave⁵⁰ en un adulto, si bien hay evidencias⁵⁰ de que muchas funciones de la vida diaria mejoran con la percepción estereoscópica binocular.

1.2.5. TIPOS DE TESTS DE ESTEREOPSIS

En la actualidad existen en el mercado muchos tests para la medida de la estereoagudeza, pero todos ellos se pueden enmarcar en 3 tipos distintos, según su diseño:

1. Estereogramas locales o de contornos: en ellos se crea profundidad al introducir una disparidad horizontal en los contornos o límites de las imágenes vistas con cada ojo. Los tests de contornos son más fáciles de



percibir pero tienen un inconveniente y es que presentan pistas monoculares, de manera que puede haber respuestas positivas incluso en sujetos que se sabe no tienen estereopsis por presentar una supresión evidente⁶⁸. Por la misma razón puede sobrestimar el nivel de estereoagudeza medido⁶⁸⁻⁷⁰.

A este grupo pertenece el test de Titmus, el que, a pesar de los mencionados inconvenientes, ha sido el más ampliamente utilizado, si bien la aparición de nuevos diseños ha ido poco a poco desplazando su uso por ser cuestionada su validez^{36, 71}.

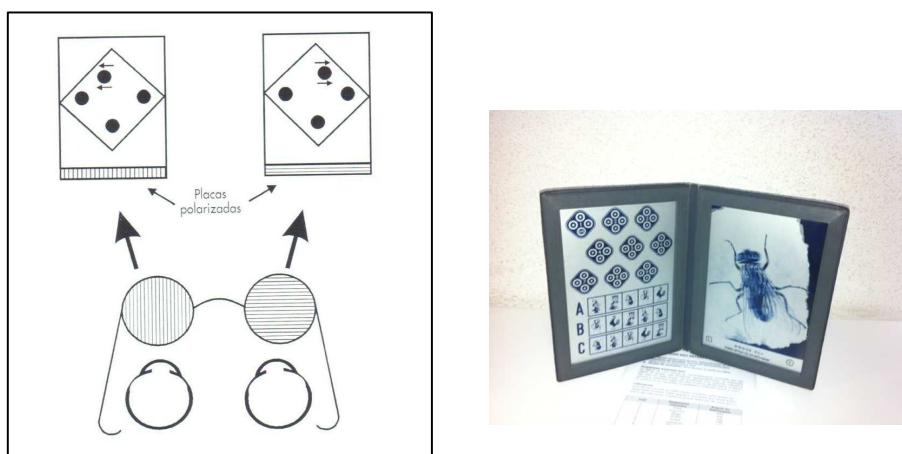


Figura 4. Esquema del diseño y modelo de un estereotest de contornos
Fuente²⁷: Wright & Spiegel: Oftalmología Pediátrica y Estrabismo

2. Estereogramas globales o de puntos aleatorios: son mucho más sensibles que los tests de contornos. Fueron introducidos por Julesz²⁶. Este tipo de test consiste en dos placas de puntos presentados al azar, idénticas excepto en que los puntos están desplazados horizontalmente una placa con respecto a la otra. Cuando se ven con filtros polarizados los puntos de una placa se perciben con un ojo y los puntos de la otra placa se ven con el



otro ojo. La disparidad retiniana de los puntos desplazados produce la percepción estereoscópica²⁷.

Si los puntos están desplazados en sentido nasal, la figura se apreciará como si se sobreelevara sobre la página, mientras que si el desplazamiento de los puntos es en sentido temporal las figuras parecen hundirse en la página. Este tipo de tests no aporta ninguna pista monocular y por ello se obtienen pocas respuestas falsas positivas. Los tests de puntos al azar son propuestos como muy indicados para la medida de la estereoagudeza porque la profundidad puede sólo ser percibida mediante la detección de disparidades entre grupos de puntos aleatorios presentados a los dos ojos, y no presentan pistas monoculares³⁹.

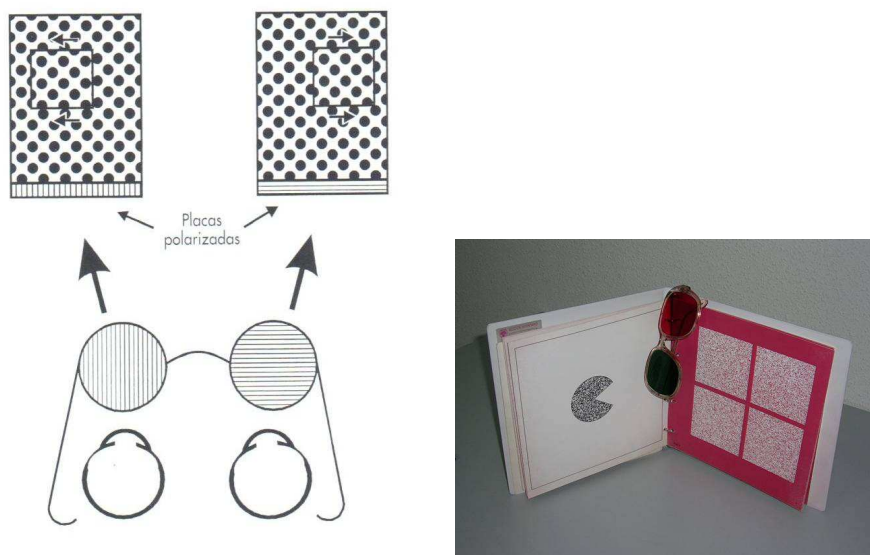


Figura 5. Esquema del diseño y modelo de un estereotest de puntos aleatorios
Fuente²⁷: Wright & Spiegel: Oftalmología Pediátrica y Estrabismo.

Un inconveniente de los tests de puntos randomizados es que, a veces, cuando se aplican a niños les resulta difícil entender la prueba y pueden dar



respuestas anotadas como falsos negativos. Además, la percepción de una figura de puntos aleatorios en los tests de estereopsis no es inmediata²² y requiere un breve periodo de atención sobre las figuras. Si el estímulo no llama la atención del niño puede dar también falsos negativos por falta de colaboración.

Pertencen a esta categoría los tests de Randot, Random-dot estereotests, Randot Preschool, TNO, Lang I y II.

3. Tests de profundidad real: en estos tests la profundidad se crea mediante una separación real por lo que no es necesario el uso de ningún tipo de filtro disociante ya que las imágenes son vistas por ambos ojos. Por ello son menos artificiales. También presentan pistas monoculares, como el paralaje y las sombras⁶². El test de Frisby pertenece a este grupo. Estudios realizados, tanto en adultos como en niños, han concluido que cuando se minimizan las pistas debidas al paralaje, el test de Frisby no puede ser pasado de forma monocular²³.

Otro aspecto importante a valorar cuando se habla de tipos de tests de estereoagudeza es el tipo de filtros que utilizan para provocar la disociación. En los tests de profundidad real ya se ha dicho que no hacen falta filtros, si bien en los tests locales o de contornos se deben emplear filtros polarizados. También se usan estos filtros polarizados en la mayoría de los tests de puntos aleatorios, excepto en el TNO que se realiza con filtros anaglifos rojo-verde.

Según Yamada³⁷ uno de los inconvenientes que presentan los tests de estereopsis que precisan filtros polarizados, cuando se usan conjuntamente con prismas plásticos para neutralizar un ángulo de desviación, es que pueden dar errores de medida. Propone en estos casos, como alternativa, el uso de tests con filtros anaglifos, que además son menos costosos.



Sin embargo, se ha comprobado que la disociación mediante anaglifos puede mejorar o degradar de manera artificial la visión binocular. En el estudio realizado por Simons et al.⁷² varios pacientes afectados de anisometropía y/o ambliopía demostraron tener valores de estereopsis anormalmente alta medida con TNO. Esto sucedía cuando se medía colocando el filtro de forma que el ojo afecto veía la parte verde del test, debido al parecer al mayor contraste de la mitad verde con respecto a la roja que hace mejorar la estereoagudeza.

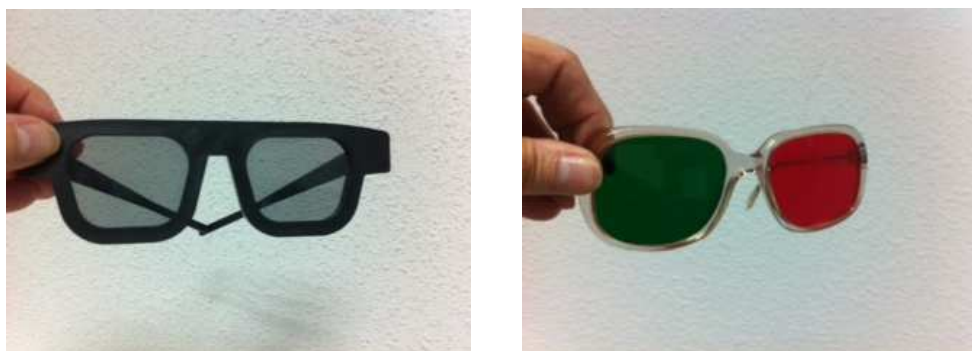


Figura 6. Filtros polarizados (izquierda) y anaglifos (derecha) usados con tests de Estereoagudeza

Como se desprende de la lectura de todo lo anterior, debido a las diferencias entre los muchos tests y las limitaciones de cada uno de ellos, comparar los resultados entre los distintos tests resulta muy difícil. Los resultados están condicionados por muchos factores^{28, 29}, tales como:

- El diseño del tests
- Las condiciones de aplicación del test, iluminación, contraste,
- Tipo de filtro requerido
- Colaboración del sujeto
- Criterio umbral elegido.



En esta tesis doctoral se ha querido hacer una caracterización global de los estereotests, evaluando la repetibilidad intra e interexaminador, y la concordancia de unos tipos de tests y otros en una población de adultos jóvenes y niños, así como iniciar el estudio de dicha evaluación en una muestra de presbitas. La literatura existente indica que las medidas de la estereoagudeza se verán disminuidas^{10, 39-41, 73, 74} en sujetos presbitas.

1.2.6. EL GOLD ESTÁNDAR: TEST DE HOWARD-DOLMAN

El método de Howard-Dolman^{2, 46} se considera como el Gold Estándar de los tests de medida de la AVE, siendo de los más fiables y seguros². El método consiste en un equipo que contiene dos varillas negras verticales de iguales características vistas sobre un fondo blanco, separadas a una distancia fija, que son observadas a través de una rendija horizontal. Dicha apertura sirve para que el sujeto vea únicamente la parte central de las varillas evitando así que se fije en la parte superior o inferior. De esta manera se consigue eliminar las pistas monoculares.

El observador debe mover las varillas hasta que las considere equidistantes. Durante el proceso de medida no puede mover la cabeza, para evitar el error de paralaje. El error que cometa en esta maniobra se relaciona directamente con la mínima separación que tiene que existir entre los dos estímulos para que se aprecie profundidad.

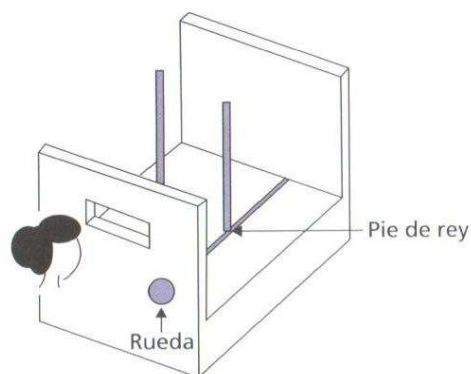


Figura 7. Esquema del test de Howard-Dolman
Fuente²: Montés-Micó, R. Optometría: principios básicos y aplicación clínica

Los valores que se obtienen mediante este sistema de medida son excelentes, lo que indica que los valores de estereoagudeza pueden llegar a ser de apenas unos segundos de arco. Según Saladin¹⁰ un adulto con un sistema binocular normal puede alcanzar un valor de AVE de 14" o mejor. La distancia de medida comprende desde el observador hasta los 6 metros.

El error de distancia es determinado mediante el promedio de varias medidas. La desviación estándar de la media representaría un índice válido de estereoagudeza.

Para realizar correctamente el examen deberían tomarse unas 15 medidas⁴⁶. Para trabajar con el test de Howard Dolman se precisa de un equipo complejo, se realiza a distancia y requiere mucho tiempo por los cálculos matemáticos, lo que hace que no se utilice en clínica con pacientes.



Tabla 4. Valores de estereoagudeza con el test de Howard-Dolman
Fuente⁷⁵: Griffin JR, Grisham JD. *Binocular anomalies: Diagnosis and vision therapy*

Test de Howard-Dolman para Estereopsis a 6 metros.	
<u>Error de alineamiento (mm)</u>	<u>Estereoagudeza (seg. arco)</u>
5	2
10	3
20	7
30	10
40	13
50	16
60	20
80	26
100	3
200	66
300	99
400	132
500	165

Se considera DIP estándar de 60 mm
Los valores de estereoagudeza se calculan con la siguiente fórmula:

$$AVE = \text{DIP} (x) / (d^2 \times 206,000)$$

AVE: estereopsis en segundos de arco
DIP: distancia interpupilar en mm.
x: error de alineamiento en mm.
d: distancia del paciente a las varillas en mm.

1.2.7. ENUMERACION DE LOS TESTS USADOS EN ESTA INVESTIGACION

En el presente estudio se ha querido evaluar los tests que más se utilizan en la clínica diaria. Por ello, para las muestras de adultos jóvenes y presbitas se han usado los tests de:

- Randot
- Titmus



- TNO
- Frisby para VP
- Frisby-Davis 2 también llamado FD-2 para VL

En la muestra de niños se omitió la presentación del test Frisby-Davis 2 (FD-2) para VL y del test de Frisby debido a que al ser tests de profundidad real implican una mayor dificultad de realización y comprensión. También se intentó evitar que el efecto del cansancio pudiera afectar a los resultados ya que su aplicación requiere más tiempo que cualquiera de los otros tres.

Por tanto, en la muestra de población infantil se emplearon los tests de :

- Randot
- Titmus
- TNO

1.2.8. DESVENTAJAS COMUNES DE LOS TESTS DE ESTEREOPSIS

Cuando se estudian las publicaciones sobre los tests de medida de la AVE se encuentran resultados dispares de medida entre los distintos autores para los mismos tests. Y es que factores tales como la iluminación, la distancia de trabajo o la duración de la presentación del test al sujeto, influyen mucho en la toma de medida².

De forma general, los tests impresos presentan una serie de desventajas⁷⁶ comunes a todos ellos que se revisan a continuación:



1. Resulta difícil controlar parámetros como la iluminación, distancia de fijación, instrucciones del examinador.
2. El diseño de los tests utiliza escalones de disparidad binocular concretos, que en realidad no permiten medir el umbral exacto de AVE, si no clasificar al sujeto dentro de un intervalo de AVE.
3. La toma de medidas con la visión disociada no es una situación binocular normal, y no siempre los valores obtenidos coinciden con los que se toman con tests que no precisan filtros disociantes.

1.3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Medir es asignar valores a una variable. Hay variables llamadas objetivas que son sencillas de medir y dejan poco margen a la interpretación del sujeto o del investigador. Sin embargo, muchos de los problemas que se investigan en ciencias de la salud son variables denominadas subjetivas ya que la participación activa en la respuesta del sujeto es grande. En cualquier estudio, el equipo investigador debe asegurar la validez y la fiabilidad de las medidas que utiliza⁷⁷.

Un proceso debe ser fiable, es decir, la repetición de las medidas de la misma magnitud debe producir resultados iguales o muy similares. Y así, se puede decir que una medición es fiable si la variabilidad en mediciones sucesivas se mantienen dentro de unos márgenes razonables⁷⁸.

La validez indica el grado en que el valor que se obtiene con el proceso de medida se corresponde con el verdadero valor de la variable, mientras que la fiabilidad expresa el grado en que se obtienen valores similares al aplicar el proceso de



medida en más de una ocasión. Es sinónimo de precisión. Cuanto menor sea la variabilidad que se obtenga al repetir una medida, más fiable será el estudio, si bien, que una medida sea muy precisa no significa que sea válida, puesto que un error sistemático de medida puede ser arrastrado en las distintas mediciones. Y de hecho, así se ve que ocurre con los tests de estereopsis al comparar sus medidas con los valores de estereoagudeza que se pueden determinar con el test *gold estándar* Howard-Dolman.

En ciencias de la salud se realizan a menudo estudios para evaluar la fiabilidad de un cuestionario, de un instrumento o de una técnica de medida, o para ver si dos observadores distintos concuerdan al medir una determinada variable.

Cuando se evalúa la fiabilidad de una medida deben estudiarse diferentes aspectos⁴:

- **Repetibilidad de la medida:** se debe aplicar el método de medida de la misma manera a los mismos sujetos en dos o más momentos de tiempo (fiabilidad test-retest). O lo que es lo mismo, se evalúa el acuerdo entre dos medidas de un mismo método.

Se requiere que las condiciones de aplicación sean las mismas en todas las ocasiones. Cuando se aplica a la salud se precisa además que el intervalo de tiempo entre mediciones no sea demasiado corto, para evitar que los datos sean condicionados por el aprendizaje, ni demasiado largo para que no se produzcan cambios reales en el estado del sujeto o que su actitud u opinión con respecto a la enfermedad haya cambiado.

- **Repetibilidad intra-observador:** se precisa que un mismo observador valore en dos o más ocasiones a un mismo sujeto. O lo



que es lo mismo, se evalúa el acuerdo entre dos medidas de la misma cualidad realizadas por un mismo observador. Para una correcta realización, el investigador no debe conocer ni recordar los resultados de la primera exploración.

- **Repetibilidad inter-observador:** se requiere que dos o más observadores valoren una misma prueba en una muestra de sujetos. O lo que es lo mismo, se evalúa el acuerdo entre dos medidas de la misma cualidad realizadas por observadores diferentes. Para asegurar la independencia de las medidas entre los dos investigadores, ninguno de ellos debe conocer los resultados obtenidos por el otro.

Habitualmente la repetibilidad intra e inter-observador se valoran en el mismo estudio, por lo que se recomienda que en ellos, la secuencia de medidas se aplique de forma aleatoria y se usen técnicas de enmascaramiento para garantizar la independencia de todas las medidas.

Una medida debe ser reproducible, es decir, debe producir el mismo resultado antes de poderla comparar con otro método. De igual forma, es importante comprobar si un observador es consistente consigo mismo antes de evaluar su concordancia con otros observadores.

En muchas ocasiones, el análisis de la concordancia inter e intra-observador es un paso previo a la validación de una nueva prueba diagnóstica ya que, si existen discrepancias entre los observadores sobre los resultados de una prueba, aunque en teoría ésta pueda ser válida, tendrá poca utilidad clínica⁷⁷.



Concordancia entre métodos

Cuando se habla de concordancia entre métodos se hace referencia a la capacidad de dos procedimientos distintos que miden la misma variable para proporcionar resultados similares cuando se aplican a los mismos sujetos. Sirven para determinar si dos métodos pueden ser intercambiables entre si.

Para ello hay que conocer previamente la repetibilidad de cada uno de los métodos, ya que si en uno de ellos es baja lo más probable es que el grado de concordancia entre ambos también lo sea. Y si los dos métodos que se comparan tienen baja repetibilidad, esa probabilidad será mucho mayor⁴.

En el ejercicio de la Optometría, en la clínica diaria se realiza de manera habitual mediciones con el propósito de averiguar las alteraciones de las estructuras y/o funciones que están en la base de los problemas consultados por los pacientes. El objetivo último de las pruebas optométricas es el de proporcionar los datos que permitan diagnosticar correctamente las distintas anomalías oculares y visuales, de manera que se pueda orientar eficazmente su tratamiento. Otras veces, las medidas se utilizan para evaluar la eficacia de un tratamiento aplicado mediante la comparación de los resultados de las pruebas antes, durante y después de la intervención.

Los resultados de dichas pruebas deben permitir descartar problemas visuales y/o seleccionar el tratamiento más adecuado para el paciente. Sin una buena medida no se podrán detectar los cambios clínicos ni el éxito o fallo de un tratamiento⁷⁹.

Agrupando e interpretando los datos clínicos se podrá colocar al paciente en una determinada categoría clínica, es decir, se podrá emitir un diagnóstico, establecer un pronóstico y plantear un tratamiento.



El estudio de las variaciones en los resultados de las pruebas puede ser más discriminativo que sus valores absolutos, ya que las variaciones intra-sujeto casi siempre son menores que las variaciones inter-sujetos⁴⁴. A pesar de la importancia que tiene estudiar el cambio, hay poca normativa sobre la significación clínica del cambio, y cuando existe, es raro que se use. En la práctica, los clínicos dan un determinado nivel de importancia a los cambios en función de su propia intuición. Para que una prueba sea adecuada para detectar pequeños cambios visuales, debe tener una alta repetibilidad; sin embargo, una alta repetibilidad no garantiza que una prueba sea capaz de discriminar entre sujetos normales y sujetos con alteración.

La experiencia clínica de los componentes de nuestro equipo de investigación nos indica que en Optometría clínica existe la tendencia a utilizar determinadas pruebas de acuerdo a la formación de cada profesional, sin ningún criterio preciso. Como cada profesional mide una variable dada con una prueba preferida, resulta difícil comparar entre sí las distintas mediciones y aunque el nombre de la variable medida sea el mismo, lo que se está midiendo puede ser diferente, o hacerse incorrectamente. En lo que a la estereoagudeza se refiere, faltan criterios para elegir una u otra prueba. Se desconoce también, de manera general, la repetibilidad y la validez de las distintas pruebas utilizadas habitualmente. Por último, hay problemas de estandarización de la realización de cada prueba. Esta situación indujo al grupo de investigación a considerar la necesidad de emprender estudios tendientes a establecer las condiciones de las pruebas habitualmente utilizadas en Optometría, en términos de repetibilidad y validez⁸⁰. Y dentro de esta línea se encuadra esta tesis, centrada concretamente en la estereoagudeza.

Cuando se produce un cambio en una medición es importante entender cuál debe ser la magnitud de esa diferencia para que implique un cambio real en la medida. Para ello, el clínico debe conocer la fiabilidad o repetibilidad de los instrumentos y



pruebas que utiliza en su práctica diaria. También es interesante conocer su validez para saber si aportan una medida real de la habilidad estudiada. La repetibilidad de una prueba o de un instrumento de medida es un requisito indispensable de su validez, de manera que antes de plantearse si un instrumento mide lo que se quiere medir, hay que asegurarse de que el instrumento mide de forma reproducible, ya que si el instrumento no es repetible (fiable), de poco sirve plantearse el problema de su validez⁸¹. Por otra parte, una prueba ha de ser repetible, es decir, debe producir el mismo resultado antes de poderla comparar con otro método. Igualmente, hay que evaluar si un observador es consistente consigo mismo al aplicar una prueba antes de evaluar la concordancia entre observadores, es decir, se debe estudiar en primer lugar la repetibilidad intraexaminador antes que la repetibilidad interexaminador⁴.

En este estudio se ha evaluado la repetibilidad intraexaminador y la repetibilidad interexaminador y se han comparado entre sí las pruebas más habitualmente utilizadas para evaluar la estereoagudeza, estableciendo la concordancia entre ellas. En concreto se utilizaron los siguientes tests de medida de la estereoagudeza:

- Randot para visión próxima
- TNO para visión próxima
- Titmus para visión próxima
- Frisby para visión próxima
- Frisby-Davis 2 ó FD-2 para visión lejana VL



1.3.1. ESTUDIOS DE REPETIBILIDAD DE PRUEBAS CLÍNICAS

Una de las propiedades fundamentales de toda medición es su repetibilidad⁸². Cuando se realiza un estudio de repetibilidad en mediciones clínicas el objetivo principal no suele ser la comprobación de que existe variabilidad, sino la identificación de las causas de las discrepancias, para intentar corregirlas⁸¹.

En una medida clínica usualmente se consideran tres fuentes potenciales de variabilidad^{81, 83}

- Variabilidad biológica individual, debida a los sujetos en estudio
- Variabilidad debida al instrumento
- Variabilidad atribuible al observador.

La importancia relativa de estas tres fuentes de variabilidad depende del tipo de variable que se esté midiendo. Valga como ejemplo señalar que la variabilidad debida al observador cobra mayor importancia en las pruebas de tipo objetivo frente a las subjetivas⁴⁴.

a) Variabilidad biológica individual: como ya se ha indicado se debe al propio sujeto del estudio. Puede ser debida por ejemplo a fluctuaciones de humor, a los ritmos circadianos, al tiempo transcurrido desde la toma del tratamiento, cambios fisiológicos del sujeto que pueden ser resultado del cansancio, estrés, falta de atención, o cambios en el estado acomodativo, entre otros. Para minimizar la variación asociada al sujeto una estrategia consiste en repetir la medición varias veces y utilizar alguna medida promedio de los resultados⁷⁷. También es importante que las condiciones bajo las cuales el sujeto es evaluado sean tan



iguales como sea posible. En los estudios de repetibilidad debe seleccionarse muy cuidadosamente el intervalo de tiempo. Si éste es demasiado largo, la falta de coincidencia entre los resultados puede deberse a variaciones no debidas al azar, mientras que si es demasiado corto es posible que no haya dado tiempo suficiente para que aparezcan las fluctuaciones debidas al azar.

b) Variabilidad inherente al instrumento o al método con el que se realiza la medición. Esta variación puede ser debida a fluctuaciones de los factores ambientales, como temperatura, ruido de fondo, grado de privacidad, falta de una buena interacción entre el clínico y el paciente, etc. Además, una mala calibración de la herramienta diagnóstica también puede llevar a errores de medida.

c) Variabilidad debida al observador: Se trata de variaciones producidas porque las medidas han sido realizadas por distintos examinadores, donde intervienen aspectos como la forma de dar las instrucciones al paciente y la interpretación de sus respuestas, el ángulo de observación, el grado de experiencia, la forma de utilizar el instrumento, etc. Para tratar de minimizar esa variabilidad es necesario entrenar a los distintos observadores, dándoles unas instrucciones muy precisas.

Entre las estrategias para mejorar la repetibilidad (y la validez) de una prueba se pueden citar las siguientes^{77, 83}

- 1) Seleccionar medidas lo más objetivas posibles
- 2) Estandarizar la definición de las variables: Es imprescindible que las variables estén definidas perfectamente de forma operativa en el protocolo o en el manual de instrucciones y para que todos los observadores utilicen los mismos criterios incluso ante situaciones dudosas.
- 3) Formar a los observadores: El entrenamiento mejora la coherencia de las técnicas de medición, en particular cuando están involucrados varios



observadores. No permitirá controlar totalmente la variación entre un examinador y otro pero sí reducirla.

- 4) Elegir la mejor técnica posible.
- 5) Utilizar instrumentos automáticos bien calibrados.
- 6) Repetir las medidas y utilizar un promedio. Esta estrategia sólo mejora la repetibilidad, no la validez.
- 7) Emplear técnicas de enmascaramiento (estudios ciegos).
- 8) Calibrar los instrumentos para evitar medidas sesgadas.

Aunque todas las estrategias citadas son importantes, sin embargo ponerlas todas en marcha simultáneamente puede ser complicado. Pero los puntos 2 y 3, es decir la estandarización de las variables a medir y la formación de los examinadores debe realizarse inexcusablemente.

Respecto a la relación entre la repetibilidad y la validez, hay que recordar, como ya se ha citado anteriormente que una prueba puede tener una alta repetibilidad y sin embargo no ser en absoluto válida. Repetibilidad no implica validez y viceversa.

En los últimos años se ha producido una cierta proliferación de artículos sobre la repetibilidad de las pruebas optométricas. Según Bullimore²⁵, entre las motivaciones de los estudios de repetibilidad se encontraban las siguientes:

- a) Llegar a un consenso sobre qué test es el más adecuado entre un grupo de ellos que evalúan la misma faceta visual. Un estudio de repetibilidad en este supuesto puede ayudar a seleccionar el mejor método para la práctica clínica o para su posterior uso en un estudio de investigación.
- b) Estudiar un nuevo test o instrumento que mide la misma característica ocular que otros anteriores.



c) Obtener información y ayuda para calcular el tamaño muestral de un estudio futuro, dado que la variabilidad de las pruebas utilizadas en los estudios influyen en el tamaño de la muestra⁸⁴. Cuanto menos repetible sea la medida de un test, mayor deberá ser la muestra.

d) Consensuar la utilidad clínica de un test también puede justificar la realización de un estudio de repetibilidad.

1.3.2. ESTUDIOS DE CONCORDANCIA DE PRUEBAS CLÍNICAS

El objetivo de los estudios de concordancia es comprobar si las dos técnicas tienen un grado suficiente de acuerdo como para que la técnica nueva pueda reemplazar a la ya existente o como para que ambas técnicas puedan usarse indistintamente; es decir, sus resultados se parezcan tanto que ambas técnicas pueden intercambiarse⁸⁵. Para que pueda interesar reemplazar una técnica de medición tradicional por otra nueva, esta última debe aportar alguna ventaja respecto a la anterior.

En Optometría, es frecuente que muchas de las pruebas clínicas de evaluación de la visión binocular, que se usen para medir la misma capacidad, se diferencien en varios aspectos asociados tanto a los estímulos de fijación utilizados, como a los elementos o metodología usada al hacer la medida. Sin embargo, a pesar de estas diferencias, en ocasiones las pruebas se usan de forma intercambiable sin considerar si miden lo mismo. Y en la medida de la agudeza visual estereoscópica, a veces se quieren estudiar los efectos de un tratamiento sin tener en cuenta estos aspectos.



Mediante estudios de concordancia se evalúa si las distintas técnicas producen resultados similares cuando se aplican al mismo sujeto y en forma simultánea o con mínimas diferencias de tiempo que garanticen la práctica ausencia de variabilidad y condiciones muy similares.

Existen varias técnicas estadísticas comúnmente utilizadas para estudiar la concordancia entre dos métodos o entre observadores. La elección de una técnica u otra depende del tipo de variable que se evalúa. Las variables correspondientes a las diferentes pruebas clínicas de estereoagudeza que se manejan en este estudio corresponden a variables continuas, donde los números tienen representación exacta de su valor.

En el Anexo XI se hace un repaso de varios procedimientos estadísticos que correcta o incorrectamente han sido habitualmente utilizados para estudiar el grado de concordancia entre dos pruebas.

2. Hipótesis y Objetivos



2.1. HIPÓTESIS

La hipótesis en lo que a **Repetibilidad** se refiere es que los diferentes tests de medida de estereopsis tienen distintos valores de repetibilidad y que algunos de ellos tienen mejores valores debido a sus diferentes diseños, que afecta tanto al tipo de filtros que requieren como a los umbrales máximos que cada test permite medir. Se espera, además, que para cada test la repetibilidad intraexaminador sea mejor que la interexaminador.

En cuanto a la **Concordancia**, la hipótesis es que unas parejas de métodos de estereoagudeza tendrán mejor concordancia entre sí que otras parejas. Al mismo tiempo, si la repetibilidad de uno de los métodos de la pareja es baja, el grado de concordancia entre ambos será probablemente bajo también y si ambos métodos de la pareja tienen escasa repetibilidad, la situación será aún peor.

En la aplicación del estudio a los grupos de sujetos de diferentes edades, lo que se espera encontrar es que, con el proceso de envejecimiento, la estereoagudeza se verá afectada de manera que los umbrales irán mejorando desde el nacimiento con la maduración del sistema visual del niño, e irán disminuyendo después en edades presbitas.

2.2. OBJETIVOS

El objetivo principal de esta investigación fue realizar un estudio exhaustivo para caracterizar la capacidad binocular conocida como estereoagudeza o agudeza



visual estereoscópica AVE. Para ello se ha querido estudiar la repetibilidad intraexaminador y la interexaminador de la medida de la estereoagudeza en una amplia muestra de sujetos de diferentes edades, utilizando los procedimientos más habitualmente empleados en la práctica clínica, así como establecer el nivel de concordancia entre los resultados de las distintas pruebas.

Para cumplir con este objetivo general, en este trabajo se propusieron los siguientes **objetivos específicos**:

1. Determinar la repetibilidad intraexaminador de los tests de medida de estereopsis de uso más extendido en la práctica clínica.
2. Determinar la repetibilidad interexaminador de los tests de estereoagudeza de mayor uso en el ejercicio diario en la práctica clínica.
3. Comparar la repetibilidad de los distintos tests de medida de la AVE.
4. Valorar si la repetibilidad intra e interexaminador de los distintos métodos de medida de la estereoagudeza varía en función de la edad.
5. Estudiar si la repetibilidad interexaminador se mantiene o deteriora con respecto a la repetibilidad intraexaminador.
6. Determinar si hubo alguna diferencia sistemática clínicamente significativa entre los distintos métodos que miden la estereoagudeza.
7. Establecer el grado de concordancia entre parejas de tests de AVE de mayor uso en la práctica clínica.



8. Valorar si la concordancia entre los distintos métodos de medida de la estereoagudeza varía en función de la edad.
9. Estandarizar las condiciones de contorno y la metodología a aplicar al administrar las pruebas de AVE estudiadas para que el clínico cuente con instrucciones precisas para su correcta aplicación (ver sección 3.4 y anexos I a IX).
10. Obtener conclusiones claras que ayuden al clínico a interpretar correctamente los resultados de los tests de estereoagudeza y a elegir los más adecuados para cada caso.

3. Material y Método



3.1. DETERMINACION DEL TAMAÑO MUESTRAL

Los estudios de repetibilidad intraexaminador e interexaminador y los de concordancia entre pruebas comparten los mismos supuestos y precisan de los mismos cálculos para determinar el tamaño muestral.

El cálculo que se utilizó correspondió a la situación en que cada uno de los dos observadores realizaba dos mediciones de cada sujeto en dos sesiones separadas entre si un mínimo de una semana y se deseaba evaluar el grado de acuerdo entre ambas mediciones. Para el estudio de la repetibilidad interexaminador, un mismo sujeto era evaluado por dos examinadores distintos, aunque en idénticas condiciones. Para la repetibilidad intra-examinador el sujeto era evaluado dos veces por el mismo observador separando ambas medidas entre si un mínimo de una semana.

Se estableció el porcentaje de error (discordancia) entre ambas medidas que se esperaba encontrar en torno al 5% ($e=0,05$), se marcó en un 5% la precisión para realizar la estimación del grado de acuerdo ($i=0,05$) y la confianza con que se quería expresar el resultado en el 95%. Así mismo, se consideró un porcentaje de discordancia entre ambos observadores de 0,05. Trasladando estos valores a la tabla 5 del libro de Argimon y Jiménez⁴ que presenta los resultados para el cálculo en las situaciones más habituales, se determinó que era necesario utilizar una muestra de al menos 104 sujetos.



Tabla 5. Número de sujetos necesarios para la estimación de la concordancia intra e inter-observador.

Fuente⁴: ArgimónJM, Jiménez,J. Métodos de investigación clínica y epidemiológica

Tabla 1. Número de sujetos necesarios para la estimación de la concordancia intra e interobservador (Tabla I de la sección de anexos del libro de Argimón y Jiménez)(Argimon and Jiménez 2004)

		Amplitud del intervalo de confianza del 95% (2i)				
p (dis)	e	0,050	0,100	0,150	0,200	0,250
0,05	0,05	416	104	-	-	-
	0,10	775	194	-	-	-
	0,15	1686	422	-	-	-
0,10	0,05	731	183	81	46	-
	0,10	1142	285	127	71	-
	0,15	2078	519	231	130	-
0,15	0,05	1009	252	112	63	40
	0,10	1465	366	163	92	59
	0,15	2423	606	269	151	97
0,20	0,05	1250	313	139	78	50
	0,10	1746	436	194	79	70
	0,15	2723	681	303	170	109
0,25	0,05	1455	364	162	91	58
	0,10	1983	496	220	124	79
	0,15	2976	744	331	186	119
0,30	0,05	1621	405	180	101	65
	0,10	2177	544	242	136	87
	0,15	3184	796	354	199	127

p (dis): porcentaje de discordancia esperado entre ambos observadores
e: porcentaje de discordancia esperado dentro de cada observador (se asume que la probabilidad de error intraobservador es la misma para ambos observadores)



3.2. MUESTRA DE SUJETOS

3.2.1. CAPTACIÓN DE SUJETOS

La muestra utilizada para este estudio se compuso de varios grupos de sujetos correspondientes a distintas franjas de edad, con el objetivo ya mencionado de hacer una caracterización global de la estereoagudeza en las distintas edades. Así la muestra se compuso de:

- Adultos jóvenes no presbítas
- Niños de los primeros cursos de primaria
- Adultos con presbicia absoluta (mayores de 55 años)

Todos los participantes entregaron su consentimiento informado (ver Anexo I). El protocolo del estudio cumplió los principios de la Declaración de Helsinki (ver Anexo XII).

La selección de los integrantes de cada uno de estos grupos se hizo de manera distinta y entre colectivos diferentes por lo que se va a describir por separado.

Jóvenes

En el caso de los sujetos jóvenes, no presbítas sin alteraciones binoculares, la muestra se reclutó entre la población de estudiantes de 1^{er} curso de la Escuela Universitaria de Óptica, hoy Facultad de Óptica y Optometría de la Universidad Complutense de Madrid. Lo que motivó esta elección fue que se trataba del grupo de edad más abundante en nuestro centro, además de ser personal muy motivado



a la participación en cualquier actividad realizada por profesores de los que poder aprender. Se eligieron los alumnos de primer curso de la anterior Diplomatura en Óptica y Optometría para evitar que los estudiantes de cursos más avanzados hubieran ya cursado alguna de las materias que les permitiera tener formación optométrica y conociesen los tests que se les tenían que aplicar. Se hizo así para no condicionar los resultados⁵² y que, finalmente, la muestra no fuera representativa del rango de edad.

Para ello se acudió a las aulas en días y horas previamente autorizados por los profesores correspondientes y se les hizo una exposición de los objetivos del estudio, solicitando su participación. Hay que resaltar que la respuesta de los alumnos fue excelente. Se tomaron sus nombres y datos de contacto, entregando ya a los interesados un cuestionario de síntomas e historia clínica (ver Anexo III), así como un consentimiento informado (ver Anexo I) que debían entregar rellenos el día de la primera cita.

Niños

Para reunir una amplia muestra de niños, el equipo se desplazó durante 4 meses tres días por semana en horario de 9,30 a 14,30 h, al Centro de Enseñanza Pública Julián Marías del distrito de San Blas de la Comunidad de Madrid. Fueron examinados, previa autorización de sus padres mediante la firma del correspondiente consentimiento informado (ver Anexo II).

El examen constituyó un screening visual de manera que cuando se detectó alguna anomalía visual se aconsejó a los padres la realización de un examen visual completo del niño. Así se revisó posteriormente en la propia Clínica de Optometría, de manera totalmente desinteresada por parte de los integrantes del equipo, a un grupo de niños que lo necesitaban, aunque los resultados globales



del screening indicaron que la salud visual de los niños examinados era en general bastante buena y que la visión era un aspecto muy bien cuidado por parte de los padres.

Présbitas

Este grupo de sujetos adultos présbitas se reclutó entre la población de estudiantes de la Universidad para Mayores de la Escuela Universitaria de Óptica, hoy Facultad de Óptica y Optometría de la Universidad Complutense de Madrid. Se hizo así por tratarse de un grupo de edad que diariamente acude al Centro, además de ser personal muy motivado a la participación en cualquier actividad realizada por profesores de los que poder aprender. Tras su participación en el estudio se les facilitó un informe con los datos de su estado visual (ver Anexo X) y se les ofreció a todos ellos una revisión gratuita en la Clínica Universitaria de Optometría. A pesar de ser estudiantes del Centro, ninguno de ellos conocía las pruebas⁵² que se les iban a realizar.

Tras solicitar autorización a los profesores correspondientes, se acudió a las aulas en días y horas previamente fijados para exponer a los posibles candidatos los objetivos del estudio y solicitar su participación. La respuesta de los alumnos fue muy buena. Se tomaron sus nombres y datos de contacto, entregando ya a los interesados un cuestionario de síntomas e historia clínica (ver Anexo III), así como un consentimiento informado que debían entregar completado el día de la primera cita (ver Anexo I).



3.2.2. CRITERIOS DE INCLUSIÓN

Los criterios clínicos de inclusión en el estudio para los tres grupos de sujetos fueron:

1. No tener conocimiento previo de las pruebas^a.
2. Sin historia de cirugía refractiva, estrabismo, nistagmo o ambliopía.
3. No estar tomando ningún medicamento ni padecer ninguna enfermedad de las que se conozca que pudieran afectar a la acomodación, las vergencias o la motilidad ocular.
4. No presentar signos de ninguna enfermedad ocular.
5. Tener una agudeza visual (AV) compensada mayor o igual a 0,9 (20/22) en cada ojo tanto en lejos como en cerca.
6. No presentar alteraciones acomodativas o de vergencias. Debían ser sujetos asintomáticos, sin una tendencia de valores de las pruebas acomodativas y de vergencias que permitiera diagnosticar una alteración binocular⁸⁷. Se descartó a sujetos potencialmente portadores de una anomalía acomodativa o de vergencias, de acuerdo a los valores de corte que se fijaron y que figuran en la tabla 6.
7. En el caso de los sujetos presbítas, no presentar alteraciones acomodativas distintas de la presbicia.

De esta manera se seleccionaron los 110 participantes para la muestra de jóvenes no presbítas, a lo largo de dos cursos académicos. También se seleccionaron 96 niños de primero de primaria y 25 participantes para la muestra de sujetos adultos

^a Los sujetos jóvenes no podían ser alumnos repetidores de primer curso universitario o tener aprobada o estar simultáneamente matriculados de ninguna asignatura de carácter clínico correspondiente a cursos superiores.



prébitas, a lo largo de un curso académico. Las características de los distintos grupos se describen más adelante.

Tabla 6. Valores de corte en los criterios de inclusión

TEST	METODO	VALOR DE CORTE INCLUSION
Amplitud de acomodación	Técnica acercamiento	≥ 6 D
Punto próximo convergencia	Test acomodativo	Punto Rotura ≤ 7.5 Punto Recobro ≤ 10 cm
Desviación en VL y VP	Cover test Técnica Von Graefe	Visión Lejos: Ortoforia – 3 BI Visión Cerca: Ortoforia – 6 BI
Supresión central	Prisma 4 Δ BE	Negativo
Test de vergencias	Barra de prismas	Visión Lejos VFP $\geq 4/2 \Delta$ VFN $\geq 4/2 \Delta$
		Visión Cerca VFP $\geq 10/7 \Delta$ VFN $\geq 7/5 \Delta$

3.3. TEST DE ESTEREOPSIS EMPLEADOS EN EL ESTUDIO

3.3.1. TEST DE RANDOT

Descripción Test de Randot

El test de Randot versión 2 (Stereo Optical Company, Chicago, IL) es una prueba de estereopsis cuyo uso está muy extendido, siendo por esto uno de los seleccionados para este estudio. Presenta tres subtests¹²:



- El primero de ellos consta de seis grandes figuras geométricas encuadradas en 8 marcos (4+4) de puntos al azar cuyas disparidades pueden medir hasta 500 y 250 segundos de arco respectivamente. Este subtest es de puntos al azar.
- La segunda parte está formada por tres líneas cada una de ellas con un conjunto de cinco animales con disparidades que llegan hasta los 100 “
- Y por último, el test dispone de una serie de 10 grupos de círculos, que son anillos de Wirt modificados, con disparidades que decrecen desde 400 a 20,” siendo ésta por lo tanto, la máxima capacidad de medida del test. Los anillos se encuentran sobre un fondo de sombras grises¹⁰, lo que hace que tengan un bajo contraste.

Para realizar el test de Randot^{2, 12, 45} es preciso que el sujeto porte gafas polarizadas con los ejes de polarización a 45° y 135°. Se realiza en visión próxima y a una distancia de 40 cm. Debe hacerse con iluminación uniforme y sin reflejos que puedan dificultar la medida.



Figura 8. Test de Randot para medida de la Estereogudeza



El cometido en la prueba consiste en identificar, para cada grupo de tres anillos, cuál es el anillo que parece “flotar” por encima de los demás. Se anota como resultado de la prueba la estereoagudeza correspondiente al último grupo de anillos correctamente identificado antes de 2 fallos consecutivos. Si el sujeto falla en un grupo de anillos, pero acierta el siguiente, se le da una segunda oportunidad para identificar correctamente el anillo anteriormente fallado. Todas las respuestas se contrastan con el manual que acompaña al test y que indica el grado de estereoagudeza que corresponde a cada respuesta. Se espera que un sujeto con visión binocular normal alcance 20” con esta prueba.

Instrucciones Test de Randot

Material TEST DE RANDOT

- Ficha sujeto
- Atril
- Flexo iluminación
- Test de Randot y gafa polarizada
- Cordón de 40 cm.

Método TEST DE RANDOT

- El sujeto llevará su compensación de lejos y gafas polarizadas. El test se situará en un atril para poder controlar que todos los sujetos lo observen bajo un ángulo de 45° respecto al plano facial y a una distancia de 40 cm (se controlará mediante un cordel de la medida exacta). El test se mantendrá uniformemente iluminado y sin reflejos que pudieran dificultar la medida.
- La medida de estereopsis se realizará comenzando directamente con los anillos de Wirt. Se informará al sujeto de que la prueba consiste en identificar para cada grupo de tres anillos, cual es el anillo que parece flotar



por delante de los demás. Se comenzará la prueba por el primer grupo de anillos situado arriba a la izquierda.

- En casos de sujetos con alteración que no alcancen el mínimo medido con los anillos de WIRT se comenzará el test desde el principio.
- Se anotará como resultado de la prueba la estereoagudeza correspondiente al último grupo de anillos correctamente identificado antes de 2 fallos consecutivos. Si el sujeto falla en un grupo de anillos, pero acierta el siguiente, se le da la oportunidad de identificar correctamente el anillo anteriormente fallado.

3.3.2. TEST DE TITMUS

Descripción Test de Titmus

El estereotest de Titmus (Stereo Optical Company, Chicago, IL), también llamado Stereo Fly Test se considera uno de los tests más utilizado en la práctica clínica para evaluar la estereoagudeza, a pesar de los muchos problemas que se pueden presentar en cuanto a su fiabilidad². Es sencillo y rápido de usar. Está compuesto por tres tipos de estereogramas:

- La mosca (Fly) representa una disparidad de 3000 segundos de arco. Es un test atractivo especialmente para los niños, ya que si la visión estereoscópica es normal, las alas de la mosca parece que sobresalen del plano y el sujeto debe intentar pellizcarlas. Hay que señalar que existen diferentes variantes de este test en el mercado que presentan figuras distintas, como una mariposa.



- La segunda parte está formada por tres líneas cada una de ellas con un conjunto de cinco animales con disparidades que van desde 400 hasta los 100 “.
- La tercera y última parte del test de Titmus está constituida por 9 grupos de cuatro círculos cada uno, donde sólo uno de los círculos de cada grupo presenta disparidad cruzada y puede, por tanto, verse con relieve. Permite medir desde 800”, siendo la máxima capacidad de medida de este test de 40”, lo que corresponde a percibir estereopsis en el último grupo de círculos de Wirt.

Para realizar el test Titmus^{2, 12, 45} es preciso que el sujeto porte gafas polarizadas con los ejes de polarización a 45° y 135°. Se realiza en visión próxima y a una distancia de 40 cm. Debe hacerse con iluminación uniforme y sin reflejos que puedan dificultar la medida. En un sujeto con visión binocular normal se espera que la estereoagudeza con este test sea 40 seg de arco.



Figura 9. Test de Titmus para medida de la Estereoagudeza



El cometido en la prueba consiste en identificar para cada grupo de cuatro anillos, cuál es el anillo que parece “flotar” por delante de los demás. Se anota como resultado de la prueba la estereoagudeza correspondiente al último grupo de anillos correctamente identificado antes de 2 fallos consecutivos. Si el sujeto falla en un grupo de anillos, pero acierta el siguiente, se le da una segunda oportunidad para identificar correctamente el anillo anteriormente fallado.

El principal inconveniente que presenta el test de Titmus para su uso en clínica es que presenta pistas monoculares, de forma que el desplazamiento horizontal de los círculos de los tres primeros grupos de anillos de Wirt, e incluso el cuarto, puede ser apreciado por el sujeto como distinto al resto y dar así una respuesta incorrecta. Se han dado respuestas positivas con este test incluso en sujetos con un solo ojo abierto^{62, 68}.

Cuando existen dudas sobre la veracidad de la respuesta se puede confirmar con una de las siguientes maniobras^{2, 45}:

- Tapando un ojo al sujeto y comprobando si mantiene la respuesta
- Girando el test 90° mientras se mantiene la polarización de la gafa. De esta forma, debe desaparecer el efecto estereoscópico.
- Girando el test 180°, con lo que la disparidad ahora será no cruzada y el sujeto deberá percibir la imagen hundida en el plano en lugar de sobreelevada, como se aprecia con disparidad cruzada.

Instrucciones Test de Titmus

Material TEST TITMUS

- Ficha del sujeto
- Atril



- Flexo iluminación
- Test de Titmus y gafas polarizadas
- Cordón de 40 cm.

Método TEST TITMUS

- El sujeto llevará su compensación de lejos y gafas polarizadas. El test se situará en un atril para controlar que todos los sujetos lo observen bajo un ángulo de 45° respecto al plano facial y a una distancia de 40 cm (se controlará mediante un cordel de la medida exacta). El test se mantendrá uniformemente iluminado y sin reflejos que pudieran dificultar la medida.
- La medida de estereopsis se realizará directamente con los anillos de Wirt. Se informará al sujeto que debe identificar para cada grupo de cuatro anillos, cuál es el anillo que parece flotar por delante de los demás, “arriba”, “abajo”, “derecha” o “izquierda” en función de la posición que adoptara el anillo seleccionado. Se comenzará la prueba por el primer grupo de anillos situado arriba a la izquierda y se continuará según el orden de lectura.
- Se anotará como resultado de la prueba la estereoagudeza correspondiente al último grupo de anillos correctamente identificado antes de 2 fallos consecutivos. Si el sujeto falla en un grupo de anillos, pero responde bien al siguiente, se le da la oportunidad de identificar correctamente el anillo anteriormente fallado.

3.3.3. TEST TNO

Descripción TNO

El test TNO (Lameris Instrumenten, Groenekan, ND) está formado por un conjunto de estereogramas donde las imágenes vistas por cada ojo están superpuestas y han sido impresas en colores complementarios. Para la observación de estos



estereogramas se equipa al sujeto con gafas anaglifas (rojo-verde). El diseño de estos estereogramas está basado en el principio de puntos al azar introducido por Julesz²⁶. En este tipo de láminas cuando se observan por separado las imágenes de uno u otro ojo no se obtiene ninguna sensación de profundidad relativa; esto es debido a que no contienen ninguna pista monocular.

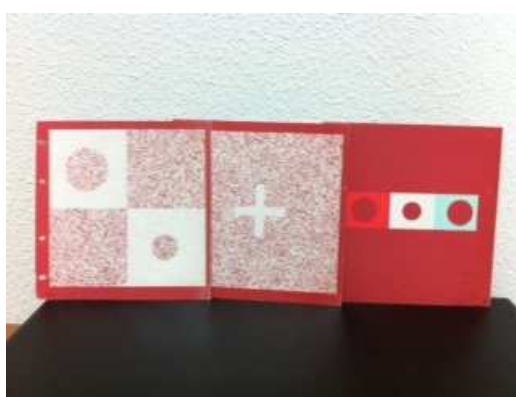


Figura 10. Láminas de screening del test TNO

El test se compone de siete láminas. Las primeras cuatro láminas se suelen usar para *screening*, mientras que las tres últimas son las que se utilizan para cuantificar⁸⁸ y cubren un rango de estereopsis que va de 480 a 15" y permiten establecer el grado de estereoagudeza del sujeto. Para cada nivel de estereoagudeza evaluado el test contiene dos discos de 5,6 cm de diámetro a los que les falta un sector circular orientado en determinada dirección. El cometido del sujeto consiste en determinar la orientación (arriba, abajo, derecha o izquierda) de dicho sector. La medida se toma cuando el sujeto responde correctamente sobre los dos componentes del mismo nivel. En aquellos casos en los que el sujeto responde de forma incorrecta a una de las dos figuras se le permite dar una segunda respuesta sobre la figura fallada; si en este segundo intento la respuesta de nuevo es incorrecta se anota como resultado el nivel anterior. Si en el segundo intento la respuesta es correcta se da por superado el nivel y se le permite pasar



al siguiente nivel de estereoagudeza. Para este test se considera clínicamente aceptable un resultado de 60”.



Figura 11. Test TNO para medida de la estereoagudeza

Para realizar el TNO^{2, 12, 45} es preciso que el sujeto porte filtros anaglifos rojo-verde sobre su compensación. Se realiza en visión próxima y a una distancia de 40 cm. Debe hacerse con iluminación uniforme y sin reflejos que puedan dificultar la medida, para lo cual resulta útil usar un atril.

Instrucciones TNO

Material TEST TNO

- Ficha sujeto
- Atril
- Flexo iluminación
- TNO y gafa R/V
- Cordón de 40 cm.



Método TEST TNO

- El sujeto llevará puesta su compensación de lejos sobre la que se colocarán las gafas anaglifas. El test lo sujetará el propio participante a 40 cm. Como iluminación, además de la luz de sala se situará una lámpara adicional para lograr una iluminación correcta del test sin sombras. De las 7 láminas sólo se mostrarán las tres últimas. El cometido del sujeto consiste en determinar la orientación (arriba, abajo, derecha o izquierda) del sector que falta en el círculo. Se anotará como resultado de la prueba el último nivel en el que el sujeto responda correctamente sobre los dos componentes de dicho nivel.
- En aquellos casos en los que el sujeto responda de forma incorrecta a una de las dos figuras se le permitirá dar una segunda respuesta sobre la figura fallada; si en este segundo intento la respuesta vuelve a ser incorrecta se anotará como resultado el nivel anterior. Si en el segundo intento la respuesta es correcta se da por superado el nivel y se le pide que intente determinar la orientación de la abertura correspondiente al siguiente nivel de estereoagudeza.
- No se establece un tiempo máximo para la realización de la prueba, incluso a aquellos sujetos que duden a la hora de dar una contestación se les indicará que pueden tomarse el tiempo necesario para averiguar la respuesta.

3.3.4. TEST DE FRISBY

Descripción Test de Frisby

El test de Frisby⁸⁹ (Clement Clarke, Harlow, UK) se compone de tres láminas de plexiglás transparente de diferentes espesores^{90, 91} (1,5 mm, 3 mm y 6 mm). En



versiones anteriores a 1990, los espesores eran de 1, 3 y 6 mm. Cada placa contiene cuatro cuadrados en cuyo interior aparecen pintadas pequeñas figuras geométricas distribuidas al azar. Sólo uno de los cuatro cuadrados tiene una parte de sus pequeñas figuras, formando un círculo, impreso en la cara posterior de la placa. Los otros tres cuadrados están pintados en su totalidad en la misma cara de la lámina. Este diseño permite evaluar la capacidad de los sujetos para percibir en profundidad, siendo éste un auténtico test de profundidad real.

El cometido del sujeto consiste en identificar cuál de los cuatro cuadrados tiene inscrito un círculo de figuras que flota por delante. Para explicar el test resulta útil comenzar por la placa más gruesa. Una vez comprobado que el sujeto comprende la prueba se mide el umbral de AVE, buscando de entre las 18 posibilidades², la combinación de menor grosor de lámina y máxima distancia a la que el sujeto es capaz de identificar correctamente tres de cuatro presentaciones. Entre una presentación y la siguiente se debe retirar la lámina del campo de visión del sujeto mientras el examinador cambia su orientación.

El test se puede comenzar realizándose a 40 cm, lo que permite conseguir una estereoagudeza máxima de 85 seg arc para una distancia interpupilar de 60 mm. Si el sujeto supera adecuadamente la prueba a esta distancia se pasa a presentar la lámina más fina a mayores distancias en pasos de 10 cm. En todos los casos las láminas se deben mostrar perpendicularmente a la línea de mirada contra un fondo blanco, para evitar reflejos sobre la lámina presentada y no se debe permitir al sujeto que mueva la cabeza o la lámina, para eliminar las pistas debidas a efectos de paralaje²³ que permitan dar falsos positivos. Estudios consultados confirman que, tanto en adultos como en niños, estos efectos de paralaje se controlan evitando el movimiento de la cabeza del sujeto⁹²⁻⁹⁴.



Para aplicar el test de Frisby no se precisa de ningún tipo de filtros, por lo cual la medida es menos artificial que las realizadas con tests que utilizan filtros disociantes, lo que debe ser considerado como una ventaja²³.



Figura 12. Test de Frisby para la medida de la estereogudeza

El nivel de estereogudeza depende del espesor de la placa y de la distancia de presentación^{2, 12}. El test incluye una tabla que correlaciona la combinación espesor-distancia con la medida de umbral de disparidad correspondiente. En general, se espera que un sujeto adulto con visión binocular normal muestre un umbral de 20" con este test, es decir que sea capaz de percibir el círculo en relieve a la distancia de 80 cm en tres de cuatro de las veces que se le presente.

Instrucciones Test de Frisby

Material TEST DE FRISBY VP

- Ficha del sujeto
- Atril
- Flexo iluminación



- Test de Frisby
- Metro o cordón de 80 cm.

Método TEST DE FRISBY VP

- Se evaluará la capacidad para detectar la disparidad cruzada, comprobando si el sujeto puede identificar en cual de los cuatro cuadrados hay un círculo de figuras que parece estar por delante del resto de las figuras.
- Se informará a cada sujeto que su tarea consiste en identificar cual de los cuatro cuadrados tiene inscrito un círculo de figuras que flota por delante y se comprueba mediante la lámina más gruesa que entiende su tarea. A continuación se pasará a buscar cual es el umbral de estereoagudeza, buscando la combinación de menor grosor de lámina y máxima distancia a la que el sujeto es capaz de identificar correctamente tres de cuatro presentaciones.
- Se comenzará la prueba con el test a 40 cm. y utilizando la placa más fina (1,5 mm), para que el sujeto la aprenda.
- Para medir alejaremos dicha placa a 60 cm. y se dará por correcta la prueba si responde bien a 2 de 3 presentaciones. Se repetirá alejándola hasta 80 cm. y se anotará con el mismo criterio.
- Si en 60 cm. la respuesta del sujeto es incorrecta se volverá a 40 cm.

3.3.5. TEST FRISBY-DAVIS 2 (FD-2) PARA VL

Descripción Test Frisby-Davis 2 (FD-2) para VL

El test de Frisby para visión lejana, también llamado Frisby-Davis 2 ó FD-2 (Stereotest Ltd 137, Brookhouse Hill, Sheffield) se realiza mediante un dispositivo con iluminación interior a 4 metros de distancia del sujeto. Se presenta como un



cajón de madera en cuya parte frontal presenta una abertura, a modo de puerta, que se descubre para hacer la presentación de las cuatro pequeñas figuras que componen el test: una estrella, un aspa, una luna y una flecha. Dichas figuras se mueven desde una acceso lateral para colocar las imágenes que permiten medir la disparidad. Se trata de un test de profundidad real, por lo que se hace sin filtro alguno, siendo por tanto, mas real²³ la medida que cuando se usan técnicas disociativas.

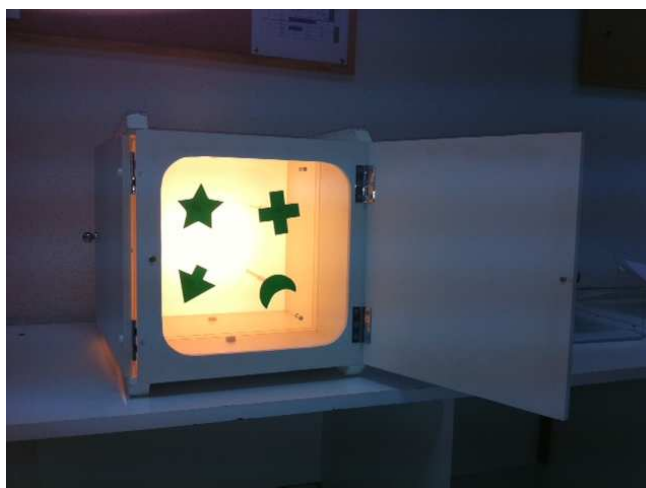


Figura 13. Test de Frisby-Davis 2 (FD-2) para la medida de la estereoagudeza en VL

La medida de la estereoagudeza se suele realizar en visión próxima, sin embargo, en los casos de sujetos con buena capacidad de fusión en cerca y alteraciones de la visión binocular en lejos, el uso de esta medida puede ser útil para controlar la evolución y el tratamiento de la anomalía. Ocurre así en los casos de Exceso de Divergencia y en la Exotropía Intermitente en visión de cerca^{7, 8, 12, 23, 95}.



Un estudio realizado en 2005 por Adams⁹⁶ concluye que este test puede ser utilizado para la medida de la AVE en niños, si bien Holmes³⁸ añade que para su uso es importante incorporar un protocolo que omita las pistas monoculares.

Instrucciones Test de Frisby-Davis 2 (FD-2) para VL

Material TEST DE FRISBY-DAVIS 2 (FD-2) para VL

- Ficha del sujeto
- Test de Frisby para VL situado a 4 m.

Método TEST DE FRISBY-DAVIS 2 (FD-2) para VL

- El sujeto permanecerá sentado y con su compensación de VL. El test estará situado a 4 metros y a la altura de los ojos del sujeto. La luz interior del test permanecerá encendida.
- Se comenzará explicando la prueba al sujeto hasta estar seguros de que la comprende bien. Se empezará por 50 segundos de arco. El sujeto debe responder cuál de las cuatro figuras mostradas se encuentra más cerca de el/ella. Para modificar la posición de las figuras se accederá por la puerta lateral, manteniendo cerrada la que está situada frente al sujeto.
- Si en 50" la respuesta es incorrecta se presentará una segunda figura al azar. Si falla se anotará <50"arc.
- Si la respuesta es correcta se reducirá la disparidad siempre a la mitad de la fase anterior, es decir, 25", 15", 10" y 5" dándose en cada paso por válida cuando el sujeto responda correctamente a 2 de 3 presentaciones.



Tabla 7. Tabla resumen de los tests usados en la investigación

TEST	CARACTERISTICAS	GRADOS DE DISPARIDAD			DISTANCIA AL TEST	
RANDOT	<ul style="list-style-type: none"> 10 grupos de círculos Test de contornos con fondo de puntos al azar Filtros polarizados 	400	200	140	40 cm	
		100	70	50		
		40	30	25		
		20				
TNO	<ul style="list-style-type: none"> láminas 6 grados de disparidad Test de puntos al azar Filtros anaglifos R/V 	480	240	120		40 cm
		60	30	15		
TITMUS	<ul style="list-style-type: none"> 9 grupos de círculos Test de contornos Filtros polarizados 	800	400	200	40 cm	
		140	100	80		
		60	50	40		
FRISBY VP	<ul style="list-style-type: none"> 3 placas de diferente espesor ** Test de profundidad real Sin filtros 	<u>6 mm</u> 600 340 215 150 110 85	<u>3 mm</u> 300 170 110 75 55 40	<u>1,5 mm</u> 150 85 55 40 30 20		30 cm 40 cm 50 cm 60 cm 70 cm 80 cm
FRISBY-DAVIS FD-2 VL	<ul style="list-style-type: none"> 4 figuras Test de profundidad real Sin filtros 	50 45 40 35 30		25 20 15 10 5		400 cm

** En versiones anteriores a 1990 los espesores de las placas eran 1, 3 y 6mm.



3.4. PROCEDIMIENTO

3.4.1. PRUEBAS PRELIMINARES

La estereoagudeza es un índice del estado de la visión binocular del sujeto y se ve disminuida cuando las imágenes percibidas por ambos ojos no reúnen los requisitos necesarios para que la fusión sea correcta. Por ello, previamente a medirla, hay que hacer un estudio refractivo y de visión binocular y cuando ya el sujeto está compensado para su mejor agudeza visual, se procede a evaluar la capacidad de visión estereoscópica. En el Anexo VIII figuran las fichas utilizadas para todas las pruebas preliminares previas, así como las utilizadas para la anotación específica de los datos de medida de la estereopsis, en primera y segunda medida por parte de los examinadores primero y segundo.

A cada uno de los participantes del estudio en la muestra de sujetos jóvenes y de presbitas se le realizaron las siguientes pruebas optométricas:

- Agudeza visual (AV) monocular y binocular, con y sin compensación. Con esta prueba se comprobó que todos los sujetos presentaran una AV decimal de Snellen mayor o igual a 0,9 en cada ojo tanto en lejos como en cerca.
 - Para tomar la AV en lejos se utilizó el proyector (Shin-Nippon CP-30) enfocado sobre una pantalla situada a 6 m y se usó como optotipo la E de Snellen.
 - Para medir la AV en cerca se utilizó la tarjeta de letras de Sloan.
- Medida de la compensación óptica habitual con el frontofocómetro Nidek LM-990.



- Queratometría y refracción objetiva, medidas con autorrefractómetro/ queratómetro Topcon KR 7000P.
- Refracción subjetiva que se llevó a cabo con gafa de pruebas y lentes de caja de pruebas, usando optotipos de Snellen proyectados a 6 m (proyector Shin-Nippon CP-30). Se omitió el uso de Foróptero para evitar introducir demasiadas diferencias en el método de selección de las diferentes muestras de población a estudiar, dado que al estudiar al grupo de población infantil, la previsión era, como así se hizo, de tener que desplazar a todo el grupo de investigación a un centro escolar, siendo para ello preciso utilizar equipos portátiles. Se graduó buscando el máximo positivo con la mejor agudeza visual y la refracción obtenida fue la que se utilizó al aplicar las pruebas estudiadas, considerando como emétrepe un error de +0,50 y procediendo entonces a realizar el estudio del sujeto sin compensación.



Figura 14. Realizando pruebas preliminares en la muestra de jóvenes



- En el caso de los presbítas, se determinó también la refracción más adecuada para compensar la presbicia, utilizando gafa y caja de pruebas.

Los participantes pasaron a realizar la primera sesión de medidas de las pruebas. Todas estas pruebas constituyen un minucioso examen de la visión binocular. Un optometrista diferente a los que se encargaban de aplicar las diferentes pruebas sujetas a estudio se encargó de analizar en conjunto los resultados de este examen optométrico y pudo determinar si los sujetos presentaban una visión binocular normal, según los valores normativos establecidos y aceptados (ver Tabla 6).

Los tests elegidos para estos dos grupos fueron los siguientes:

- Test de Randot
- Test TNO
- Test de Titmus
- Test de Frisby para VP
- Test de Frisby-Davis 2 (FD-2) para VL

Una vez finalizado el examen de los sujetos, se entregó a cada uno un resumen de su estado visual (ver Anexo X).

A continuación se incluye el esquema de trabajo entregado y seguido por el equipo en la toma de medidas de la muestra de jóvenes y presbítas y sin anomalía binocular. Aparece resaltado el encuadre de las medidas de estereoagudeza dentro del contexto general del examen practicado a los sujetos. Todos aquellos candidatos que cumplían los requisitos pasaban a realizar las pruebas de medida de la estereoagudeza.



GABINETES: ORGANIZACION TOMA DE MEDIDAS

- **RECEPCIÓN**

- Recogida del consentimiento y seguimiento de la lista de sujetos citados
- Reparto de fichas a entregar por los sujetos a cada optometrista
- Auto refractómetro de campo cerrado

- **GABINETE 1 – 2 – 3**

- Frontofocómetro y toma DIP (en la recepción)
- Toma de AV (mono y binocular)
- Subjetivo
- Vergencias + Acomodación

- **SALAS 4.1 Y 4.2**

- Estereopsis

Acomodación → Retinoscopia Nott, L (-) y AA por Alejamiento
Desviación → CT_{PN}, VG, Thorington, Maddox (barra prismas)
Vergencias → VFN y VFP con barra de prismas
DF → Bernell, Wesson y Saladín
Estereopsis → Randot, TNO, Titmus, Frisby VL y Frisby VP

- **SALAS 5.1 Y 5.2**

- Desviación

- **SALAS 6.1 Y 6.2**

- Disparidad de Fijación DF

Recepción

- Recogida de consentimientos y seguimiento de citados
- Repartir fichas a cada sujeto citado
- Dar cita a los sujetos para segunda sesión
- Autorrefractómetro de campo cerrado

Gabinete 1 - 2 - 3

- Frontofocómetro y toma DIP
- Toma de AV (mono y binocular)
- Subjetivo
- Vergencias
- Acomodación

Gabinete 4 1 EXAM

(Aula de retinoscopia)

- Estereopsis

Gabinete 5 1 EXAM

- Desviación

Gabinete 6 1 EXAM

- DF

Gabinete 4 2 EXAM

(Aula de retinoscopia)

- Estereopsis

Gabinete 5 2 EXAM

- Desviación

Gabinete 6 2 EXAM

- DF



3.4.2. APLICACIÓN DE LOS TESTS DE ESTEREOPSIS

Aplicación de los tests en la muestra de jóvenes

Las instrucciones recibidas por todos los examinadores que participaron en la toma de medidas en los exámenes de los sujetos jóvenes fueron las siguientes:

- Se realizarán todas las medidas con gafas de prueba
- Se realizará la RX o sobrefracción con gafa y lentes de caja de prueba
- No se realizará refracción binocular
- Las medidas de acomodación se realizarán sólo en ojo derecho OD
- Las medidas de frontofocometría y distancia interpupilar DIP se harán a la recepción del paciente
- Con buena AV se considerará emétrope al sujeto hasta con +0,50. En este caso se harán las medidas sin compensación
- Determinar siempre la forma aleatoria de orden de primer y segundo examinador tanto en la primera sesión como en la segunda sesión.
- Se citará al sujeto para la segunda medida con periodo mínimo de una semana y máximo de 2 semanas.

De acuerdo con Bland y Altman³², el mejor modo para estudiar la repetibilidad de un instrumento o prueba es tomar varias medidas en una serie de sujetos. Para ello se debe tener en cuenta que algunas de las características de los sujetos pueden variar con el tiempo. Cuanto más tiempo transcurra entre sesiones de medida mayor es la probabilidad de que hayan ocurrido cambios reales en su estado de salud o de que su actitud ante la prueba haya cambiado. En ese caso, la repetibilidad de la prueba será errónea. Esta dificultad se puede subsanar, al menos parcialmente, efectuando la segunda medición poco tiempo después de la primera. Sin embargo, si el intervalo de tiempo entre la aplicación de las dos



pruebas es corto, es posible que el resultado obtenido en la segunda ocasión esté influido por el aprendizaje adquirido la primera vez, en cuyo caso ambas mediciones no serán independientes y el coeficiente de repetibilidad estará artificialmente elevado⁴. Esta es la razón por la que se estableció el intervalo de tiempo anteriormente citado.

Antes de tomar las medidas de los valores de estereoagudeza se procedió a hacer un examen visual completo a todos y cada uno de los pacientes, examen que se realizó el día de la primera visita, de forma que en la segunda visita sólo se medían ya los parámetros cuya repetibilidad y concordancia se querían estudiar por parte de los dos examinadores y en un orden aleatorio. No obstante, las dos medidas nunca se hacían consecutivas y siempre con enmascaramiento doble. Es decir, ninguno de los dos evaluadores conocía los resultados de las medidas del otro examinador ni tampoco los resultados de la primera sesión de ninguno de los examinadores. Además, al tener que medir la estereoagudeza con 5 tests distintos, el orden de aplicación de las cuatro tomas de medidas, dos examinadores y dos sesiones, estaba previamente determinado mediante la extracción de bolas por parte del participante.

Se realizaron las medidas de estereopsis con disparidad cruzada, según se recomienda en la literatura en aquellos casos en los que sólo se evalúa una dirección de disparidad⁹⁷.

La metodología exacta de aplicación de cada uno de estos tests de medida fue entregada a los dos examinadores y puede consultarse en el Anexo VII. En el Anexo VI figuran las instrucciones precisas entregadas a los examinadores en el resto de pruebas incluidas en el examen.



Figura 15. Realizando tests de Titmus, TNO y FD2 en jóvenes

Aplicación de los tests en la muestra de niños

Para el trabajo con los niños, se elaboró el documento siguiente que incluye normas de aplicación de los tests así como las instrucciones de aplicación y anotación comunes a todos los examinadores.

Instrucciones para rellenar las fichas y orden de medidas

- Cada ficha lleva asignado el código del número que identifica a cada niño en un listado general para el cumplimiento de la LOPD 15/1999.
- Cada examinador es responsable de aplicar en orden aleatorio las pruebas a los distintos niños, para intentar evitar la influencia del cansancio, el aprendizaje o el conocimiento previo de los datos.
- Una vez terminadas las medidas a realizar en un niño, el examinador doblará la hoja hacia atrás de modo que el siguiente examinador no



visualice los datos tomados previamente en la anterior sesión o por el otro examinador.

- Se debe intentar que el niño tenga un periodo de descanso entre una sesión de medidas y otra.

Particularidades sobre la toma de medidas:

- Todas las pruebas se realizarán con la compensación habitual del sujeto. En el caso de que lleven gafas, el cover test se realizará con y sin compensación. En la ficha se anotarán los datos con su compensación. Para las pruebas de screening también son necesarios los datos sin la compensación de modo que en la última sesión de medidas también se medirá al niño sin gafas y se anotará en la parte inferior del último cuadro.
- Las medidas de estereopsis y von Graefe en cerca se realizarán colocando el panel sobre el atril.
- Para las medidas de estereopsis se cuenta con gafas polarizadas y R/V de tamaño específico para niño.
- En la medida con el test de Von Graefe, se tomará primero en VP para que el niño se familiarice con la prueba y después en VL. En cerca (test de la jirafa en color) se disociará con el prisma de mano vertical Base inferior colocado en el OD y en lejos (test de la jirafa de lejos) se disociará con el prisma de 4-5 DP base inferior sobre el OD, utilizando la barra de prismas. Como siempre, sobre el OI se colocará la barra de prismas base interna y partiendo de 12 DP como prisma medidor.



En esta muestra de poblaciones aplicaron los siguientes tests de estereopsis:

- Test de Randot
- Test TNO
- Test de Titmus

Cuando se trabaja con niños, todos los tests deben realizarse de manera eficaz pero rápida para evitar que se cansen y dejen de colaborar. Está desaconsejado utilizar tests que requieran mucho tiempo. Un inconveniente de los tests de puntos randomizados es que, a veces, cuando se aplican a niños les resulta difícil entender la prueba y pueden dar respuestas anotadas como falsos negativos. Además, la percepción de una figura de puntos aleatorios en los tests de estereopsis no es inmediata²² y requiere un breve periodo de atención sobre las figuras. Si el estímulo no llama la atención del niño puede dar también falsos negativos por falta de colaboración. Por ambos motivos, en esta muestra de población se omitió el uso de los tests de Frisby para VP y Frisby-Davis 2 (FD 2) para VL.



Figura 16. Realizando tests a niños



Se realizaron las medidas de estereopsis con disparidad cruzada, según se recomienda en la literatura en aquellos casos en los que sólo se evalúa una dirección de disparidad⁹⁷.

Como ya se ha citado en las instrucciones, en las dos sesiones de medida, ninguno de los dos examinadores conocía los resultados obtenidos en las medidas ya hechas, para evitar una influencia en la medida en curso.

Aplicación de los tests en la muestra de présbitas

A continuación se incluyen las instrucciones recibidas por todos los examinadores que participaron en la toma de medidas realizada para el examen de los sujetos présbitas:

- Se realizarán todas las medidas con gafas de prueba
- Se realizará la RX o sobrerrefracción con gafa y lentes de caja de prueba
- No se realizará refracción binocular
- Las medidas de acomodación se realizarán sólo en ojo derecho OD
- Las medidas de frontofocometría y distancia interpupilar DIP se harán a la recepción del paciente
- Con buena AV se considerará emélope al sujeto hasta con +0,50. En este caso se harán las medidas sin compensación
- Determinar siempre la forma aleatoria de orden de primer y segundo examinador tanto en la primera sesión como en la segunda sesión.
- Se citará al sujeto para la segunda medida con periodo mínimo de una semana y máximo de 2 semanas.



De acuerdo con Bland y Altman³², el mejor modo para estudiar la repetibilidad de un instrumento o prueba es tomar varias medidas en una serie de sujetos. Para ello se debe tener en cuenta que algunas de las características de los sujetos pueden variar con el tiempo. Cuanto más tiempo transcurra entre sesiones de medida mayor es la probabilidad de que hayan ocurrido cambios reales en su estado de salud o de que su actitud ante la prueba haya cambiado. En ese caso, la repetibilidad de la prueba será errónea. Esta dificultad se puede subsanar, al menos parcialmente, efectuando la segunda medición poco tiempo después de la primera. Sin embargo, si el intervalo de tiempo entre la aplicación de las dos pruebas es corto, es posible que el resultado obtenido en la segunda ocasión esté influido por el aprendizaje adquirido la primera vez, en cuyo caso ambas mediciones no serán independientes y el coeficiente de repetibilidad estará artificialmente elevado⁴. Esta es la razón por la que se estableció el intervalo de tiempo anteriormente citado.

Antes de tomar las medidas de los valores de estereoagudeza se procedió a hacer un examen visual completo a todos y cada uno de los pacientes, examen que se realizó el día de la primera visita, de forma que en la segunda visita sólo se medían ya los parámetros de cuya repetibilidad y concordancia se querían estudiar por parte de los dos examinadores y en un orden aleatorio. No obstante, las dos medidas nunca se hacían consecutivas y siempre con enmascaramiento doble. Es decir, ninguno de los dos evaluadores conocía los resultados de las medidas del otro examinador ni tampoco los resultados de la primera sesión de ninguno de los examinadores. Además, al tener que medir la estereoagudeza con 5 tests distintos, el orden de aplicación de las cuatro tomas de medidas, dos examinadores y dos sesiones, estaba previamente determinado mediante la extracción de bolas por parte del participante.



Se realizaron las medidas de estereopsis con disparidad cruzada, según se recomienda en la literatura en aquellos casos en los que sólo se evalúa una dirección de disparidad⁹⁷.

Los tests elegidos en este experimento fueron los siguientes:

- Test de Randot
- Test TNO
- Test de Titmus
- Test de Frisby para VP
- Test de Frisby-Davis 2 (FD-2) para VL

En el Anexo VI figuran las instrucciones precisas entregadas a los examinadores en el resto de pruebas preliminares incluidas en el examen. La metodología exacta de aplicación de cada uno de estos tests de medida fue entregada a los dos examinadores y puede consultarse en el Anexo VII

3.4.3. ENMASCARAMIENTO Y ALEATORIZACIÓN

De acuerdo con Bland y Altman³², el mejor modo para estudiar la repetibilidad de un instrumento o prueba es tomar varias medidas en una serie de sujetos. Para ello se debe tener en cuenta que algunas de las características de los sujetos pueden variar con el tiempo. Cuanto más tiempo transcurra entre sesiones de medida mayor es la probabilidad de que hayan ocurrido cambios reales en su estado de salud o de que su actitud ante la prueba haya cambiado. En ese caso, la repetibilidad de la prueba será errónea. Esta dificultad se puede subsanar, al menos parcialmente, efectuando la segunda medición poco tiempo después de la primera. Sin embargo, si el intervalo de tiempo entre la aplicación de las dos pruebas es corto, es posible que el resultado obtenido en la segunda ocasión esté



influido por el aprendizaje adquirido la primera vez, en cuyo caso ambas mediciones no serán independientes y el coeficiente de repetibilidad estará artificialmente elevado⁴. Esta es la razón por la que se estableció el intervalo de tiempo anteriormente citado.

Ya se ha mencionado anteriormente que antes de tomar las medidas de los valores de estereoagudeza se procedió a hacer un examen visual completo a todos y cada uno de los pacientes, examen que se realizó el día de la primera visita, de forma que en la segunda visita sólo se medían ya los parámetros de cuya repetibilidad y concordancia se querían estudiar por parte de los dos examinadores y en un orden aleatorio. No obstante, las dos medidas nunca se hacían consecutivas y siempre con enmascaramiento doble. Es decir, ninguno de los dos evaluadores conocía los resultados de las medidas del otro examinador ni tampoco los resultados de la primera sesión de ninguno de los examinadores. Además, al tener que medir la estereoagudeza con 5 tests distintos, el orden de aplicación de las cuatro tomas de medidas, dos examinadores y dos sesiones, estaba previamente determinado mediante la extracción de bolas (ver Anexo V) por parte del participante.

En la muestra de niños, al diferir de la metodología descrita para los jóvenes y presbitas, también se aplicaron medidas para mantener la aleatoriedad y el enmascaramiento:

- Cada examinador es responsable de aplicar en orden aleatorio las pruebas a los distintos niños, para intentar evitar la influencia del cansancio, el aprendizaje o el conocimiento previo de los datos.
- Una vez terminadas las medidas a realizar en un niño, el examinador doblará la hoja hacia atrás de modo que el siguiente examinador no visualice los datos tomados previamente en la anterior sesión o por el otro examinador (ver Anexo IX).



3.5. MATERIAL PARA EL ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Una vez obtenidos los datos de toda la muestra se procedió a su tratamiento estadístico. El análisis de los datos se realizó con el programa estadístico *Analyse-It for Microsoft Excel statistical program* (Leeds, UK. See <http://www.analyse-it.com>). Para comenzar el análisis estadístico se prepararon las tablas (Ver Anexos XIII a XX) con los valores tomados para cada sujeto en las cuatro sesiones de medida, se realizó una revisión de las mismas en busca de valores no habituales o ilógicos. También se revisaron aquellos valores que en las gráficas parecían apartarse del comportamiento general.

Para cada caso se calculó el valor medio y la desviación estándar del conjunto de medidas (primera y segunda sesión para cada uno de los dos examinadores) tomadas con dicha prueba. Se utilizó el método estadístico de Bland y Altman (ver Anexo XI) para establecer el grado de repetibilidad y el de concordancia de las pruebas^{32, 98}. Esta técnica estadística es muy recomendada en la literatura^{32, 99-102} para comparar dos métodos de medida y ha sido ya utilizada en *papers*¹⁰³⁻¹⁰⁵ por otros autores para estudiar la repetibilidad de pruebas en el campo de la visión binocular.

Desde el punto de vista clínico, la ventaja de este método es que el acuerdo de los tests se expresa en las mismas unidades de la medida y permite al clínico establecer su propio criterio de si la diferencia es o no significativa.

Un valor negativo en la media de las diferencias entre métodos o sesiones DM (f-i) indica que la segunda medida fue un valor inferior y por tanto correspondería a un grado de estereopsis mayor. Puede atribuirse a un efecto aprendizaje.



Los parámetros calculados fueron la diferencia media (DM), la desviación estándar de las diferencias (DE), el coeficiente de repetibilidad ($CDR = 1,96 \times DE$) y los límites de acuerdo al nivel de 95% ($DM \pm CDR$). Cuando los valores encontrados no eran normales, en vez de medir el CDR como se acaba de describir, se calculó el percentil 95 del valor absoluto de las diferencias. Para ello se hicieron todos los cálculos y las tablas completas que incluyen dichos valores absolutos se encuentran en los anexos XIII a XX. También se realizó la gráfica de las diferencias (eje-y) respecto a las medias (eje-x) para poder establecer los límites de acuerdo al 95% y tener una mejor idea de la repetibilidad de las distintas pruebas de forma gráfica.

Los límites del intervalo de acuerdo dan una estimación de la repetibilidad de un determinado test pues delimitan el rango en el que se espera que caigan el 95% de las diferencias entre medidas repetidas de la misma prueba realizadas al mismo individuo y bajo las mismas circunstancias.

Para estudiar la concordancia entre pruebas se analizó la distribución de las diferencias entre las distintas pruebas que miden la misma función. Se estableció la diferencia media (DM) y el coeficiente de concordancia ($CDC = 1,96 \times DE$) o el percentil 95 del valor absoluto de las diferencias entre métodos si la distribución de las diferencias no era normal. De igual forma que en el estudio de la repetibilidad, en el caso de la concordancia se trazaron las gráficas de Bland y Altman³² que muestran las diferencias entre los resultados obtenidos con los dos métodos (eje-y) respecto a la media de los resultados de los dos métodos (eje-x).

Tanto en el estudio de repetibilidad como en el de concordancia se compararon las medias mediante el test-T para muestras pareadas, estableciéndose el nivel de significación $p < 0,05$. No obstante a la hora de interpretar los resultados de esta prueba se tuvo en cuenta que pequeñas diferencias podían ser estadísticamente significativas pero no clínicamente significativas.

4. Resultados



4.1. CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA

Tras excluir a aquellos sujetos que no cumplieron alguno de los criterios de inclusión, la muestra de sujetos **jóvenes** se llevó a cabo con 110 sujetos cuyo **rango de edad** fue de 18 a 25 años (media = 19,3 años; DE = 1,58 años).

El rango de ametropías fue de -0.50 a -11,00 D de miopía y de +0.50 a +6.00 D de hipermetropía y hasta -4,00 D de astigmatismo.

Las características principales de la muestra de sujetos jóvenes aparecen reflejadas en la Tabla 8.

Tabla 8. Características principales de la muestra de sujetos jóvenes

N=110 (89 MUJERES/ 21 HOMBRES)	MEDIA ± DE
Edad	19,3±1,58 años
Rx subjetiva OD (esfera)	-1,19±2,21 D.
Rx subjetiva OD (cilindro)	-0,90±0,79 D.
AV cc en VL OD	1,21±0,15
Rx subjetiva OI (esfera)	-1,18±2,22 D.
Rx subjetiva OI (cilindro)	-0,9±0,71 D.
AV cc en VL OI	1,22±0,15
AV cc binocular en VL	1,3±0,18

En cuanto a la muestra de **prébitas**, una vez excluidos aquellos sujetos que no cumplieron alguno de los criterios de inclusión, el estudio se llevó a cabo con 25



sujetos cuyo **rango de edad** fue de 56 a 73 años (media = 69 años; DE = 5,66 años).

El rango de ametropías fue de -0.50 a -6,00 D de miopía y de +0.50 a +3.50 D de hipermetropía y hasta -4,00 D de astigmatismo. En cuanto a la adición para visión próxima, los valores a prescribir estuvieron comprendidos entre +1,75 y +3,00 dioptrías.

Las características principales de la muestra aparecen reflejadas en la Tabla 9.

Tabla 9. Características principales de la muestra de sujetos presbítas

N=25 (13 MUJERES/ 12 HOMBRES)	MEDIA ± DE
Edad	69±5,65 años
Rx subjetiva OD (esfera)	+2±2,12 D.
Rx subjetiva OD (cilindro)	-1±0,70 D.
AV cc en VL OD	1,1±0,14
Rx subjetiva OI (esfera)	+1,50±2,12 D.
Rx subjetiva OI (cilindro)	-1,13±0,18 D.
AV cc en VL OI	0,9±0,5
AV cc binocular en VL	1,5±0,4
Adición para VP	+2,75±0,35

Para completar la muestra de **niños**, se excluyeron a aquellos que no cumplieron alguno de los criterios de inclusión, y así el estudio se llevó a cabo con 96 sujetos (52 niñas y 44 niños) todos ellos de 6 años de edad.



Tabla 10. Valores medios de estereoagudeza para cada test y muestra de edad

VALORES MEDIOS DE ESTEREOPSIS ± DE (seg. arc)			
TEST/EDAD	JOVENES	NIÑOS	PRESBITAS
RANDOT	32,29 ± 26,40	27,45 ± 8,71	48,00 ± 59,84
TNO	69,79 ± 80,01	55,11 ± 40,49	121,80 ± 101,63
TITMUS	49,12 ± 30,51	42,06 ± 7,31	52,00 ± 28,03
FRISBY	24,36 ± 12,25		41,20 ± 26,83
FD-2 (VL)	7,52 ± 4,20		11,55 ± 8,45

De la observación de la tabla 10 se desprende que en todos los tests estudiados a medida que aumenta la edad disminuye el grado de estereoagudeza medido, aumentando no sólo el valor medio, sino también la desviación estándar.

4.2. REPETIBILIDAD DE LOS TESTS DE ESTEREOPSIS

4.2.1. REPETIBILIDAD INTRAEXAMINADOR

La tabla 11 muestra los resultados de la repetibilidad intraexaminador de los tests utilizados en la evaluación de la estereoagudeza de los sujetos jóvenes y presbitas, así como en los niños, tanto la DM como el coeficiente de repetibilidad en cada una de las tres poblaciones. En los anexos XIII, XVI y XVIII se encuentran las Tablas completas de los resultados del análisis estadístico de la Repetibilidad intraexaminador de las muestras de jóvenes, niños y presbitas respectivamente.



Tabla 11. Repetibilidad intraexaminador para cada test y muestra de sujetos

REPETIBILIDAD INTRA-EXAMINADOR				
TEST	PARAMETRO	JOVENES (" arc)	NIÑOS (" arc)	PRESBITAS (" arc)
RANDOT	DM (S2 - S1)	-8,70* (p<0,0001)	-2,23	-3,00
	CDR	30,09	23,24	67,70
TNO	DM (S2 - S1)	-13,80* (p<0,0001)	6,20	-40,80 (p=0,05)
	CDR	52,21	122,73	196,03
TITMUS	DM (S2 - S1)	-8,82* (p=0,01)	-0,78	3,20
	CDR	67,65	12,70	64,57
FRISBY	DM (S2 - S1)	-3,47* (p=0,02)		-9,40 (p=0,01)
	CDR	28,48		34,57
FD-2 (VL)	DM (S2 - S1)	-0,58		-3,50 (p=0,05)
	CDR	11,85		16,68

DM = diferencia media. CDR = coeficiente de repetibilidad. S1 = sesión 1. S2= sesión 2.
" arc = segundos de arco. * diferencias significativas (p (t-test) < 0.05)



JOVENES

En la muestra de sujetos jóvenes, y valorando la repetibilidad de los cuatro tests en VP, se han encontrado unos valores de repetibilidad intraexaminador muy similares con los tests de RANDOT y FRISBY. La mejor repetibilidad intraexaminador se obtuvo utilizando el test de FRISBY, ya que presenta una baja diferencia media entre las dos sesiones de medida ($-3,47''\text{arc}$; $p=0,02$) junto con el menor intervalo de acuerdo ($\pm 28,48''\text{arc}$).

Valores muy próximos se encuentran con el test de RANDOT, con un intervalo de acuerdo al 95% muy similar al anterior ($\pm 30,09''\text{arc}$) y una DM algo superior a la encontrada con Frisby, si bien hay que tener en cuenta que desde el punto de vista clínico estas leves diferencias entre ambos tests no son significativas ya que los amplios saltos de medida que imponen estos tests, no permiten medir diferencias tan pequeñas.

La peor repetibilidad intraexaminador correspondió al tests TITMUS con una diferencia media entre sesiones de $-8,82''\text{arc}$ ($p=0,01$) y un intervalo al 95% ancho ($\pm 67,65$). En valores semejantes encontramos el test de TNO con un intervalo de confianza amplio.

La figura 17 corresponde a las gráficas de Bland y Altman para los cuatro tests mencionados. En el eje x se representan la media de las dos medidas (Ver Anexo XI), mientras que el eje y figura la diferencia entre las medias de las dos sesiones de medida del mismo examinador. Cuanto menor sea la diferencia media entre medidas, o sea DM, y más estrecho el intervalo de confianza al 95% más repetible será la prueba. En la figura mostrada, todas las gráficas tienen la misma escala en



el eje, por lo que se puede comprobar que la mejor repetibilidad corresponde a los tests de FRISBY y RANDOT, y la peor al test de TITMUS.

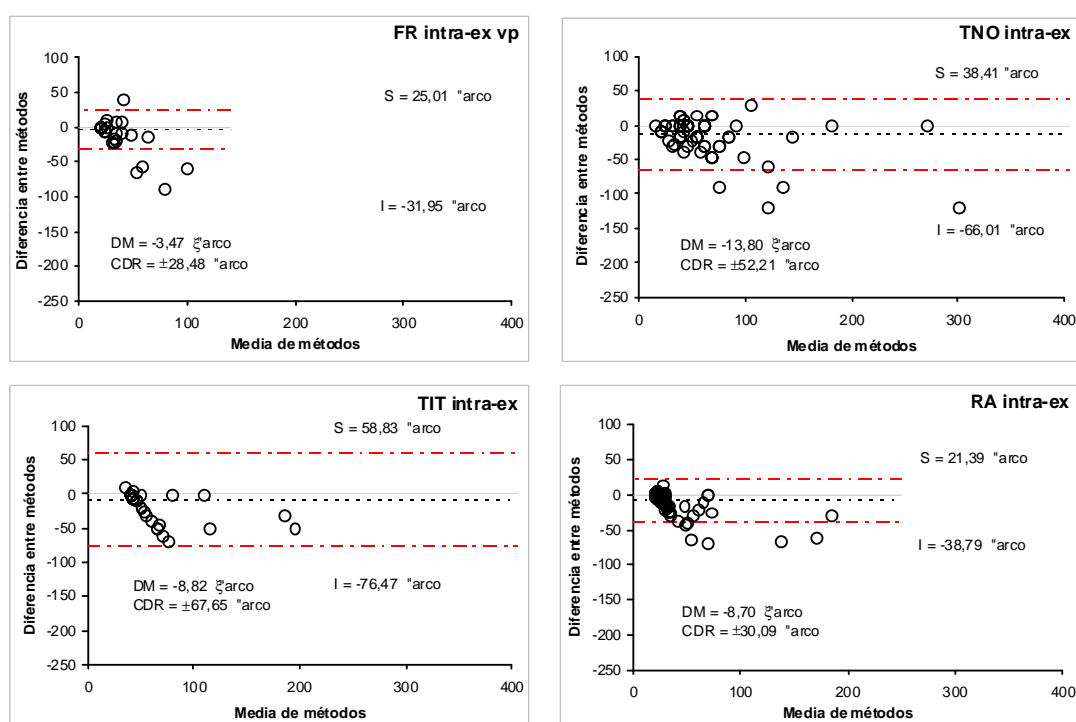


Figura 17. Repetibilidad intraexaminador en la medida de la estereoagudeza en VP en jóvenes

En el mismo análisis pero en visión lejana, los resultados indican que el test de FRISBY-DAVIS 2 (FD-2) para VL presenta una buena repetibilidad intraexaminador, siendo por ello fiable su uso. Puede verse en la Tabla 11 una diferencia media junto con un coeficiente de repetibilidad excelente. Así mismo, se visualizan estos resultados en la gráfica de Bland y Altman correspondiente, en la figura 18, donde además de observarse una diferencia media muy baja, se obtiene un intervalo muy estrecho y poca dispersión de medidas.

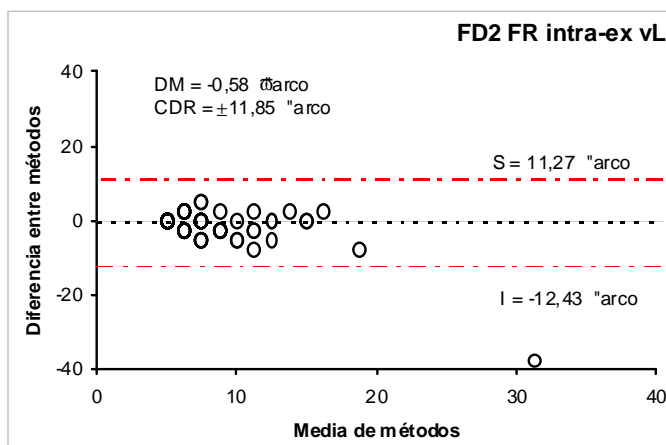


Figura 18. Repetibilidad intraexaminador en la medida de la estereoagudeza en VL en jóvenes^b

NIÑOS

La mejor repetibilidad intraexaminador en la muestra de niños analizada correspondió al test de TITMUS con una DM de -0,78"arc y un coeficiente de repetibilidad de $\pm 12,70$, según se observa en la Tabla 11.

A continuación se encuentra una mayor repetibilidad intraexaminador con el test de RANDOT y de los tres evaluados, sin duda alguna el menos repetible es el test TNO con un coeficiente de repetibilidad de $\pm 122,73$.

En la figura 19 de Bland y Altman, que se muestra a continuación se visualizan los resultados apreciándose claramente que el intervalo al 95% más estrecho

^b La escala utilizada en la figura 18 es distinta de la empleada en la figura 17.



corresponde al test de TITMUS. Conviene recordar que en las gráficas pueden encontrarse muchos puntos solapados.

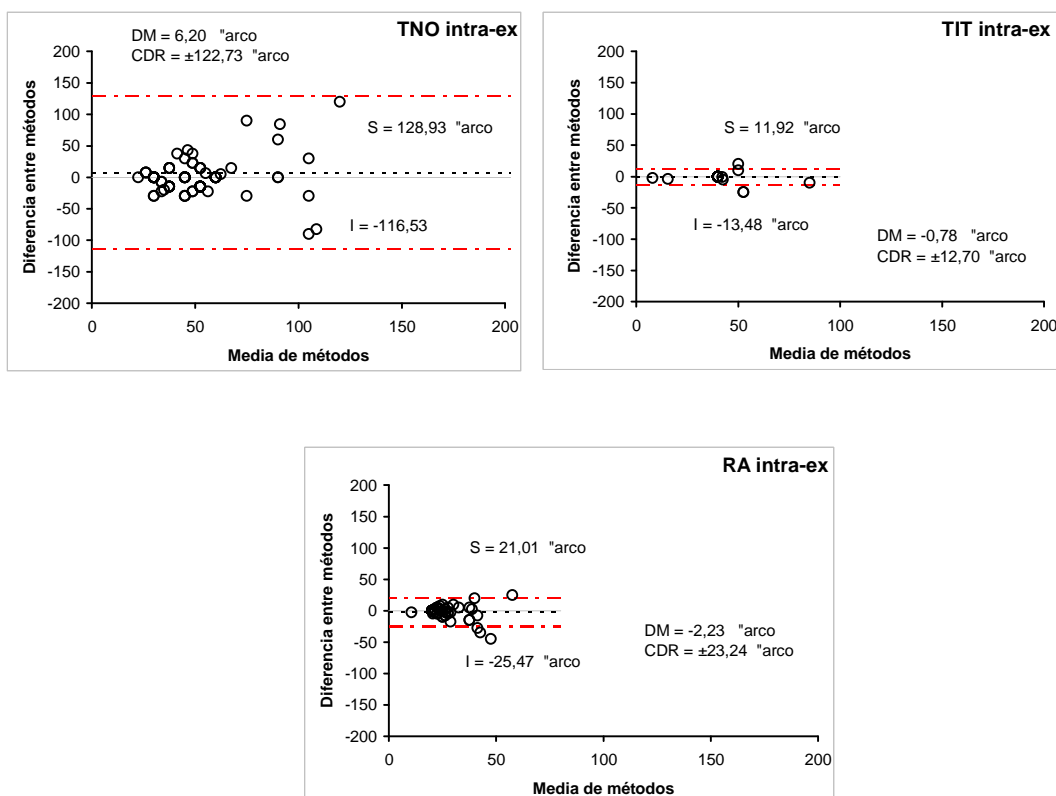


Figura 19. Repetibilidad intraexaminador en la medida de la estereoagueza en VP en niños

PRESBITAS

Para finalizar el análisis de la repetibilidad intraexaminador, resta analizar los resultados del estudio para la muestra de presbitas. Como puede verse en la tabla 11, el test que presenta mayor repetibilidad intraexaminador en VP en sujetos presbitas, valorando los datos de DM es el test de FRISBY. El test muestra una DM negativa, lo que indica que la segunda medida fue mejor que la primera y esto puede deberse a un efecto aprendizaje.



A continuación se sitúan con valores muy similares los tests de RANDOT y TITMUS, por este orden, aunque con diferencias mínimas entre ellos. Sin duda la peor repetibilidad es para el TNO, con una media de diferencias baja (-40,80) y un coeficiente de repetibilidad muy malo. ($\pm 196,03$).

Los resultados gráficos de este análisis se observan en la figura 20.

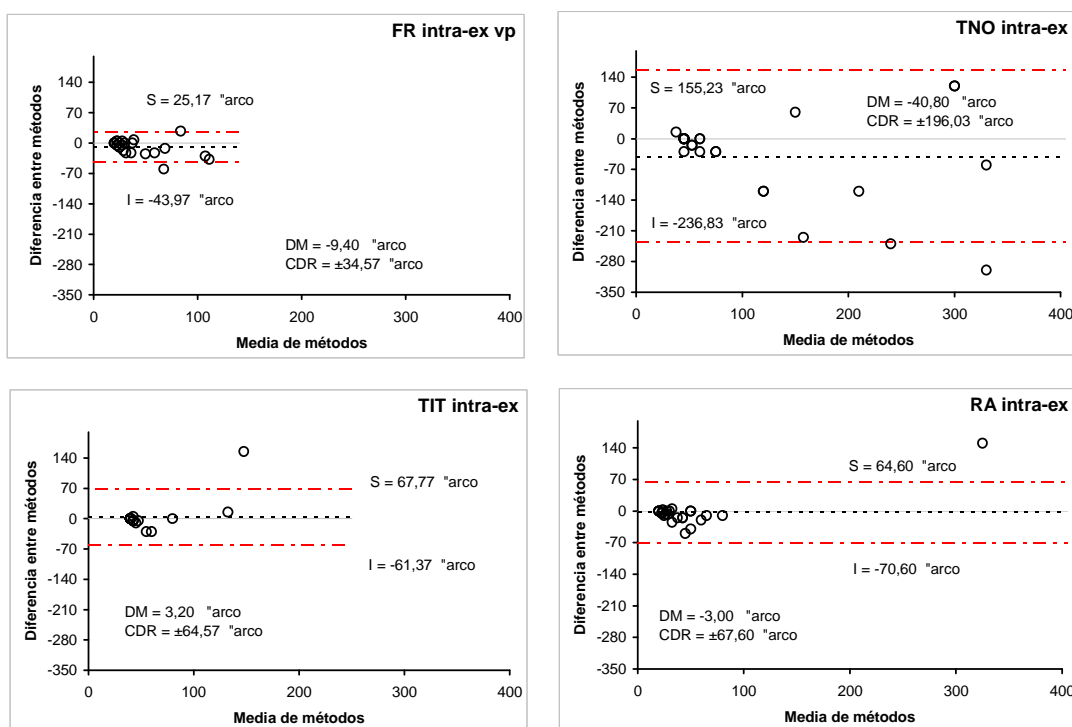


Figura 20. Repetibilidad intraexaminador en la medida de la estereoagudeza en VP en presbítas

Como ya se vio en el análisis de los datos de repetibilidad intraexaminador en VL para sujetos jóvenes, de nuevo el test de FRISBY-DAVIS 2 (FD-2) para VL vuelve a demostrar una buena repetibilidad, según se observa en la Tabla 11, en su aplicación a sujetos presbítas, con una DM de -3,50"arc y un CDR $\pm 16,68$, si bien,



los valores oscilan en un intervalo ligeramente más amplio que en el caso de la muestra de sujetos jóvenes.

La figura 21 es una demostración gráfica de este resultado, aunque para evitar confusiones debe hacerse notar que la escala de esta gráfica es distinta a la presentada en las figuras 17,19 y 20.

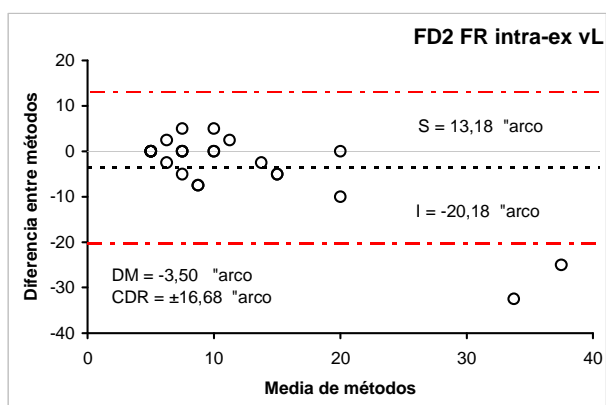


Figura 21. Repetibilidad intraexaminador en la medida de la estereoagudeza en VL en presbítas

4.2.2. REPETIBILIDAD INTEREXAMINADOR

En los anexos XIV, XVI y XIX se encuentran las Tablas completas de los resultados del análisis estadístico de la Repetibilidad interexaminador de las muestras de jóvenes, niños y presbítas respectivamente, mientras que la tabla 12 agrupa los datos más relevantes de las tres muestras.



Tabla 12. Repetibilidad interexaminador para cada test y muestra de sujetos

REPETIBILIDAD INTER-EXAMINADOR				
TEST	PARAMETRO	JOVENES (" arc)	NIÑOS (" arc)	PRESBITAS (" arc)
RANDOT	DM (E2 - E1)	0,56	-0,43	-3,20
	CDR	17,40	18,09	67,00
TNO	DM (E2 - E1)	-29,98* (p<0,0001)	-1,96	-60,00* (p=0,004)
	CDR	100,90	43,68	182,82
TITMUS	DM (E2 - E1)	-0,98	0,78	-12,80
	CDR	20,69	7,52	84,97
FRISBY	DM (E2 - E1)	-1,00		9,60 (p=0,01)
	CDR	15,86		34,93
FRISBY-DAVIS FD-2 (VL)	DM (E2 - E1)	-0,37		0,90
	CDR	6,38		8,23

DM = diferencia media. CDR = coeficiente de repetibilidad. E1 = examinador 1. E2 = examinador 2.
" arc = segundos de arco. * diferencias significativas (p (t-test) < 0.05)



JOVENES

Según la tabla 12, en la evaluación de los resultados de la repetibilidad de las medidas de estereoagudeza en VP entre dos examinadores distintos siguiendo las mismas instrucciones y en idénticas condiciones de trabajo, es decir, en la repetibilidad interexaminador en VP, los resultados indican una gran similitud en la repetibilidad de los tests de RANDOT y FRISBY, siendo sensiblemente mejor con el test de FRISBY, si bien, desde el punto de vista clínico, estas mínimas diferencias son insignificantes. Estos resultados son los mismos que se obtuvieron en la repetibilidad intraexaminador en esta misma muestra.

La peor repetibilidad entre examinadores corresponde al test TNO, en el que además de unos valores elevados de DM, se observa un intervalo extremadamente ancho y por ello un coeficiente de repetibilidad malo.

En la figura 22 se puede apreciar como los tests de Randot y Frisby presentan un comportamiento muy similar en lo que a repetibilidad interexaminador se refiere siendo, de los cuatro tests estudiados, los que mejor DM tienen así como un menor intervalo de distribución del 95% de las medidas.

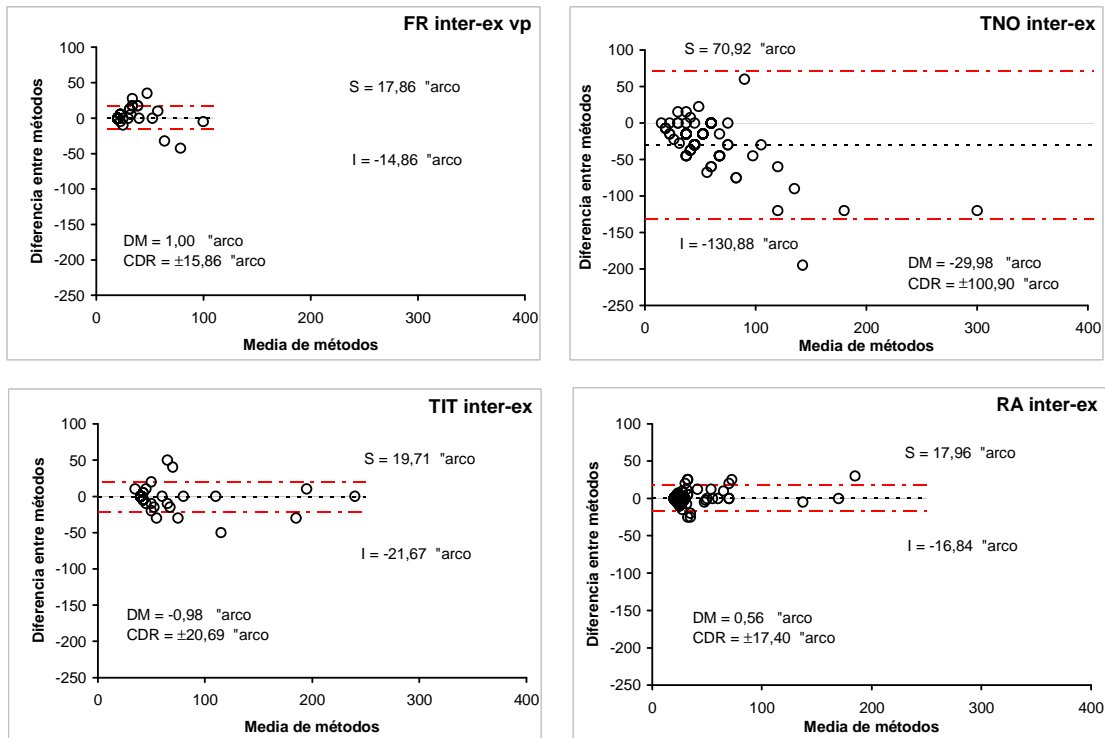


Figura 22. Repetibilidad interexaminador en la medida de la estereoagudeza en VP en jóvenes

El estudio de los datos de la repetibilidad interexaminador para VL, o sea, la comparación entre las medidas de dos examinadores distintos siguiendo las mismas instrucciones y en idénticas condiciones de trabajo, sugiere una alta repetibilidad para este test, como nos indican el valor del coeficiente de repetibilidad de la tabla 12 y en la gráfica de Bland y Altman de la figura 23, la amplitud del intervalo, muy estrecho. Los valores de repetibilidad interexaminador obtenidos son mejores, incluso, que los de repetibilidad intraexaminador.

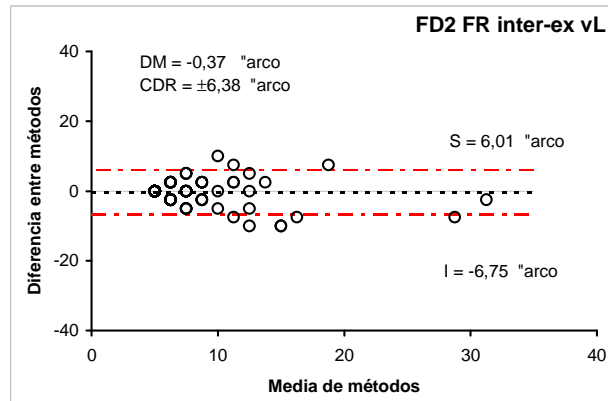


Figura 23. Repetibilidad interexaminador en la medida de la estereoagudeza en VL en jóvenes

NIÑOS

De igual manera que en la evaluación de la repetibilidad intraexaminador en niños, el test más repetible en la evaluación entre distintos examinadores para la muestra infantil la obtuvo el test de TITMUS, encontrándose inclusive mejores resultados que en el caso de la repetibilidad intraexaminador.

El segundo test más repetible entre los dos examinadores para la muestra de niños estudiada es RANDOT y de los tres, la menor repetibilidad corresponde al test TNO. Estos resultados pueden apreciarse en la tabla 12 y figura 24.

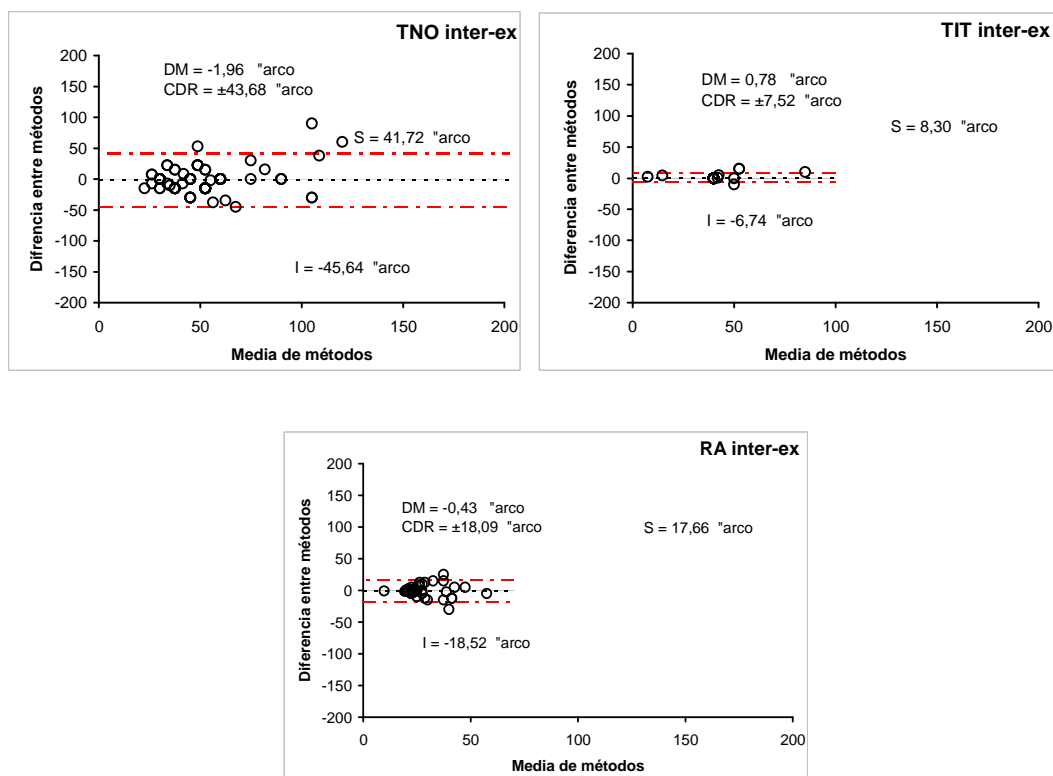


Figura 24. Repetibilidad interexaminador en la medida de la estereoagudeza en VP en niños

En el caso de la repetibilidad interexaminador para sujetos presbítas cuando se estudia la estereoagudeza en VP la mejor repetibilidad es para el test de FRISBY, como se aprecia en la figura 25 y la tabla 12, con una DM de 9,60"arc y un intervalo de confianza al 95% de $\pm 34,93$ "arc, frente a valores superiores en los tests de RANDOT y TITMUS y, por último, el TNO, en este orden.

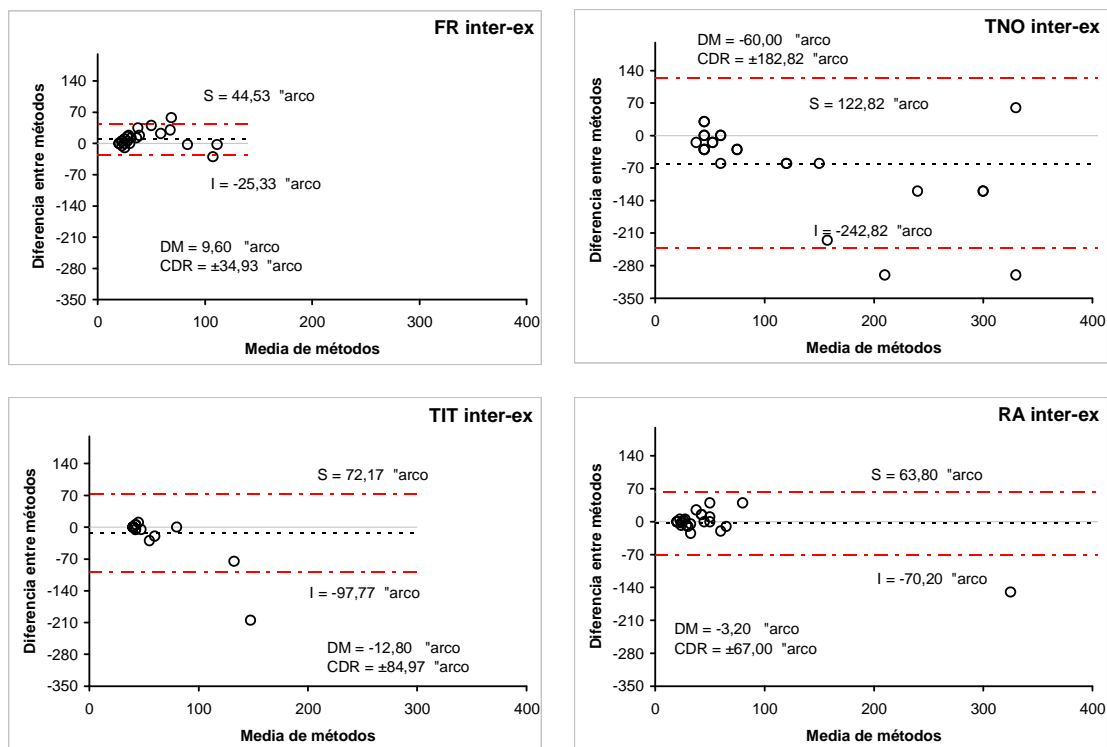


Figura 25. Repetibilidad interexaminador en la medida de la estereoagudeza en VP en prsbitas

En la tabla 12 y ms adelante, en la figura 26, se puede comprobar una vez ms, que el test de FRISBY-DAVIS 2 (FD-2) para VL, en los sujetos prsbitas, presenta una buena repetibilidad interexaminador, mejorando incluso los valores obtenidos en el caso de la fiabilidad intraexaminador para los sujetos prsbitas.

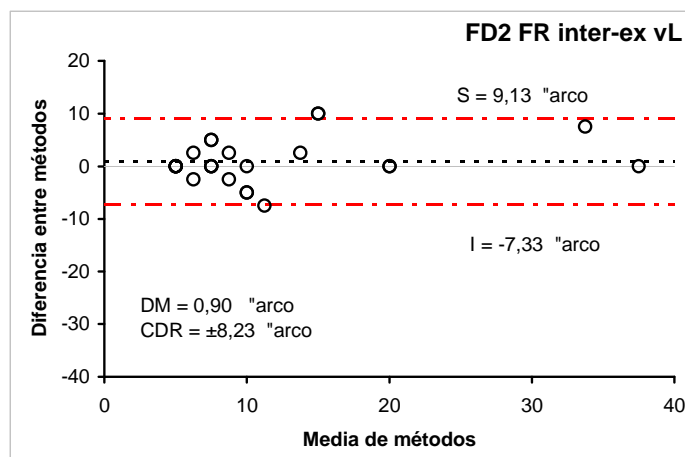


Figura 26. Repetibilidad interexaminador en la medida de la estereoagudeza en VL en présbitas

Comparando los resultados de repetibilidad intrasujeto con la fiabilidad intersujeto se confirma una de las hipótesis de este estudio⁴⁴, quedando así completado uno de los objetivos de este trabajo y justificando también la conclusión de que entre la repetibilidad intra e interexaminador en el presente estudio se ha encontrado una buena correlación, de forma que se espera que la medida intrasujeto sea más repetible que la intersujeto. Aun así, y como se ha podido ir viendo en la presentación de los resultados, en nuestro caso a veces, incluso es mejor.

4.3. CONCORDANCIA ENTRE TESTS DE ESTEREOPSIS

Las tablas completas de concordancia en las tres muestras con medias y valores absolutos se encuentran en los anexos XV, XVII y XX.



4.3.1. CONCORDANCIA ENTRE TESTS DE MEDIDA EN JOVENES

Como era de esperar, presentan mejor concordancia los tests que han resultado de manera individual ser más repetibles, tanto al evaluar la repetibilidad intra como la repetibilidad interexaminador. Al observar los resultados numéricos de la tabla 13 y los mismos resultados gráficos en la figura 27, se puede comprobar que los tests más concordantes son la pareja FRISBY-RANDOT. En valores similares se pueden también situar los datos de concordancia entre los tests de Titmus y Randot, si bien tanto en un caso como en otro, son valores que desaconsejan que sean intercambiables entre ellos.

Tabla 13. Concordancia entre pruebas de estereoagudeza en VP en jóvenes

CONCORDANCIA ENTRE TESTS EN JÓVENES VISION CERCANA		
PAREJAS DE TESTS	DM ("arc) p (test t)	CDC ("arc)
FRISBY – TNO	45,59 ($p < 0,0001$)	$\pm 139,24$
FRISBY – TITMUS	24,91 ($p < 0,0001$)	$\pm 50,51$
FRISBY – RANDOT	8,09 ($p < 0,0001$)	$\pm 34,77$
TNO – TITMUS	-20,67 ($p = 0,004$)	$\pm 137,80$
TNO – RANDOT	-37,50 ($p < 0,0001$)	$\pm 128,80$
TITMUS – RANDOT	-16,83 ($p < 0,0001$)	$\pm 34,34$

Clave: DM= diferencia media, CDC = coeficiente de concordancia,
"arc = segundos de arco



El peor coeficiente de concordancia en la muestra de sujetos jóvenes correspondió a los tests de Frisby y TNO y de manera general la peor concordancia encontrada es la del TNO con cualquiera de los demás tests estudiados.

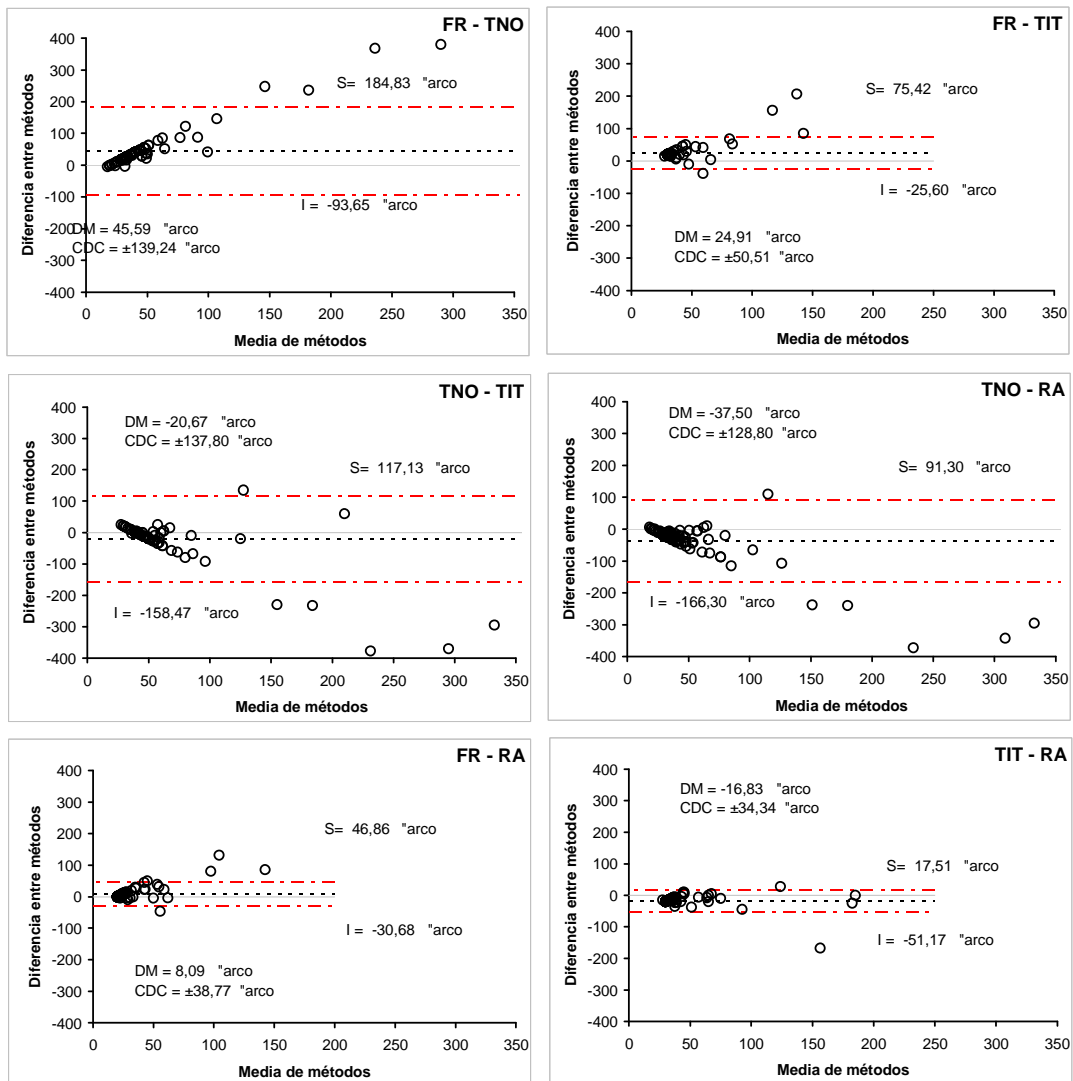


Figura 27. Concordancia entre pruebas de estereoagueudeza en VP en jóvenes



4.3.2. CONCORDANCIA ENTRE TESTS DE MEDIDA EN NIÑOS

Los resultados de la concordancia de los test usados en el estudio de la muestra infantil, tanto en la tabla 14 como en la Figura 28, nos indican que concuerdan más los valores del TNO con TITMUS que con RANDOT, ya que se observa claramente una menor DM junto con un mejor CDC y un estrecho intervalo de datos.

A pesar de ello, la concordancia entre las medidas no es buena, clínicamente hablando, por lo que se indica que ambos presentan, de entre los tests estudiados la mejor concordancia, pero no deberían ser intercambiados entre ellos, especialmente cuando se trata de hacer un seguimiento de la posible mejora de un tratamiento en curso.

Tabla 14. Concordancia entre pruebas de estereoagudeza en VP en niños

CONCORDANCIA ENTRE TESTS EN NIÑOS VISION CERCANA		
PAREJAS DE TESTS	DM ("arc) p (test t)	CDC ("arc)
TNO – TITMUS	-6,19 (p=0,01)	± 30,97
TNO – RANDOT	-34,23 (p<0,0001)	± 96,42

Clave: DM= diferencia media, CDC = coeficiente de concordancia,
"arc = segundos de arco

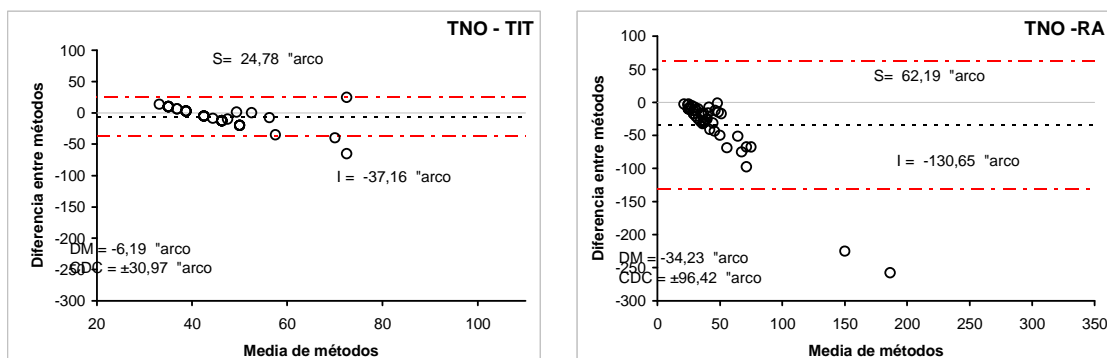


Figura 28. Concordancia entre pruebas de estereoagudeza en VP en niños

4.3.3. CONCORDANCIA ENTRE TESTS DE MEDIDA EN PRESBITAS

Y finalmente para terminar la evaluación de resultados de los datos de los tres experimentos realizados en esta tesis doctoral, podemos ver en la tabla 15 que la mejor concordancia de los cuatro test que se han estudiado en la medida de la estereoagudeza en VP en la muestra de sujetos presbitas, se ha dado entre los tests de FRISBY y TITMUS, con un CDC de $\pm 51,42$. A pesar de ser el mejor valor encontrado, no obstante no se deberían considerar intercambiables ambos tests ya que desde el punto de vista clínico los valores del intervalo al 95% son demasiado amplios como para ello.

La peor concordancia se ha encontrado para el par de tests TITMUS-TNO, aunque nuevamente vuelve a quedar reflejado que la concordancia del TNO con los demás tests es muy baja con unos intervalos extremadamente anchos, como se observa en la figura 29.



Tabla 15. Concordancia entre pruebas de estereoagudeza en VP en presbitas

CONCORDANCIA ENTRE TESTS EN PRESBITAS		
PAREJAS DE TESTS	DM ("arc) p (test t)	CDC ("arc)
FRISBY – TNO	45,80 (p=0,002)	± 131,59
FRISBY – TITMUS	-0,40 (p=0,9)	± 51,42
FRISBY – RANDOT	0,40 (p=0,9)	± 83,58
TNO – TITMUS	-46,20 (p=0,009)	± 159,84
TNO – RANDOT	-45,40 (p=0,01)	± 160,36
TITMUS – RANDOT	0,80 (p=0,9)	± 69,58

Clave: DM= diferencia media, CDC = coeficiente de concordancia,
"arc = segundos de arco

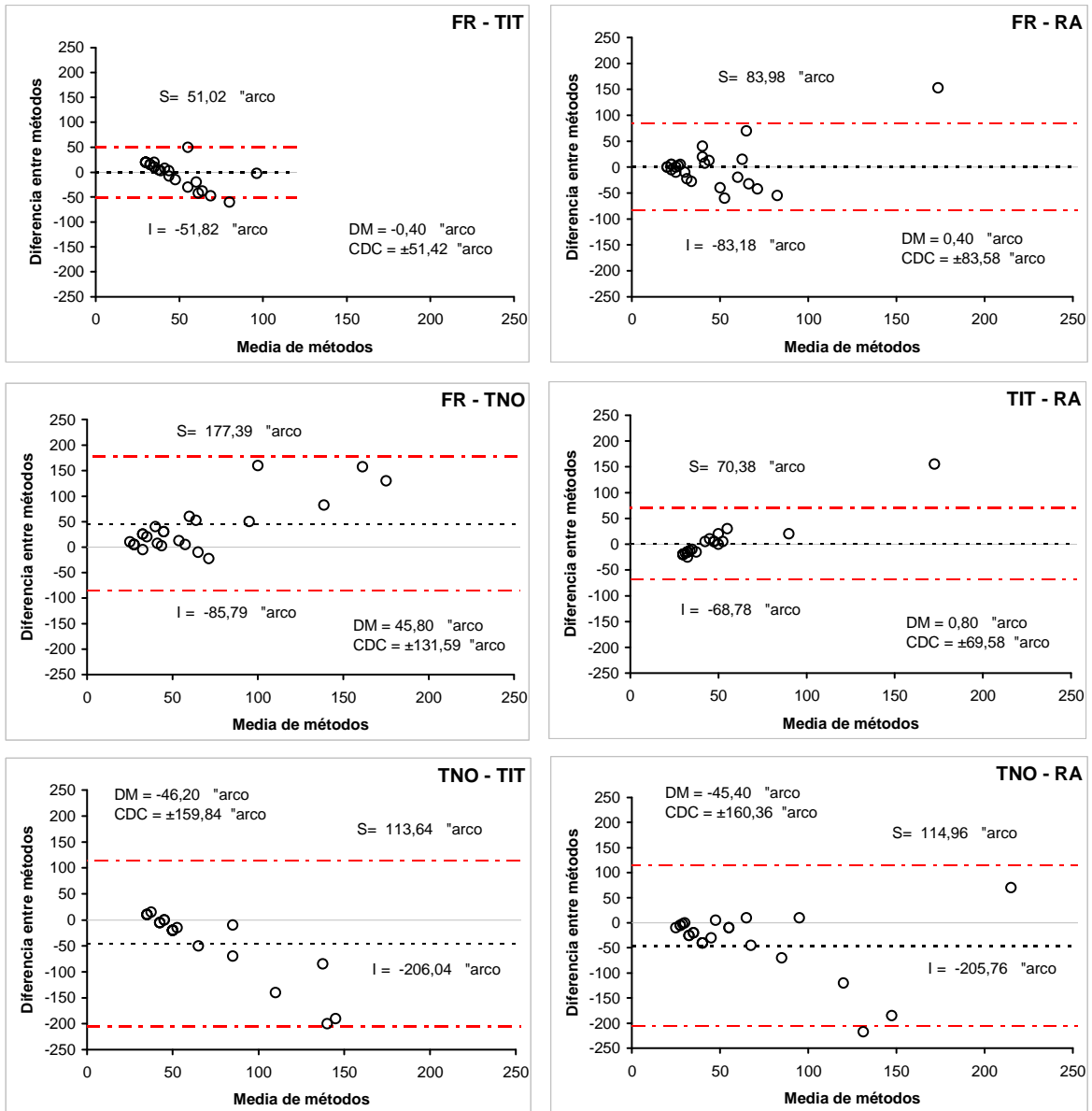


Figura 29. Concordancia entre pruebas de estereoagudeza en VP en presbítas

5. Discusión



Cuando se selecciona un test para uso clínico, es necesario conocer su repetibilidad para poder interpretar correctamente si un cambio en la medida puede ser clínicamente significativo o puede ser atribuido a una variación en la técnica de medida. Según Skridge¹ la prueba ideal debe tener una buena repetibilidad, una buena validez, una buena capacidad discriminativa y además debe ser fácil de administrar. Así, cuando tenemos dos pruebas con mínimas diferencias, no significativas clínicamente hablando, elegiremos la más sencilla de administrar¹, especialmente en el caso de los niños.

En nuestro estudio hemos seguido la recomendación de Argimón⁴, que señala que se debe estudiar en primer lugar la repetibilidad intra-examinador antes que la repetibilidad inter-examinador ya que antes de evaluar si un examinador es consistente con un segundo, hay que estudiar si lo es consigo mismo. Por otra parte, según Reeves et al.⁴⁴ las variaciones intraobservador son casi siempre menores de que las variaciones interobservador. En nuestro caso se cumple esta premisa y hemos encontrado que los resultados que se han obtenido en la repetibilidad interexaminador repiten los encontrados en la fiabilidad intraexaminador, en las tres muestras de sujetos. En algunos casos de repetibilidad interexaminador se han encontrado, inclusive, mejores resultados que en repetibilidad intraexaminador.

5.1. REPETIBILIDAD Y CONCORDANCIA EN JOVENES

Analizando la repetibilidad intra e interexaminador en sujetos jóvenes, Frisby, como ya se ha explicado en los apartados 1.2.5 y 3.3.4.1, es un test de profundidad real y no precisa del uso de filtros, siendo por ello considerado como el más cercano a las condiciones naturales. Es el test que mejor fiabilidad ha



mostrado en la citada muestra. A continuación encontramos los mejores resultados con el test de Randot, al igual que ya encontramos en estudios nuestros anteriores³⁰.

Rosner y Clift⁹¹ compararon las medidas de estereoagudeza obtenidas en 20 sujetos entre 23 y 27 años, (media 27,4) con buena visión binocular utilizando los tests de Frisby y TNO y encontraron mejores valores con Frisby que con TNO, con un coeficiente de correlación de Pearson $r=0,73$ ($p<0,001$) Nuestros resultados coinciden con los de los citados autores, habiendo encontrado unos valores medios con Frisby de $24,36\pm 12,25$ y con TNO $69,79 \pm 80,01$.

Leat et al.²⁹ estudiaron la repetibilidad de los tests de Randot y Frisby en sujetos con visión binocular normal. Con una muestra de 17 sujetos con edades comprendidas entre 8 y 19 años encontraron un grado de repetibilidad excelente, mucho mejor que el encontrado en nuestro trabajo. Los mismos autores imputan estos resultados a que la muestra estudiada fue muy pequeña y la mayoría de los sujetos alcanzaban el valor umbral para ambos tests, produciéndose así un efecto techo. Nuestra muestra, considerando solamente la población de jóvenes fue 6 veces superior, arrojando valores de amplitud de intervalo de repetibilidad intraexaminador de ($\pm 28,48$ y $\pm 30,09$) e interexaminador de ($\pm 15,86$ y $17,40$) respectivamente. Con el test de Frisby tuvimos efecto techo ya que 80 de los 104 sujetos de la muestra (77%) alcanzaron el valor máximo de AVE en las 4 medidas. Con el test de Randot sólo se produjo este efecto con 26 sujetos (25%).

En el punto referido a la concordancia de tests en sujetos jóvenes, la pareja más concordante ha resultado, en buena lógica, ser la compuesta por los dos tests con mayor repetibilidad intra e interobservador Frisby-Randot para dicha muestra. Tras el análisis de los resultados del presente trabajo, se observa que el grado de concordancia entre pares de tests varía en función de las parejas evaluadas, de manera que tiende a ser peor cuanto peor es la repetibilidad de los tests



individualmente estudiados y mejora con la repetibilidad de los tests. De modo que la peor concordancia se encontró entre el test TNO y los demás tests utilizados como se analizará más adelante.

5.2. LA MEDIDA DE LA AVE EN NIÑOS

En la evaluación de los resultados de la muestra infantil, estudios anteriores muestran una gran variabilidad^{36, 62, 93, 106} encontrada al estudiar los resultados de la medida de la AVE en función de la edad de los niños y los estereotests empleados. Según Heron et al.¹⁰⁷ en un estudio realizado con 369 niños de entre 3 y 7 años, utilizando Randot, Titmus, TNO y Frisby, el valor de la estereoagudeza mejora con la edad del niño, a la vez que se completa el desarrollo del sistema visual del mismo, y concluye que los niños alcanzan unos valores similares a los de los adultos a los 7 años con los tests de Randot y Titmus y a los 5 años con el TNO y sin alcanzarla hasta los 7 años con el test de Frisby. Otra conclusión importante de este trabajo de Heron fue que existe una pobre concordancia entre los tests estudiados, siendo peor la encontrada entre el TNO y el resto de pruebas, lo que coincide con nuestros hallazgos. También concluye el estudio que un importante número de niños ha respondido bien al test de Frisby. En este aspecto, nuestro trabajo no ha podido aportar resultados ya que desde su planteamiento inicial se excluyó su uso por las razones ya explicadas.

Tarczy–Hornoch⁶⁶ y el grupo MEPEDS también demostraron que con la edad la agudeza visual estereoscópica mejora notablemente. Evaluaron a 3132 niños afroamericanos e hispanos con edades comprendidas entre 30 y 72 meses, encontrando que entre los 3 y los 4 años, la capacidad de realizar correctamente los tests aumenta notablemente. Además, a mayor edad mejor es la AVE. No encontraron diferencias significativas entre las distintas razas pero las estereoagudezas medidas en las niñas eran levemente mayores que en los niños



en grupos de la misma edad cronológica. Sin embargo, y en cuanto al sexo se refiere, Selwyn⁵² en su estudio no encontró diferencias entre la estereoagudeza medida a mujeres y hombres con disparidad cruzada y descruzada (n=120, 60 mujeres, 60 hombres; edades de 17 a 27 años), si bien el estudio mencionado no se realizó con niños.

En nuestro trabajo la muestra infantil estaba constituida por un 47,82% de niños y un 52,18% de niñas. Analizando por separado los valores medios obtenidos para tratar de ver si existe alguna diferencia entre ambos sexos para esa edad, hemos estudiado por separado ambos géneros, no encontrándose ninguna tendencia y las diferencias entre unos y otros y entre los distintos tests dan valores no medibles clínicamente. Los valores medios con TNO para los niños varones fueron $51,53 \pm 18,56''$ arc y para las niñas $57,73 \pm 52,25''$ arc. Con el test de Titmus a los niños les medimos una media de $43,48 \pm 9,79''$ arc y a las niñas $40,63 \pm 2,58''$ arc. Y en el caso del test de Randot obtuvimos unos valores medios de $26,44 \pm 7,29''$ arc para los chicos y para las chicas $27,31 \pm 9,64''$ arc.

Esta mejora de la agudeza estereoscópica con la edad del niño también ha sido referida por Birch⁶⁷, y en un estudio similar por Simons⁶² quien de nuevo confirma este aumento de la agudeza estereoscópica a medida que el niño se hace mayor. Y en la misma línea se encuentra el estudio realizado por Cooper et al.³⁶ en una muestra con 112 niños con edades comprendidas entre 3 y 11 años. Utilizando los tests de Randot, Titmus y TNO encontraron que la agudeza visual estereoscópica mejoraba con la edad y que alcanzaban valores adultos a los 6-7 años. Según este trabajo se obtienen mejores umbrales de estereoagudeza con el test de Randot, después con Titmus y finalmente con TNO. Estos resultados coinciden con los obtenidos en nuestro estudio, en el que, en 94 niños de la misma edad, con los mismos tests se midieron valores superiores usando el test de Randot ($27,45 \pm 8,71$) que con Titmus ($42,06 \pm 7,31$) y TNO ($55,11 \pm 40,49$), aunque se debe tener en cuenta que el máximo nivel evaluado a 40 cm. con el test de Titmus es de



40" arc. mientras que con Randot se puede medir hasta 20" arc. y con TNO hasta 15" arc.

Pero en lo que a fiabilidad se refiere, en la población infantil, hemos encontrado una mayor repetibilidad con el tests de Titmus, tanto inter como intraexaminador. Esto puede ser debido a que este test presenta un efecto techo frente al test de Randot, que permite llegar a medir hasta 20" frente a los 40" que se pueden medir como máximo con Titmus. El 88,9% de los niños alcanzaron 40" arc con Titmus en las 4 medidas, mientras que con Randot, sólo el 23% alcanzó el valor máximo en las 4 medidas. Además, el test de Titmus resulta más fácil para los niños debido a que los círculos de Wirt no están sobre un fondo de puntos al azar, como sucede en el test de Randot, que restan contraste al test. Según Schmidt²², la percepción de una figura de puntos aleatorios en los tests de estereopsis no es inmediata y requiere un breve periodo de atención sobre las figuras. Si el estímulo no llama la atención del niño puede dar también falsos negativos por falta de colaboración. Una razón que puede justificar un peor resultado con el test de Randot, (puntos de Wirt sobre puntos al azar), que con Titmus, en el caso de los niños, es el ruido⁵² que se produce cuando el objeto no puede ser separado fácilmente del fondo en el caso de los contornos sobre puntos al azar en la disparidad cruzada.

Hay que recordar que el principal problema que presentan los tests vectográficos² con los puntos de Wirt es que se puede llegar incluso a la serie cuarta de puntos con una disparidad de 140", con un solo ojo abierto, lo que indica la existencia de pistas monoculares que ayudan a la resolución del test⁷⁶ debido al desplazamiento lateral del punto con disparidad^{68, 108}. Por ello sujetos con una buena agudeza visual es un ojo es posible que alcancen una estereoagudeza de 140" sin dificultad. Cuando se alcanzan valores superiores se puede concluir que el sujeto está utilizando la disparidad retiniana para poder realizar la tarea que se le pide.



5.3. LA ESTEREOAGUDEZA Y LOS FILTROS

En cuanto a los diferentes filtros necesarios para los distintos tests que hemos utilizado en nuestro estudio, nuestros datos coinciden con los de Yamada et al.³⁷. Los autores diseñaron el estudio para determinar si existen diferencias entre las medidas de estereopsis obtenidas usando filtros anaglifos frente a los tradicionales filtros polarizados en una muestra de 60 niños con visión binocular normal. El método estadístico empleado difiere del usado en el presente estudio. Concluyen que se obtienen peores resultados cuando se utilizan filtros anaglifos R/V que con filtros polarizados y además indican que han encontrado un bajo nivel de acuerdo entre los tests que permiten cuantificar la AVE empleando filtros polarizados y R/V, tal y como sucede en el presente estudio. Para los autores, si los tests se usan con el objetivo de cuantificar la mejora de un tratamiento son más recomendables los tests que incorporan filtros polarizados. Los resultados de nuestro estudio muestran que los valores medios de estereoagudeza medidos en niños son notablemente peores con TNO que con Titmus y Randot.

Bogdanovich¹⁰⁹ también estudió la incidencia de los filtros anaglifos sobre la visión binocular, tanto en su evaluación como sobre la terapia visual y encontró que las diferencias de contraste y transmitancia entre ambos ojos pueden diferir notablemente cuando se utilizan filtros R/V. Dichas diferencias pueden influir en la tendencia a la supresión y pueden explicar el por qué las medidas pueden estar disminuidas en relación con otros tests que usan polarizados. Cornforth et al.¹¹⁰ corroboraron la teoría, añadiendo además que los filtros anaglifos presentan aberración cromática, lo que produce diferente demanda acomodativa en cada ojo y hacen disminuir la estereoagudeza.

Otros estudios mencionados en los trabajos de Yamada³⁷, como los realizados por Hatch y Richman¹¹¹ demostraron que los estereotests que no precisan de filtros arrojaban unos valores de AVE bien correlacionados con los que requieren filtros



polarizados. En nuestro estudio hemos encontrado un mejor acuerdo o concordancia entre el test de Frisby, con Randot y Titmus que el conseguido con el TNO. Por lo tanto, en este sentido, nuestros resultados se aproximan a los de Hatch y Richman.

Un estudio recién publicado en 2013 por Westheimer¹¹² refiere que los mejores resultados en la medida de la estereoagudeza se han obtenido con un alto contraste, y utilizando como método de disociación de ambos ojos la polarización.

5.4. LA DIFICULTAD DEL TNO

Hall²⁴ ya señaló en su estudio que el TNO es el test más difícil de superar, indicando como razón principal el propio diseño del test:

- Presenta unos saltos muy elevados entre los mejores niveles de estereoagudeza (ver tabla 7).
- Requiere discriminación de la forma para poder identificar la dirección del sector que falta en la figura frente a los demás tests que sólo precisan detección de la sensación de profundidad.
- No aporta pistas monoculares y presenta una textura muy fina que hace que sea más difícil emparejar los estímulos vistos por cada ojo individualmente.

La concordancia tiende a ser mayor cuanto mejor es la repetibilidad de los métodos comparados. La repetibilidad intra e interexaminador y la concordancia del TNO en el presente trabajo ha resultado ser muy baja. Estos datos ya los obtuvimos en trabajos anteriores realizados por el mismo equipo³⁰, en los que se evaluó únicamente la repetibilidad intraexaminador y vuelen a repetirse de nuevo. La repetibilidad en el caso de este test puede estar fuertemente afectada por el



amplio salto que existe en la escala de medida entre unos pasos y otros así como por el tipo de filtro que requiere.

Según Marsh et al.⁵⁶ las diferencias entre tests vienen determinadas por factores tales como la configuración y el tamaño de las áreas de disparidad, la forma y el tamaño de las figuras, la distancia de fijación y el uso de filtros R/V frente a polarizados. De acuerdo a esto, el propio diseño del test TNO podría también explicar su dificultad. Aunque otros autores como Gantz¹¹³ y Westheimer¹¹⁴ apuntan como responsables de esta mayor dificultad a un posible procesamiento neural diferente para los tests de profundidad real y los de estereopsis global.

Indudablemente, cuando la repetibilidad individual de un test es baja, la concordancia de este test con los demás del estudio va a verse afectada. Así en el presente trabajo, el acuerdo del TNO con cualquiera de los otros tres usados a 40 cm, Titmus, Randot y Frisby ha sido claramente peor. Y de igual manera, la mejor concordancia se ha encontrado en los tests que demostraron ser más repetibles, con mejores coeficientes de repetibilidad CDR interexaminador y/o intraexaminador.

Simon⁷² sin embargo encontró unos valores de estereopsis anormalmente elevados con TNO, incluso con sujetos afectados de anisometropía y ambliopía anisométrica. Estos resultados son extraños y ocurren al pasar el test colocando los filtros de forma que el ojo afecto sea el que porte el filtro rojo. Parece deberse a que se compensa la disminución de sensibilidad al contraste del ojo ambliope con el mayor contraste de la mitad verde del test. Nuestros criterios de inclusión al estudio excluían a sujetos ambliopes, por lo que no hemos tenido ocasión de comprobar este punto.



5.5. LA ESTEREOPSIS Y SUS APLICACIONES CLINICAS

Una importante aplicación clínica de la evaluación de la estereoagudeza³⁷ es el seguimiento del progreso de pacientes que están recibiendo algún tipo de tratamiento mediante lentes, prismas o terapia visual. Hall²⁴ demostró que existe una débil correlación entre los diferentes estereotests y por ello, cuando se utilizan para realizar un seguimiento o ver los progresos de un tratamiento o la evolución de una anomalía, debe siempre utilizarse el mismo test. Esto es especialmente importante cuando la concordancia entre ellos no es buena, ya que un mal acuerdo (CDC) entre los distintos tests, precisamente indica que no son intercambiables. En estos casos la capacidad de cuantificar, es decir, la medida del nivel de estereopsis es particularmente importante. La mejora de la estereopsis es un indicativo de que disminuye la supresión, aumentan los rangos de vergencias y el alineamiento es más estable^{75, 115}. Yamada et al.³⁷ en su estudio comparativo sobre los distintos filtros concluyen que, dado el bajo acuerdo entre ambos tipos, para cuantificar el progreso de la estereoagudeza tras un tratamiento son más útiles los tests que precisan polarizados.

5.6. EL TESTS DE FRISBY-DAVIS 2 (FD-2) PARA VL

En el presente estudio hemos obtenido unos resultados excelentes en el análisis de los datos del test FD-2, tanto en el caso de los jóvenes como de los presbitas, tanto en fiabilidad intraexaminador como en repetibilidad interexaminador. Los trabajos de Holmes y Fawcett³⁸ sobre una población de 95 sujetos, estrábicos y no estrábicos, muestran que sujetos con visión monocular son capaces de pasar los primeros estadios del tests mostrando una estereopsis gruesa. Al modificar el protocolo, eliminando las pistas monoculares mediante el uso de una mentonera, se eliminaron también los falsos positivos. Por ello es importante, para eliminar fuentes de error que minen la repetibilidad del test, que se omitan las pistas



monoculares En la aplicación de este test a los sujetos del estudio tuvimos en cuenta esta importante consideración.

En 2007 Holmes et al.⁹ publican otro trabajo donde investigan el papel del FD2 en la evaluación de la Exotropía intermitente, comparándolo con un nuevo test para VL que implica el uso de filtros polarizados. Los umbrales de estereoagudeza medidos con FD2 a los 25 participantes fueron excelentes mientras que con el test polarizado resultaron ser pobres. De nuevo se comprueba que la intervención de filtros disociantes interfiere en la visión binocular, haciendo que los tests sean más sensibles a trastornos binoculares, teniendo sin embargo el inconveniente de ser artificiales.

5.7. ESTEREOAGUDEZA EN VISIÓN LEJANA VS ESTEREOAGUDEZA EN VISIÓN PRÓXIMA

En la exploración de la estereopsis, se usan más los tests de cerca que de lejos.²³ Sobre los beneficios de una buena estereopsis en cerca en la vida cotidiana están los trabajos de Jiménez et al.⁵⁰ de la Universidad de Granada. Pero no hay acuerdo tácito sobre cuál de las dos capacidades, la AVE en visión próxima o lejana, se afecta más ante un problema^{7, 116, 117}.

En Marzo de 2000 Rutstein⁷ publica los resultados del estudio comparativo entre la estereopsis en VP y VL aplicando diferentes tests a una muestra de 68 pacientes (6 a 76 años) con estrabismo y ambliopía refractiva y estrábica. Concluyen los autores que en esa tipología de pacientes la estereopsis en VL es más probable que esté reducida o ausente que la estereopsis en VP. Por tanto, la evaluación de la estereoagudeza de lejos es una prueba que se presenta como más sensible y más indicada para el screening de anomalías de la visión binocular que la medida en cerca. Dados los buenos resultados de repetibilidad que hemos



obtenido con el FD-2, consideramos que este test está muy indicado para esta aplicación. No obstante conviene tener en cuenta que los autores generalizan esta conclusión, pero las medidas han sido realizadas con otros tests distintos al FD-2. y que nuestra muestra no presentaba alteraciones de ningún tipo por lo que se cabe considerar la posibilidad de que se haya producido un efecto techo en nuestras medidas. Pero al analizar los resultados de nuestro trabajo comprobamos que 46 de los 104 jóvenes (44,23%) y sólo 5 de los 25 presbitas (20%) alcanzaban el valor máximo en las 4 medidas, por lo que se puede concluir que no hay efecto techo.

Wong¹¹⁷ sin embargo no encontró diferencias significativas entre las estereoagudezas de lejos y de cerca en una muestra de sujetos aparentemente normales. Esto sugiere que cuando no existen anomalías, como en nuestro estudio, la AVE puede ser independiente de la distancia de visión, lo que justificaría también los resultados del presente estudio.

5.8. LA ESTEREOPSIS Y SU MEDIDA EN PRESBITAS

.En el análisis de los datos en presbitas, hemos encontrado en nuestro estudio una buena repetibilidad con el test de Frisby, tanto intra como interexaminador, e igualmente en las medidas realizadas en VP con Frisby que en VL con Frisby-Davis 2 (FD-2). En la revisión bibliográfica realizada al comienzo de este estudio, repetida de nuevo en el momento de la redacción de este capítulo, no se han encontrado estudios sobre repetibilidad en la medida de la estereoagudeza en presbitas, por lo que no podemos valorar la coincidencia o no de nuestros resultados con los de otros autores. Además es importante recordar que, en el análisis de la población de presbitas, el tamaño de la muestra que hemos analizado es pequeña por lo que nuestros resultados deberán ser confirmados con un estudio mucho más extenso.



La bibliografía consultada al respecto concluye que el rango de estereopsis disminuye al incrementarse la edad en los sujetos présbitas³⁹, siendo muchas las publicaciones al respecto, aunque la mayoría han usado un solo test, generalmente de puntos al azar. La estereoagudeza disminuye con la edad y lo hace mucho más en los tests de puntos al azar. Este dato, por lo tanto, debe ser tenido en cuenta al evaluar a sujetos adultos ya que, de no ser así, se podría catalogar como afectados por alguna anomalía a sujetos que presentan una disminución de la agudeza estereoscópica normal para la edad que tienen.

Según Jani¹⁷, la estereopsis se deteriora a partir de los 40 años y se ha relacionado la disminución de la estereopsis con la edad con la iniciación de demencia.

Otro trabajo que confirma esta disminución de la estereopsis con el envejecimiento es el de Wright y Wormald⁷⁴, realizado con el test de Frisby en 728 sujetos sanos con una edad media de 65 años. Sólo encontraron buenos valores de estereoagudeza en un 27% de casos, si bien el trabajo no especifica el valor de corte para catalogar o no la medida como buena.

Krumina et al.¹¹⁸ realizaron un estudio induciendo anisometropía y cataratas a 300 pacientes con edades entre 13 y 79 años con el fin de determinar si la disminución de la estereoagudeza era la misma que en presencia de ambliopía anisométrica y cataratas no inducidas de manera artificial. Aunque el propósito del estudio era muy diferente al nuestro, no obstante uno de los resultados que obtuvieron es que el umbral de estereoagudeza era mejor en pacientes jóvenes que en pacientes mayores.

En Abril de 2005, Lee y Koo⁴⁰ publican un artículo sobre un trabajo realizado con una población de 80 individuos sin alteraciones susceptibles de afectar a la



estereopsis y con edades comprendidas entre 7 y 76 años. Utilizan los tests de Randot, Titmus y TNO para VP y para VL emplean un test distinto al de nuestro estudio, el Mentor B-VAT II. Los investigadores establecen una comparación por décadas de vida, entre si y todas con respecto a la muestra de menores de 11 años. Encontraron que la estereoagudeza de lejos disminuía a partir de los 50 años. En VP en los grupos de más de 50 años la reducción de la estereopsis fue evidente, pero en diferente grado en función del test: con TNO los valores disminuyeron significativamente en las décadas de 50, 60, 70 y 80 años, mientras que con Titmus y Randot dicha disminución sólo fue significativa a partir de la década de los 70 años.

Posterior a este estudio es el Garhan y Sloper³⁹. Un solo examinador muy experimentado estudió a 60 sujetos de entre 17 y 83 años, con los tests de Titmus, TNO, y Frisby en VP y Frisby para VL los autores también refieren una marcada disminución de la AVE en sujetos de 55 años, pero sólo con TNO. Atribuyen este hecho al mayor efecto dissociativo de los filtros más que a una verdadera reducción de la disparidad cortical.

Tratando de buscar la razón del deterioro en la capacidad estereoscópica en el proceso de envejecimiento, ha habido muchos estudios. Algunos de ellos han relacionado esta disminución con una reducción de la función cerebral⁷³. Otros autores¹¹⁹ imputan esta disminución a una pérdida selectiva de células ganglionares y de Müller, más que a la citada reducción de la función cerebral. Otros muchos, entre los que se encuentran los trabajos de Rubin¹²⁰ han atribuido el hecho a que en el momento de la medida de la estereoagudeza los sujetos no llevaban bien corregida su ametropía y, por ello, no tenían una buena agudeza visual. Otro factor estudiado como posible responsable del deterioro de la AVE es la presencia de cataratas. Zaroff et al.⁷³ añaden a todas las razones anteriores que en ninguno de esos estudios se ha tenido en cuenta la disparidad de fijación.



En nuestro trabajo, los sujetos seleccionados presentaban todos ellos la mejor agudeza visual posible ya que, según se ha descrito (ver 3.4.1), fueron sometidos a un estudio preliminar para obviar estos inconvenientes ya presupuestos, que incluía una refracción subjetiva en VL y VP. Además nuestro protocolo excluía a sujetos con patologías (Ver 3.2.2) y a todos se les evaluó la disparidad de fijación (ver 3.4.1).

Nuestros resultados coinciden con lo encontrado en las publicaciones al respecto. En el presente estudio hemos encontrado una disminución de la estereoagudeza en los valores medios con respecto a la muestra de jóvenes con todos los tests utilizados en la investigación. Pero dicha disminución es notablemente mayor en el caso del TNO. Así, por ejemplo, mientras entre jóvenes y présbitas, con Frisby, la media pasó de $24,36 \pm 12,25''$ arc a $41,20 \pm 26,83''$ arc en el caso del TNO el salto fue mucho mayor, pasando de $69,79 \pm 80,01''$ arc en sujetos jóvenes a $121,80 \pm 101,63''$ arc en la muestra de más edad, es decir en présbitas.

5.9. LA ELECCION DEL TEST

A la vista de toda la discusión se observa con claridad que la elección de un solo test para la evaluación de la estereoagudeza no es tarea trivial. Siguiendo la recomendación de Skridge¹ de elegir el test más repetible, el de mayor validez, más discriminativo y más fácil, cuando tenemos dos pruebas con mínimas diferencias, no significativas clínicamente hablando, elegiremos la más sencilla de administrar, especialmente en el caso de los niños. Como indica Morris,²³ un retraso en la comprensión del test afectará a la precisión de la medida^{56, 57}. Una característica deseable para el test elegido es que no presente pistas monoculares, lo que indica que son más adecuados pues los tests de puntos al azar o los de profundidad real, antes que los tests de contornos. Por otra parte, los tests de profundidad real, como el test de Frisby, no precisan del uso de filtros, por



lo que la medida de la estereoagudeza se aproxima más a las condiciones naturales de visión. Desde esa perspectiva, el test de Frisby sería muy adecuado, siempre que se realice con un protocolo que elimine las pistas monoculares³⁸. Presenta además otra ventaja y es que es imposible que el sujeto memorice las figuras, ya que éstas se cambian de posición aleatoriamente. Sin embargo, no es sencillo de pasar ya que implica tomar varias medidas a diferentes distancias hasta encontrar la combinación de placa más fina a la mayor distancia de presentación para encontrar la medida umbral, mientras que el resto de tests de VP se realizan a la distancia fija de 40 cm.

Por todo ello, se puede concluir que no existe un test perfecto para ser recomendado, siendo entonces el elegido el más repetible para cada muestra de edad y en el caso de existir igualdad o similitud entre varios, se deberá elegir el más sencillo de aplicar porque será el que presente menos fuentes de error. Por ello se recomienda el uso del test de Randot en jóvenes ya que se encuentra muy próximo a Frisby en cuanto a repetibilidad y es más sencillo de aplicar. En niños hemos encontrado la mayor repetibilidad con Titmus, pero el efecto techo de este tests es importantísimo por lo que también preferimos recomendar el test de Randot en niños. Y para los sujetos présbitas nos inclinamos hacia el test de Frisby para la medida de la estereoagudeza en VP. Otro resultado importante es que el test de Frisby-Davis 2 para la evaluación de la estereoagudeza en VL en sujetos adultos jóvenes y présbitas es adecuado y recomendable.

Cada test tiene sus particularidades y cuando se usen deben ser tenidas en cuenta, pero debe ser elegido en función de la información que el clínico desee conocer. El test que con más precisión evalúa el umbral de estereoagudeza es el test de Howard Dolman frente a los tests más clínicos y utilizados, si bien por las razones descritas en el apartado 1.2.6. de esta tesis doctoral resulta poco práctico.

6. Conclusiones



CONCLUSIONES

1. Los tests de FRISBY y RANDOT presentan una repetibilidad muy similar tanto intraexaminador como interexaminador en adultos jóvenes sin alteración binocular, siendo levemente mayor la presentada por el test de Frisby. Debido al efecto techo mostrado por el test de FRISBY se recomienda RANDOT para su uso en la práctica clínica para este grupo de edad.
2. El test de FRISBY-DAVIS 2 FD-2 para VL presenta una alta repetibilidad intraexaminador e interexaminador en adultos jóvenes y presbítas sin anomalía binocular.
3. El test de TITMUS es el que muestra una mayor repetibilidad intraexaminador e interexaminador en niños de 6 años de edad sin anomalía binocular, aunque hay que considerar que el test ha presentado un importante efecto techo.
4. El test de FRISBY es el que presenta una mejor repetibilidad intraexaminador e interexaminador en VP en sujetos con presbicia.
5. La repetibilidad interexaminador está en consonancia con la repetibilidad intraexaminador en las tres muestras de sujetos, siendo al menos igual que ella, aunque en el presente estudio, en algunos casos incluso es mejor.
6. De las tres muestras estudiadas, la peor repetibilidad se ha encontrado con TNO y RANDOT en los presbítas, por lo que se puede decir que hay peor repetibilidad con valores bajos de AVE.



7. Con TNO se han medido valores más bajos de estereoagudeza en todas las edades respecto a los otros tests estudiados.
8. En sujetos jóvenes sin alteración binocular, la mayor concordancia se encuentra entre los tests que individualmente se han encontrado más repetibles, tanto intra como interexaminador, es decir, la mayor concordancia se ha encontrado entre los tests de RANDOT Y FRISBY.
9. La concordancia entre los tests de TITMUS, RANDOT Y TNO en los niños no es buena, siendo mejor la mejor de las tres la encontrada entre los tests de TITMUS y TNO.
10. La mejor concordancia observada para los sujetos presbitas en VP se da entre los tests de FRISBY y TITMUS.
11. La peor concordancia entre parejas de tests siempre se ha dado al comparar el TNO y los demás tests. Además, esta concordancia empeora en presbitas respecto a jóvenes y niños.
12. El valor medio de la estereopsis disminuye al incrementarse la edad en los sujetos, siendo peor en los presbitas que en los sujetos jóvenes y niños, tanto en VL como en VP. Este hecho debe ser tenido en cuenta para no cometer errores en la valoración de las medidas. Esta disminución es notablemente mayor con el TNO.
13. Los tests de profundidad real son los que mejor comportamiento han presentado, tanto en la repetibilidad intra e interexaminador como en la concordancia en las muestras estudiadas. Pero son los más difíciles de aplicar y además presentan un importante efecto techo en los jóvenes.



14. Considerando una mayor dificultad de realización del test de FRISBY y el importante efecto techo del test de FRISBY en jóvenes y TITMUS en niños, para la práctica clínica recomendamos el test de RANDOT en jóvenes y niños y el test de FRISBY para presbitas.

7. Financiación y Proyectos



7.1. FINANCIACIÓN DEL PROYECTO

El presente trabajo se ha realizado cumpliendo con las recomendaciones de la Declaración de Helsinki (ver Anexo XII). Fue sometido a evaluación y aprobado por el Comité Ético de Investigación del Hospital Ramón y Cajal de Madrid (ver Anexo XXI).

Recibió financiación a través del Proyecto de la Comunidad de Madrid de un año de duración (Enero a Diciembre de 2011) de referencia CAM CCG 10-UCM/BIO-4889 con una dotación de 10500 euros. Director: Beatriz Antona Peñalba.

7.2. PUBLICACIONES

- Actuales: ARVO
 1. Inter-session and Inter-examiner Repeatability in Stereoacuity Measurements
Congress ARVO Mayo 2012. Fort Lauderdale (Florida).

- En un futuro inmediato, con los datos de este estudio se pretenden abordar dos publicaciones.
 1. La primera de ellas para reflejar si, como se ha sugerido en la literatura, en aquellos sujetos cuyas vergencias se encuentran disminuidas las diferencias del TNO con respecto a los tests que precisan de filtros polarizados se acentúan, dando, por consiguiente, diferencias superiores entre TNO y los demás tests del estudio.



2. La segunda publicación está dirigida a estudiar pormenorizadamente por franjas de edad en tramos de 5 en 5 años, en nuestra muestra de adultos y por tramos de valores de estereoagudeza medidos el distinto comportamiento de los tests en cuanto a repetibilidad intra e interobservador y concordancia se refiere, para determinar si en valores inferiores de AVE y superiores de edad el comportamiento es diferente.

7.3. PROYECTO DE ESTUDIOS FUTUROS

Posteriormente a haber establecido el protocolo para la realización de las medidas de este estudio, Holmes et al.⁹ publicaban un estudio donde comparaban un nuevo tests de medida de estereoagudeza para visión lejana, el Randot Distance RD, con el FD-2 utilizado en nuestra investigación. El objetivo era estudiar el papel de ambos tests en la detección y seguimiento de la exotropía intermitente en lejos, encontrando importantes diferencias entre las medidas realizadas con uno y otro test. El estudio encontró que los umbrales de estereoagudeza medidos en sujetos con exotropía intermitente fueron pobres usando el test de Randot Distance y excelentes con el test de Frisby para VL FD2.

Estos resultados pueden imputarse a que con FD2 las tarjetas estimulan la fusión, aun cuando el control de la fusión está disminuido en VL. Por el contrario el test de Randot Distance, al realizarse con vectogramas polarizados, es mucho más sensible a trastornos de la binocularidad.

Simultáneamente, Fu el al.¹²¹ obtiene los mismos resultados en un estudio similar, concluyendo que deben realizarse más trabajos para definir la eficacia del nuevo test en la evolución de la progresión de alteraciones específicas como la exotropía



intermitente. Leske¹²² señala en la misma línea que el tipo de estereotest influye mucho en los umbrales de estereopsis medible y por ello los tests no son intercambiables. Sugiere que la elección del test debe ir en dependencia de lo que se quiera medir.

No hay literatura²³ que muestre si la estereopsis en visión lejana contribuye a una mejor realización de las tareas de lejos en la vida diaria o si, por el contrario, es suficiente para el sujeto con otras pistas de profundidad. Pero si hay suficientes referencias sobre su utilidad en la evaluación de la función visual.

Dado que la medida de la estereopsis en VL ha demostrado ser un buen indicador del estado visual binocular en alteraciones de la visión lejana, como en la exotropía intermitente^{7, 8, 23}, una propuesta para continuar esta línea de investigación es la aplicación de la fiabilidad y concordancia inter e intraexaminador en una muestra de sujetos afectados de exotropía intermitente en visión lejana VL, es decir, sujetos con Exceso de Divergencia, que estén en tratamiento ortóptico para verificar la eficacia de los diferentes tests de medida de estereopsis en VL a lo largo del proceso de aplicación de la terapia.

8. Referencias



1. Eskridge JB, Amos JF, Barlett JD. Clinical Procedures in Optometry. Philadelphia: Lippincott Company; 1991.
2. Montés-Micó R. Optometría: Principios básicos y aplicación clínica. Barcelona: Elsevier; 2011.
3. Last JM. Diccionario de epidemiología. Barcelona: Salvat; 1989.
4. Argimon JM, Jiménez J. Métodos de investigación clínica y epidemiológica. 3 ed. Madrid: Elsevier; 2004.
5. Simon JW. Oftalmología Pediátrica y Estrabismo: Academia Americana de Oftalmología. Madrid: Elsevier; 2007.
6. Wilson FM, Blomquist PH. Oftalmología práctica. Madrid: Elsevier; 2013.
7. Rutstein RP, Corliss DA. BVAT distance vs near stereopsis screening of strabismus, strabismic amblyopia and refractive amblyopia: a prospective study of 68 patients. *Binocul Vis Strabismus Q* 2000;15(3):229-36.
8. Rutstein RP, Furr P, Schaafsma D. Distance stereopsis in orthophores, heterophores and intermittent strabismics. *Optom Vis Sci* 1994;71(7):415-21.
9. Holmes JM, Birch EE, Leske DA, Fu VL, Mohny BG. New tests of distance stereoacuity and their role in evaluating intermittent exotropia. *Ophthalmology* 2007;114(6):1215-20.
10. Saladin JJ. Stereopsis from a performance perspective. *Optom Vis Sci* 2005;82:186-205.
11. Rutstein RP, Corliss DA. Distance stereopsis as a screening device. *Optom Vis Sci* 2000;77(3):135-39.



12. Rutstein RP, Daum KM. *Anomalies of Binocular Vision: Diagnosis & Management*. St Louis: Mosby; 1998.
13. Rutstein RP, Corliss R. Relationship between anisometropia, amblyopia and binocularity. *Optom Vis Sci* 1999;76:229-33.
14. Oguz H, Oguz V. The effects of experimentally induced anisometropia on stereopsis. *J Pediatr Ophthalmol Strabismus* 2000;37:214-8.
15. Tomac S, Birdal E. Effects of anisometropia on binocularity. *J Pediatr Ophthalmol Strabismus* 2001;38:27-33.
16. Jiménez JR, Ponce A, del Barco LJ, Díaz JA, Perez-Ocón F. Impact of induced aniseikonia on stereopsis with random dot stereograms. *Optom Vis Sci* 2002;79:121-5.
17. Jani SN. The age factor in stereopsis screening. *Am J Optom Arch Am Acad Optom* 1966;43:653-7.
18. Heckman T, Schor CM. Is edge information for stereoacuity spatially channelled? *Vision Res* 1989;29:593-607.
19. Greene HA, Madden DJ. Adult age difference in visual acuity, stereopsis, and contrast sensitivity. *Am J Optom Physiol Opt* 1987;64:749-53.
20. Adams AJ, Wong LS, Wong L, Gould B. Visual acuity changes with age: some new perspectives. *Am J Optom Physiol Opt* 1988;65:403-6.
21. Blakemore C. The range and scope of binocular depth discrimination in man. *J Physiol* 1970;211(3):599-622.
22. Schmidt PP, Maguire MG, Moore B, Cyert L. Testability of pre-schoolers on stereotests used to screening vision disorders. *Optom Vis Sci* 2003;80(11):753-7.



23. Morris H, O'Connor AR, Stephenson MG, Mitchell M, Price GJ, Anderson S. Clinical assessment of stereopsis and its functional significance. *Br Ir Orthopt J* 2005;2:8-14.
24. Hall C. The relationship between clinical stereotest. *Ophthal Physiol Opt* 1982;2:133-43.
25. Bullimore MA. The way you do the things you do. *Optom Vis Sci* 1998;75(10):707.
26. Julesz B. Foundations of cyclopean perception. Chicago: University Chicago Press; 1971.
27. Wright KH, Spiegel PH. Los Requisitos en Oftalmología. Oftalmología Pediátrica y Estrabismo. Madrid: Harcourt; 2001.
28. Saladin JJ. Phorometry and stereopsis. In: Benjamin WJ (ed), *Clinical Refraction*. Philadelphia: Saunders Company; 1998:p.724-773.
29. Leat SJ, Pierre JS, Hassan-Abadi S, Faubert J. The moving dynamic Random Dot Stereosize Test: Development, age norms, and comparison with the Frisby, Randot, and Stereo Smile tests. *J Pediatr Ophthalmol Strabismus* 2001;38(5):284-94.
30. Antona B. Tesis doctoral: Fiabilidad intraexaminador y concordancia de pruebas clínicas de evaluación de la visión binocular. Madrid: Universidad Complutense de Madrid; 2008.
31. Bland JM, Altman DG. Measurement in medicine: The analysis of method comparison studies. *The Statistician* 1983;32:307-17.
32. Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet* 1986;1(8476):307-10.



33. Bland JM, Altman DG. Comparing two methods of clinical measurement: a personal history. *Int J Epidemiol* 1995;24(suppl.1):S7-14.
34. Bland M. *An Introduction to Medical Statistics*. Oxford: Oxford University Press;1987.
35. Heron G, Dholakia S, Collins D, McLaughlin H. Stereoscopic threshold in children and adults. *Am J Optom Physiol Opt* 1985;62:505-15.
36. Cooper J, Feldman JM, Medlin D. Comparing stereoscopic performance of children using the Titmus, TNO and Randot stereotest. *J Am Optom Assoc* 1979;50(7):821-25.
37. Yamada T, Scheiman M, Mitchell GL. A comparison of stereopsis testing between red/green targets and polarized targets in children with normal binocular vision *Optometry* 2008;79(3):138-142.
38. Holmes JM, Fawcett SL. Testing distance stereoacuity with the Frisby-Davis 2 (FD2) test. *Am J Ophthalmol* 2005;139(1):193-5.
39. Garnham L, Sloper JJ. Effect of age on adult stereoacuity as measured by different types of stereotests. *Br J Ophthalmol* 2006;90(1):91-5.
40. Lee SY, Koo NK. Change of stereoacuity with aging in normal eyes. *Korean J Ophthalmol* 2005;19(2):136-9.
41. Zaroff CM, Knutelska M, Frumkes TE. Variation in stereoacuity: normative description, fixation disparity and the roles of aging and gender. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2003;44(2):891-900.
42. Rubin GS, West SK, Munoz B, Bandeen-Roche K, Zeger S, Schein O, Fried LP. A comprehensive assessment of visual impairment in a population of older Americans. The SEE Study. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1997;38(3):557-68.



43. Elliott DB. Clinical procedures in primary eye care. 3 ed. Edinburgh: Butterworth Heinemann; 2007.
44. Reeves BC, Hill AR, Aspinall PA. The clinical significance of change. *Ophthalmic Physiol Opt* 1987;7:441-6.
45. Martin R, Vecilla G. Manual de Optometría. Madrid: Panamericana; 2010.
46. Griffin JR. Binocular anomalies: Procedures for vision therapy. 2ª ed. Chicago: Professional Press; 1982:140-7.
47. Seclì L. Approccio Funzionale ai Disordini Visivi. Roma: Grafo; 2011.
48. Jiménez JR, Rubiño M, Diaz JA, Hita E, del Barco LJ. Changes in stereoscopic depth perception caused by decentration on spectacle lenses. *Optom Vis Sci* 2000;77(8):421-7.
49. Jiménez JR, Ponce A, Anera RG. Induced aniseikonia diminishes binocular contrast sensitivity and binocular summation. *Optom Vis Sci* 2004;81(7):559-62.
50. Jiménez R, Jiménez JR, González R, Pozo AM. Importancia de la estereopsis en la vida cotidiana. *Gac Opt* 2006;404:10-12.
51. Jimenez JR, Olivares JL, Perez-Ocón F, Jimenez Barco L. Associated phoria in relation to stereopsis with Random-Dot stereograms. *Optom Vis Sci* 2000;77:1.
52. Selwyn S, Cronje S. Stereoscopic vision testing. *J Behav Optom* 1991;2:94-99.
53. Kulp MT, Schimdt PP. A pilot study. Depth perception and near stereoacuity: is it related to academic performance in young children? *Binocul Vis Strabismus Q* 2002;17:129-34.



54. Laby DM, Rosembaum AL, Kirschen DG, Davidson JL, Rosembaum LJ. The visual function of professional baseball players. *Am J Ophthalmol* 1996;122:476-485.
55. Ehrlich MI, Reinecke RD, Simons K. Preschool vision screening for amblyopia and strabismus. *Surv Ophthalmol* 1983;28:145-63.
56. Marsh WR, Rawlings SC, Mumma JV. Evaluation of clinical stereoacuity test. *Ophthalmology* 1980;87:1265-72.
57. Simons K. Stereoacuity norms in young children. *Arch Ophthalmol* 1981;99:439-45.
58. Fielder AR, Moseley MJ. Does stereopsis matter in humans? *Eye* 1996;10:233-38.
59. Joy S, Davis H, Buckley D. Is stereopsis linked to hand-eye coordination?. *Br Ir Orthopt J* 2001;58:38-41.
60. Brown KC, Buckley D. Do we really need binocular single vision? *Br Ir Orthopt J* 2004;1:46-51.
61. Bauer A, Dietz K, Kolling G, Hart W, Schiefer U. The relevance of stereopsis for motorists: a pilot study. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2001;239:400-6.
62. Simons K. A comparison fo the Frisby, Random-Dot E, TNO, and Randot Circles stereotests in screening and office use. *Arch Ophthalmol* 1981;99:446-52.
63. Broadbent H, Westall C. An evaluation of techniques for measuring stereopsis in infants and young children. *Ophthalmic Physiol Opt* 1990;10(1):3-7.
64. Edwards K, Llewellyn R. *Optimetría*. Barcelona: Masson; 1993.
65. Meux PL. *Oftalmología Pediátrica*. Paris: Masson; 2007.



66. Tarczy-Hornoch K, Lin J, Deneen J, Cotter S. Stereoacuity Testability in African-American and Hispanic Pre-School children. The multi-ethnic pediatric eye disease study group MEPEDS. *Optom Vis Sci* 2008;85(3):158-63.
67. Birch E, Williams C, Hunter J, Lapa M. Random dot stereoacuity of preschool children. ALSPAC Children in Focus Study Team. *J Pediatric Ophthalmol Strabismus* 1997;34:217-22.
68. Cooper J, Warshowsky J. Lateral displacement as a response cue in the Titmus Stereo Test. *Am J Optom Physiol Optics* 1977;54:537-41.
69. Archer SM. Stereotest artifacts and strabismus patient. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 1988;313.
70. Schweers MA, Baker JD. Comparison of Titmus and two Randot tests in monofixation. *Am Orthopt J* 1992;42:135.
71. Scheiman M, Wick B. Clinical management of binocular vision. Heterophoric accommodative and eye movement disorders. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2008.
72. Simons K, Elhatton K. Artifacts in fusion and stereopsis testing based on red/green dichoptic image separation. *J Pediatr Ophthalmol Strabismus* 1994;31:290-7.
73. Zaroff CM. Variation in stereoacuity: normative description, fixation disparity and the roles of aging and gender. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2003;44:891-900.
74. Wright LA, Wormald RP. Stereopsis and ageing. *Eye* 1992;6:473-6.
75. Griffin JR, Grisham JD. Binocular anomalies: diagnosis and vision therapy 3^a ed. Boston: Butterworth-Heinemann; 1995.



76. Simons K, Reinecke RD. A reconsideration of amblyopia screening and stereopsis. *Am J Ophthalmol* 1974;78:714-21.
77. Argimon JM, Jiménez J. Medición de variables. En *Métodos de investigación clínica y epidemiológica*. 3ª ed. Madrid: Elsevier; 2004.
78. Molinero LM. Errores de medida en variables numéricas: Correlación y Concordancia. *Revista de la Asociación Española de Hipertensión* 2001;1-8.
79. Lloyd M. Lies, statistics and clinical significance. *J Br Contact Lens Ass* 1992;15:67-70.
80. Antona B, Barra F, Gonzalez E, Sanchez I, Barrio A. Fiabilidad y validez de pruebas optométricas. Libro actas I Jornada Complutense de Investigación en Optometría y Ciencias de la Visión. Madrid: Universidad Complutense de Madrid; 2005:107-9.
81. Latour J, Abaira V, Cabello JB, Lopez J. Las mediciones clínicas en cardiología: validez y errores. *Rev Esp Cardiol* 1997;50:117-28.
82. Muñoz J. Teoría clásica de los tests. Madrid: Pirámide; 1992.
83. Hulley SB, Cummings SR. Planificación de las mediciones: precisión y exactitud. *Diseño de la investigación clínica. Un enfoque epidemiológico*. Barcelona: Doyma; 1993:35-46.
84. Hulley SB, Cummings SR. *Designing clinical research: An epidemiologic approach*. Baltimore; 1988.
85. Cepeda MS, Pérez A. Estudios de concordancia. Intercambiabilidad en sistemas de medición. In: Ruíz A, Morillo LE. *Epidemiología clínica Investigación clínica aplicada*. Bogotá: Médica Panamericana; 2004:293-307.



86. Saladin JJ. Effects of heterophoria on stereopsis. *Optom Vis Sci* 1995;72:487-92.
87. Scheiman M, Wick B. Clinical management of binocular vision. Heterophoric accommodative and eye movement disorders. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2002.
88. Walraven J. Amblyopia screening with random-dot stereograms. *Am J Ophthalmol* 1975;80:893-900.
89. Frisby JP. Random-dot stereograms. *Br Orthopt J* 1974;31:1.
90. Hinchliffe HA. Clinical evaluation of stereopsis. *Br Orthopt J* 1978;35:46-57.
91. Rosner J, Clift GD. The validity of the Frisby stereotest as a measure of precise stereoacuity. *J Am Optom Assoc* 1984;55:505-6.
92. Frisby JP. The Frisby stereotest ammended instructions. *Br Ir Orthopt J* 1980;37:108-12.
93. Cooper J, Feldman J. Assessing the Frisby stereotest under monocular viewing conditions. *J Am Optom Assoc* 1979;50:807-9.
94. Manny RE, Martinez AT, Fern KD. Testing stereopsis in the pre-school child: is it clinically useful? *J Pediatr Ophthal Strabismus* 1991;28:223-31.
95. Stathacopoulos RA. Distance stereoacuity: assessing control in intermittent exotropia. *Ophthalmology* 1993;100:495.
96. Adams WE, Hrisos S, Richardsons S, Davis H, Frisby JP, Clarke MP. Frisby Davis distance stereoacuity values in visually normal children *Br J Ophthalmol* 2005;89(11):1438-41.
97. Saladin JJ. *Clinical Refraction* Philadelphia: Saunders Co; 2006:899-960.



98. Zadnik K, Mutti DO, Adams AJ. The repeatability of measurement of the ocular components. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1992;33:2325-33.
99. Zadnik K, Mutti DO, Bullimore MA. Use of statistics for comparing two measurements methods. *Optom Vis Sci* 1994;71:539-41.
100. Reeves BC. Estimating the reliability of clinical tests. *Ophthalmol Physiol Opt* 1992;12:111-13.
101. Shaw DE, Jones HS, Moseley MJ. Analysis of method-comparison data. *Ophthalmol Physiol Opt* 1994;14:92-6.
102. Bland JM, Altman DG. Comparing methods of measurement: why plotting difference against standard method is misleading. *Lancet* 1995;346:1085-87.
103. Wong EP, Fricke TR, Dinardo C. Interexaminer repeatability of a new, modified prentice card compared with established phoria tests. *Optom Vis Sci* 2002;79:370-5.
104. Rainey BB, Schroeder TL, Goss DA, Grosvenor TP. Inter-examiner repeatability of heterophoria test. *Optom Vis Sci* 1998;75:719-26.
105. Goss DA, Penisten DK, Pitts KK, Burns DA. Repeatability of prism dissociation and tangent scale near heterophoria measurements in straightforwards gaze and downgaze. In: Publisher NS, *Binocular Vision* 2010:155-60.
106. Gilman G, Gottfried AW. Development of stereopsis in infants and young children. *J Am Optom Assoc* 1985;56:878-81.
107. Heron G, Dholakia S, Collins DE, al e. Stereoscopic threshold in children and adults. *Am J Optom Physiol Opt* 1985;62:505-15.
108. Reading RW. *Binocular Vision*. Boston: Butterworths; 1982:182.



109. Bogdanovich G, Roth N, Kolh P. Properties of anaglyphic materials that affects the testing and training of binocular vision. *J Am Optom Assoc* 1986;57:899-903.
110. Cornforth LL, Bryan JL, Kolh P. Chromatic imbalance due to commonly used red-green filters reduces accuracy of stereoscopic deep perception. *Am J Optom Physiol Opt* 1987;64:842-45.
111. Hatch SW, Richman JE. Stereopsis testing without polarized glasses: a comparison study on five new stereoacuity tests. *J Am Optom Assoc* 1994;65:637-41.
112. Westheimer G. Clinical evaluation of stereopsis. *Vis Res* 2013;90:38-42.
113. Gantz L. Are local and global stereograms processed by separated mechanisms?. University of Houston 2009.
114. Westheimer G. Clinical evaluation of stereopsis. *Vis Res* 2012. In press.
115. Wittenberg S. Brock's research in stereopsis. *Am J Optom* 1981;58:663-6.
116. Young BJ, Wylie JM, Kaye SB. Distance stereopsis in clinical practice. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2004;45 ARVO:2550.
117. Wong BP, Woods RL, Peli E. Stereoacuity at distance and near. *Optom Vis Sci* 2002;79:771-8.
118. Krumina G, Ozolinsh M. Clinical investigation of stereoacuity for patients having real or induced anisometropia and cataract. *Optom Vis Sci* 2003;80(12):41.
119. Sadun AA, Bassi CJ. Optic nerve damage in Alzheimer's disease. *Ophthalmology* 1990;97:9-17.



120. Rubin GS, West SK, Muñoz B. A comprehensive assessment of visual impairment in a population of older Americans. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1997;39:557-68.
121. Fu VL, Birch EE, Holmes JM. Assessment of a new Distance Randot stereoacuity test. *J AAPOS* 2006;10(5):419-23.
122. Leske DA, Birch EE, Holmes JM. Real depth vs Randot stereotest. *Am J Ophthalmol* 2006;142(4):699-701.
123. British Standards Institution. Precision of test methods 1: Guide for the determination and reproducibility for a standard test method. BS 5479. London: HMSO; 1979.
124. Altman DG. *Practical Statistics for Medical Research*. 1991;403-9.
125. Horra J. *Estadística Aplicada*. Madrid: Díaz de Santos; 2003.
126. Armitage P. *Statistical methods in medical research*. Oxford : Blackwell Scientific Publications 1971.
127. Serfontein GL, Jaroscewicz AM. Estimation of gestational age at birth: comparison of two methods. *Arch Dis Child* 1978;53:509-11.
128. Oldham HG, Bevan MM, McDermott M. Comparison of the new miniature Wright peak flow meter with standar Wright peak flow meter. *Thorax* 1979;34:807-8.



129. Prieto L, Lamarca R, Casado A. La evaluación de la fiabilidad en las observaciones clínicas: el coeficiente de correlación intraclase. *Med Clin* 1998;110:142-5.

9. Anexos

9.1. ANEXO I. CONSENTIMIENTO INFORMADO ADULTOS



Escuela Universitaria de Óptica (UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID)

C/ Arcos de Jalón 118 28037 Madrid
Tfno. 91 394 68 52 Fax 91 394 68 85

Fiabilidad y Concordancia de pruebas clínicas de medida de estereopsis

CONSENTIMIENTO INFORMADO

Los problemas de visión binocular pueden ser de diversa índole y cursar con síntomas típicos asociados como dolor ocular, cefaleas, falta de concentración en tareas de cerca, borrosidad, etc. Debido a la frecuencia con que se presentan estas alteraciones visuales en la población es importante contar con unos métodos de medición de habilidades binoculares que sean suficientemente precisos y fiables.

Con este estudio se pretende estudiar la fiabilidad y la concordancia de diversas pruebas clínicas utilizadas habitualmente para evaluar la visión binocular. Para ello a los participantes en el estudio se les aplicará en varias ocasiones diversas pruebas de medida de la desviación ocular y de la estereopsis.

Tras el análisis de los datos de cada participante el equipo investigador se compromete a emitir un informe sobre el estado visual a todos aquellos sujetos que, habiendo completado el estudio, nos lo soliciten.

El procedimiento a seguir se divide en las siguientes fases:

PRIMERA SESIÓN DE EVALUACIÓN.

1. Recogida del cuestionario relativo a la historia visual y ocular del paciente
2. Toma de agudeza visual y graduación del paciente
3. Realización de pruebas de evaluación

SEGUNDA SESIÓN DE EVALUACIÓN.

4. Realización de pruebas de evaluación

Si el participante es **usuario de lentes de contacto** es necesario que permanezca sin usarlas al menos 24 horas antes de acudir a cada una de las sesiones de evaluación. Para la toma de dichas medidas no será necesario el uso de ningún colirio.

D.

con DNI manifiesta que ha sido informado y ha entendido lo referente a su participación en el estudio Fiabilidad y Concordancia de Pruebas Clínicas de medida de estereopsis.

Madrid, dede 2009

Firma del paciente

Firma del responsable de la medida

Isabel Sánchez Pérez

Prfª. Titular de la Universidad Complutense de Madrid

9.2. ANEXO II. CONSENTIMIENTO INFORMADO NIÑOS



Escuela Universitaria de Óptica (UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID)

C/ Arcos de Jalón 118 28037 Madrid
Tfno. 91 394 68 52 Fax 91 394 68 85

Fiabilidad y Concordancia de pruebas clínicas de medida de estereopsis

CONSENTIMIENTO INFORMADO (ESPECIFICO NIÑOS)

Los problemas de visión binocular pueden ser de diversa índole y cursar con síntomas típicos asociados como dolor ocular, cefaleas, falta de concentración en tareas de cerca, borrosidad, etc. Debido a la frecuencia con que se presentan estas alteraciones visuales en la población infantil es importante contar con unos métodos de medida de habilidades binoculares que sean suficientemente precisos y fiables.

Con este ensayo se pretende estudiar la fiabilidad y la concordancia de diversas pruebas clínicas utilizadas habitualmente para evaluar la estereopsis, claro indicativo del estado de la visión binocular. Para ello, a los participantes en el estudio se les aplicará en varias ocasiones diversas pruebas de medida de la estereopsis.

El equipo investigador se compromete a emitir un informe sobre el estado visual de todos aquellos niños cuyos padres o tutores lo soliciten. El procedimiento a seguir se divide en las siguientes fases:

PRIMERA SESIÓN DE EVALUACIÓN. TIEMPO ESTIMADO 45 MINUTOS

1. Recogida del cuestionario relativo a la historia visual y ocular del niño
2. Toma de agudeza visual y graduación
3. Realización de pruebas de evaluación

SEGUNDA SESIÓN DE EVALUACIÓN. TIEMPO ESTIMADO 20 MINUTOS

4. Realización de pruebas de evaluación

Para la toma de dichas medidas no será necesario el uso de ningún colirio y todas las pruebas a aplicar son inocuas. Caso de observarse alguna alteración o ametropía cuyo examen así lo requiera, se recomendará a los padres o tutores la remisión al profesional adecuado.

Nombre y apellidos del tutor
DNI manifiesta que ha sido informado y ha entendido lo referente a la participación en el estudio Fiabilidad y Concordancia de Pruebas Clínicas de medida estereopsis y autoriza la participación del niño.....

Madrid, dede 2010

Firma del padre/tutor

Firma del responsable de la medida

Beatriz Antona Peñalba /Isabel Sánchez Pérez

9.3. ANEXO III. HISTORIA CLÍNICA

HISTORIA CLÍNICA (marque con una X lo que corresponda)

Síntomas:

- Borrosidad de lejos
- Borrosidad de cerca
- Cansancio visual
- Irritación ocular
- Dolor de cabeza
- Visión doble ocasional
- Sin síntomas

Historia ocular:

- Ojo vago
- Estrabismo
- Cirugía refractiva
- Traumatismos oculares
- Patología ocular
- Otros:.....

Historia médica:

- Diabetes
- Hipertensión
- Problemas de tiroides
- Migrañas
- Otros:.....

Antecedentes familiares

- Glaucoma
- Diabetes
- Hipertensión
- Otros.....

Compensación óptica actual:

- Gafas
- Lentes de contacto
- Ninguna

NOMBRE Y APELLIDOS

EDAD.....

9.4. ANEXO IV. ORGANIZACIÓN GENERAL TOMA DE MEDIDAS

GABINETES: ORGANIZACION TOMA DE MEDIDAS

- **RECEPCIÓN**
 - Recogida del consentimiento y seguimiento de la lista de sujetos citados
 - Reparto de fichas a entregar por los sujetos a cada optometrista
 - Auto refractómetro de campo cerrado

- **GABINETE 1 – 2 – 3**
 - Frontofocómetro y toma DIP (en la recepción)
 - Toma de AV (mono y binocular)
 - Subjetivo
 - Vergencias + Acomodación

- **SALAS 4.1 Y 4.2**
 - Estereopsis

- **SALAS 5.1 Y 5.2**
 - Desviación

- **SALAS 6.1 Y 6.2**
 - Disparidad de Fijación DF

Acomodación → Retinoscopía Nott, L (-) y AA por Alejamiento
Desviación → CT_{PN}, VG, Thorington, Maddox (barra prismas)
Vergencias → VFN y VFP con barra de prismas
DF → Bernell, Wesson y Saladin
Estereopsis → Randot, TNO, Titmus, Frisby VL y Frisby VP

Recepción

- Recogida de consentimientos y seguimiento de citados
- Repartir fichas a cada sujeto citado
- Dar cita a los sujetos para segunda sesión
- Autorrefractómetro de campo cerrado

Gabinete 1 - 2 - 3

- Frontofocómetro y toma DIP
- Toma de AV (mono y binocular)
- Subjetivo
- Vergencias
- Acomodación

Gabinete 4 1 EXAM

(Aula de retinoscopía)

- Estereopsis

Gabinete 5 1 EXAM

- Desviación

Gabinete 6 1 EXAM

- DF

Gabinete 4 2 EXAM

(Aula de retinoscopía)

- Estereopsis

Gabinete 5 2 EXAM

- Desviación

Gabinete 6 2 EXAM

- DF

9.5. ANEXO V. DETERMINACIÓN ORDEN ALEATORIO REALIZACIÓN DE PRUEBAS

EXTRACCIÓN DE BOLAS GABINETE				
(se extraen en el Laboratorio de Optometría, al pasar al gabinete)				
	ROJO	GAB 4		
	VERDE	GAB 5		
	AZUL	GAB 6		
EXTRACCIÓN DE BOLAS ORDEN PRUEBAS				
(se extraen en el aula)				
	ROJO	DF WESSON	RANDOT	VON GRAEFE
	VERDE	DF BERNELL	TNO	MADDOX
	AZUL	DF SALADIN	TITMUS	THORINGTON
	AMARILL		FRISBY VP Y VL	COVER TEST

9.6. ANEXO VI. INSTRUCCIONES DE APLICACIÓN DE PRUEBAS PRELIMINARES

METODOLOGIA DE MEDIDA DE DESVIACIÓN HORIZONTAL: instrucciones de aplicación

COVER TEST CON PRISMA

Material COVER TEST

- Ficha sujeto
- Flexo iluminación
- Gafa y caja de pruebas
- Ocluser
- Barra de prismas horizontal
- Test para VP con columna de letras de AV=0,8
- Proyector de optotipos
- Cordón de 40 cm.

Método COVER TEST CON PRISMA

- Como estímulo de fijación se utilizará una fila de letras correspondiente a un nivel de AV de 0,8. Para las medidas de lejos se proyectará a 6 m y en cerca se usará una tarjeta que será sujeta por el paciente a 40 cm. Durante las medidas se mantendrá encendida la luz de sala y se dirigirá un foco de luz adicional hacia la tarjeta. El sujeto llevará colocada su compensación habitual en gafa de pruebas. Se pedirá al sujeto que se fije en una única letra de la tarjeta y que se esfuerce en mantenerla nítida durante el tiempo que dure la medida.
- Se aplicará la prueba del cover test según la metodología habitual para determinar la dirección del movimiento. A continuación se procederá a compensar la desviación horizontal de forma objetiva situando una barra de prismas ante el ojo derecho. El primer dato que se anotará

corresponderá a la potencia y base del prisma que logra eliminar el movimiento de ambos ojos al realizar un cover test alternante.

- Las pequeñas desviaciones verticales que aparezcan no se neutralizarán.
- En aquellos sujetos en los que no se observe movimiento inicial (ortofóricos) se anotará “cero” como primera neutralización y se procederá a aumentar la potencia del prisma con base nasal hasta que se observe movimiento inverso (punto de inversión).

DESVIACION CON VON GRAEFFE

Material TECNICA DE VON GRAEFFE

- Ficha sujeto
- Flexo iluminación
- Gafa y caja de pruebas
- Barra de prismas horizontal y vertical
- Test para VP con columna de letras de AV=0,8
- Proyector de optotipos
- Cordón de 40 cm.

Método TECNICA DE VON GRAEFFE

- Como estímulo de fijación se utilizará una única columna de letras correspondiente a un nivel de AV de 0,8; para las medidas de lejos se proyectará a 6 m y en cerca el propio sujeto mantendrá sujeto el test a 40 cm. Durante las medidas se mantendrá encendida la luz de sala y se añadirá la de columna para las medidas de cerca. Se colocará en la gafa de pruebas la compensación del sujeto y se ajustará adecuadamente la distancia interpupilar.
- Como prisma disociador se colocará un prisma vertical 6Δ base superior delante del OD con barra de prismas (que la sujetará el sujeto). Para la medida se colocará la barra de prismas horizontal delante del OI. Se partirá de 12Δ base nasal y para realizar la medida se disminuirá

lentamente (unas $2\Delta/s$) la potencia prismática base nasal (o se aumentará en base temporal).

- Para minimizar los cambios acomodativos (y de vergencia asociados) se pedirá al sujeto que fije su mirada en la columna inferior de letras, vista por el ojo con el prisma disociador y que se esfuerce en mantener los estímulos nítidos en todo momento. El sujeto debe avisarnos cuando la columna superior se sitúe justo sobre la inferior. Se anotará la potencia prismática y la dirección del prisma en esa situación.

DESVIACION CON THORINGTON

Material TECNICA DE THORINGTON

- Ficha sujeto
- Linterna puntual
- Gafa y caja de pruebas
- Cilindro de Maddox de mano
- Test de Thorington
- Led para fijación en VL
- Cordón de 40 cm.

Método TECNICA DE THORINGTON

- Como estímulo de fijación se utilizará la tarjeta Thorington que la sujetará el propio sujeto a 40 cm. En el centro de la fila de números hay una perforación a través de la cual se proyectará hacia la cara del sujeto la luz de una linterna puntual que sostendrá el examinador.
- Durante las medidas se mantendrá a un nivel medio la luz de sala y se apagará la luz de columna. Se colocará en gafa de pruebas la compensación del sujeto y ante el OD se colocará una varilla de Maddox roja con el eje horizontal.
- Se pedirá al sujeto que dirija su mirada hacia la luz situada en el centro de la tarjeta y que nos indique si la línea roja vertical vista por el OD está sobre el punto luminoso (ortoforia) o bien a la derecha (endo) o izquierda (exo) del mismo. En estos dos últimos casos, el sujeto nos indicará el

número sobre el que se sitúa la línea roja. Se anotará la magnitud (según el paso de $0,5\Delta$ más próximo) y la dirección de la desviación.

DESVIACION CON CILINDROS DE MADDOX

Material TECNICA DE CILINDROS DE MADDOX

- Ficha sujeto
- Linterna puntual
- Gafa y caja de pruebas
- Cilindro de Maddox de mano
- Barra de prismas horizontal
- Proyector de optotipos
- Cordón de 40 cm.

Método TECNICA DE CILINDROS DE MADDOX

- El sujeto permanecerá sentado con su compensación colocada en gafa de pruebas. Delante del OD se colocará una varilla de Maddox roja con el eje horizontal, que sujetará el propio sujeto.
- Como estímulo de fijación se utilizará una luz puntual presentada a 6 m para las medidas de lejos y a 40 cm para cerca. Durante las medidas se atenuará la luz de sala y se apagará la luz de columna.
- Se pedirá al sujeto que dirija su mirada hacia la luz puntual. Si en esta situación el sujeto no ve superpuestos el punto blanco (visto por el OI) y la línea roja vertical (vista por el OD) se situará ante el OI una barra de prismas horizontal comenzando con un prisma de 12Δ base interna para crear una separación clara entre línea y punto. A continuación se procederá a reducir lentamente (unas $2\Delta/s$) la potencia prismática base interna (o aumenta la de base externa) de la barra de prismas hasta que el sujeto nos indique que la línea roja vertical y el punto están superpuestos. Se anotará la potencia prismática y la dirección de la desviación.

METODOLOGIA DE MEDIDA DE VERGENCIAS: instrucciones de aplicación

Material VERGENCIAS

- Ficha del sujeto
- Gafa y caja de pruebas
- Flexo iluminación
- Cordón de 40 cm
- Test de cerca con una columna de letras de AV = 0,8
- Proyector de optotipos
- Barra de prismas

Método VERGENCIAS

- Como estímulo de fijación se usará una columna de letras correspondiente a AV 0,8 para la medida de vergencias fusionales horizontales. Para las medidas de lejos el estímulo se proyectará a 6 m y para las de cerca se presentará en una tarjeta situada a 40 cm. Para las medidas de lejos se utilizará la iluminación de sala y se añadirá un foco de luz dirigido hacia la tarjeta para las medidas en cerca.
- Los sujetos llevarán su compensación de lejos colocada en gafa de pruebas. Colocaremos la barra de prismas ante el OD y se aumentará progresivamente la potencia prismática a un ritmo de un paso cada 2 o 3 segundos. Tanto en VL como en VP, primero se medirá la VFN y después la VFP.
- El sujeto debe esforzarse por mantener las letras del test de fijación tan nítidas como le fuera posible y se le pedirá que nos avise en el momento de apreciar como se desdobra la columna de letras sin poder volver a fusionarlas (rotura) y cuando de nuevo vuelva a ver una única columna de letras (recobro).
- Se considerará como punto de rotura la menor potencia prismática con la que el sujeto vea doble de forma mantenida, es decir, se busca la amplitud máxima de vergencias.

- Se eliminarán los datos de vergencias de aquellos sujetos que en el punto de rotura no aprecien diplopía sino que manifiesten movimiento de la columna de letras. Esta situación es típica de sujetos que sufren supresión.
- Anotación: *rotura / recobro*

METODOLOGIA DE MEDIDA DE ACOMODACIÓN: instrucciones de aplicación

RETINOSCOPIA NOTT

Material RETINOSCOPIA NOTT

- Ficha sujeto
- Gafa y caja de pruebas
- Casco con luz y metro incorporado
- Test estrecho de cerca hasta AV=1
- Retinoscopio

Método RETINOSCOPIA NOTT

- El sujeto permanecerá sentado y con su compensación de lejos en gafa de prueba. Llevará colocado sobre su cabeza un casco que incorpora luz y un metro extensible.
- Las medidas se tomarán en condiciones binoculares, es decir, los estímulos serán vistos simultáneamente por ambos ojos aunque sólo se tomarán medidas para el OD.
- La iluminación de sala se mantendrá atenuada y se dirigirá el foco de luz hacia la tarjeta de cerca. Como estímulo de fijación se utilizará un test estrecho de visión próxima colocado a 40 cm. La tarjeta de fijación incluye varias líneas de letras de alto contraste negro sobre blanco ($\approx 80\%$). Se pide al sujeto que mire a la línea de letras correspondiente a AV unidad con ambos ojos y que trate de mantenerlas nítidas continuamente.
- Inicialmente se situará el retinoscopio a 40 cm. del paciente, justo al lado de la tarjeta de cerca y se analizarán las sombras retinoscópicas del OD

en el meridiano horizontal. Se tendrá cuidado de no estar a más de 10° respecto al eje visual. Si estando el retinoscopio colocado al lado de la tarjeta de cerca no se observan sombras neutras, se variará la distancia de observación de las sombras. Si las sombras iniciales son inversas, el observador se acercará hacia el sujeto hasta que observe la primera neutralización. Si las sombras iniciales son directas, el observador deberá alejarse hasta que aprecie la primera neutralización.

- Al obtener la neutralización, el examinador medirá con el metro y anotará la distancia en centímetros desde el apex corneal hasta la posición del retinoscopio en el momento de la neutralización. Las distancias se anotarán con una precisión de $\pm 0,5$ cm y no se trasladarán a dioptrías hasta que no se haya evaluado a todos los sujetos

AMPLITUD DE ACOMODACION: AA alejamiento

Material AA alejamiento

- 1 regla milimetrada
- Varios test de cerca con 1 letra de AV = 1

Método AA alejamiento

- El sujeto permanecerá sentado y puesta su compensación de lejos en gafa de pruebas.
- Como estímulo de fijación se usará una letra correspondiente a AV unidad.
- La tarjeta se alejará progresivamente (a unos 5 cm/s) desde el plano de la gafa hasta que el sujeto pueda identificar correctamente el estímulo fijado. En ese momento se medirá la distancia (en cm) desde la tarjeta hasta el apex corneal. Se anotará el resultado en cm. con una precisión de $\pm 0,5$ cm.

METODOLOGIA DE MEDIDA DE DISPARIDAD DE FIJACIÓN: Instrucciones de aplicación

TEST DE DISPARIDAD DE FIJACION DE BERNELL

Material TEST DE DISPARIDAD DE FIJACION DE BERNELL

- Ficha sujeto
- Atril
- Flexo iluminación
- Test de Bernell y gafa polarizada
- Cordón de 40 cm.

Método TEST DE DISPARIDAD DE FIJACION DE BERNELL

- El sujeto llevará su compensación de lentes y gafas polarizadas. El test se mantendrá a 40 cm, uniformemente iluminado y sin reflejos que pudieran dificultar la medida.
- Se informará al sujeto de que la prueba consiste en evaluar el alineamiento de ambos ojos. Deberá leer en primer lugar el texto que rodea a la parte central polarizada del test.
- A continuación se le pedirá al sujeto que confirme que ve dos pequeñas líneas e indicar si ambas están alineadas verticalmente. De ser así se anotará disparidad de fijación 0. Si no está alineadas, se le pedirá que mueva la pestaña lateral del test hasta lograr dicho alineamiento.
- Se anotará como resultado de la prueba el valor que indica la pestaña lateral del test en el momento que el sujeto percibe ambas líneas alineadas en minutos de arcos.

TEST DE DISPARIDAD DE FIJACION DE WESSON

Material TEST DE DISPARIDAD DE FIJACION DE WESSON

- Ficha sujeto
- Flexo iluminación
- Tarjeta de Wesson y gafa polarizada
- Cordón de 40 cm.

Método TEST DE DISPARIDAD DE FIJACION DE WESSON

- El sujeto llevará su compensación de lejos y gafas polarizadas. El test se mantendrá a 40 cm., uniformemente iluminado y sin reflejos que pudieran dificultar la medida.
- Se informará al sujeto de que la prueba consiste en evaluar el alineamiento de ambos ojos. Deberá leer en primer lugar el texto que rodea a la parte central polarizada del test.
- Se pedirá al sujeto que nos indique el color de la línea hacia la cual señala la flecha de la parte central polarizada del test. Para la distancia de 40 cm. se anotará la disparidad de fijación medida según la propia escala impresa en el test en minutos de arco.

TEST DE DISPARIDAD DE FIJACION DE SALADIN

Material TEST DE DISPARIDAD DE FIJACION DE SALADIN

- Ficha del sujeto
- Tarjeta de Saladin
- Cordón de 40 cm.
- Atril
- Flexo iluminación

Método TEST DE DISPARIDAD DE FIJACION DE SALADIN

- El sujeto llevará su compensación de lejos y gafas polarizadas. El test se mantendrá a 40 cm., uniformemente iluminado y sin reflejos que pudieran dificultar la medida.
- Se informará al sujeto de que la prueba consiste en evaluar el alineamiento de ambos ojos. Deberá leer en primer lugar el texto que rodea a la parte central polarizada del test.
- Se mostrará al sujeto la parte superior del test, en la que aparecen una serie de estímulos consistentes en dos líneas sobre polarizados. Deberá responder en cuál de ellos percibe las dos marcas alineadas. A

continuación voltear el test para ver la medida que corresponde a la respuesta dada por el paciente.

- Para la distancia de 40 cm. se anotará la disparidad de fijación medida según la propia escala impresa en el test en dioptrías.

9.7. ANEXO VII: INSTRUCCIONES DE APLICACIÓN DE LAS PRUEBAS DE AVE

TEST DE RANDOT

Material TEST DE RANDOT

- Ficha sujeto
- Atril
- Flexo iluminación
- Test de Randot y gafa polarizada
- Cordón de 40 cm.

Método TEST DE RANDOT

- El sujeto llevará su compensación de lejos y gafas polarizadas. El test se situará en un atril para poder controlar que todos los sujetos lo observen bajo un ángulo de 45° respecto al plano facial y a una distancia de 40 cm (se controlará mediante un cordel de la medida exacta). El test se mantendrá uniformemente iluminado y sin reflejos que pudieran dificultar la medida.
- La medida de estereopsis se realizará comenzando directamente con los anillos de Wirt. Se informará al sujeto de que la prueba consiste en identificar para cada grupo de tres anillos, cual es el anillo que parece flotar por delante de los demás. Se comenzará la prueba por el primer grupo de anillos situado arriba a la izquierda.
- En casos de sujetos con alteración que no alcancen el mínimo medido con los anillos de WIRT se comenzará el test desde el principio.
- Se anotará como resultado de la prueba la estereoagudeza correspondiente al último grupo de anillos correctamente identificado antes de 2 fallos consecutivos. Si el sujeto falla en un grupo de anillos, pero acierta el siguiente, se le da la oportunidad de identificar correctamente el anillo anteriormente fallado.

TEST TNO

Material TEST TNO

- Ficha sujeto
- Atril
- Flexo iluminación
- TNO y gafa R/V
- Cordón de 40 cm.

Método TEST TNO

- El sujeto llevará puesta su compensación de lejos sobre la que se colocarán las gafas anaglifas. El test lo sujetará el propio participante a 40 cm. Como iluminación, además de la luz de sala se situará una lámpara adicional para lograr una iluminación correcta del test sin sombras. De las 7 láminas sólo se mostrarán las tres últimas. El cometido del sujeto consiste en determinar la orientación (arriba, abajo, derecha o izquierda) del sector que falta en el círculo. Se anotará como resultado de la prueba el último nivel en el que el sujeto responda correctamente sobre los dos componentes de dicho nivel.
- En aquellos casos en los que el sujeto responda de forma incorrecta a una de las dos figuras se le permitirá dar una segunda respuesta sobre la figura fallada; si en este segundo intento la respuesta vuelve a ser incorrecta se anotará como resultado el nivel anterior. Si en el segundo intento la respuesta es correcta se da por superado el nivel y se le pide que intente determinar la orientación de la abertura correspondiente al siguiente nivel de estereoagudeza.
- No se establece un tiempo máximo para la realización de la prueba, incluso a aquellos sujetos que duden a la hora de dar una contestación se les indicará que pueden tomarse el tiempo necesario para averiguar la respuesta.

TEST TITMUS

Material TEST TITMUS

- Ficha del sujeto
- Atril
- Flexo iluminación
- Test de Titmus y gafas polarizadas
- Cordón de 40 cm.

Método TEST TITMUS

- El sujeto llevará su compensación de lejos y gafas polarizadas. El test se situará en un atril para poder controlar que todos los sujetos lo observen bajo un ángulo de 45° respecto al plano facial y a una distancia de 40 cm (se controlará mediante un cordel de la medida exacta). El test se mantendrá uniformemente iluminado y sin reflejos que pudieran dificultar la medida.
- La medida de estereopsis se realizará directamente con los anillos de Wirt. Se informará al sujeto que debe identificar para cada grupo de cuatro anillos, cual es el anillo que parece flotar por delante de los demás, “arriba”, “abajo”, “derecha” o “izquierda” en función de la posición que adoptara el anillo seleccionado. Se comenzará la prueba por el primer grupo de anillos situado arriba a la izquierda y se continuará según el orden de lectura.
- Se anotará como resultado de la prueba la estereoagudeza correspondiente al último grupo de anillos correctamente identificado antes de 2 fallos consecutivos. Si el sujeto falla en un grupo de anillos, pero responde correctamente el siguiente, se le da la oportunidad de identificar correctamente el anillo anteriormente fallado.

TEST DE FRISBY

Material TEST DE FRISBY VP

- Ficha del sujeto

- Atril
- Flexo iluminación
- Test de Frisby
- Metro o cordón de 80 cm.

Método TEST DE FRISBY VP

- Se evaluará la capacidad para detectar la disparidad cruzada, comprobando si el sujeto puede identificar en cual de los cuatro cuadrados hay un círculo de figuras que parece estar por delante del resto de las figuras.
- Se informará a cada sujeto que su tarea consiste en identificar cual de los cuatro cuadrados tiene inscrito un círculo de figuras que flota por delante y se comprueba mediante la lámina más gruesa que entiende su tarea. A continuación se pasará a buscar cual es el umbral de estereoagudeza, buscando la combinación de menor grosor de lámina y máxima distancia a la que el sujeto es capaz de identificar correctamente tres de cuatro presentaciones.
- Se comenzará la prueba con el test a 40 cm. y utilizando la placa mas fina , para que el sujeto la aprenda.
- Para medir alejaremos dicha placa a 60 cm. y se dará por correcta la prueba si responde bien a 2 de 3 presentaciones. Se repetirá alejándola hasta 80 cm. y se anotará con el mismo criterio.
- Si en 60 cm. la respuesta del sujeto es incorrecta se volverá a 40 cm.

TEST DE FRISBY-DAVIS 2 (FD-2)

Material TEST DE FRISBY FD2 VL

- Ficha del sujeto
- Test de Frisby para VL situado a 4 m.

Método TEST DE FRISBY-DAVIS 2 VL

- El sujeto permanecerá sentado y con su compensación de VL. El test estará situado a 4 metros y a la altura de los ojos del sujeto. La luz interior del test permanecerá encendida.
- Se comenzará explicando la prueba al sujeto hasta estar seguros de que la comprende bien. Se empezará por 50 segundos de arco. El sujeto debe responder cuál de las cuatro figuras mostradas se encuentra más cerca de el/ella. Para modificar la posición de las figuras se accederá por la puerta lateral, manteniendo cerrada la que está situada frente al sujeto.
- Si en 50" la respuesta es incorrecta se presentará una segunda figura al azar. Si falla se anotará <50"arc.
- Si la respuesta es correcta se reducirá la disparidad siempre a la mitad de la fase anterior, es decir, 25", 15", 10" y 5" dándose en cada paso por válida cuando el sujeto responda correctamente a 2 de 3 presentaciones.

9.8. ANEXO VIII. FICHAS ANOTACIÓN DE RESULTADOS JÓVENES Y PRÉSBITAS

GABINETE 1 - 2 - 3			Nº	
Auto-Rx	OD		DIP:	mm
	OI			
Gafa	OD		AVcc	AVcc AO
	OI		AVcc	
Rx subjativa	OD		AV	AV AO
	OI		AV	

CON SU GAFA	CON GAFA DE PRUEBA
-------------	--------------------

GABINETE 1 - 2 - 3				Nº	
Retinoscopia Nott OD:				cm	
AA	Alejamiento OD		cm.	D	
VL	VFN	/	Δ	VP	VFN / Δ
barra	VFP	/	Δ	barra	VFP / Δ

PASAR A GABINETE	4	5	6
-------------------------	---	---	---

1ª SESIÓN	GABINETE 4 1º Exam		Nº	
Frisby VP:	seg arco		Frisby VL:	seg arco
TNO:	seg arco		Randot:	seg arco
Titmus:	seg arco			

PASAR A GABINETE	5	6	DAR CITA
-------------------------	---	---	-----------------

1ª SESIÓN		GABINETE 5 1º Exam		Nº
Cover test	VL	Punto neutro:	Δ	
	VP	Punto neutro:	Δ	
<i>Foria Horizontal VL</i>			<i>Foria Horizontal VP</i>	
	Von Graefe:	Δ	Von Graefe:	Δ
	Maddox:	Δ	Maddox:	Δ
	Thorington	Δ	Thorington:	Δ

PASAR A GABINETE	4	6	DAR CITA
-------------------------	---	---	-----------------

1ª SESIÓN		GABINETE 6 1º Exam		Nº
	DF WESSON:			
	DF BERNELL:			
	DF SALADIN:			
	DF SALADIN VL			

PASAR A GABINETE	4	5	DAR CITA
-------------------------	---	---	-----------------

1ª SESIÓN		GABINETE 4 2º Exam		Nº
	Frisby VP:	seg arco	Frisby VL:	seg arco
	TNO:	seg arco	Randot:	seg arco
	Titmus:	seg arco		

PASAR A GABINETE	5	6	DAR CITA
-------------------------	---	---	-----------------

1ª SESIÓN		GABINETE 5 2º Exam		Nº
Cover test	VL	Punto neutro:	Δ	
	VP	Punto neutro:	Δ	
<i>Foria Horizontal VL</i>		<i>Foria Horizontal VP</i>		
	Von Graefe:	Δ	Von Graefe:	Δ
	Maddox:	Δ	Maddox:	Δ
	Thorington	Δ	Thorington:	Δ

PASAR A GABINETE	4	6	DAR CITA
-------------------------	----------	----------	-----------------

1ª SESIÓN		GABINETE 6 2º Exam		Nº
	DF WESSON:			
	DF BERNELL:			
	DF SALADIN:			
	DF SALADIN VL			

PASAR A GABINETE	4	5	DAR CITA
-------------------------	----------	----------	-----------------

2ª SESIÓN		GABINETE 4 1º Exam		Nº
	Frisby VP:	seg arco	Frisby VL:	seg arco
	TNO:	seg arco	Randot:	seg arco
	Titmus:	seg arco		

PASAR A GABINETE	5	6	DAR CITA
-------------------------	----------	----------	-----------------

2ª SESIÓN		GABINETE 5 1º Exam		Nº
Cover test	VL	Punto neutro:	Δ	
	VP	Punto neutro:	Δ	
<i>Foria Horizontal VL</i>			<i>Foria Horizontal VP</i>	
	Von Graefe:	Δ	Von Graefe:	Δ
	Maddox:	Δ	Maddox:	Δ
	Thorington	Δ	Thorington:	Δ

PASAR A GABINETE	4	6	DAR CITA
-------------------------	----------	----------	-----------------

2ª SESIÓN		GABINETE 6 1º Exam		Nº
	DF WESSON:			
	DF BERNELL:			
	DF SALADIN:			
	DF SALADIN VL			

PASAR A GABINETE	4	5	DAR CITA
-------------------------	----------	----------	-----------------

2ª SESIÓN		GABINETE 4 2º Exam		Nº
	Frisby VP:	seg arco	Frisby VL:	seg arco
	TNO:	seg arco	Randot:	seg arco
	Titmus:	seg arco		

PASAR A GABINETE	5	6	DAR CITA
-------------------------	----------	----------	-----------------

2ª SESIÓN		GABINETE 5 2º Exam		Nº
Cover test	VL	Punto neutro:	Δ	
	VP	Punto neutro:	Δ	
<i>Foria Horizontal VL</i>		<i>Foria Horizontal VP</i>		
	Von Graefe:	Δ	Von Graefe:	Δ
	Maddox:	Δ	Maddox:	Δ
	Thorington	Δ	Thorington:	Δ

PASAR A GABINETE	4	6	DAR CITA
-------------------------	---	---	-----------------

2ª SESIÓN		GABINETE 6 2º Exam		Nº
	DF WESSON:			
	DF BERNELL:			
	DF SALADIN:			
	DF SALADIN VL			

PASAR A GABINETE	4	5	DAR CITA
-------------------------	---	---	-----------------

9.9. ANEXO IX. FICHAS DE ANOTACIÓN DE RESULTADOS DE NIÑOS

1ª SESIÓN		EXAMINADOR 1	Nº
Randot:	Cover test	VL	
		VP	
TNO:	Thorington VP		

1ª SESIÓN		EXAMINADOR 2	Nº
Randot:	Cover test	VL	
		VP	
TNO:	Thorington VP		

2ª SESIÓN		EXAMINADOR 1	Nº
Randot:	Cover test	VL	
		VP	
TNO:	Thorington VP		

2ª SESIÓN		EXAMINADOR 2	Nº
Randot:	Cover test	VL	
		VP	
TNO:	Thorington VP		

Nombre:

.....

1ª SESIÓN EXAMINADOR 1		Nº
Titmus:	Cover test	VL
		VP
TNO:	Von Graefe	VL
		VP

1ª SESIÓN EXAMINADOR 2		Nº
Titmus:	Cover test	VL
		VP
TNO:	Von Graefe	VL
		VP

2ª SESIÓN EXAMINADOR 1		Nº
Titmus:	Cover test	VL
		VP
TNO:	Von Graefe	VL
		VP

2ª SESIÓN EXAMINADOR 2		Nº
Titmus:	Cover test	VL
		VP
TNO:	Von Graefe	VL
		VP

Nombre:

.....

9.10. ANEXO X. MODELO INFORME ENTREGADO A LOS PARTICIPANTES



Escuela Universitaria de Óptica
UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

C/ Arcos de Jalón 118 28037 Madrid
Tfno. 91 394 68 52 Fax 91 394 68 85

D. XXXXXXXXXXXXX (nº X) participó en el ESTUDIO DE INVESTIGACIÓN DE PRUEBAS OPTOMÉTRICAS coordinado por la Dra. Beatriz Antona, la profesora Isabel Sánchez y José Luis Cebrián. Este estudio se realizó en el curso académico 2008/09.

•	Refracción antigua						
	OD	+3,00 -1,50 a 61º	AV	0,9	AO	0,9	
	OI	+3,00 -1,25 a 100º	AV	0,5			
•	Refracción de lejos						
	OD	+3,50 -1,50 a 60º	AV	1	Ad	0,00 D	
	OI	+3,00 -1,25 a 100º	AV	0,5			
•	Cover test	VL:	0 Δ	VP:	-4 Δ		
•	Forias horizontales						
	Von Graefe		VP	-2 Δ	VL	1 Δ	
	Thorington		VP	0 Δ	VL	2 Δ	
•	Vergencias fusionales horizontales						
	Barra de prismas	VL:	VFN:	4 / 2 Δ	VP:	VFN:	10 / 4 Δ
			VFP:	6 / 4 Δ		VFP:	18 / 16 Δ
•	Estereopsis						
	Frisby VL:	25 seg arco	Randot:	70 seg arco			

APROVECHAMOS LA OCASIÓN PARA AGRADECERTE SU PARTICIPACIÓN EN EL ESTUDIO Y TE RECOMENDAMOS QUE REVISES TU ESTADO VISUAL UNA VEZ AL AÑO

9.11. ANEXO XI. MÉTODO ESTADÍSTICO DE BLAND Y ALTMAN

El método estadístico empleado para el análisis de los datos de esta tesis doctoral ha sido recomendado por la *British Standards Institution*¹²³. Fue descrito por dos estadísticos británicos, Bland y Altman^{31, 32, 34, 102} y avalado posteriormente y propuesto como idóneo para este tipo de estudios de medición por diversos autores⁹⁹⁻¹⁰¹.

El método es sencillo de calcular y de interpretar y puede ser usado para el análisis de un método simple de medida (repetibilidad intra-examinador) o para comparar medidas de dos observadores (repetibilidad inter-examinador)³². Además, el método tiene la ventaja de que la repetibilidad de una prueba se expresa en las mismas unidades de medida del test y permite al clínico establecer su propio criterio para considerar si un cambio es significativo o no. También permite definir el grado de concordancia entre estos métodos, siendo por ello el sistema estadístico indicado para el tratamiento de los datos de esta tesis doctoral.

Aplicación del método a estudios de Repetibilidad

Para evaluar la repetibilidad de una prueba se compara la diferencia entre las dos medias de medidas o métodos de medida frente a la media de los dos métodos, siendo éste último valor tratado como la mejor estimación de los valores reales¹²⁴. No conocemos el valor verdadero y la media de las dos medidas es la mejor estimación que tenemos.

Para valorar la repetibilidad se calcula la diferencia entre las medidas obtenidas en dos diferentes ocasiones y se lleva a cabo un análisis de la distribución de las diferencias entre las dos medidas, extrayendo los límites de acuerdo al 95% para esta distribución⁴⁴. Los parámetros a calcular son la diferencia media (DM) como la media de las diferencias, la desviación estándar de las diferencias (DE) y a continuación se compara la DM con cero (test-t).

La media de la distribución de diferencias será cero si como promedio no hay ninguna diferencia hacia mayor o menor grado al re-evaluar (intra o interexamiador) a los mismos sujetos.

Los límites del intervalo de acuerdo al 95% abarcan la porción central de la distribución de diferencias donde se incluyen el 95% de las medidas. Dicho intervalo se construye como la media de las diferencias \pm dos desviaciones estándar, mas exactamente $\pm 1,96$ DE de la diferencia⁹⁹. La anchura de este intervalo se conoce como coeficiente de repetibilidad (CDR).

- Cuanto más estrecho sea el intervalo en el que se incluyan el 95% de los valores, mejor será la repetibilidad de la medida.
- Cuanto mayor sea la anchura del intervalo de confianza, mas dispersos estarán los valores y por tanto, menos repetible será la medida.

Un método será más repetible cuanto menor sea la diferencia media y el coeficiente de repetibilidad CDR de la distribución de las diferencias entre las diferentes medidas.

Para poder aplicar el método de los límites de concordancia al 95% es necesario que se cumplan dos condiciones:

- Que la media y la desviación estándar de las diferencias sean constantes en todo el rango de medidas. De no ser así habrá que estimar los límites de acuerdo por tramos correspondientes a cada rango de valores.
- Que las diferencias se distribuyan aproximadamente según una distribución normal. Para comprobar que la distribución es normal se puede evaluar el histograma de las diferencia o se pueden aplicar pruebas de normalidad como la de Anderson-Darling.

Aplicación del método a estudios de Concordancia

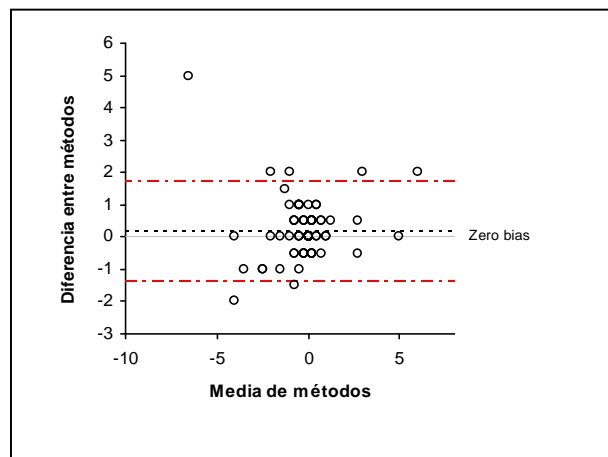
Para definir el grado de concordancia entre dos métodos y ver así si entre ellos pueden ser intercambiables, se deberá calcular la diferencia respecto a la media de las diferencias de los dos métodos objeto del estudio.

Dos métodos de medida de la misma cualidad serán intercambiables o presentarán un buen coeficiente de concordancia (CDC), si la diferencia media y el intervalo entre los límites de acuerdo al 95% de la distribución de las diferencias son bajos respecto a los valores normales del parámetro medido.

Si las diferencias comprendidas en el intervalo de los límites de acuerdo al 95% no son clínicamente importantes, los dos métodos se podrán considerar intercambiables. Pero que la diferencia sea aceptable o no es una decisión clínica y no estadística, es decir, que la concordancia encontrada dependerá de si es suficiente para el objetivo clínico.

Se puede hacer una interpretación gráfica de los resultados obtenidos mediante el trazado de las llamadas gráficas de Bland y Altman. Para una mejor comprensión se describe brevemente un modelo:

- En el eje de abscisas se representa el valor medio de ambos métodos.
- El eje de ordenadas corresponde a la diferencia entre ambos métodos.
- La recta continua gris corresponde a una diferencia media de cero (zero bias)
- La línea negra discontinua indica la diferencia media
- Las líneas discontinuas de color rojo señalan los límites de acuerdo al 95%, superior S e inferior I.



En la visualización de las graficas debe tenerse en cuenta la posibilidad de que haya puntos superpuestos.

Otras técnicas estadísticas y su contraindicación en estudios de repetibilidad y concordancia

En el análisis de comparación de datos en métodos de medida, de una manera muy generalizada, se han venido utilizando técnicas estadísticas poco adecuadas. En concreto se ha usado el cálculo del coeficiente de correlación de Pearson o coeficiente de correlación (r) o en otros casos el análisis de regresión. Según

Bland y Altman³² estas técnicas estadísticas pueden hacer llegar a conclusiones erróneas.

Otros autores han confirmado dichas afirmaciones en posteriores publicaciones^{31, 98-100, 102, 123}.

El coeficiente de correlación^{125, 126} se utiliza para cuantificar el grado de relación lineal entre los dos métodos de medida A y B. El coeficiente de correlación se limita a decir si dos técnicas están relacionadas linealmente y es de esperar que dos técnicas diseñadas para medir la misma característica lo estén.

Estudios realizados por investigadores como Serfontein y Jaroszewicz¹²⁷ sobre dos métodos diferentes de medida de la edad gestacional daban errores de medida de 5,5 semanas entre ambos métodos. Sin embargo en el estudio estadístico realizado calculando el coeficiente de correlación r daba un valor elevado de correlación entre ambos métodos. En la misma línea están los trabajos de Oldham et al.¹²⁸, quienes encontraron que utilizando el calculo del coeficiente de correlación se podía llegar a conclusiones erróneas al comparar las medidas tomadas con dos medidores distintos de PEFR (medidores de flujo máximo).

En ambos casos, los autores también sugieren como adecuado el uso del método de Bland y Altman ya que se ha visto que datos que presentan un acuerdo muy pobre pueden, sin embargo, producir una elevada correlación.

Existen sólidos argumentos para considerar que el uso del coeficiente de correlación r para el análisis de comparación de dos métodos de medida puede ser erróneo⁹⁹ y es que dicho coeficiente mide la fuerza de la de la relación entre dos medidas pero no necesariamente de acuerdo entre ellas. Si tomamos por ejemplo dos medidas con dos instrumentos y uno de ellos mide exactamente del

doble que el otro, encontraremos una correlación muy alta ($r=1$) pero un acuerdo muy pobre.

Otros inconvenientes que desaconsejan el uso de r en estos estudios son:

- El coeficiente de correlación r depende del rango de valores observado en la muestra^{32, 33} es decir, r depende de la variabilidad de los sujetos evaluados. Si la variabilidad entre los sujetos evaluados es pequeña comparada con la variabilidad de las técnicas de medición, r tenderá a ser bajo a pesar de que haya una buena concordancia entre los métodos. Si la variabilidad entre sujetos es grande, la correlación será mayor que si es estrecha. De modo que si se dividiera el rango total en dos partes, cada parte tendría un r menor que el correspondiente al rango total. Por ello es frecuente que los investigadores tiendan a comparar dos métodos de medida sobre el rango total de valores típicamente encontrados, de modo que una alta correlación estará casi garantizada.
- Un cambio en la escala de medidas no afecta a la correlación, pero sí afecta a la concordancia. Si por ejemplo representamos la medida vs. la mitad de la medida, $r=1$, $Y = 2X$; es decir, la correlación es perfecta, pero las medidas claramente no concuerdan: una es dos veces la otra, idéntico ejemplo al citado anteriormente. Un análisis de correlación r es útil cuando se comparan pruebas que no se miden en las mismas unidades.

Pero, a pesar de ser un método inapropiado, el coeficiente de correlación r ha llegado a ser universalmente utilizado para este tipo de estudios^{32, 126}. Los autores mencionados señalan que obedece a una inercia ya que, en muchas publicaciones relacionadas es el método más usado, y por ello muchos investigadores lo siguen empleando. Señalan, incluso, que los referees de muchas revistas se quejan cuando en las propuestas de publicaciones no se usa esta

técnica. En varios de estos artículos, los firmantes hacen una llamada de atención para que se subsane esta deficiencia^{32, 99, 100}.

En cuanto al Coeficiente de Correlación Intraclase CCI, es matemáticamente hablando, el índice más apropiado para cuantificar la concordancia entre diferentes mediciones de una variable numérica. El CCI estima el promedio de las correlaciones entre todas las posibles ordenaciones por pares de observaciones disponibles y, por tanto, evita el problema de la dependencia del orden del coeficiente de correlación (r). Además, se puede usar cuando se dispongan de más de dos observaciones por sujeto.

Una de las principales limitaciones del CCI es la dificultad de su cálculo, ya que se realiza de distinta forma dependiendo del diseño del estudio. La forma de cálculo más habitual se basa en un modelo de análisis de varianza (ANOVA) con medidas repetidas¹²⁹.

El CCI se define como la proporción de la variabilidad total debida a la variabilidad de los sujetos y puede tomar valores entre 0 y 1.

CCI = 1 Toda la variabilidad observada se explicaría por diferencias entre sujetos y no por las diferencias entre los métodos de medición o los diferentes observadores. Indica concordancia absoluta entre las medidas.

CCI = 0 Toda la variabilidad observada es debida sólo al error aleatorio asociado a toda medición. Indica ausencia de concordancia entre las medidas.

La clasificación de los valores que puede tomar el CCI es subjetiva. No obstante y, a pesar de que el CCI es el índice más adecuado para cuantificar la concordancia entre diferentes mediciones para el caso de variables numéricas, su uso en la

literatura médica, y en concreto en el ámbito de la Optometría, es bajo debido a que presenta varios inconvenientes:

- Los cálculos matemáticos son complejos
- Al ser una prueba paramétrica sólo puede aplicarse a los casos en los que se traten variables distribuidas según una normal
- Al igual que el coeficiente de correlación de Pearson, el valor del CCI depende en gran medida de la variabilidad de los valores observados. Cuanto más homogénea sea la muestra estudiada, más bajo tenderá a ser el valor del CCI. Y por ende, el CCI será mayor si la muestra es heterogénea.
- Los resultados obtenidos para el CCI están expresados en términos absolutos y carece de interpretación clínica. Aunque el CCI es un índice objetivo que puede facilitar la comparación de distintos métodos de medida, sin embargo el hecho de que no tenga una interpretación clínica hace que en su lugar se utilicen otros métodos como el método gráfico de Bland y Altman.

9.12. ANEXO XII. DECLARACIÓN DE HELSINKI

DECLARACION DE HELSINKI

Guía de Recomendaciones para la orientación de Médicos implicados en Investigación Biomédica realizada sobre Sujetos Humanos.

Adoptada por la 18^{ava} Asamblea Médica Mundial, Helsinki, Finlandia, 1964 y corregida en la 29^{ava} Asamblea Médica Mundial, Tokio, Japón, octubre de 1975, en la 35^{ava} Asamblea Médica Mundial, Venecia, Italia, octubre de 1983, en la 41^{ava} Asamblea Médica Mundial, Hong Kong, septiembre de 1989 y en la 48^{ava} Asamblea Médica Mundial, Somerset West, República de Sudáfrica, octubre de 1996.

Introducción

Es misión del médico salvaguardar la salud de la humanidad. Sus conocimientos y su conciencia deben dedicarse al cumplimiento de esta misión.

La Declaración de Ginebra de la Asociación Médica Mundial relaciona al médico con las palabras. “La salud de mi paciente será mi primera consideración”, y el Código Internacional de Ética Médica declara que “Un médico deberá actuar sólo en interés del paciente cuando facilite atención médica que pudiera tener el efecto de debilitar la condición mental y física del paciente”.

El propósito de la Investigación biomédica en sujetos humanos debe ser la mejora de los procedimientos diagnósticos, terapéuticos y profilácticos así como la comprensión de la etiología y patogénesis de la enfermedad.

En la práctica habitual la mayor parte de los procedimientos diagnósticos, terapéuticos y profilácticos conllevan riesgos. Esto se aplica especialmente al caso de la investigación biomédica.

El progreso de la medicina está basado en una investigación que se cimenta en parte en la experimentación sobre sujetos humanos.

En el campo de la investigación biomédica debe hacerse una distinción fundamental entre investigación médica cuyo propósito es esencialmente diagnóstico o terapéutico para un paciente y la investigación médica cuyo objetivo esencial es puramente científico y sin implicación directa en un valor diagnóstico o terapéutico para la persona sujeta a investigación.

Se debe ejercer una precaución especial en la realización de investigación que pueda afectar al medio ambiente y se debe respetar el bienestar de animales utilizados para investigación.

Debido a que es esencial que los resultados de los experimentos de laboratorio sean aplicados a seres humanos a fin de ampliar el conocimiento científico y así aliviar el sufrimiento de la humanidad, la Asociación Médica Mundial ha redactado las siguientes recomendaciones para que sirvan de Guía a cada médico dedicado a la investigación biomédica sobre sujetos humanos. Estas deberían ser sometidas a revisión en un futuro. Debe subrayarse que aunque estas normas impresas constituyen la única guía para los médicos de todo el mundo, los médicos no son relevados de las responsabilidades criminales, civiles y éticas establecidas por las leyes de sus respectivos países.

I. Principios básicos

- 1) La investigación biomédica que afecte a sujetos humanos debe conformar con los principios científicos generalmente aceptados y debería estar basada en una experimentación animal y de laboratorio realizada adecuadamente y en un conocimiento extensivo de la literatura científica pertinente.
- 2) El diseño y la realización de cada procedimiento experimental que implique sujetos humanos debería estar claramente formulado en un protocolo experimental que debería ser para su consideración, comentario y guía por parte de un comité científico independiente del investigador y que el promotor asegure que este comité independiente está en conformidad con las leyes y regulaciones del país en el cual se realiza el experimento de investigación.

- 3) La investigación biomédica que afecte a sujetos humanos debería ser realizada solo por personas cualificadas científicamente y bajo la supervisión de una persona médica clínicamente competente. La responsabilidad sobre el sujeto humano debe recaer siempre sobre una persona médica cualificada y nunca sobre el sujeto de la investigación, incluso aunque el sujeto haya dado su consentimiento.
- 4) La investigación biomédica que implique sujetos humanos no puede ser legítimamente llevada a cabo a menos que la importancia del objetivo esté en proporción al riesgo inherente para el sujeto.
- 5) Cada proyecto de investigación biomédica que implique a sujetos humanos debería ser precedido por una valoración meticulosa de los riesgos predecibles en comparación con los beneficios esperados para los sujetos u otros. Los intereses del sujeto deben siempre prevalecer sobre los intereses de la ciencia y la sociedad.
- 6) El derecho del sujeto investigado de salvaguardar su integridad debe ser siempre respetado. Deben tomarse precauciones respecto a la privacidad del sujeto y respecto a minimizar el impacto del estudio sobre la integridad mental y física del sujeto así como sobre su personalidad.
- 7) Los médicos deberían abstenerse de iniciar proyectos que afecten a sujetos humanos a menos que se contemplen los riesgos como predecibles. Los médicos deberían cesar cualquier investigación si se observa que los riesgos pueden sobrepasar los posibles beneficios.
- 8) El médico está obligado a preservar la exactitud de los resultados en la publicación de su investigación. Informes de experimentación que no estén en concordancia con los principios establecidos en esta Declaración deberían no ser aceptados para su publicación.

- 9) En cualquier investigación realizada en seres humanos cada sujeto potencial debe ser adecuadamente informado de los propósitos, métodos, beneficios anticipados y riesgos potenciales del estudio así como las molestias que se puedan ocasionar. El paciente debería ser informado de que es libre de abstenerse de participar en el estudio y de que es libre de retirar su consentimiento para la participación en cualquier instante. El médico debería obtener el consentimiento informado del sujeto libremente dado, preferiblemente por escrito.
- 10) Cuando se obtenga el consentimiento informado para el proyecto de investigación el médico debería ser particularmente prudente si el sujeto tiene una relación dependiente de él o puede dar el consentimiento por coacción. En tales casos, el consentimiento informado debería ser obtenido por un médico que no participe en la investigación y que fuera completamente independiente en su relación oficial.
- 11) En el caso de incompetencia legal, el consentimiento informado debería ser obtenido del representante legal del paciente de acuerdo con la legislación nacional. Cuando una incapacidad física o mental haga imposible la obtención del consentimiento informado, o cuando el sujeto sea menor de edad, el permiso por la persona responsable del paciente sustituye el del sujeto, siempre de acuerdo con la legislación nacional. Cuando el menor de edad sea capaz de dar su consentimiento, el consentimiento de este menor debe ser obtenido además del consentimiento del tutor legal del menor.
- 12) El protocolo de investigación debería contener siempre una mención de las consideraciones éticas tomadas y debería indicar que se corresponden con los principios enunciados en la presente Declaración.

II. Investigación Médica combinada con la atención médica (Investigación clínica)

- 1) En el tratamiento del enfermo, el médico debe tener libertad de usar un nuevo diagnóstico o medida terapéutica si en su juicio éste ofrece posibilidades de salvar una vida, restableciendo la salud o aliviando el sufrimiento.
- 2) Los beneficios potenciales, riesgos y molestias de un nuevo método deberían ser contrastados frente a las ventajas de los mejores diagnósticos o métodos terapéuticos habituales.
- 3) En cualquier estudio médico, cada paciente-incluyendo aquellos que formen parte del grupo control, si lo hubiera- debería tener los mejores métodos terapéuticos y diagnósticos probados. Esto no excluye el uso de placebo inerte en estudios donde no exista un método terapéutico o diagnóstico probado.
- 4) El rechazo del paciente a su participación en el estudio no debe nunca interferir en la relación médico-paciente.
- 5) Si el médico considera esencial no obtener el consentimiento informado, las razones específicas de esta propuesta deberían ser establecidas en el protocolo experimental para la transmisión al comité independiente.
- 6) El médico puede combinar la investigación médica con la atención médica, siendo el objetivo la adquisición de nuevos conocimientos médicos, sólo cuando la investigación médica esté justificada por su diagnóstico potencial o por el valor terapéutico para el paciente.

**III. Investigación Biomédica no terapéutica que afecte a sujetos humanos
(Investigación Biomédica no clínica)**

- 1) En la aplicación puramente científica de la investigación médica llevada a cabo en seres humanos es deber del médico el permanecer como el protector de la vida y la salud de la persona sobre la cual se esté realizando la investigación biomédica.
- 2) Los sujetos deberían ser voluntarios, tanto sujetos sanos como pacientes para los cuales el diseño experimental no está relacionado con la enfermedad del paciente.
- 3) El investigador o el equipo de investigadores debería detener la investigación si en su juicio puede, en caso de ser continuada, ser dañina para el individuo.
- 4) En la investigación realizada en el hombre, el interés de la ciencia y de la sociedad no debería nunca preceder sobre las consideraciones relacionadas con el bienestar del sujeto.

9.13. ANEXO XIII. TABLAS DE REPETIBILIDAD INTRAEXAMINADOR EN JOVENES

REPETIBILIDAD INTRAEXAMINADOR EN JOVENES						
MEDIDA DE LA ESTEREOPSIS						
VISION CERCANA	Media ("arc)	DE ("arc)	Diferencias con signo		Diferencias en valor absoluto	
			DM (f- i) ("arc) p (test t)	CDR ("arc)	DM (f-i) ("arc)	CDR ("arc)
FRISBY	24,36	12,25	-3,47 (p=0,02)	±28,48	4,83	±27,70
TNO	69,79	80,01	-13,80 (p<0,0001)	±52,21	16,45	±49,15
TITMUS	49,12	30,51	-8,82 (p=0,01)	±67,65	9,12	±67,49
RANDOT	32,29	26,40	-8,70 (p<0,0001)	±30,09	9,53	±29,09

Clave: DE = desviación estándar. DM = diferencia media. CDR = coeficiente de repetibilidad.
f=final=S₂. i=inicial=S₁. "arc = segundos de arco

REPETIBILIDAD INTRAEXAMINADOR EN JOVENES						
MEDIDA DE LA ESTEREOPSIS						
VISION LEJANA	Media ("arc)	DE ("arc)	Diferencias con signo		Diferencias en valor absoluto	
			DM (f - i) ("arc) p (test t)	CDR ("arc)	DM (f - i) ("arc)	CDR ("arc)
FRISBY	7,50	4,24	-0,58 (p=0,3)	±11,85	2,18	±11,10

Clave: DE = desviación estándar. DM = diferencia media. CDR = coeficiente de repetibilidad.
f=final=S₂. i=inicial=S₁. "arc = segundos de arco

9.14. ANEXO XIV. TABLAS DE REPETIBILIDAD INTEREXAMINADOR EN JOVENES

REPETIBILIDAD INTEREXAMINADOR EN JOVENES						
MEDIDA DE LA ESTEREOPSIS						
VISION CERCANA	Media ("arc)	DE ("arc)	Diferencias con signo		Diferencias en valor absoluto	
			DM (f - i) ("arc) p (test t)	CDR ("arc)	DM (f - i) ("arc)	CDR ("arc)
FRISBY	24,36	12,25	-1,00 (p=0,2)	±15,86	2,84	±14,97
TNO	69,79	80,01	-29,98 (p<0,0001)	±100,90	32,33	±98,04
TITMUS	49,12	30,51	-0,98 (p=0,4)	±20,69	3,92	±19,29
RANDOT	32,29	26,40	0,56 (p=0,5)	±17,40	5,22	±14,08

Clave: DE = desviación estándar. DM = diferencia media. CDR = coeficiente de repetibilidad.
f=final=E₂. i=inicial=E₁ "arc = segundos de arco

REPETIBILIDAD INTEREXAMINADOR EN JOVENES						
MEDIDA DE LA ESTEREOPSIS						
VISION LEJANA	Media ("arc)	DE ("arc)	Diferencias con signo		Diferencias en valor absoluto	
			DM (f - i) ("arc) p (test t)	CDR ("arc)	DM (f - i) ("arc)	CDR ("arc)
FRISBY	7,50	4,24	-0,37 (p=0,2)	±6,38	1,96	±5,13

Clave: DE = desviación estándar. DM = diferencia media. CDR = coeficiente de repetibilidad.
f=final=E₂. i=inicial=E₁. "arc = segundos de arco

9.15. ANEXO XV. TABLAS DE CONCORDANCIA ENTRE TESTS EN JOVENES

CONCORDANCIA EN JOVENES				
MEDIDA DE LA ESTEREOPSIS				
VISION CERCANA	Diferencias con signo		Diferencias en valor absoluto	
	DM ("arc) p (test t)	CDC ("arc)	DM ("arc)	CDC ("arc)
FRISBY – TNO	45,59 ($p < 0,0001$)	$\pm 139,24$	45,88	$\pm 138,86$
FRISBY – TITMUS	24,91 ($p < 0,0001$)	$\pm 50,51$	25,87	$\pm 48,61$
FRISBY – RANDOT	8,09 ($p < 0,0001$)	$\pm 34,77$	9,68	$\pm 33,33$
TNO – TITMUS	-20,67 ($p = 0,004$)	$\pm 137,80$	30,28	$\pm 130,73$
TNO – RANDOT	-37,50 ($p < 0,0001$)	$\pm 128,80$	40,17	$\pm 125,64$
TITMUS – RANDOT	-16,83 ($p < 0,0001$)	$\pm 34,34$	17,93	$\pm 32,10$

Clave: DM= diferencia media, CDC = coeficiente de concordancia, "arc = segundos de arco

9.16. INTRAEXAMINADOR E INTEREXAMINADOR EN NIÑOS

REPETIBILIDAD INTRAEXAMINADOR EN NIÑOS						
MEDIDA DE LA ESTEREOPSIS						
VISION CERCANA	Media ("arc)	DE ("arc)	Diferencias con signo		Diferencias en valor absoluto	
			DM (f - i) ("arc) p (test t)	CDR ("arc)	DM (f - i) ("arc)	CDR ("arc)
TNO	55,11	40,49	6,20 (p=0,2)	±122,73	23,75	±114,11
TITMUS	42,06	7,31	-0,78 (p=0,3)	±12,70	2,11	±12,09
RANDOT	27,45	8,71	-2,23 (p=0,2)	±23,24	7,23	±18,82

Clave: DE = desviación estándar. DM = diferencia media. CDR = coeficiente de repetibilidad.
f=final=S₂. i=inicial=S₁. "arc = segundos de arco

REPETIBILIDAD INTEREXAMINADOR EN NIÑOS						
MEDIDA DE LA ESTEREOPSIS						
VISION CERCANA	Media ("arc)	DE ("arc)	Diferencias con signo		Diferencias en valor absoluto	
			DM (f - i) ("arc) p (test t)	CDR ("arc)	DM (f - i) ("arc)	CDR ("arc)
TNO	55,11	40,49	-1,96 (p=0,5)	±43,68	14,35	±33,51
TITMUS	42,06	7,31	0,78 (p=0,1)	±7,52	1,22	±7,28
RANDOT	27,45	8,71	-0,43 (p=0,7)	±18,09	6,17	±13,35

Clave: DE = desviación estándar. DM = diferencia media. CDR = coeficiente de repetibilidad.
f=final=E₂. i=inicial=E₁. "arc = segundos de arco

9.17. ANEXO XVII. TABLAS DE CONCORDANCIA ENTRE TESTS EN NIÑOS

CONCORDANCIA EN NIÑOS				
MEDIDA DE LA ESTEREOPSIS				
VISION CERCANA	Diferencias con signo		Diferencias en valor absoluto	
	DM ("arc) p (test t)	CDC ("arc)	DM ("arc)	CDC ("arc)
TNO – TITMUS	-6,19 ($p=0,01$)	$\pm 30,97$	12,31	$\pm 22,70$
TNO – RANDOT	-34,23 ($p<0,0001$)	$\pm 96,42$	34,23	$\pm 96,42$

Clave: DM= diferencia media, CDC = coeficiente de concordancia, "arc = segundos de arco

9.18. ANEXO XVIII. TABLAS DE REPETIBILIDAD INTRAEXAMINADOR EN PRESBITAS

REPETIBILIDAD INTRAEXAMINADOR EN PRESBITAS						
MEDIDA DE LA ESTEREOPSIS						
VISION CERCANA	Media ("arc)	DE ("arc)	Diferencias con signo		Diferencias en valor absoluto	
			DM (f – i) ("arc) p (test t)	CDR ("arc)	DM (f – i) ("arc)	CDR ("arc)
FRISBY	41,20	26,83	-9,40 (p=0,01)	±34,57	13,40	±28,81
TNO	121,80	101,63	-40,80 (p=0,05)	±196,03	66,00	±166,31
TITMUS	52,00	28,03	3,20 (p=0,6)	±64,57	10,80	±61,18
RANDOT	48,00	59,84	-3,00 (p=0,7)	±67,60	15,60	±60,27

Clave: DE = desviación estándar. DM = diferencia media. CDR = coeficiente de repetibilidad.
f=final=S₂. i=inicial=S₁. "arc = segundos de arco

REPETIBILIDAD INTRAEXAMINADOR EN PRESBITAS						
MEDIDA DE LA ESTEREOPSIS						
VISION LEJANA	Media ("arc)	DE ("arc)	Diferencias con signo		Diferencias en valor absoluto	
			DM (f – i) ("arc) p (test t)	CDR ("arc)	DM (f – i) ("arc)	CDR ("arc)
FRISBY	11,55	8,45	-3,50 (p=0,05)	±16,68	4,70	±15,45

Clave: DE = desviación estándar. DM = diferencia media. CDR = coeficiente de repetibilidad.
f=final=S₂. i=inicial=S₁. "arc = segundos de arco

9.19. ANEXO XIX. TABLAS DE REPETIBILIDAD INTEREXAMINADOR EN PRESBITAS

REPETIBILIDAD INTEREXAMINADOR EN PRESBITAS						
MEDIDA DE LA ESTEREOPSIS						
VISION CERCANA	Media ('arc)	DE ('arc)	Diferencias con signo		Diferencias en valor absoluto	
			DM (f - i) ('arc) p (test t)	CDR ('arc)	DM (f - i) ('arc)	CDR ('arc)
FRISBY	41,20	26,83	9,60 (p=0,01)	±34,93	13,60	±29,13
TNO	121,80	101,63	-60,00 (p=0,004)	±182,82	69,60	±168,65
TITMUS	52,00	28,03	-12,80 (p=0,2)	±84,97	14,80	±83,66
RANDOT	48,00	59,84	-3,20 (p=0,6)	±67,00	15,80	±59,42

Clave: DE = desviación estándar. DM = diferencia media. CDR = coeficiente de repetibilidad.
f=final=E₂. i=inicial=E₁ "arc = segundos de arco

REPETIBILIDAD INTEREXAMINADOR EN PRESBITAS						
MEDIDA DE LA ESTEREOPSIS						
VISION LEJANA	Media ('arc)	DE ('arc)	Diferencias con signo		Diferencias en valor absoluto	
			DM (f - i) ('arc) p (test t)	CDR ('arc)	DM (f - i) ('arc)	CDR ('arc)
FRISBY	11,55	8,45	0,90 (p=0,3)	±8,23	2,70	±6,47



Clave: DE = desviación estándar. DM = diferencia media. CDR = coeficiente de repetibilidad.
f=final=E₂. i=inicial=E₁ "arc = segundos de arco

9.20. ANEXO XX. TABLAS DE CONCORDANCIA ENTRE TESTS EN PRESBITAS

CONCORDANCIA EN PRESBITAS				
MEDIDA DE LA ESTEREOPSIS				
VISION CERCANA	Diferencias con signo		Diferencias en valor absoluto	
	DM ("arc) p (test t)	CDC ("arc)	DM ("arc)	CDC ("arc)
FRISBY – TNO	45,80 (p=0,002)	± 131,59	48,80	±127,20
FRISBY – TITMUS	-0,40 (p=0,9)	± 51,42	20,60	± 30,77
FRISBY – RANDOT	0,40 (p=0,9)	± 83,58	26,40	± 64,79
TNO – TITMUS	-46,20 (p=0,009)	± 159,84	50,60	± 154,42
TNO – RANDOT	-45,40 (p=0,01)	± 160,36	53,00	± 150,74
TITMUS – RANDOT	0,80 (p=0,9)	± 69,58	20,00	± 56,95

Clave: DM= diferencia media, CDC = coeficiente de concordancia, "arc = segundos de arco

9.21. ANEXO XXI. APROBACION DEL COMITÉ ETICO DE INVESTIGACION

 SaludMadrid	Hospital Universitario Ramón y Cajal Comité Ético de Investigación Clínica	 Comunidad de Madrid
--	--	---

Dra. **M^a. ANGELES GALVEZ MÚGICA**, Secretaria del Comité Etico de Investigación Clínica del Hospital Ramón y Cajal

CERTIFICA

Que el Comité Etico de Investigación Clínica, ha evaluado el **PROYECTO DE INVESTIGACIÓN:**



Titulo:

UTILIDAD DIAGNÓSTICA DE LA MEDIDA CLÍNICA DE LA ESTEROAGUDEZA.

Investigador Principal: **Dra. BEATRIZ ANTONA PEÑALBA**
Escuela Universitaria de Óptica
Universidad Complutense de Madrid

Y ha decidido su **APROBACIÓN.**

Lo que firmo en Madrid a 20 de Mayo de 2009

 Hospital Ramón y Cajal 
COMITE ETICO
INVESTIGACION CLINICA

Fdo.: Dra. M^a. Ángeles Gálvez Múgica
Secretaria del CEIC

