



MÀSTER UNIVERSITARI EN OPTOMETRIA I CIÈNCIES DE LA VISIÓ

TREBALL FINAL DE MÀSTER

**COMPARACIO ENTRE LA REFRACCIO SUBJECTIVA OBTINGUDA
MITJANÇANT EL MÈTODE TRADICIONAL I MITJANÇANT UN
INSTRUMENT DE MESURA AUTOMATITZADA**

Marina Ibáñez Piferrer

DIRECTOR Genís Cardona
DEPARTAMENT Òptica i Optometria

28 gener 2022



MÀSTER UNIVERSITARI EN OPTOMETRIA I CIÈNCIES DE LA VISIÓ

COMPARACIÓ ENTRE LA REFRACCIÓ SUBJECTIVA OBTINGUDA MITJANÇANT EL MÈTODE TRADICIONAL I MITJANÇANT UN INSTRUMENT DE MESURA AUTOMATITZADA

RESUM

Objectius

Per a validar la fiabilitat de l'instrument de refracció subjectiva automatitzada Glasspop (GP), hem comparat aquest mètode de refracció amb un examen subjectiu tradicional de retinoscòpia i examen subjectiu realitzat per un optometrista.

Mètodes

S'han seleccionat els pacients en consulta i se'ls ha realitzat les dues refraccions en la mateixa sessió. Posteriorment s'han analitzat els resultats de l'equivalent esfèric (M) i components de l'astigmatisme (J0 i J45) i comparat per a determinar si hi havia diferències significatives estadísticament i clínica entre els dos mètodes de refracció.

Resultats

L'equivalent esfèric obtingut entre els dos mètodes està molt correlacionat ($r=0,964$) tot i que s'observa una tendència a una hipermetropització amb el mètode del GP. A més, en els gràfics Bland-Altman s'observa una major diferència entre els mètodes en funció de la refracció del pacient, a major grau de miopia, menor fiabilitat. L'astigmatisme dona una correlació mitjana tant en J0 ($r=0,412$) com en J45 ($r=0,450$) y una tendència a una sobrecorrecció amb el GP.

Conclusions

Encara falta millorar el sistema de refracció GP ja que les mesures obtingudes amb els dos resultats són estadísticament diferents entre si, tot i estar força correlacionades. El desenvolupament d'instruments d'aquest tipus pot facilitar la càrrega assistencial i agilitzar les revisions visuals, que en tot moment cal que siguin avalades per la tasca d'un professional de la visió.



MÀSTER UNIVERSITARI EN OPTOMETRIA I CIÈNCIES DE LA VISIÓ

COMPARACION ENTRE LA REFRACCION SUBJECTIVA OBTENIDA MEDIANTE EL MÈTOD TRADICIONAL Y MEDIANTE UN INSTRUMENTO DE MEDIDA AUTOMATITZADA

RESUMEN

Objetivos

Para validar la fiabilidad del instrumento de refracción subjetiva automatizada Glasspop (GP), hemos comparado este método de refracción con un examen subjetivo tradicional de retinoscòpia y examen subjetivo realizado por un optometrista.

Métodos

Se han seleccionado los pacientes en consulta i se les ha realizado las dos refracciones en la misma sesión. Posteriormente se han analizado los resultados del equivalente esférico (M) i componentes del astigmatismo (J0 y J45) y comparado para determinar si había diferencias significativas estadísticamente y clínica entre los dos métodos de refracción.

Resultados

El equivalente esférico obtenido entre los dos métodos está muy correlacionado ($r=0,964$), aunque se observa una tendencia a una hipermetropización con el método del GP. Además, en los gráficos Bland-Altman se observa una mayor diferencia entre los métodos en función de la refracción del paciente: a mayor grado de miopía menor fiabilidad. El astigmatismo da una correlación media tanto en J0 ($r=0,412$) como en J45 ($r=0,450$) y una tendencia a una sobrecorrección con el GP.

Conclusiones

Aún falta mejorar el sistema de refracción GP ya que las medidas obtenidas con los dos resultados son estadísticamente diferentes entre sí, aun estando bastante correlacionadas. El desarrollo de instrumentos de este tipo puede facilitar la carga asistencial y agilizar las revisiones visuales, que en todo momento hace falta que estén avaladas por la tarea de un profesional de la visión.



MÀSTER UNIVERSITARI EN OPTOMETRIA I CIÈNCIES DE LA VISIÓ

COMPARATON BETWEEN THE SUBJECTIVE REFRACTION OBTAINED USING THE TRADITIONAL METHOD AND USING AN AUTOMATED INSTRUMENT

ABSTRACT

Objectives

For de validation of the reliability of the automatized subjective refraction instrument Glasspop (GP), we have compared this refraction method with a traditional subjective exam of retinoscopy and subjective refraction carried out by an optometrist.

Methods

Patients have been selected on consultation and the two refractions have been performed in the same session. Subsequently, the results of spherical equivalent (M) and astigmatic components (J0 and J45) have been analyzed and compared in order to determine if there are statistically and clinically significant differences between the two methods.

Results

Spherical equivalent obtained between the two methods was strongly correlated ($r=0,964$) even though there was a clear trend to the hyperopisation with the GP method. In addition, in the Bland-Altman's graphics there was a certain difference between the methods in function of the patient's refraction, the greater myopia degree, the lower reliability. The astigmatism showed a medium correlation for both J0 ($r=0,412$) and J45 ($r=450$) and a trend to be overcorrected with the GP.

Conclusions

The GP system still requires some improvement, as the measures obtained with the two methods are statistically different, despite being quite correlated. The development of that kind of instruments can reduce the pressure on primary visual health and speed up visual exams, but they need to be supervised by an eye care professional.

Agraïments

Primerament voldria donar les gràcies al meu director de treball Genís Cardona, per l'ajuda brindada durant aquests mesos, per estar sempre disponible i aconsellar-me en tot moment.

Donar també les gràcies a l'equip del centre oftalmològic Aixel Vision de Martigues, França, gràcies a ells he disposat de tot el material per a la presa de les mesures i la motivació per a tirar endavant aquest treball.

Als germans Consantini i a Fabien Fanti que han estat sempre disponibles per a resoldre els meus dubtes i per a proporcionar-me la informació necessària sobre la nova instrumentació.

Donar les gràcies a tota la gent que sempre han cregut en mi i m'han animat a la realització del màster en optometria i ciències de la visió.

Table of Contents

1. Marc teòric	10
1.1. Introducció	10
1.2. Refracció objectiva.....	11
1.2.1. Autorefractòmetre convencional.....	11
1.2.2. Refracció objectiva no automatitzada.....	12
1.2.2.1. Ullera de prova	12
1.2.2.2. Foròpter	13
1.3. Aparell de refracció subjectiva Glasspop.....	14
1.3.1. Idea i fabricació.....	14
1.3.2. Composició de l'aparell i funcionament.....	14
1.4. Comparació dels mètodes de refracció.....	15
2. Objectius i hipòtesi	17
3. Metodologia	18
3.1. Disseny	18
3.2. Participants	18
3.3. Material i instrumentació	19
3.3.1. Retinoscòpia.....	19
3.3.2. Refracció subjectiva.....	19
3.3.2.1. Refinar l'esfera	20
3.3.2.2. Refinar el cilindre	20
3.3.2.3. Examen biocular	21
3.3.2.4. Equilibri binocular.....	21
3.3.3. Refracció subjectiva Glasspop.....	21
3.4. Procediment.....	23

3.5.	Anàlisi de dades	24
4.	Resultats.....	26
4.1.	Anàlisi dels resultats.....	26
4.1.1.	Presentació de la mostra.....	26
4.1.2.	Anàlisi comparatiu entre els resultats subjectius i Glasspop	27
4.1.2.1.	Presentació de les dades	27
4.1.2.2.	Test de Wilcoxon.....	30
4.1.2.3.	Correlació de Spearman.....	31
4.1.2.4.	Regressió lineal.....	31
4.1.2.5.	Gràfiques Bland-Altman.....	33
4.1.3.	Anàlisi comparatiu entre els resultats en funció de l'edat	35
4.1.3.1.	Mètode 1. Anàlisi de Spearman.....	35
4.1.3.2.	Mètode 2. Anàlisi de Kruskal-Wallis	36
4.2.	Discussió	39
4.3.	Mancances de l'estudi i treballs futurs.....	41
5.	Conclusions.....	42
6.	Referències.....	43
7.	Index de taules	45
8.	Index de figures.....	46

1. Marc teòric

1.1. Introducció

L'oftalmologia és una branca de la medicina amb molta demanda. Hi ha múltiples estudis que indiquen que l'esser humà, arrel de les noves tecnologies, té tendència a esdevenir més miop [1,2]. Les noves tecnologies ja fa anys que son pràcticament imprescindibles, sobretot, després de la pandèmia viscuda el 2020 amb l'aparició del virus Sars-cov-2, amb un confinament pràcticament mundial que ha fet que s'instaurés el teletreball en múltiples empreses de diversos països del món [3]. Això ha fet que hagi augmentat la demanda de revisions optomètriques i oftalmològiques a causa de la fatiga ocular. Certs pacients amb petits astigmatismes demanen doncs una revisió i saber si necessiten ulleres per a “descansar la vista”.

El sector de l'oftalmologia és un dels sectors de la medicina amb una llista d'espera més llarga en la majoria de països europeus. A Espanya, al desembre de 2020 el sector de l'oftalmologia estava tercer a la llista, sent la cataracta la cirurgia amb més pacients en espera. Segons el Ministerio de Sanidad espanyol, al desembre del 2020 hi havia un total de 131.147 pacients en espera de visita oftalmològica, una taxa de 2.88 per cada 1000 habitants [4].

De manera similar, a l'any 2018 a França l'espera per l'oftalmologia era la més llarga amb diferència, amb 52 dies d'espera de mitjana [5]. És per aquesta raó que el govern francès decideix posar en funcionament un pla per a que els oftalmòlegs treballin assistits per els ortoptistes, implementació que aconseguí que l'espera es reduís a tant sols 26 dies [6].

El fet de que hi ha una manca d'oftalmòlegs i optometristes arreu del mon, sobretot en zones rurals com és l'illa de Còrsega, fan que s'hagin de buscar alternatives que impliquin un menor consum de recursos humans [7]. Per a poder acollir tots aquests pacients necessitats d'un examen visual sense un corresponent augment del personal han aparegut els aparells de refracció objectiva i subjectiva automatitzades.

Fins ara existien les ulleres autoregulables, les que contenen un líquid que permet fer variar la curvatura de les lents per a obtenir el poder diòptric més adequat al pacient. Aquestes ulleres s'utilitzen en països on els recursos són limitats i han mostrat tenir una predictibilitat d'un 95% en l'auto refracció, en aquest cas, de l'equivalent esfèric [7]. Igualment, existeixen diferents

instruments per a obtenir la graduació objectiva i subjectiva d'un pacient. Encara hi ha molts llocs que utilitzen els mètodes de refracció convencionals (retinoscòpia i examen subjectiu), però també hi ha molts altres mètodes per a determinar la refracció, que agafen com a base una refracció objectiva més automatitzada i, per tant, més ràpida d'obtenir.

A continuació, passarem a analitzar els diferents mètodes i instruments de refracció utilitzats actualment per els diferents professionals de la salut ocular.

1.2. Refracció objectiva

En tot examen optomètric es comença per la mesura de l'agudesia visual (AV) habitual del pacient, aquesta es determina amb la correcció de les seves ulleres o, simplement una AV sense correcció. Seguidament, es procedeix a la realització de la mesura de la refracció objectiva. Aquesta serà la base per a la realització de l'examen subjectiu, així doncs la base de la que serà la refracció final del pacient.

La refracció objectiva es determina amb la fórmula esfèrocilíndrica, que permet enfocar les imatges que es troben a l'infinit (entenen com a infinit una distància de mínim 6 metres) a la retina. El mètode clàssic per a l'obtenció de la refracció objectiva és la retinoscòpia, però existeixen altres mètodes: l'autorefractòmetre de sobre taula, el *photoscreener* i l'aberròmetre, aquests dos últims més utilitzats per altres tipus de pacients. En aquest treball ens centrarem en els més utilitzats per a la refracció, l'autorefractòmetre i la retinoscòpia.

1.2.1. Autorefractòmetre convencional

L'autorefractòmetre convencional s'utilitza en molts centres oftalmològiques i òptiques que tenen molta demanda de pacients, per tal d'escurçar el procés de la refracció objectiva (que pot ser llarg en alguns pacients). Amb l'auto refractòmetre s'aconsegueix una refracció objectiva més ràpida. Aquesta tècnica sol ser la tècnica d'elecció, sobretot en pacients amb defectes refractius alts [7].

Hi ha autorefractòmetres que també mesuren la pressió intraocular, el que evita el desplaçament del pacient d'un instrument a l'altre i agilitza l'examen visual i ocular. També permeten mesurar la queratometria i així poder valorar una adaptació de lents de contacte, o, valorar si l'astigmatisme corneal és elevat i realitzar una topografia per a avaluar millor la còrnia del pacient.

1.2.2. Refracció objectiva no automatitzada

Per a la realització de la refracció no automatitzada existeixen diversos aparells, els quals necessiten anar acompanyats d'un retinoscopi. Aquests aparells són la ullera de prova i el foròpter.

1.2.2.1. Ullera de prova

La ullera de prova consisteix en una ullera ajustable amb una sèrie de suports que permeten col·locar-hi diverses lents per a determinar la fórmula esferocilíndrica de la refracció del pacient canviant aquestes lents i ajustant l'eix de l'astigmatisme. La ullera de prova sempre necessita d'una caixa de proves amb les diverses lents per a la correcció de la majoria d'ametropies.

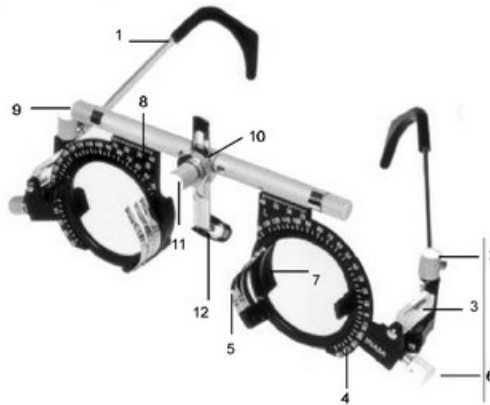


Figura 1. Imatge d'una ullera de prova [8]

A la Figura 1 podem veure la imatge de la ullera de prova, les parts que la componen són les següents: 1 vareta adaptable, 2 cargol d'inclinació, 3 indicador de la distància de vèrtex, 4 anell fix amb escala en graus, 5 suports metàl·lics per a les lents oftàlmiques, 6 cargol rotatori per a l'eix de l'astigmatisme, 7 suport posterior (pot contenir una o dues lents), 8 regla mil·limetrada per a distància naso-pupilar (DNP), 9 cargol per a ajust de DNP, 10 cargol fixador del pont, 11 cargol per a regular l'alçada i 12 pont [8].

Un avantatge de la ullera de prova és que simula la ullera real i permet al pacient de tenir una idea de la refracció final i moure's amb la ullera.

1.2.2.2. Foròpter

El foròpter és el pas posterior a la ullera de prova, porta les lents incorporades a l'interior facilitant la tasca del canvi de potència de la lent i permetent prescindir de la caixa de proves. Hi ha dos tipus de foròpter el manual i l'automàtic.

El **foròpter manual** és el primer que va aparèixer, que permet realitzar la retinoscòpia ja que es canvien les lents amb unes rodets situades als costats. El pacient es situa al centre amb un ull a cada forat; cal ajustar la distància nasopupil·lar del pacient abans de començar la refracció ja que és probable que, si la distància no és la correcta, el pacient no arribi a fusionar els dos ulls.

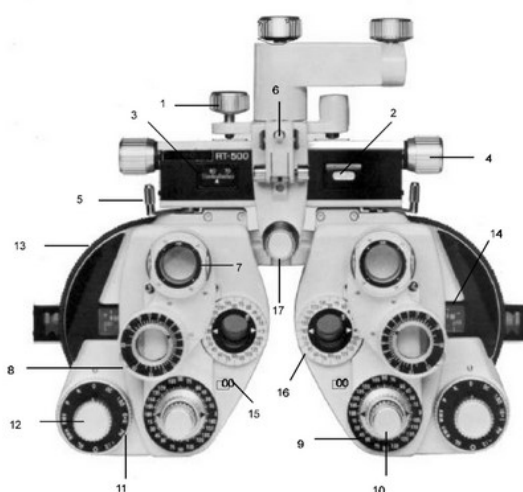


Figura 2. Image d'un foròpter [8]

Composat de les següents parts (Figura 2): 1 cargol anivellador, 2 nivell, 3 escala de distància interpupil·lar (DIP), 4 cargol d'ajust de DIP, 5 palanca de convergència, 6 dispositiu per a la col·locació de l'optotip de visió propera, 7 cilindre creuat, 8 prisma rotatori, 9 comandament de control de l'eix del cilindre, 10 comandament de control de la potència del cilindre, 11 roda de selecció ràpida de la potència de l'esfera (permet posar filtres polaritzats, els prismes dissociadors, vareta de Maddox, etc.), 12 comandament control de les lents auxiliars, 13 anell de control de la potència esfèrica, 14 finestra de lectura de la potència esfèrica, 15 finestra de lectura de la potència cilíndrica, 16 allotjament de les lents auxiliars i 17 comandament de l'ajust de recolzament frontal [8].

El **foròpter automàtic** és molt similar al manual, amb la diferència que es controlen les lents des d'una pantalla sobre la taula. Aquest tipus de foròpter idealment va acompanyat d'un autorefractòmetre ja que això permet a l'optometrista de realitzar tot l'examen a distància i controlar la refracció mitjançant la pantalla. Algunes d'aquestes pantalles utilitzen també programes semi-automatitzats que ajuden a la realització de l'examen subjectiu (p.e., realitzen un ajust de l'esfera i del cilindre, assistència per ajustar l'astigmatisme durant l'ús del cilindre creuat, comparació automàtica entre la refracció habitual i la refracció final, etc.).

1.3. Aparell de refracció subjectiva Glasspop

1.3.1. Idea i fabricació

Aquest aparell ha estat ideat per els oftalmòlegs Mathieu i Florent Constantini, germans francesos, corsos, habitants d'Ajaccio, amb l'ajuda del seu col·lega informàtic Fabien Fanti. El seu objectiu principal era poder compensar la manca d'oftalmòlegs a la regió. El conjunt anomenat Glasspop (GP) ha sortit al mercat el 2021 [9].

Els dissenyadors de l'instrument busquen un sistema per a obtenir refraccions subjectives completament automatitzades. Han col·laborat amb Nidek per al disseny, per el que tot l'aparellatge utilitzat forma part del conjunt d'instruments de la marca.

1.3.2. Composició de l'aparell i funcionament

L'aparell està format per diverses parts. Utilitza com a base l'aparell de refracció de sobretaula de Nideck TS-610 [10], al qual han afegit una taula amb un *joystick* que permet al pacient respondre a l'examen subjectiu indicant la direcció de la lletra E que es presenta a la pantalla que simula la distància de 5m (mitjançant miralls). Aquest ha d'anar enllaçat a una *tablet* que rebrà la informació de les ulleres i refracció objectiva i realitzarà la refracció subjectiva.



Figura 3. Imatge del quiosc Glasspop [11]

Per a enviar la informació a la interfase (*tablet*) es necessita un ordinador on l'optometrista introdueix la informació de la refracció habitual i la refracció objectiva obtinguda anteriorment. Podem observar a l'esquerra de la Figura 3 la *tablet* amb l'aplicació Glasspop iniciada, a la dreta veiem l'instrument de refracció subjectiva Nidek TS-610® i davant el *joystick* i el botó vermell per a l'obtenció de les respostes del pacient.

Aquest quiosc de refracció actualment permet mesurar l'AV fins a un valor de 1,0. Permet determinar també AV habitual i proporciona una refracció subjectiva (procés que s'explicarà més endavant) i una refracció final (segons uns criteris de prescripció ajustables).

1.4. Comparació dels mètodes de refracció

Múltiples estudis han comparat les diferències entre les refraccions obtingudes amb els diferents mètodes per a valorar l'eficàcia i repetibilitat d'aquests.

En un estudi realitzat el 2019 es comparen els valors obtinguts amb la retinoscòpia, l'autorefractòmetre, *photoscreener* (fotorefracció) i un aberròmetre. En aquest estudi van participar 83 pacients entre 19 i 57 anys i se'ls va realitzar la refracció tradicional i autorefractòmetre sense cicloplegia, seguidament es va instil·lar el cicloplègic, i es va realitzar autorefracció sota l'efecte de la cicloplegia. Finalment es va realitzar la mesura de l'autorefracció amb un aberròmetre. Els resultats indicaren que la refracció sota cicloplègic permet obtenir uns

valors d'esfera més similars als de l'examen subjectiu, en canvi els valors de l'astigmatisme són més acurats els presos amb retinoscòpia sense l'efecte de la cicloplegia [7].

Un altre estudi comparatiu entre valors de retinoscòpia, autorefractòmetre i refracció subjectiva abans i després de la cicloplegia inclogué 54 pacients, mitjana d'edat 11,7 anys. En aquest cas es van comparar esfera, cilindre i equivalent esfèric. Els resultats obtinguts d'esfera eren significativament majors abans de la cicloplegia tant en la retinoscòpia com amb l'autorefractòmetre. En termes de l'astigmatisme es va trobar que abans de la cicloplegia era més elevat que després de la cicloplegia, tant amb l'autorefractòmetre com amb la retinoscòpia. Comparant aquests valors amb els valors després de l'examen subjectiu, la retinoscòpia obtenia sempre valors més elevats tant d'esfera com de cilindre [12]. La retinoscòpia sense cicloplegic mostrava valors d'equivalent esfèric similars als del subjectiu, però tot i així amb tendència a trobar-los més elevats. L'equivalent esfèric era més elevat amb la cicloplegia. La mitjana de l'equivalent esfèric era comparable amb la obtinguda després de la cicloplegia, tot i així restava significativament inferior a l'obtingut després de la cicloplegia.

Per a garantir que el GP segueix el procediment de refracció subjectiva els germans Constantini van realitzar un estudi [9] en el que van comparar l'equivalent esfèric de la refracció subjectiva realitzada per ells i l'equivalent esfèric realitzat per l'aparell GP.

En el seu estudi inclogueren pacients d'entre 16 i 60 anys. Van incloure un total de 117 pacients dels quals van comparar-ne els valors de refracció en termes d'equivalent esfèric (M), i components equivalents de l'astigmatisme a 0° (J0) i a 45° (J45). Van obtenir com a resultats que no hi ha diferència estadística entre els valors d'equivalent esfèric mitjançant l'examen subjectiu i mitjançant l'instrument de refracció subjectiva GP.

Aquest estudi va estar portat a terme per els mateixos germans Constantini que són els mateixos que han desenvolupat l'aparell, pel que els seus resultats cal interpretar-los amb cura. Per aquest motiu, trobem la necessitat de la realització d'un altre estudi independent d'unes característiques similars.

2. Objectius i hipòtesi

En aquest estudi es pretén analitzar l'aparell i comparar les refraccions subjectives automatitzades amb les refraccions subjectives realitzades per un optometrista. Pretenem determinar la correlació i concordança entre els resultats proporcionats per l'instrument GP i la refracció subjectiva tradicional en termes d'esfera, equivalent esfèric i components cilíndrics J0 i J45.

Amb aquest propòsit, d'una banda es realitzarà una refracció subjectiva tradicional, partint de les dades obtingudes amb la retinoscòpia, d'una altra, es realitzarà la refracció subjectiva mitjançant GP, proporcionant-li les dades de refracció objectiva obtingudes en la retinoscòpia i les dades de la refracció habitual del pacient.

L'objectiu principal és analitzar les refraccions subjectives obtingudes mitjançant l'aparell de refracció subjectiva GP i comparar-les amb les refraccions subjectives obtingudes mitjançant el mètode clàssic de retinoscòpia i subjectiu realitzat per un optometrista en els mateixos pacients.

3. Metodologia

En aquest apartat descriurem el disseny de l'estudi, la mostra emprada, el procediment seguit per la realització de les mesures i per l'anàlisi de les dades.

3.1. Disseny

Aquest és un estudi transversal observacional en la que s'han analitzat les següents variables:

- Variable independent: mesura de la refracció subjectiva realitzada per un optometrista o refracció subjectiva realitzada pel conjunt GP
- Variable dependent: refracció obtinguda
- Variables controlades: edat

3.2. Participants

Els participants han estat pacients del centre oftalmològic Aixel Vision Martigues (França). A tots els participants a qui se'ls ha realitzat una refracció en el mateix dia de la seva consulta oftalmològica, se'ls proposa realitzar una segona refracció automatitzada.

Els pacients inclosos en l'estudi tenen entre 16 i 60 anys, d'acord al criteris d'edat recomanats per al fabricant de l'instrument GP.

Es va descartar els pacients amb estrabisme, queratocon, ambíopia. També s'han descartat els pacients que han sigut intervinguts de cirurgia refractiva i pacients amb qualsevol tipus de patologia ocular (glaucoma, retinopatia diabètica, degeneració macular, etc.). Pacients amb hipermetropia, miopia i astigmatisme eren inclosos en l'estudi. Usuaris d'ulleres o lents de contacte foren inclosos, i els segons rebien instruccions de presentar-se a la visita amb un mínim de 12h sense l'ús de les lents de contacte.

La realització de la presa de mesures als pacients es va fer entre setembre i novembre de 2021. Totes les dades van ser tractades anònimament, i per la única finalitat del present estudi. La selecció dels pacients es realitzava en la consulta optomètrica, l'optometrista els proposava realitzar un examen amb l'aparell GP posteriorment a la realització de la revisió optomètrica, se'ls feia signar un consentiment informat i es procedia al segon examen.

3.3. Material i instrumentació

Per a aquest estudi s'han utilitzat un foròpter manual i un retinoscopi Beta 200 de Heine i refractòmetre RT-600 de Nidek.

3.3.1. Retinoscòpia

La refracció objectiva de l'ull, mitjançant el mètode de la retinoscòpia, la determina l'optometrista trobant la lent que neutralitza el reflex a la retina de la llum enviada amb el retinoscopi. Aquesta es basa en el principi que indica que si l'ull és emmetrop i no està en posició d'acomodació el punt conjugat de l'infinit és la retina [13]. Per a realitzar aquesta tècnica l'optometrista ha d'interpretar el reflex de la llum projectada a la retina amb el retinoscopi.

Per a realitzar l'examen de la retinoscòpia es comença miopitzant l'ull esquerra (per al control de l'acomodació). Per a això es presenta un test d'agudeses visual 0,3 i s'hipermetropitza al pacient amb lents positives o negatives en funció de la refracció fins a que aquest indiqui intuir les lletres sense arribar a definir-les. Un cop fet això es pot començar examinant el reflex de l'altre ull.

En el cas d'estar utilitzant el mirall pla si la llum que ens envia la retina fa el moviment en la mateixa direcció que la llum enviada pel retinoscopi (moviment directe) la lent que necessitem per a obtenir el punt neutre serà una lent positiva, mentre que si la llum enviada per la retina va en direcció contrària a l'enviada pel retinoscopi (moviment invers) serà neutralitzat mitjançant lents negatives.

En contraposició, si al realitzar aquesta tècnica utilitzem el mirall còncau, el procés serà invers. De manera que en cas d'observar moviment directe, es corregirà amb lents negatives i, en cas d'observar moviment invers, utilitzarem lents positives.

3.3.2. Refracció subjectiva

La refracció subjectiva consisteix en, partint del valor de la refracció objectiva, refinar el valor de l'esfera i cilindre (potència i eix). Aquest procés permet determinar el valor de l'esfera més positiva i mínim cilindre que permetran al pacient veure la fila d'AV 1,0 o la màxima AV a la que el pacient pugui arribar [13].

L'examen subjectiu comença amb l'examen monocular, primerament UD, seguidament UE, continua amb la part de biocularitat en la que es comparen els dos ulls i, s'acaba amb la part de refracció binocular.

3.3.2.1. Refinar l'esfera

Per a refinar l'esfera es parteix d'una AV dec de 0,3 i es miopitza el pacient fins que només comença a intuir les lletres. Seguidament, es va augmentant l'AV i retirant el positiu fins a arribar a AV 1,0 i es deixa el valor de màxim positiu (mínim negatiu en cas de la miopia) que permet al pacient de llegir l'AV màxima o l'AV 1,0.

Un altre mètode per a refinar l'esfera consisteix en proporcionar els cilindres creuats amb un test quadricula i demanar quines línies veu millor el pacient, les verticals o les horitzontals [13].

3.3.2.2. Refinar el cilindre

Per a refinar el cilindre hi ha diversos mètodes. Tots utilitzen cilindres creuats. Els cilindres creuats consisteixen en una lent que té dos meridians principals, un amb una potència positiva de +0,25D i un amb una potència negativa de -0,25D, perpendiculars entre ells. També existeixen cilindres creuats amb altres potències però principalment aquest és el més utilitzat en l'examen subjectiu.

Es presenta o bé una lletra, o bé una làmina amb punts concèntrics i s'indica al pacient que l'observarà borrosa. Si situem l'eix de l'astigmatisme a 45° dels meridians principals de la lent, fent-lo girar, el pacient ens indicarà on veu menys borrositat, en funció de la resposta, l'optometrista modificarà l'eix de l'astigmatisme 5° cap a la direcció de la lent que conté el punt vermell, fins a que ens indiqui que veu les borrositats igualades.

Per a comprovar que efectivament l'astigmatisme ha estat ben corregit existeix el test del cercle horari. Per a realitzar-lo de manera correcta es presenta el test al pacient (prèviament miopitzat) i es demana si hi ha línies del rellotge que observa més fosques que les altres. En cas que la resposta sigui si, es demanarà a quins nombres corresponen les línies que veu més fosques i es multiplicarà el valor més petit per 30. Per exemple, el pacient observa més fosca la línia que va del 3 al 9, doncs multiplicarem el valor més baix, és a dir el 3 per 30 i obtindrem l'eix del cilindre residual, en aquest cas $3 \times 30 = 90^\circ$, així doncs, el pacient presentarà un astigmatisme residual a 90° [8].

3.3.2.3. Examen biocular

En aquesta fase de l'examen subjectiu es dissocien les imatges dels dos ulls amb prismes: es col·loca un prisma de 3 Δ BS a l'ull dret (UD) i 3 Δ BI a l'ull esquerra (UE), així el pacient pot observar les imatges dels dos ulls separades. D'aquesta manera el pacient està en situació de diplopia induïda: observa les dues imatges d'ambdós ulls de manera simultània i així pot comparar-les i indicar a l'optometrista quina de les dues observa amb major nitidesa, o bé si les dues imatges son idèntiques. L'optometrista, en aquesta fase augmentarà un +0,25D l'esfera de l'ull que el pacient observi més nítid així fins a que les dues siguin iguals.

Cal precisar que aquesta part de l'examen subjectiu tant sols es realitza en pacients que tenen la mateixa AV en ambdós ulls; per tant, en pacients ambliops o que puguin tenir opacitat dels medis intraoculars es passaria directament a la fase següent, ja que les AV màximes dels dos ulls no seran iguals.

3.3.2.4. Equilibri binocular

Aquesta és l'última fase de l'examen subjectiu. És una fase que es realitza amb ambdós ulls oberts i no dissociats. Partint dels resultats obtinguts en les fases anteriors, s'afegeix +1,00D, el que s'anomena *fogging*. Es van traient en passos de +0,25D fins a que el pacient llegeixi la línia d'AV 1,0 o bé 1,2 segons sigui l'AV màxima. Així doncs es busca obtenir l'esfera més positiva que permet al pacient obtenir la millor AV.

3.3.3. Refracció subjectiva Glasspop

El pacient ha de seure a la cadira (o bé quedar-se de peu en funció de cada centre) de manera que pugui col·locar-se amb els ulls situats davant de les lents que regularan la refracció. Se li entregaran els auriculars per on escoltarà totes les indicacions (l'optometrista pot regular l'alçada per tal de que els ulls quedin correctament situats davant les lents). L'optometrista envia, mitjançant el programa on s'enregistren els resultats de la visita optomètrica i oftalmològica, les dades de refracció habitual i objectiva. A partir d'aquesta fase l'optometrista ja no és necessari que resti a la sala.

Primerament escoltarà una informació indicant que l'aparell no recol·lecta les dades personals per la llei de confidencialitat de dades. El pacient ha d'indicar que ho ha entès, donant així el consentiment per a començar l'examen. Seguidament, si el pacient porta ulleres, li demanarà que indiqui el nivell de satisfacció amb aquestes d'1 a 5. El pacient indica l'edat a la *tablet*; en aquesta fase el pacient encara duu col·locades les ulleres.

Un cop introduïda aquesta informació, l'aparell indica al pacient que es col·loqui correctament davant del foròpter, l'instrument regula automàticament la distància interpupil·lar (aquesta dada ha estat presa anteriorment i introduïda al programa, per tant en el moment que s'envia la refracció, el Glasspop rep aquesta informació).

Una vegada el pacient es troba correctament situat davant l'aparell, escoltarà un missatge demanant que pressioni el botó situat a l'esquerra de la taula per a començar les explicacions de l'examen. Així doncs, el pacient (que ja ha d'estar ben situat) pressionarà el botó. Comencen les explicacions. Primerament, veurà un vídeo en el que apareix la E de Snellen en les diferents direccions i se li indica que ha de moure el *joystick* cap al costat on van els pals de la E. En segon lloc, el pacient realitza un test en el qual el GP comprova que efectivament ha entès el funcionament de l'examen.

El GP presenta una làmina d'AV amb la qual determina l'AV amb la seva correcció habitual; aquest pas només es realitza si el pacient duu habitualment una correcció en ulleres.

Un cop mesurada l'AV amb ulleres, el GP passa a l'obtenció de l'AV subjectiva en la que presenta d'un inici la refracció objectiva obtinguda anteriorment, idealment amb autorefractòmetre, però en aquest cas s'ha obtingut amb retinoscòpia i introduïda al programa. Si el pacient no és capaç de resoldre l'estímul d'AV 1,0 l'instrument augmenta o disminueix l'esfera segons la resposta que el pacient dona a una làmina vermell-verd. Tot seguit el GP canvia l'esfera i el pacient procedeix indicant la direcció de la E fins a arribar a l'AV màxima monocular.

Seguidament es passa a la fase biocular en la que, al igual que l'examen subjectiu, es dissocien les imatges amb prismes i el pacient indica si veu millor una imatge, l'altra o les dues per igual. L'instrument ajusta posant lents positives a l'ull que veu més definida la imatge fins a que les dues imatges siguin iguals o el més semblants possible. Un cop igualats els dos ulls es passa a l'AV de prop (en pacients de més de 40 anys) i a la fase de refracció final.

Per a l'AV de prop l'instrument presenta una esfera pre-definida en funció de l'edat i la distància en VP, que és sempre de 40cm ja que l'aparell actualment només pot prendre l'AV en VP a aquesta distància. El pacient ha d'indicar amb el joystick si pot llegir totes les línies d'AV. En cas contrari, pressiona el botó i el GP augmenta l'esfera de +0,25D a cada vegada fins que la resposta sigui que efectivament pot llegir tot el conjunt de lletres.

Un cop el pacient ha realitzat l'examen subjectiu, hi ha un algoritme que (en funció de les ulleres i de certs criteris de prescripció que es poden regular) proporcionarà una refracció final i realitzarà una ultima mesura de l'agudesia visual en visió llunyana amb aquesta refracció.

Finalment, el GP envia les dades al programa amb el següent format:

- Refracció amb ulleres i AV habitual
- Refracció subjectiva i AV subjectiva en VL¹
- Refracció final i AV final en VL¹

Un cop el programa rep les dades de la refracció, aquestes han de ser revisades per un ortoptista o un oftalmòleg abans de poder entregar la refracció per a que el pacient pugui portar-la a la òptica i fer les ulleres. Només en cas d'incoherència de les dades s'hauria de refer o tot l'examen subjectiu o l'AV en gabinet.

3.4. Procediment

La selecció dels pacients es va realitzar en la consulta optomètrica, l'optometrista els va proposar realitzar un examen complementari amb l'aparell Glasspop posteriorment a la realització de la revisió optomètrica habitual, se'ls demanar de signar un consentiment informat i es va procedir al segon examen subjectiu.

L'optometrista va realitzar la retinoscòpia i l'examen subjectiu de manera rutinària. Ell mateix es va encarregar d'introduir les dades a l'aparell GP, col·locar el pacient davant de l'instrument, explicar com s'ha de col·locar i regular-ne l'alçada. Seguidament, l'optometrista va deixar a l'aparell realitzar el procés de la refracció subjectiva, exceptuant els casos en els que el pacient

¹ + Addició en cas de presbícia

tenia dubtes respecte com indicar la resposta en cada cas. Finalment, l'optometrista es va encarregar de recollir les dades que l'aparell GP transmetia al programa, un cop acabat l'examen.

3.5. Anàlisi de dades

S'han recollit els valors obtinguts d'aquests exàmens en un document Excel. Aquest document s'ha importat al programa estadístic de lliure accés JASP (<https://jasp-stats.org/>) per a analitzar el significat estadístic dels valors de les refraccions i poder interpretar-ne les similituds i/o diferències estadístiques. Les dades que s'inclouen corresponen a les dues refraccions subjectives i AV. Es recullen les dades dels dos ulls, però finalment només s'han analitzat les dades de l'UD ja que les dades dels dos ulls estant molt correlacionades.

Per a la comparació dels components d'AV amb els dos mètodes de refracció s'han passat aquests valors a valors AV logMAR.

Per a procedir a la comparació dels resultats de la refracció es transforma la fórmula esferocilíndrica, formada per l'esfera (S), cilindre (C) i eix (α) als seus components M (equivalent esfèric), i components de l'astigmatisme J_0 i J_{45} , d'acord amb la descripció de Thibos i col·laboradors [14]. Per a convertir les dades s'han utilitzat les següents fórmules:

Obtenció de l'AV logMAR:

$$AVlogMAR = -\log (AVdec)$$

Obtenció del component M:

$$M = S + \frac{1}{2} C$$

Obtenció dels components J_0 i J_{45} :

$$J_0 = -\frac{C}{2} \times \cos 2 \alpha$$

$$J_{45} = -\frac{C}{2} \times \sin 2 \alpha$$

Un cop realitzats aquests procediments s'ha valorat la normalitat de les dades amb el test Shapiro-Wilk. Els resultats obtinguts han estat que la majoria d'aquests valors no segueixen una distribució normal: per tant, per a analitzar si les diferències entre cada un dels components son estadísticament significatives s'ha emprat el test de Wilcoxon, que és l'equivalent no paramètric del Student t-test per grups aparellats.

Per a determinar la correlació entre les tres variables amb els dos mètodes s'ha realitzat una correlació de Spearman (equivalent no paramètric del coeficient de correlació Pearson). Així mateix, s'han obtingut els gràfics de Bland-Altman per a avaluar la concordança entre els mètodes. Per a la interpretació de les dades del coeficient r o ρ s'ha utilitzat el següent sistema [15]:

- Entre el 0 i 0,25: correlació negligible
- Entre el 0,26 i el 0,5: correlació feble
- Entre el 0,51 i el 0,8: correlació moderada
- Entre el 0,8 i el 0,9: correlació alta
- Entre el 0,91 i l'1,0: correlació molt alta

Acabem l'anàlisi valorant si la diferència entre els dos mètodes és més pronunciada en funció de l'edat del pacient. Per a aquest procés s'han dividit els pacients en 3 grups d'edat i s'ha realitzat el test de Kruskal-Wallis. En els casos en què s'ha obtingut diferència estadística, s'ha aplicat el test de Mann-Whitney per a determinar entre quins grups s'origina aquesta diferència. En tots els casos considerant una $p > 0,05$ com a punt de tall de significació estadística.

4. Resultats

4.1. Anàlisi dels resultats

4.1.1. Presentació de la mostra

En l'estudi van participar finalment un total de 49 pacients. La mostra ha estat bastant homogènia pel que fa a la distribució de les edats dels pacients i el sexe, si bé hi ha un cert major número de pacients de la franja compresa entre 20 i 25 anys. L'edat mediana és de 43 anys, amb un rang d'entre els 16 i els 60 anys. Podem veure la representació gràfica en la Figura 4. Pel que fa el sexe, el grup està compost per 25 homes (51,02%) i 24 dones (48,97%). En la Figura 5 veiem el percentatge de pacients de sexe masculí (representat amb un 0) i el de sexe femení (representat amb un 1).

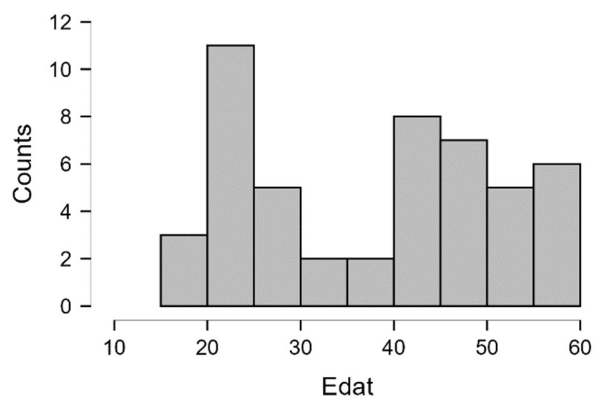


Figura 4. Representació gràfica de la mostra en funció de l'edat

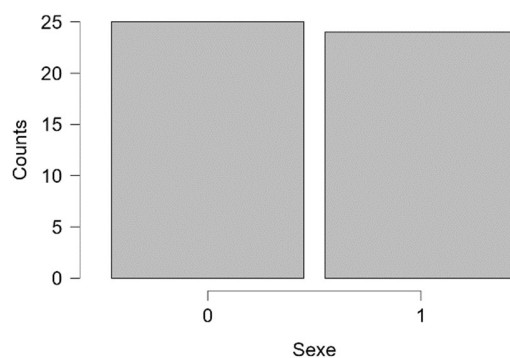


Figura 5. Representació gràfica de la mostra en funció del sexe

4.1.2. Anàlisi comparativa entre els resultats subjectius i Glasspop

4.1.2.1. Presentació de les dades

Per a començar a comparar les dades és necessari avaluar la normalitat de cadascun dels paràmetres de la mostra. Per a això hem realitzat el test de Shapiro-Wilk.

Taula 1. Estadística descriptiva dels paràmetres AV, M, J0 i J45 dels dos mètodes

	AV Subj (logMAR)	AV GP (logMAR)	M Subj (D)	M GP (D)	J0 Subj (D)	J0 GP (D)	J45 Subj (D)	J45 GP (D)
Mediana	0,00	0,00	0,125	0,500	-0,091	-0,106	-0,006	-0,066
Rang	0,046	0,135	10,625	10,750	1,324	1,609	2,877	2,997
Màxim	0,000	0,000	-8,125	-8,00	-0,944	-0,944	-1,199	-1,199
Minim	0,046	0,699	2,500	2,75	0,38	0,66	1,678	1,798
P-Shapiro-Wilk	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,009	0,069	<0,001	<0,001

Pel que fa als valors de normalitat de la mostra veiem que només hi ha un component amb un valor de $p > 0,05$, J0 GP ($p = 0,069$). Per tant, la majoria dels components no segueixen una distribució normal.

En la taula 1 veiem els valors de mediana i rang de cadascun dels paràmetres analitzats de la mostra. Analitzant els valors de l'AV logMAR podem veure que en el cas l'AV logMAR GP el rang és més gran que en el cas d'AV logMAR Subj (essent aquests 0,046 i 0,135), per tant intuïm que el GP ha trobat una major diversitat d'AV que l'examen subjectiu tradicional. Tot i així la mediana està en 0 en ambdós grups de dades, per tant, la majoria d'elles són iguals. Pel que fa el componen M Subj notem que aquest oscil·la entre -8,125D i +2,50D, valors molt similars als de M GP, que oscil·la entre -8,00D i més +2,75D. Malgrat tot, la mediana dels valors de M GP és superior a M Subj, pel que podríem intuir que el GP té una tendència a hipermetropitzar el valor de la refracció

Pel que fa a l'astigmatisme, veiem que els valors en al cas de GP són sempre una mica més negatius, pel que en aquest cas també que el GP podria tenir una tendència a sobreestimar el valor de l'astigmatisme.

Els resultats també es mostren en forma gràfica. S'ha representat el núvol de punts, el gràfic *boxplot* i un gràfic de la campana de distribució de dades. Els gràfics presentats en color verd són els corresponents als resultats del Subj i els gràfics en taronja els que corresponen als resultats del GP.

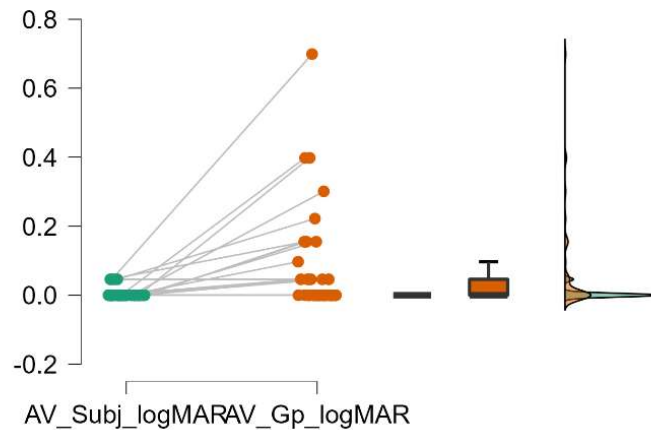


Figura 6. Representació gràfica dels components AV Subj i AV GP

Observem doncs la Figura 6 que representa els valors d'AV logMAR. Veiem com els punts són molt més dispersos en el cas del GP, donat que amb l'examen subjectiu només trobem resultats corresponents a AV 0,9 i 1,0 (AV logMAR corresponents a 0,000 i 0,046 respectivament). En canvi el GP ha trobat certs valors diferents d'aquests que veiem com a punts que en el gràfic de color verd es trobarien prop de 0 i, en canvi en el gràfic taronja es troben més pròxims a 0,8.

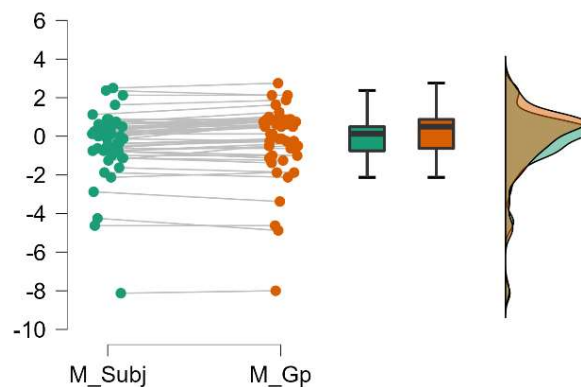


Figura 7. Representació gràfica dels components M Subj i M GP (D)

En el cas del component M, veiem que les gràfiques són força similars. Primerament, en el gràfic del núvol de punts a simple vista notem que pràcticament totes les línies apareixen horitzontals degut a la gran similitud dels resultats. Els dos gràfics boxplot també mostren similituds, si bé la mediana en el cas del GP és superior a la del subjectiu (Figura 7) i ho veiem representat en el gràfic. Així mateix els límits superior i inferior el GP es mantenen ambdós en una posició superior a la del M Subj. Pel que fa la campana de distribució de dades les dues també s'aprecien similars, però el pic del M GP resta més positiu i, no és tant gran com el del M Subj.

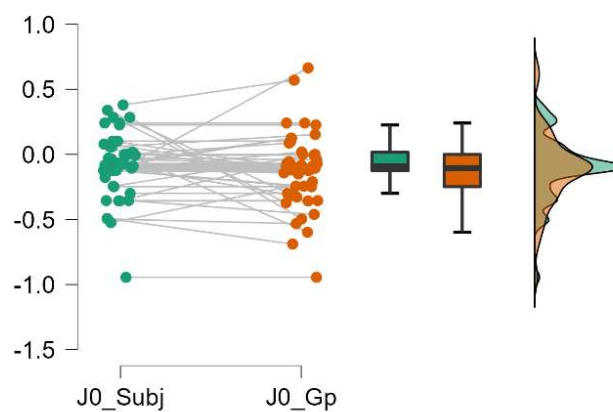


Figura 8. Representació gràfica dels components J0 Subj i J0 GP (D)

Pel que fa al component J0 (Figura 8) el gràfic mostra una major dispersió en el cas de GP i un valor de mediana igualment inferior, és a dir, un valor més negatiu amb GP que amb Subj, i un major rang.

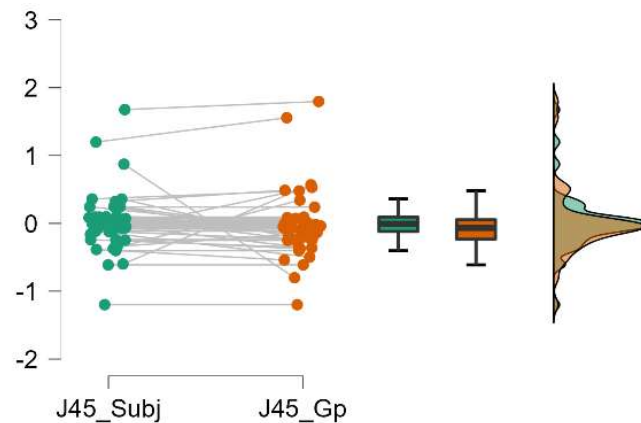


Figura 9. Representació gràfica dels components J45 Subj i J45 GP (D)

Finalment, a la Figura 9 es mostra el component J45, on podem observar una diferència considerable entre certs punts, amb una mediana lleugerament inferior amb GP i un major rang.

4.1.2.2. Test de Wilcoxon

Amb el test de Wilcoxon examinem la significació estadística de la diferència entre els dos mètodes, pel que fa l'AV logMAR, i als tres components refractius.

Taula 2. Resultats del test de Wilcoxon

	AV	M	J0	J45
p Wicoxon	<0,001	<0,001	0,424	0,234

En la Taula 2 podem observar els resultats del test de Wilcoxon. S'observen diferències estadísticament significatives entre en AV logMAR Sub i AV logMAR GP, de la mateixa manera també s'observen diferències entre els components esfèrics M Subj i M GP ($p < 0,001$ en ambdós casos). D'altra banda, el test de Wilcoxon per als components de l'astigmatisme J0 i J45 trobem un resultat de $p > 0,05$, en conseqüència no existeix diferència estadística per a aquests dos components.

A priori analitzant aquests resultats, podem dir que la precisió de les mesures d'AV i M de l'aparell de mesura GP és baixa, contràriament, l'astigmatisme sembla ser considerablement més previsible.

4.1.2.3. Correlació de Spearman

Per a determinar la correlació entre les quatre variables hem utilitzat l'equivalent no paramètric del test de Pearson, que és el test de Spearman, acompanyant la rho amb la p per a saber si la correlació és forta i si aquesta correlació és estadísticament significativa.

Taula 3. Correlació de Spearman

	AV	M	J0	J45
rho Spearman	0,462	0,964	0,412	0,450
p Spearman	<0,001	<0,001	0,003	0,001
Correlació	Feble	Molt alta	Feble	Feble

Els resultats de la Taula 3 posen de manifest correlacions estadísticament significatives en tots els casos entre les mesures obtingudes mitjançant l'examen subjectiu i GP, si bé només en el cas del component esfèric M s'obté un valor de correlació molt alt. En la resta de casos (AV logMAR, J0 i J45) les correlacions són febles.

4.1.2.4. Regressió lineal

Hem realitzat la regressió lineal entre els tres components de la refracció analitzats anteriorment.

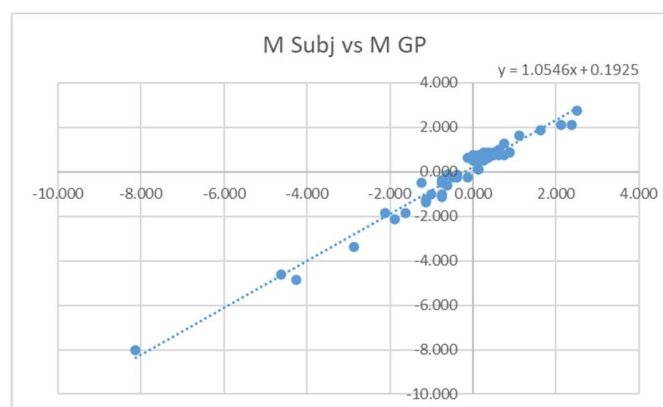


Figura 10. Representació gràfica de la regressió lineal entre M Subj i M GP (D)

En la Figura 10 veiem representada la forta correlació entre els valors de la component M de la refracció obtinguts amb el Subj i els obtinguts amb el GP. Pràcticament tots els punts es troben sobre la recta de regressió i la pendent és de 1,05, per tant pràcticament 45°. Tot i així, la recta de regressió no passa pel 0 sinó que passa pel +0,19, corroborant que per a predir la M del GP s'ha de sumar aproximadament 0,2D al M Subj. Per tant, s'observa de nou la tendència a hipermetropitzar la refracció del pacient amb el GP.

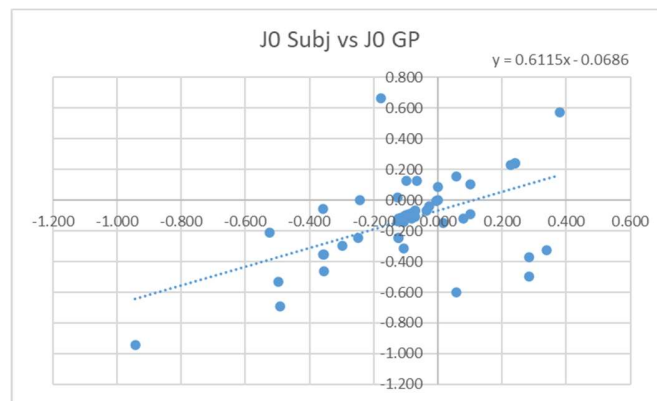


Figura 11. Representació gràfica de la regressió lineal entre J0 Subj i J0 GP (D)

En aquest cas veiem que la representació gràfica de la component J0 de l'astigmatisme (Figura 11) és molt més dispersa: pràcticament no hi ha cap punt que passi per la recta de regressió. També veiem que la recta passa pel -0,07, indicant una certa tendència del GP a sobrecoregir l'astigmatisme.

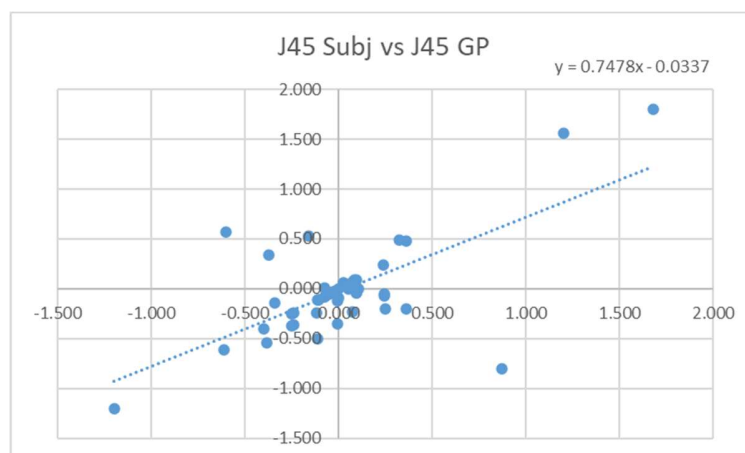


Figura 12. Representació gràfica de la regressió lineal entre J45 Subj i J45 GP (D)

Pel que fa el component J45, la correlació de la Figura 12 és lleugerament superior. La pendent de la recta de regressió és de 0,75, i també amb una relació negativa de -0,03, per tant mostrant de nou la tendència a l'obtenció de valors d'astigmatisme més negatius.

4.1.2.5. Gràfiques Bland-Altman

Hem realitzat els gràfics de Bland-Altman, ja que permeten valorar millor la concordança entre dos instruments. Veiem els valors per a la realització de les gràfiques a la Taula 4:

Taula 4. Estadística descriptiva dades Bland-Altman

	M	J0	J45
Mitjana de la diferència entre les dues mesures (D)	-0,173	0,033	0,036
SD (D)	0,324	0,258	0,368
Límit superior CI 95% (D)	0,373	0,400	0,715
Límit inferior CI 95% (D)	-0,636	-0,507	-0,722

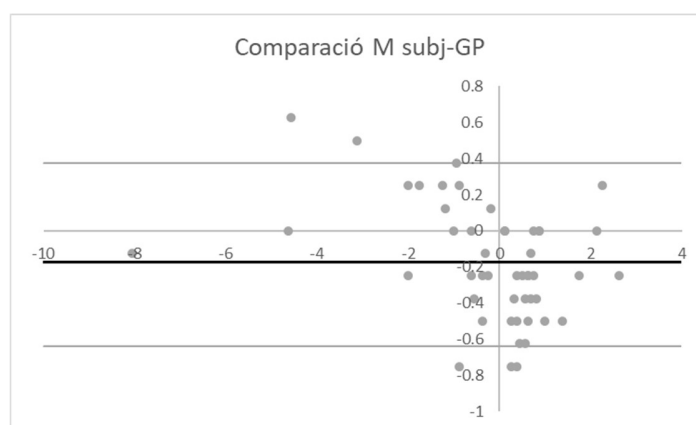


Figura 13. Representació gràfica de Bland-Altman comparant M Subj i M GP

Al gràfic del component M (Figura 13), els punts es troben repartits sobretot en el quadrant superior esquerre i el quadrant inferior dret. Això ens indica que la diferència és més gran quan el pacient és més miop i més petita quan aquest és hipermetrop. Per tant, podem dir que la fiabilitat

del resultat obtingut amb l'aparell de refracció GP dependrà de la refracció del pacient, per tant, la concordança entre els dos mètodes és baixa.

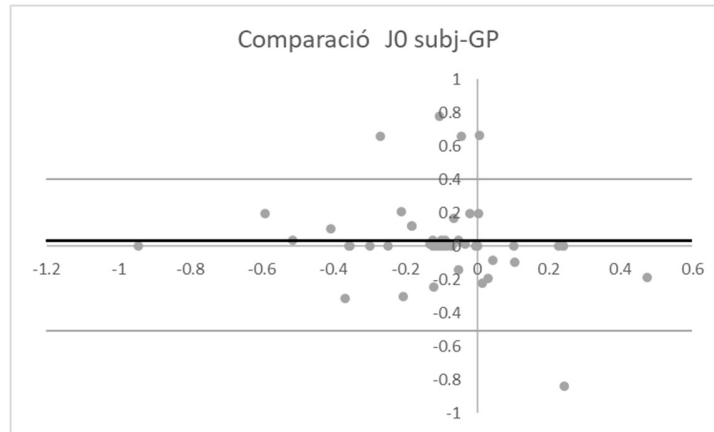


Figura 14. Representació gràfica de Bland-Altman entre J0 i J0 GP

La Figura 14 presenta la diferència entre el component de l'astigmatisme J0 Subj i J0 GP on no s'observa cap dependència de la refracció del pacient i la concordança és més alta.

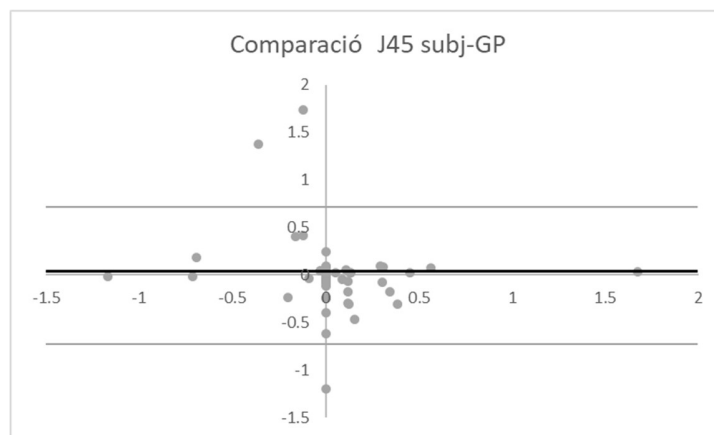


Figura 15. Representació gràfica de Bland-Altman entre J45 Subj i J45 GP

Finalment, pel que fa al component J45 Subj i el J45 GP (Figura 15), s'observa una petita tendència similar a la del component M, doncs hi ha més punts en el quadrant superior esquerra i inferior dret. Per tant, hi ha una certa dependència de la refracció del pacient i una concordança inferior que en el component J0.

4.1.3. Anàlisi comparativa entre els resultats en funció de l'edat

4.1.3.1. Mètode 1. Anàlisi de Spearman.

En aquest cas hem determinat la diferència entre els dos mètodes de mesura per l'AV logMAR i pels tres components refractius M0, J0 i J45 i hem analitzar amb el test d'Spearman si existia una correlació entre l'edat del pacient i aquesta diferència, per tal de determinar si l'edat influeix a la diferència entre mètodes. Els resultats es presenten a la Taula 5.

Taula 5. Dades test de Spearman

	Dif AV logMAR	Dif M (D)	Dif J0 (D)	Dif J45 (D)
Mediana	0,000	-0,250	0,000	0,000
Min	-0,653	-0,750	-0,842	-1,168
Max	0,000	0,625	0,780	1,674
p Shapiro-Wilk	<0,01	0,235	<0,01	<0,01
r Spearman	-0,222	-0,343	0,178	0,198
p Spearman	0,126	0,016	0,220	0,172
Correlació	No significativa	Feble	No significativa	No significativa

Podem observar només en el cas de la M hi ha correlació estadísticament significativa entre la diferència entre les dues tècniques i l'edat, i en tot cas és feble i negativa, és a dir, que a mesura que augmenta l'edat, la diferència entre les tècniques disminueix:

4.1.3.2. Mètode 2. Anàlisi de Kruskal-Wallis

Per a corroborar els resultats hem realitzat una comparació de tres grups d'edats definides. En cas de trobar significació estadística, hem comparat els grups a parells entre si, per a analitzar entre quins dos grups d'edat s'originava aquesta diferència.

Els grups seleccionats han estat:

- Grup 1: pacients d'entre 16 i 35 anys
- Grup 2: pacients d'entre 36 i 47 anys
- Grup 3: pacients d'entre 48 i 60 anys

En la taula 6 mostrem els valors de mediana de la diferència de mètodes per a cadascun dels components, mostrant la mediana, mínim i màxim (essent mostres que no segueixen una distribució normal).

Taula 6. Estadística descriptiva de la diferència entre els mètodes

	Dif AV logMAR			Dif M (D)			Dif J0 (D)			Dif J45 (D)		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Mediana	0,000	0,000	-0,023	0,000	-0,250	-0,313	0,00	0,006	0,000	0,000	0,000	0,000
P (Shapiro- Wilk)	<0,01	<0,01	<0,01	0,917	0,575	0,223	<0,01	<0,01	0,030	<0,01	<0,01	<0,01
Mínim	-0,398	-0,398	-0,653	-0,750	-0,750	-0,625	-0,842	-0,087	-0,302	-1,16	-0,027	-0,692
Màxim	0,000	0,000	0,000	0,625	0,250	0,250	0,780	0,656	0,667	0,310	1,674	0,383

Hem il·lustrat els resultats amb gràfiques de tipus *boxplot*:

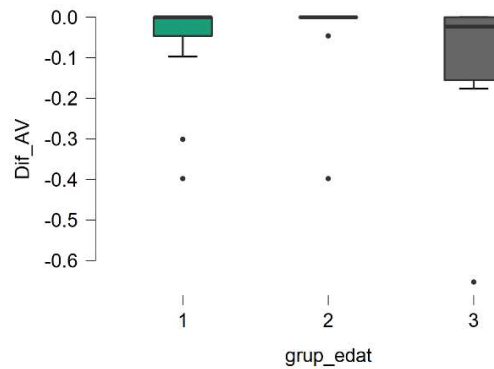


Figura 16. Representació gràfica de la diferència d'AV logMAR per edats

Analitzant la Figura 16 remarquem que el *boxplot* del grup 3 és més gran, doncs hi ha més diversitat de dades, el 2 és el més petit, per tant pràcticament tots els valors d'AV han sigut iguals amb les dos mètodes i, per últim el grup 1 té un rang mitjà.

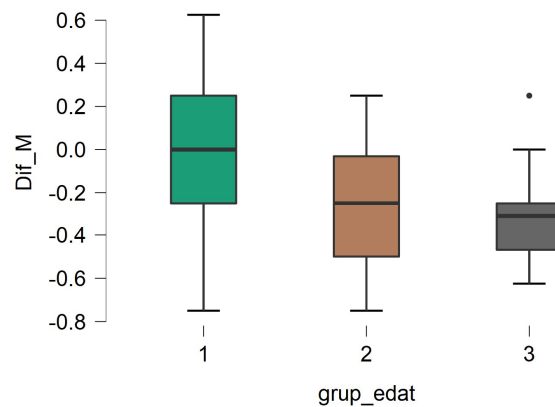


Figura 17. Representació gràfica de la diferència de M (D) per edats

Analitzant els *boxplots* de la Figura 17 que mostren la diferència entre M Subj i M GP. S'observen diferències pel que fa a l'edat dels pacients, essent de major diversitat el del grup 1 que en els altres dos.

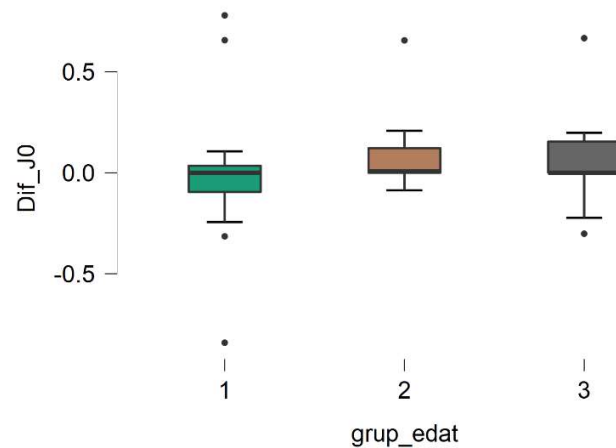


Figura 18. Representació gràfica de la diferència de J0 (D) per edats

En el cas del component M de l'astigmatisme il·lustrat a la Figura 18 veiem que els tres gràfics són més similars que els dels paràmetres anteriors.

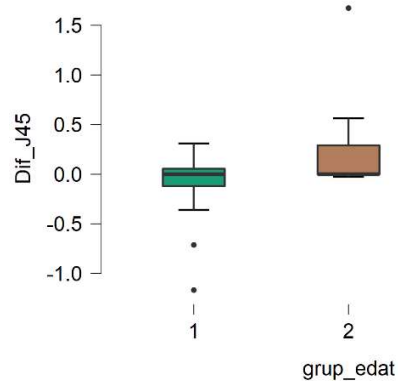


Figura 19. Representació gràfica de la diferència de J45 (D) per edats

La Figura 19 mostra l'últim dels components, que és el J45, similar, en aquest cas al dels components J0. Els tres gràfics semblen similars entre si.

Veiem les diferències estadístiques determinades amb el test de Kruskal-Wallis.

Taula 7. Resultats del test Kruskal-Wallis

	Dif AV	Dif M	Dif J0	Dif J45
p Kruskal-Wallis	0,101	0,021	0,238	0,203

Segons aquests resultats constatem que la en el cas de l'AV, i els dos components de l'astigmatisme (J0 i J45) no presenten diferències estadístiques entre ells, per tant no hi ha diferència de precisió dels resultats en funció de l'edat. En canvi pel que fa el resultat de M si hem trobat una $p=0,021$, procedim a analitzar entre quins grups d'edat existeix aquesta amb el test de Mann-Whitney.

Taula 8. Resultats del test Mann-Whitney de M entre els grups

	Grups 1-2	Grups 1-3	Grups 2-3
P Mann-Whitney	0,026	0,017	1,000

Analitzant els resultats de la Taula 8 obtinguts en el Mann-Whitney, trobem una diferència estadística entre els grups 1 i 2 així com entre els grups 1 i 3. En els gràfics hem comentat que el boxplot Dif M del grup 1 és major, per tant, podem afirmar ara que el grup de menor edat mostra una menor precisió que els altres dos grups, coincidint amb els resultats de l'anàlisi d'Spearman presentats anteriorment.

4.2. Discussió

Una de les dades més importants en un examen optomètric és que l'AV sigui precisa: hem de saber sobre quins valors ens trobem per a decidir si són normals o no, i, procedir en conseqüència amb els exàmens optomètrics de salut ocular. Si un pacient obté una AV inferior a 0,9 o 1,0 es realitzaran altres proves complementàries per a descartar patologies. Però si les dades d'AV no són fiables, això comportarà a una pèrdua de temps.

Les explicacions que dona l'optometrista durant l'examen subjectiu són importants, per això els fabricants del GP ho estudien encara i realitzen actualitzacions per a millorar aquest procediment i així aconseguir que el pacient interpreti correctament les indicacions a seguir durant l'examen subjectiu automatitzat.

Les dades d'AV en general han mostrat diferències significatives entre els dos mètodes, una de las raons d'aquest succés podria ser el fet de que el pacient no hagi acabat d'entendre el funcionament del GP.

Pel que respecta les dades de la refracció (si més no les l'equivalent esfèric) obtingudes amb el mètode tradicional són similars a les obtingudes amb l'instrument de refracció subjectiva GP i les d'un examen subjectiu realitzat per un optometrista. Malgrat tot, amb el test de Wilcoxon es troben diferències significatives entre M Subj i M GP ($p < 0,001$) en canvi $p > 0,05$ per a J0 i J45. En l'estudi de M. Constantini el Student t test proporciona una $p > 0,05$ per als tres components, [9], per tant, no hi ha diferència estadística entre els dos mètodes de refracció.

En els gràfics de Bland-Altman, l'equivalent esfèric M ha mostrat que la fiabilitat depèn de la refracció del pacient, essent menys fiable a major grau de miopia. El component de l'astigmatisme J0 ha evidenciat una alta concordança de instruments, en canvi J45 també una certa dependència de la refracció del pacient. En el cas de l'estudi de M. Constantini esmentat anteriorment, els gràfics de Bland-Altman mostraven una alta coherència entre els dos mètodes per als tres components.

Pel que fa la hipòtesi de l'augment de la diferència entre les dades obtingudes mitjançant els dos procediments en funció de l'edat, amb el mètode de Spearman s'ha observat una correlació feble però significativa que indicava que a edats més joves hi havia major discrepància entre les mesures. De manera similar, amb l'anàlisi de Kruskal-Wallis hem trobat una major diferència entre M Subj i M GP en el grup de menor edat respecte els altres dos que no mostraven diferències. No s'han trobat diferències significatives entre els grups per a cap dels altres components.

El quiosc GP té certes limitacions. La versió de l'algoritme actual del GP no permet realitzar la presa de l'AV sense correcció, de manera que si el pacient no porta ulleres, no tenim el valor de l'AV habitual: això és un problema per al que fa la valoració de la lògica de les dades de la refracció per l'optometrista, és a dir, l'optometrista no pot saber la refracció proporcionada és coherent o no. El que obliga a la realització d'aquesta posteriorment en ganivet (considerant això com una pèrdua del temps guanyat anteriorment).

Pel que fa a l'AV en visió propera, el GP no té actualment cap mecanisme per a determinar-la, per tant, tot i que proporciona un valor d'addició, no tenim cap mitjà per a quantificar l'AV en VP, a més hi ha un risc de sobrecorrecció d'aquesta ja que quan el pacient indica que no pot llegir el test d'AV en VP, el GP augmenta l'esfera.

Descrites aquestes mancances, i observant les discrepàncies descrites en aquest estudi, principalment pel que fa al component esfèric i a la dependència de l'edat del pacient, proposem una tasca de millora i actualització de l'instrument GP abans de poder-se considerar un instrument fiable i relativament autònom.

4.3. Mancances de l'estudi i treballs futurs

La participació total de pacients de l'estudi ha estat de 49: si l'estudi hagués durat més temps hauria permès d'analitzar una mostra més gran per a assegurar la validesa dels resultats. A l'estudi realitzat per els germans Constantini la mostra era molt més gran.

En aquest estudi s'ha decidit realitzar la refracció objectiva mitjançant la retinoscòpia, però en molts centres oftalmològics i òptiques utilitzen com a instrument de preferència l'autorefractòmetre. Es podria realitzar un altre estudi partint d'aquesta base, per a comparar si les diferències continuen segueixen sent les mateixes que partint d'una refracció objectiva amb retinoscòpia.

Un cop l'equip del GP han rebut els informes dels diferents centres que utilitzen aquest aparellatge han modificat el software en conseqüència, el que requereix de la futura realització d'estudis del mateix tipus que aquest o el des germans Constantini per a valorar si els canvis realitzats en el procés de refracció GP són suficients per a millorar-ne la precisió.

Per a aquest estudi s'han seleccionat pacients sense patologies o deformacions cornials, per això apareix la necessitat d'un estudi comparant la fiabilitat del GP en altres grups de pacients.

5. Conclusions

Les conclusions del present estudi són les següents:

- L'instrument GP proporciona valors d'AV i refracció subjectiva de manera automatitzada.
- Aquests valors estan força relacionats amb els obtinguts en un examen subjectiu tradicional obtingut mitjançant retinoscòpia i examen subjectiu.
- El GP sembla donar un equivalent esfèric i AV que difereixen estadísticament amb l'obtingut amb l'examen subjectiu amb una tendència a hipermetropitzar la refracció subjectiva. No obstant, la correlació de l'equivalent esfèric entre els dos mètodes és molt alta.
- L'astigmatisme és més similar entre els dos mètodes, amb una correlació mitjana i una lleugera tendència a la sobrecorrecció d'aquest.
- El GP té certes limitacions respecte la una refracció subjectiva tradicional i respecte el perfil de pacient.
- La fiabilitat del GP depèn de la refracció del pacient, com més miop és el pacient, menor fiabilitat del resultat de la refracció.
- La refracció GP ha de ser revisada per un professional de la salut visual abans de l'entrega dels resultats al pacient i, en alguns casos, comprovada en ganivet.
- Encara no són suficientment fiables les refraccions obtingudes amb el quiosc de refracció Glasspop, però donat que aquest software està encara en desenvolupament és una línia d'investigació que resta oberta a futurs estudis.

6. Referències

- [1] C. Enthoven, J. Tideman, J.R. Polling, J. Yang, H. Raat, C. Klaver, The impact of computer use on myopia development in childhood: The Generation R study, *Preventive Medicine*. 132 (2020) 105988. <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2020.105988>.
- [2] C.W. Wong, A. Tsai, J.B. Jonas, K. Ohno-Matsui, J. Chen, M. Ang, D.S.W. Ting, Digital Screen Time During the COVID-19 Pandemic: Risk for a Further Myopia Boom?, *Am J Ophthalmol*. 223 (2021) 333–337. <https://doi.org/10.1016/j.ajo.2020.07.034>.
- [3] How Coronavirus Has Changed the Way Americans Work, Pew Research Center's Social & Demographic Trends Project. (2020). <https://www.pewresearch.org/social-trends/2020/12/09/how-the-coronavirus-outbreak-has-and-hasnt-changed-the-way-americans-work/> (accessed December 19, 2021).
- [4] Ministerio de Sanidad, Consumo y Bienestar Social - Portal Estadístico del SNS - Estadísticas y Estudios - Informes y Recopilaciones, Listas de espera en el sector de la sanidad, (n.d.). <https://www.mscbs.gob.es/estadEstudios/estadisticas/inforRecopilaciones/listaEspera.htm> (accessed November 15, 2021).
- [5] C. Millien, H. Chaput, M. Cavillon, La moitié des rendez-vous sont obtenus en 2 jours chez le généraliste, en 52 jours chez l'ophtalmologiste, Undefined. (2018). <https://www.semanticscholar.org/paper/La-moiti%C3%A9-des-rendez-vous-sont-obtenus-en-2-jours-Millien-Chaput/3b6f5ebc7eb5505753190333f131b112007a9ae0> (accessed December 19, 2021).
- [6] Le site des ophtalmologistes de France, Les délais d'attente, Syndicat National des Ophtalmologistes de France. (n.d.). <https://www.snof.org/public/defendre/les-d%C3%A9lais-dattente> (accessed November 12, 2021).
- [7] D. Padhy, S.R. Bharadwaj, S. Nayak, S. Rath, T. Das, Does the Accuracy and Repeatability of Refractive Error Estimates Depend on the Measurement Principle of Autorefractors?, *Transl Vis Sci Technol*. 10 (2021) 2. <https://doi.org/10.1167/tvst.10.1.2>.
- [8] J.C.O. Parra, M.R.B. García, *Optometría. Manual de exámenes clínicos*, Univ. Politèc. de Catalunya, 2010.

-
- [9] Constantini M, Constantini Florent, Evaluation of autonomous subjective refraction powered by Glasspop algorithm versus standard subjective refraction: a comparative study, *MAR Ophthalmology*. 2 (2021).
- [10] Tabletop Refraction System TS-610 | Refractor and Optometry System | NIDEK CO.,LTD., (n.d.). https://www.nidek-intl.com/product/ophthaloptom/refraction/ref_optometry/ts-610.html (accessed December 19, 2021).
- [11] glasspop | Automated Refraction, Glasspop Janvier2020. (n.d.). <https://en.glasspop.co> (accessed December 19, 2021).
- [12] S.N. Mukash, D.L. Kayembe, J.-C. Mwanza, Agreement Between Retinoscopy, Autorefractometry and Subjective Refraction for Determining Refractive Errors in Congolese Children, *OPTO*. 13 (2021) 129–136. <https://doi.org/10.2147/OPTO.S303286>.
- [13] W.D. Furlan, J.G. Monreal, L.M. Escrivá, *Fundamentos de optometría, 2a ed.: Refracción ocular*, Universitat de València, 2011.
- [14] L.N. Thibos, W. Wheeler, D. Horner, Power vectors: an application of Fourier analysis to the description and statistical analysis of refractive error, *Optom Vis Sci*. 74 (1997) 367–375. <https://doi.org/10.1097/00006324-199706000-00019>.
- [15] R.M.M. Ortega, L.C.T. Pendás, M.M. Ortega, A.P. Abreu, A.M. Cánovas, El Coeficiente De Correlacion De Los Rangos De Spearman Caracterizacion, *Revista Habanera de Ciencias Médicas*. 8 (2009). <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180414044017> (accessed December 29, 2021).

7. Index de taules

Taula 1. Estadística descriptiva dels paràmetres AV, M, J0 i J45 dels dos mètodes.....	27
Taula 2. Resultats del test de Wilcoxon.....	30
Taula 3. Correlació de Spearman.....	31
Taula 4. Estadística descriptiva dades Bland-Altman.....	33
Taula 5. Dades test de Spearman	35
Taula 6. Estadística descriptiva de la diferència entre els mètodes	36
Taula 7. Resultats del test Kruskal-Wallis.....	38
Taula 8. Resultats del test Mann-Whitney de M entre els grups	39

8. Index de figures

Figura 1. Imatge d'una ullera de prova [8].....	12
Figura 2. Image d'un foròpter [8].....	13
Figura 3. Imatge del quiosc Glasspop [11].....	15
Figura 4. Representació gràfica de la mostra en funció de l'edat	26
Figura 5. Representació gràfica de la mostra en funció del sexe.....	26
Figura 6. Representació gràfica dels components AV Subj i AV GP	28
Figura 7. Representació gràfica dels components M Subj i M GP.....	28
Figura 8. Representació gràfica dels components J0 Subj i J0 GP.....	29
Figura 9. Representació gràfica dels components J45 Subj i J45 GP.....	30
Figura 10. Representació gràfica de la regressió lineal entre M Subj i M GP.....	31
Figura 11. Representació gràfica de la regressió lineal entre J0 Subj i J0 GP.....	32
Figura 12. Representació gràfica de la regressió lineal entre J45 Subj i J45 GP.....	32
Figura 13. Representació gràfica de Bland-Altman comparant M Subj i M GP	33
Figura 14. Representació gràfica de Bland-Altman entre J0 i J0 GP	34
Figura 15. Representació gràfica de Bland-Altman entre J45 Subj i J45 GP	34
Figura 16. Representació gràfica de la diferència d'AV per edats	37
Figura 17. Representació gràfica de la diferència de M per edats	37
Figura 18. Representació gràfica de la diferència de J0 per edats	38
Figura 19. Representació gràfica de la diferència de J45 per edats	38

