

Istituto di Ricerca
e di Studi in Ottica
e Optometria

Corso Annuale di Optometria

Tesi di Laurea

Confronto tra misura oggettiva e soggettiva della refrazione oculare

Objective e Subjective refraction

Candidato: Andrea Luciani

Relatore: Prof. Alessandro Fossetti

ANNO 2016

INDICE

INTRODUZIONE

CAPITOLO 1 – Materiali e metodi	pag. 5
CAPITOLO 2 - Risultati	pag. 8
CAPITOLO 3 – Discussione	pag. 14
CAPITOLO 4 – Conclusioni	pag. 16

BIBLIOGRAFIA

Appendice 1- rilevazione dati

Appendice 2 - tabella di conversione

Appendice 3 – analisi statistica M

Appendice 4 – analisi statistica $J_0 - J_{45}$

Abstract

Scopo: lo scopo di questo studio è stato quello di confrontare e valutare statisticamente le misurazioni della refrazione oculare ottenute con autorefrattometro(MRI-3100 premium huvitz) con le misurazioni soggettive, secondo normale procedura, in una popolazione sana.

Metodi: sono stati esaminati 114 occhi di 57 pazienti di età differenti in assenza di malattie sistemiche oculari. I soggetti sono tutti clienti di un centro ottico di Chieti e sono stati reclutati nel corso di controlli di routine. Sono stati presi in considerazione 3 elementi: refrazione abituale, refrazione oggettiva con MRI-3100 premium huvitz e refrazione soggettiva eseguita secondo normale procedura. Tutte le misure (sfera ,cilindro, asse) sono state convertite in vettori di potenza. Per un'analisi statistica sono stati calcolati il test t di Student e l'indice di correlazione di Pearson. Sono stati presi inoltre dati di Acuità Visiva (AV) per ognuna delle tre correzioni. È stato infine chiesto ad ogni soggetto di stimare in una scala decimale da 1 a 10 il comfort delle correzioni proposte: le due trovate in sede sono state fatte portare (con occhiale di prova) per qualche minuto mentre per la correzione abituale è stato fatto riferimento all'esperienza del paziente stesso.

Risultati: L'analisi dei vettori di potenza, seguita dal calcolo del test t di Student e l'indice di correlazione di Pearson, mostra come le due diverse misurazioni siano altamente correlate fra di loro. Tale risultato appare ben evidente negli studi grafici che illustrano in maniera visiva la generale correlazione tra la misurazione della refrazione eseguita con l'autorefrattometro e la soggettiva. Purtroppo l'analisi statistica eseguita evidenzia come lo strumento (autorefrattometro) abbia una generale tendenza a sovracorre i miopi mentre risulti abbastanza affidabile per i soggetti astigmatici.

Conclusioni: il MRI-3100 premium huvitz autorefrattometro è un utile strumento di refrazione oggettiva che fornisce dati in maniera molto precisa; i suoi risultati sicuramente non possono essere presi come definitivi ma possono essere ottimi punti di partenza per la refrazione soggettiva, nella maggior parte dei pazienti, al fine di garantire il massimo comfort visivo al paziente.

Keywords: Misurazione oggettiva, misurazione soggettiva, analisi statistica dei dati, interpretazione dei dati.

Introduzione

La tendenza sempre maggiore all'automazione ed al risparmio di tempo è ormai diventata la fisionomia predominante per qualsiasi lavoratore.

Nel campo dell'Optometria e dell'Oftalmologia l'autorefrattometro è dalla sua introduzione al centro delle polemiche proprio per questo motivo: sicuramente molto veloce nell'offrire il responso oggettivo, lo strumento viene criticato per la scarsa precisione con la quale effettua la misurazione, cosa che in verità non è del tutto vera, in quanto alcuni studi dimostrano l'alta ripetibilità di misura di questi strumenti. Viceversa essendo limitata l'accuratezza a causa di fattori mal controllabili, come l'accomodazione e la binocularità, all'utilizzatore esclusivo, ossia ad un operatore che fornisca ausili ottici basandosi solo ed esclusivamente sullo strumento, viene attribuita, comprensibilmente, una scarsa professionalità (*Bullimore, Fusaro, CW, 1998*).

Lo scopo finale di questa tesi è confrontare le correzioni ottiche scaturite dall'autorefrattometria con quelle di una procedura tipo di esame visivo refrattivo soggettivo (*Simpson, Richter, 1997*), per stabilire se è plausibile definire una correzione solo sulla base dell'autorefrattometria togliendo spazio all'intera procedura dell'esame refrattivo soggettivo visivo da lontano. Si vuole dimostrare come i procedimenti soggettivi (che finora mantengono in vita la netta distinzione tra Optometrista e strumento), come il bilanciamento, non possano essere sostituiti da un "click" su un macchinario automatico e, infine, quanto la misura oggettiva con autorefrattometro possa essere un buon punto di partenza per un esame visivo.

CAPITOLO 1

Materiali e Metodi

L'intera raccolta dei dati si è svolta in un centro ottico di Chieti (CH), dove il candidato svolge la propria attività lavorativa. Sono stati esaminati 54 pazienti (range di età 20-60 anni). L'analisi condotta non ha rilevato le differenze di sesso.

I dati considerati consistono in:

- 1) *Correzione Abituale*, ovvero quella portata dal soggetto al momento dello studio: 14 persone su 54 totali non portano abitualmente alcuna correzione,
- 2) *Correzione oggettiva*, cioè la correzione calcolata dall'autorefrattometro MRK 3100 premium HUVITZ autoref keratometer. La refrattometria automatica è un metodo che consente di misurare la refrazione in modo semplice: lo strumento effettua più misurazioni in sequenza e procede al calcolo della media per ciascun occhio. Lo strumento utilizza la luce a infrarossi che viene riflessa dalla retina. Al momento della misurazione, la correzione non viene più modificata e viene applicata direttamente, senza bilanciamento.
- 3) *Correzione Soggettiva*, la correzione trovata con l'esame refrattivo a distanza eseguito monocularmente seguendo la norma del "Massimo Positivo" e "Minimo Negativo" che garantivano miglior AV; per la determinazione dell'astigmatismo sono stati usati i cilindri crociati da $+0,25$, $+0,50$ e infine sono stati eseguiti i bilanciamenti. L'esame soggettivo della refrazione presuppone l'intervento del soggetto e si baserà sempre su una base di partenza, in questo caso prescrizione di partenza e esame oggettivo. Si procederà anche in questo caso con un occhio per volta, iniziando dall'occhio preferito.
- 4) *Acuità Visiva (AV)*: è stato usato come ottotipo il vision chart della CSO, sono state prese acuità per la correzione abituale, la correzione suggerita dall'autorefrattometro e per la correzione trovata con l'esame refrattivo soggettivo a distanza.
- 5) *Comfort*, inteso come valutazione soggettiva (in una scala da 1 a 10, dove 1 significa "Correzione totalmente inadatta" e 10 "Correzione perfetta, portabile al posto dell'attuale") del paziente riguardo la correzione appena trovata.

Ciascuna correzione è stata indossata, mediante occhialino di prova, per 5' prima della valutazione. Durante questo tempo è stato chiesto ai soggetti di muoversi liberamente e di eseguire le operazioni di tutti i giorni, anche su piccoli schermi, quali lettura/scrittura di un SMS o quant'altro. Alla fine di questo lasso di tempo è stato chiesto di valutare la correzione appena provata, focalizzando l'attenzione sul comfort della stessa e sulla qualità della visione. Per la correzione abituale è stata usata l'esperienza del paziente come metro perché le assegnasse un valore di comfort.

Il metodo utilizzato per le misurazioni è il seguente:

1. è stata eseguita l'analisi oggettiva tramite MRK 3100 premium HUVITZ autoref keratometer. Si è proceduto alla misurazione dell'AV in condizioni abituali. Si è chiesto inoltre al paziente una valutazione (da 1 a 10) del comfort che la sua correzione abituale durante le ore di porto; al soggetto è stato poi fatto indossare l'occhialino di prova contenente la correzione suggerita dall'autorefrattometro e sono stati eseguiti i test dell'AV. Per quest'ultimo è stato scelto il *Vision Chart CSO*;
2. è stato poi valutato il comfort della correzione oggettiva con la procedura già descritta;
3. al soggetto è stato effettuato l'esame refrattivo soggettivo a distanza in questo modo:
 - a) "massimo positivo", "minimo negativo" che garantiscono la miglior AV per determinare la sfera;
 - a) cilindri crociati $\pm 0.25, \pm 0.50$ per determinare l'astigmatismo;
 - b) per il bilanciamento della correzione è stato usato un bilanciamento bioculare mediante l'opposizione davanti ai due occhi di due prismi 3 DP BB/3DP BA e un annebbiamento di 0.50 come di norma. Si è cercato il più possibile di equilibrare le correzioni, mantenendo, se è necessario, la visione migliore nell'occhio dominante.
4. con la correzione così trovata si è passati al test dell'AV, alla valutazione del comfort. In particolare per i test di AV è stato utilizzato il metodo di seguito descritto.

Il soggetto con ciascuna correzione è stato invitato a leggere binocularmente la massima AV che riusciva. La distanza a cui è stato sottoposto questo test è di 3 m circa.

Il primo confronto fatto è quello tra le tre correzioni trovate: dapprima si è voluto mettere in evidenza di quanto esse variassero l'una rispetto all'altra. Infine sono state valutate differenze significative di AV e comfort.

I dati raccolti sono stati raggruppati in una apposita tabella riportata in *appendice 1*. Il file di partenza contiene le tre misure espresse nel tradizionale metodo sfera, cilindro e asse poi trasformate con i vettori di potenza in grandezze confrontabili (M, J_0, J_{45}), *appendice 2*.

Per opportune considerazioni in ordine al rispetto della privacy sono stati occultati i dati relativi al nome dei soggetti testati. Il lavoro è stato condotto su persone di diversa età al fine di evidenziare come l'età comporti diverse considerazioni in ordine alla diversa risposta ai vari esami eseguiti. Tutte le misure sono state eseguite in un singolo esame.

METODI: la tradizionale rappresentazione di una prescrizione optometrica in sfera, cilindro e asse non è comoda quando si devono condurre analisi statistiche (*Matdia, 1972*). Il principale problema è nel termine angolare dell'asse che ha anche una diversa unità di misura. Pertanto si è fatto ricorso alla

rappresentazione in vettori di potenza (*Thibos, Horner, 2001*) che fornisce tre grandezze linearmente indipendenti. Diventa così molto semplice confrontare le diverse refrazioni, oggetto del nostro studio. Le tre misure espresse nel tradizionale metodo contenute nel file di partenza sono state convertite con le seguenti formule:

$$M=S+C/2$$

$$J_0 = -C/2\cos(2a)$$

$$J_{45} = -C/2\sin(2a)$$

Si ottengono tre valori: M, J₀, J₄₅ per ognuno dei tre metodi di misura. La rappresentazione in vettori di potenza fornisce tre grandezze linearmente indipendenti,

A questo punto i dati esaminati, presi come campione di riferimento sono stati confrontati utilizzando il Test t di Student (*Scotti, 2006*). La domanda di partenza è la seguente: la differenza tra le medie dei due campioni è significativa o si può affermare che la differenza osservata è dovuta al caso?

Tutti i test statistici assumono inizialmente la cosiddetta *ipotesi 0 - ipotesi nulla*. Quando si effettua il confronto tra due gruppi di dati campioni, l'ipotesi zero prevede sempre che non esista nessuna differenza tra i gruppi riguardo al parametro considerato. Quindi se l'ipotesi nulla è valida, i campioni vengono dalla stessa popolazione e le eventuali differenze osservate nei campioni vanno attribuite al caso. Il nostro test è stato condotto a un *livello di significatività* pari a 0,005(P) che rappresenta la probabilità che le differenze osservate siano dovute al caso. Abbiamo utilizzato lo strumento informatico – analisi statistica foglio excel per calcolare il *Test t di Student* a due code che appunto misura la diversità tra due medie, con diverse varianze. Abbiamo posto che la distribuzione dei dati fosse una distribuzione normale e che le informazioni siano state raccolte in maniera indipendente, come in effetti è accaduto. In sostanza il *Test t di Student* è un test statistico che serve per confrontare la differenza tra la media dei due gruppi considerando la deviazione standard. Per prima cosa occorre calcolare la media tra i due gruppi e la deviazione standard. A questo punto calcoliamo la varianza come somma delle due deviazioni standard al quadrato diviso il numero dei campioni. Il valore t è il valore assoluto dato dalla differenza delle medie diviso la radice quadrata della varianza. Tale calcolo come già annunciato è stato effettuato con lo strumento di analisi statistica di excel. Comunque si è verificato che il calcolo matematico come sopra descritto desse gli stessi risultati. Inoltre è stato calcolato e valutato il coefficiente di correlazione di Pearson sia attraverso la seguente formula matematica:

$$\rho_{AB} = \frac{\text{cov}(A, B)}{\sigma_A \cdot \sigma_B}$$

dove $\text{cov}(A, B)$ indica la covarianza della serie di dati A e B e σ_A e σ_B indicano, rispettivamente, la deviazione standard campionaria di A e B. Anche in questo caso è stato utilizzato un foglio di calcolo di excel.

Il coefficiente di correlazione è un indice sempre compreso tra -1 ed 1 ed in particolare:

- se $\rho_{AB} > 0$, le serie di dati A e B si dicono direttamente correlate, oppure correlate positivamente e quanto più il valore ρ_{AB} si avvicina ad 1 tanto più forte è la correlazione positiva;
- se $\rho_{AB} = 0$, le serie di dati A e B si dicono non correlate;
- se $\rho_{AB} < 0$, le serie di dati A e B si dicono inversamente correlate, oppure correlate negativamente e quanto più il valore ρ_{AB} si avvicina ad -1 tanto più forte è la correlazione negativa.

CAPITOLO 2 - Risultati dell'analisi statistica

L'analisi statistica è stata condotta raffrontando la misura dell' M soggettivo con l' M oggettivo e abbiamo ottenuto i seguenti dati riportati nelle sottostanti tabelle:

M OGGETTIVO M SOGGETTIVO OCCHIO DESTRO		
	<i>M oggettivo</i>	<i>M soggettivo</i>
Media	-0,60	-0,45
Varianza	9,1	7,8
Osservazioni	54	54
Correlazione di Pearson	0,98	
Differenza ipotizzata per le medie	0	
gdl	53	
Stat t	-2,26	
P(T<=t) una coda	0,01	
t critico una coda	1,67	
P(T<=t) due code	0,02	
t critico due code	2,00	

Tab. 1: calcoli statistici condotti su M oggettivo e M soggettivo dimostranti la significatività del test ($P = 0,027$) – valore minore di 0,05 (livello di significatività) e l'alta correlazione tra le misurazioni.

Nella tabella (Tab.1) sopra riportata il test mostra chiaramente che il valore di $P=0,02$ è molto più basso del livello di significatività 0,05 (Cooper, Citek, Feldam, 2011). Pertanto la differenza tra le

due medie 0,60 (*M oggettivo*) e 0,45 (*M soggettivo*) che apparentemente ci dice che l' *M oggettivo* è più alto dell' *M soggettivo* è confermato dal *Test t* che considera questa differenza significativa e pertanto non dipendente da fattori casuali ma dovuta ad una effettiva differenza tra le due misurazioni. Si è studiato inoltre la correlazione tra i due parametri utilizzando il *coefficiente di Pearson* che esprime una relazione lineare tra due variabili. Un primo modo per verificare l'esistenza di una correlazione lineare tra i due parametri è quello di rappresentare la distribuzione doppia (X,Y) attraverso un grafico a dispersione (o *scatterplot*). Nel grafico sotto riportato (*Figura 1*) si nota chiaramente l'alta correlazione tra le due variabili ($R = 0,98$) che, anche visivamente, appaiono ben posizionate lungo la stessa linea di tendenza positiva.

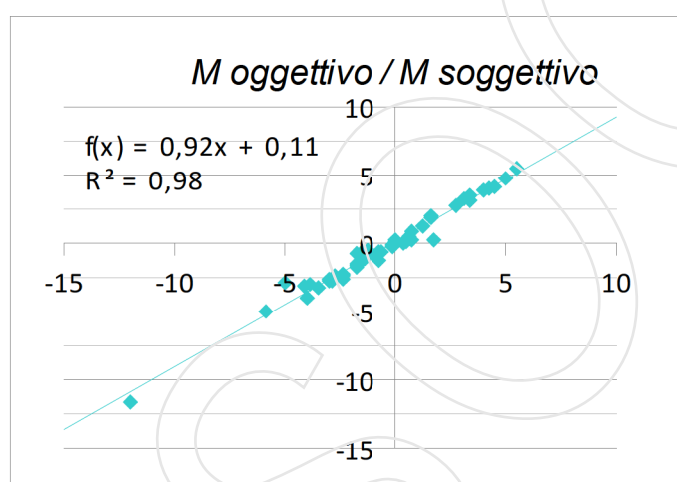


Fig.1: andamento *M soggettivo* rispetto *M oggettivo* e relativa correlazione

Pertanto, si può affermare che i due tipi di misurazione sono altamente correlati linearmente, cioè hanno una relazione sistematica. In realtà tale risultato non è stato replicato per l'occhio sinistro i cui dati sono i seguenti (*Tab.2*):

M OGGETTIVO M SOGGETTIVO OCCHIO SINISTRO		
	<i>M oggettivo</i>	<i>M soggettivo</i>
Media	-0,61	-0,62
Varianza	8,13	6,39
Osservazioni	54	54
Correlazione di Pearson	0,91	
Differenza ipotizzata per le medie	0	
gdl	53	
Stat t	0,05	
P(T<=t) una coda	0,47	
t critico una coda	1,67	
P(T<=t) due code	0,95	
t critico due code	2,00	

Tab.2: calcoli statistici condotti su *M oggettivo* e *M soggettivo* dimostranti la non significativa del test ($P = 0,95$) – valore maggiore di 0,05 (livello di significatività) e l'alta correlazione tra le misurazioni.

In questo caso le medie sono molto vicine e la differenza tra le due (già molto bassa e quindi non indice di una sostanziale differenza tra le variabili) è dovuta esclusivamente al caso come dimostrato dal valore di P che è molto alto (0,95) e che, pertanto, dimostra la validità dell'ipotesi nulla e quindi la non significatività del test. Anche in questo caso i valori sono linearmente correlati (Fig. 2).

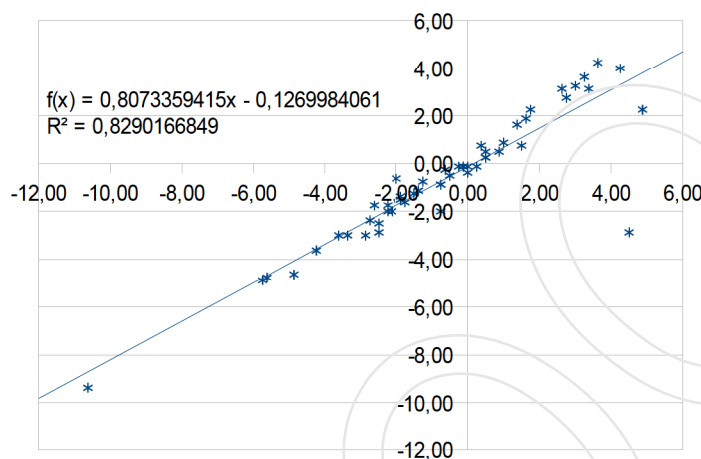


figura 2: correlazione lineare tra M soggettivo e M oggettivo relativo all'occhio sinistro. Si nota un'alta correlazione tra i parametri rilevati pari a 0,82. Lo strumento misura la sfera con un buon livello di precisione.

L'analisi è stata condotta mettendo a raffronto tutte le misurazioni eseguite per M sia con riferimento alla correzione in uso che alla misurazione oggettiva e a quella soggettiva. I risultati hanno mostrato una sostanziale coerenza con valori di P che oscillano dallo 0,89 allo 0,92. Le singole differenze rilevate rispetto al singolo soggetto, pertanto, non sono rappresentative dell'universo, con un livello di probabilità molto alto. A titolo esemplificativo si riportano alcune tabelle dove sono stati correlati M in uso e M soggettivo sia per l'occhio destro che per l'occhio sinistro (Tab. 3- Tab. 4):

M IN USO E SOGG OCCHIO DX	M	
	M in uso	M soggettivo
Media	-0,46	-0,45
Varianza	5,81	7,87
Osservazioni	54	54
Correlazione di Pearson	0,97	
Differenza ipotizzata per le medie	0	
gdl	53	
Stat t	-0,09	
$P(T \leq t)$ una coda	0,46	
t critico una coda	1,67	
$P(T \leq t)$ due code	0,92	
t critico due code	2,00	

Tab.3: calcoli statistici condotti su M in uso e M soggettivo dimostranti la non significatività del test ($P = 0,92$) – valore maggiore di 0,05 (livello di significatività) e l'alta correlazione tra le misurazioni.

**M IN USO M SOGGETTIVO
OCCHIO SINISTRO**

	<i>M in uso</i>	<i>M soggettivo</i>
Media	-0,60	-0,62
Varianza	4,25	6,39
Osservazioni	54	54
Correlazione di Pearson	0,94	
Differenza ipotizzata per le medie	0	
gdl	53	
Stat t	0,13	
P(T<=t) una coda	0,44	
t critico una coda	1,67	
P(T<=t) due code	0,89	
t critico due code	2,00	

Tab.4: calcoli statistici condotti su M in uso e M soggettivo dimostranti la non significativa del test ($P = 0,89$) – valore maggiore di 0,05(livello di significatività) e l'alta correlazione tra le misurazioni.

Anche in questo caso le medie sono molto vicine e la loro differenza è dovuta esclusivamente al caso in quanto il valore P è molto alto; anche in questo caso il test non è significativo. L'analisi completa viene riportata in *Appendice 3*.

La stessa analisi statistica è stata condotta anche con riferimento ai parametri J_0 e J_{45} . I risultati non sono molto dissimili e, a titolo di esempio, si riportano le relative tabelle esclusivamente con riferimento all'occhio destro. Per un'ulteriore analisi i dati sono allegati al presente lavoro in *Appendice 4*.

J45 OGG E SOGG OCCHIO DX

	<i>J45 oggettivo</i>	<i>J45 soggettivo</i>
Media	-0,01	-0,01
Varianza	0,05	0,02
Osservazioni	54	54
Correlazione di Pearson	0,66	
Differenza ipotizzata per le medie	0	
gdl	53	
Stat t	-0,01	
P(T<=t) una coda	0,49	
t critico una coda	1,67	
P(T<=t) due code	0,98	
t critico due code	2,00	

Tab.5: calcoli statistici condotti su J_{45} oggettivo e J_{45} soggettivo dimostranti la non significativa del test ($P = 0,66$) – valore maggiore di 0,05(livello di significatività) e l'alta correlazione tra le misurazioni

La tabella sopra riportata (Tab.5) evidenzia un indice di correlazione pari a 0,66 a fronte di una differenza tra le due medie bassissima, con un P pari a 0,98. Anche in questo caso il test non è significativo e quindi la differenza tra le due medie è dovuta al caso. La correlazione lineare tra le due grandezze (J45 ogg e J45 sogg) pari a $R^2 = 0,44$ misura una bassa identità tra le due grandezze, (fig.3). L'analisi statistica condotta rispetto a J0 evidenzia, anche in questo caso, un valore di P troppo alto per indicare una differenza delle medie non dovuta al caso. Tale situazione è evidenziata anche nella sottostante figura 4.

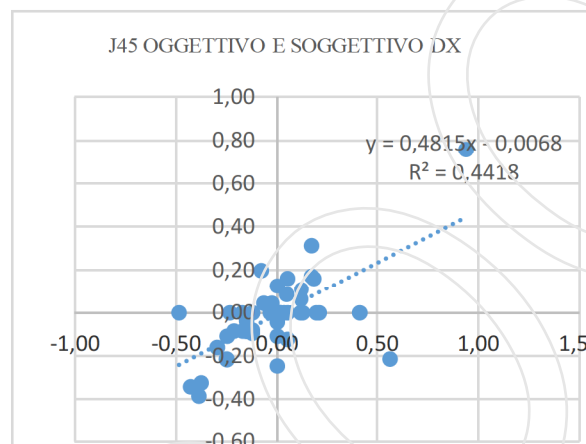


fig.3: correlazione lineare tra J45 soggettivo e J45 oggettivo relativo all'occhio destro. Si nota discreta correlazione tra i parametri rilevati pari a 0,44. Lo strumento misura l'astigmatismo con un discreto livello di precisione.

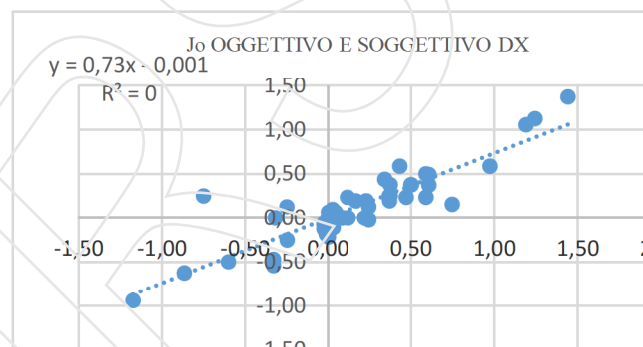


Fig. 4: correlazione lineare tra J0 soggettivo e J0 oggettivo relativo all'occhio destro. Si nota un'alta correlazione tra i parametri rilevati pari a 0,89. Lo strumento misura l'astigmatismo con un buon livello di precisione.

La figura evidenzia chiaramente come l'autorefrattometro misura l'astigmatismo con un buon livello di precisione da valutare nel singolo caso. Gli stessi risultati sono stati ottenuti confrontando le diverse misurazioni relative a J0 e J45 di entrambi gli occhi. In totale il campione esaminato consta di 108 elementi e la statistica ci insegna che la numerosità del campione influisce sulla

significatività del test condotto. La replicabilità dei risultati potrebbe essere misurata, sicuramente, aggiungendo ulteriori elementi.

Ulteriore analisi statistica è stata condotta sui dati relativi all'acuità visiva e al confort. Sono stati confrontati i dati relativi alla valutazione oggettiva e a quella soggettiva al livello di significatività 0,01 come dimostrato nella tabella sottostante (*Tab. n.6 – Tab. n. 7*). In questo caso i risultati sono altamente significativi ($P = 0.0000$) e quindi la differenza tra le medie non è sicuramente dovuta al caso ma dipende proprio dagli ulteriori elementi di valutazione introdotti dalla misurazione soggettiva.

Acuità visiva	oggettivo	soggettivo
Numerosità campione	54	54
Media	0,9037	1,1444
Dev. standard	0,1165	0,0904
<i>t</i>	11,9963	
gradi di libertà	106	
P (livello di significatività)	0,0000	

Tab 6: calcoli statistici condotti su acuità visiva oggettiva e soggettiva dimostranti la significatività del test ($P = 0,00$) – valore minore di 0,01 (livello di significatività).

La *Tabella 6* mostra come, partendo dalla massima acuità visiva pari a 12/10, la media del soggettivo pari a 1,14 si avvicini molto al massimo rispetto alla media dell'oggettivo che è più bassa e pari a 0,90. Di conseguenza si può affermare, come confermato dai dati statistici, che, in questo caso, la differenza tra le due medie è a vantaggio della misurazione soggettiva che garantisce la massima acuità visiva.

Confort	oggettivo	soggettivo
Numerosità campione	54	54
Media	7,1481	9,2037
Dev. standard	1,5223	0,5277
<i>t</i>	9,3755	
gradi di libertà	106	
P (livello di significatività)	0,0000	

Tab 7: calcoli statistici condotti su confort oggettivo e soggettivo dimostranti la significatività del test ($P = 0,00$) – valore minore di 0,01 (livello di significatività).

La *Tabella 7* mostra come anche per il confort la media del soggettivo pari a 9,2 si avvicini molto al massimo rispetto alla media dell'oggettivo che è più bassa e pari a 7,14. Di conseguenza si può

affermare, come confermato dai dati statistici, che, in questo caso, la differenza tra le due medie è a vantaggio della misurazione soggettiva che garantisce il massimo confort.

CAPITOLO 3 – Discussione

Lo scopo di questo studio era quello di valutare la possibilità di confrontare l'esame refrattivo soggettivo con l'esame oggettivo (*Bennet, Stalboerger, Hodge, 2015*). I risultati indicano che i valori di Sfera e di Cilindro sono diversi tra le due correzioni solo con riferimento ad una rilevazione (*vedi tabella 1*). Negli altri casi l'analisi statistica condotta ha dimostrato una sostanziale equivalenza nelle misurazioni anche in presenza di scostamenti rilevati nelle singole unità. Tuttavia nel caso singolo si può sicuramente affermare che la correzione che si basa su parametri soggettivi garantisce maggior Comfort e Acuità Visiva che danno ragione alla misurazione soggettiva, come andiamo a spiegare.

L'esame Soggettivo presenta una serie di caratteristiche che non si trovano nello strumento, come ad esempio il bilanciamento; grazie a questa tecnica infatti si mira a prescrivere la correzione più equilibrata e confortevole possibile. Grazie al bilanciamento possiamo inoltre avvicinare la correzione a quelle che sono le vere esigenze del paziente in termini di visione. Ciò è vero sia per le prescrizioni monofocali ma soprattutto per quanto riguarda le lenti progressive: l'enorme quantità di combinazioni dei vari parametri porta ad un'altrettanta enorme varietà di lenti diverse che daranno performance visive diverse. Con qualche prova è possibile capire quale sia il tipo di lente che il paziente sta cercando e fornirgliela.

Va inoltre sottolineato che in questo studio non è stata valutata la combinazione data dalla refrazione oggettiva più bilanciamento che, come descritto più avanti, potrebbe essere interessante e significativa.

Parlando di lenti progressive, e quindi di Addizione, viene alla luce un'altra mancanza dell'autorefrattometro, la refrazione Soggettiva Prossimale: questo test diventa indispensabile quando si vogliono valutare le disfunzioni accomodative o binoculari soprattutto nei giovani o quando, più in generale, si desidera prescrivere un'Addizione. Un'analisi accurata dell'accomodazione va eseguita sempre, soprattutto in soggetti giovani che lamentano problemi e/o disturbi nella visione prossimale. L'analisi dell'Ampiezza Accomodativa e delle Accomodazioni Relative sono test da cui è impossibile prescindere quando ci si appresta a fornire una correzione ad

un paziente. Altra valutazione essenziale al fine di consegnare una correzione che sia più congrua possibile al soggetto è sicuramente quella Binoculare, che comprende i test per i tre gradi della Visione Binoculare, i test per le forie/tropie e la misurazione delle Vergenze Relative. Se i risultati di questi test non rispecchiassero le norme, l'operatore sarebbe in grado di modificare la correzione trovata precedentemente nel modo più opportuno al fine di garantire al soggetto la miglior condizione binoculare, cosa questa impossibile applicando direttamente la correzione calcolata dall'autorefrattometro. Altra fonte di differenza tra le due correzioni sta proprio nella differenza alla base del processo di calcolo della stessa. Mentre nella refrazione soggettiva si segue lo standard del "Massimo Positivo" che corrisponde alla cosiddetta "refrazione convenzionale" nella misurazione oggettiva tramite autorefrattometro viene misurata la "refrazione ottimale", ovvero quella che non tiene conto della profondità di campo per la prescrizione. Oltre a queste considerazioni di carattere generale, una più dettagliata analisi va fatta a proposito dell'impostazione stessa dello studio. La scarsità di risultati significativi in senso statistico ha portato ad analizzare punto per punto quella che è stata la sequenza operativa nella raccolta dei dati e nell'analisi degli stessi; confrontando poi questo piccolo studio con altri ho potuto comprendere quali fossero i punti deboli del mio lavoro. Per prima cosa, ho limitato la valutazione dell'Acuità Visiva ai 12/10 considerati standard per una buona visione. Questa scelta ha drasticamente ridotto la variabilità nei risultati e ciò ha portato, ad esempio, ad avere un solo valore di acuità per tutti i soggetti all'esame Soggettivo, rendendo impossibili alcuni tipi di indagine statistica. Sarebbe stato sicuramente più appropriato ai fini dello studio la misurazione della massima acuità raggiungibile dal soggetto con la correzione in esame, in modo da avere un primo riscontro sull'eventuale differenza tra le performance delle correzioni stesse. Altro fattore che probabilmente ha influito sull'analisi dell'Acuità Visiva è la giovane età di alcuni soggetti: nei soggetti con età compresa tra i 20 ed i 25 anni infatti l'Ampiezza Accomodativa per l'occhio normale è di circa 10 e 8,75 D rispettivamente (approssimazione secondo Hofstetter). Un così ampio range di possibili risposte accomodative permette al soggetto di avere una buona Acuità Visiva nonostante gli venga provata una correzione superiore per i miopi o inferiore per gli ipermetropi (si considerano in entrambi i casi i valori assoluti); tutt'al più l'errata correzione può influenzare parzialmente i valori del comfort. La quasi totale assenza di ipermetropi tra i soggetti (giovani) analizzati (2 su 32), è in parte responsabile dell'alta Acuità Visiva media ottenuta anche con la correzione suggerita dall'autorefrattometro. La valutazione del Comfort aveva lo scopo di evidenziare significative differenze tra la portabilità nelle due correzioni. Data l'impossibilità di comporre un questionario adatto allo scopo, è stato utilizzato un metodo piuttosto approssimativo, che richiedeva la partecipazione del soggetto (su cui non si dubita) e la piena comprensione di ciò

che gli veniva chiesto; su quest'ultimo punto il dubbio sull'effettiva comprensione della differenza tra la qualità visiva che la correzione fornisce rispetto a quanto la correzione stessa sia confortevole e rilassante rimane. Comunque lo studio statistico condotto sui dati di confort e acuità visiva oggettivi e soggettivi hanno confermato che la differenza tra le due medie (decisamente più alta quella della soggettiva) non è assolutamente dovuta al caso ma dipende da ulteriori fattori che vengono valutati nella refrazione soggettiva tendenti a migliorare il confort e l'acuità del soggetto, fattori che non sono presi in considerazione dallo strumento oggettivo.

Per quanto riguarda dunque la raccolta dei dati questi sono i miglioramenti da applicare ad eventuali studi simili a questo:

1. Valutazione della massima Acuità Visiva raggiungibile con le correzioni in esame;
2. Includere nello studio (per quanto possibile) soggetti di ogni età e con ogni tipo e grado di difetti visivi.
3. Eventualmente suddividere i soggetti in gruppi di età e/o di errore refrattivo;
4. Valutazione della Sensibilità al Contrasto per le varie correzioni.
5. Perfezionamento di un questionario per la valutazione del confort.

Un diretto confronto del presente studio con altri reperibili nella letteratura non è stato possibile: nessuno di questi infatti è esattamente sovrapponibile. Gli studi analoghi, infatti, seppur simili nella modalità di reperimento dei dati, differiscono circa gli obiettivi da raggiungere o i dati da confrontare.

CAPITOLO 4 – Conclusioni

Dalla *tabella 1* si nota, com'era lecito attendersi, come in media l'autorefrattometro abbia prescritto correzioni più alte rispetto al soggettivo e a quella abituale. Questo è in linea con l'idea che solitamente le refrazioni oggettive tendano a sovracorreggere i miopi e sottocorreggere gli ipermetropi: questo è il motivo per il quale il bilanciamento nel soggettivo resta ad oggi un test fondamentale per poter prescrivere la correzione più adatta al soggetto. Tuttavia tale risultato non è stato replicato e quindi si può affermare che questa ricerca ha rilevato delle differenze tra le singole misurazioni effettuate ma tali differenze non sono risultate significative a livello statistico, confermando la precisione dell'autorefrattometro. Si può quindi affermare che i due metodi di misurazione forniscono misurazioni correlate e che i moderni refrattometri forniscono misurazioni abbastanza precise. Lo stesso non si può affermare per la misurazione del confort e dell'acuità visiva

che risultano notevolmente migliorati nella misurazione soggettiva, come anche dimostrato dallo studio statistico, a sostegno del lavoro svolto dall'optometrista.

A causa di alcune limitazioni di questo studio non è stato possibile tirare delle conclusioni ben definite. Esistono vari fattori (precisione delle valutazioni, limiti tecnologici delle comuni compensazioni ottiche, sensibilità individuale, ecc.) e variabili difficili da controllare o per natura complesse (diametro pupillare, relazione correzione/comfort) che potrebbero aver influito sui risultati. Comunque questi risultati non servono per affermare o meno la validità di una tipologia di esame quello soggettivo rispetto a quello oggettivo. Un abbozzo di conclusione è che la misura oggettiva con autorefrattometro permette di ottenere rapidamente un dato di refrazione, che è paragonabile a quello ottenibile con le procedure standard di valutazione, pur portando a risultati diversi. Una prima soluzione pratica consigliabile sarebbe far seguire alla misurazione oggettiva solo una valutazione soggettiva di bilanciamento binoculare, per compensare eventuali errori sferici e di sovra o sottocorrezione. Pertanto, la prima fase dell'esame della refrazione consiste nel determinare la refrazione oggettiva così definita perchè non richiede l'intervento del soggetto. A tale scopo è possibile ricorrere a tecniche all'avanguardia messe a disposizione dagli autorefrattometri e dalla schiascopia. Indipendentemente dal metodo prescelto la refrazione oggettiva (*Lai, Gomez, Wei, 2004*) potrà costituire solo un primo passo verso la prescrizione e dovrà essere poi convalidata da un esame soggettivo della refrazione. Con ciò non intendiamo screditare il contributo di questi strumenti bensì ribadire che la misurazione effettuata solo mediante l'autorefrattometria dovrà sempre essere integrata da un esame soggettivo. Malgrado i progressi compiuti gli autorefrattometri non consentono di misurare la refrazione in modo del tutto attendibile, in genere, come rilevato nei singoli casi, generano una sottostima dell'ipermetropia e una sovrastima della miopia a causa dell'accomodazione del soggetto.

Possiamo concludere che l'autorefrattometro fornisce una misura abbastanza precisa, anche se il singolo caso poi dovrà essere valutato nello specifico. La refrazione oggettiva diventa quindi il punto di partenza per la refrazione soggettiva che sicuramente garantisce un miglior comfort e acuità visiva al soggetto e non tende né a sottostimare né a sovrastimare le singole correzioni. In quest'ultimo caso la professionalità e la competenza dell'ottico optometrista sicuramente è essenziale.

Riferimenti Bibliografici:

- Bullimore MA, Fusaro RE, Adams CW. The repeatability of automated and clinician refraction. *Optom Vis Sci* 1998; 75: 617-22.
- Elliott M. Simpson T. Richter D., et al. Repeatability and accuracy of automated refraction: a comparison of the Nikon NRK-8000, the NIDEK AR- 1000, and subjective refraction. *Optom Vis Sci* 1997; 74:434-8.
- F. Scotti, Il test T di Student, 23 maggio 2006
- Jeffrey R. Bennett, Gina M. Stalboerger, David O. Hodge, Muriel M. Schornack (2015). Comparison of refractive assessment by wavefront aberrometry, autorefraction, and subjective refraction. *Journal of Optometry* 8,109-115
- Jeffrey Cooper, O.D., Karl Citek, O.D., Ph. D.,and Jerome M.Feldman,Ph.D. (2011) Comparision of refractive error measurements in adults with Z-View aberrometer, Humphrey autorefractor, and subjective refraction. *Optometry* 82,231-240
- K.V. Matdia ,statistics of direccional data, Academic Press (1972);
- Lai S, Gomez N, Wei J. Method of determining a patient's subjective refraction based on objective measurement. *J refract surg* 2004; 20: S 528 – 32.
- S. Marcos; *Image Quality of the Human Eye*; International Ophthalmology Clinics; 2003; 43, 43-62
- Thibos, L N and Horner, D; Power vector analisis of the optical outcome of refractive surgery; *J Cataract refract surg*, 27 (1), 80-85 (2001).

CORRETTIVO IN USO					REFRAZIONE OGGETTIVA					REFRAZIONE SOGGETTIVA																			
OCCHIO DESTRO		OCCHIO SINISTRO		CONF	OCCHIO DESTRO		OCCHIO SINISTRO		CONF	OCCHIO DESTRO		OCCHIO SINISTRO		CONF	OCCHIO DESTRO		OCCHIO SINISTRO		CONF										
SPH	AX	SOLO VICINO	SPH		CYL	AX	SPH	CYL		AX	SPH	CYL	AX		SPH	CYL	AX	SPH		CYL	AX								
+3,75	+0,25	90		8	+4,25	+0,50	178		5	+4,00	+0,25	90		7	+4,00	+0,25	90		9	+4,00	+0,25	90		10	+4,00	+0,25	90		10
				9	+0,50	0,00			7	+0,50	0,00			7	+0,50	0,00			7	+0,50	0,00			9	+0,50	0,00		9	
-2,25	-0,25	70	-2,00	8	-1,25	0,00			7	-1,25	0,00			7	-1,25	0,00			7	-1,25	0,00			9	-1,25	0,00		9	
-2,50	-0,25	5	-2,50	7	-4,00	-0,25	38		7	-4,00	-0,25	38		7	-4,00	-0,25	38		7	-4,00	-0,25	38		9	-4,00	-0,25	38	9	
+1,00	+1,50	110	+1,00	8	-4,75	-0,50	6 4,75		6 4,75	-4,75	-0,50	6 4,75		6 4,75	-4,75	-0,50	6 4,75		6 4,75	-4,75	-0,50	6 4,75		8	-4,75	-0,50	6 4,75	8	
-2,00	-0,25	180	-1,75	6	+2,25	+2,25	105		6	+2,25	+2,25	105		6	+2,25	+2,25	105		6	+2,25	+2,25	105		8	+2,25	+2,25	105	8	
-1,00	-0,25		-1,25	7	-2,75	-0,50			7	-2,75	-0,50			7	-2,75	-0,50			7	-2,75	-0,50			9	-2,75	-0,50		9	
-0,75	-0,25	10	-0,75	9	-1,25	-0,50	145		9	-1,25	-0,50	145		9	-1,25	-0,50	145		9	-1,25	-0,50	145		10	-1,25	-0,50	145	10	
-1,25	-0,25		-1,50	9	+0,75	+1,75	4		4	+0,75	+1,75	4		4	+0,75	+1,75	4		4	+0,75	+1,75	4		9	+0,75	+1,75	4	9	
-0,50	-0,25	100	-0,50	8	-1,75	8			8	-1,75	8			8	-1,75	8			8	-1,75	8			9	-1,75	8		9	
-4,00	-0,75	175	-4,00	9	-5,25	-1,25	173		10	-0,25	-0,75			10	-0,25	-0,75			10	-0,25	-0,75			9	-0,25	-0,75		9	
-2,75	-0,50	27	-2,25	10	-2,75	-1,50	177		10	-2,75	-1,50	177		10	-2,75	-1,50	177		10	-2,75	-1,50	177		10	-2,75	-1,50	177	10	
				10	+1,25				10	+1,25				10	+1,25				10	+1,25				9	+1,25			9	
-1,00	0,50	120	-1,75	9	-0,50	0,50	132		9	-0,50	0,50			9	-0,50	0,50			9	-0,50	0,50			9	-0,50	0,50		9	
-1,75	-1,00	180	-2,75	9	-1,75	-1,25	10		9	-1,75	-1,25	10		9	-1,75	-1,25	10		9	-1,75	-1,25	10		9	-1,75	-1,25	10	9	
-1,75	-0,25	105	-1,25	8	0,25	-0,50	86		8	0,25	-0,50	86		8	0,25	-0,50	86		8	0,25	-0,50	86		9	0,25	-0,50	86	9	
+1,00			+1,00	8	-2,25	-0,25	129		8	-2,25	-0,25	129		8	-2,25	-0,25	129		8	-2,25	-0,25	129		9	-2,25	-0,25	129	9	
				7	+2,75				7	+2,75				7	+2,75				7	+2,75				10	+2,75			10	
				9	-1,50	-0,25	51		9	-1,50	-0,25	51		9	-1,50	-0,25	51		9	-1,50	-0,25	51		9	-1,50	-0,25	51	9	
				8	+0,50	+0,50	114		8	+0,50	+0,50	114		8	+0,50	+0,50	114		8	+0,50	+0,50	114		9	+0,50	+0,50	114	9	
				7	+0,75				7	+0,75				7	+0,75				7	+0,75				9	+0,75			9	
				9	+0,25	+0,75	90		9	+0,25	+0,75	90		9	+0,25	+0,75	90		9	+0,25	+0,75	90		9	+0,25	+0,75	90	9	
+3,00	+0,50	15	+1,00	9	+2,75	+1,25	8		8	+2,75	+1,25	8		8	+2,75	+1,25	8		8	+2,75	+1,25	8		9	+2,75	+1,25	8	9	
				9	+1,00	+1,50	1		9	+1,00	+1,50	1		9	+1,00	+1,50	1		9	+1,00	+1,50	1		9	+1,00	+1,50	1	9	
				8	+0,25	+0,50	50		8	+0,25	+0,50	50		8	+0,25	+0,50	50		8	+0,25	+0,50	50		9	+0,25	+0,50	50	9	
-0,25	-1,75	170	-0,25	9	-11,5	-2,5	171		9	-11,5	-2,5	171		9	-11,5	-2,5	171		9	-11,5	-2,5	171		9	-11,5	-2,5	171	9	
-10,5	-1,25	170	-8	6	+1,25	+1,75	154		6	+1,25	+1,75	154		6	+1,25	+1,75	154		6	+1,25	+1,75	154		9	+1,25	+1,75	154	9	
				8	0,5	-1	180		8	0,5	-1	180		8	0,5	-1	180		8	0,5	-1	180		9	0,5	-1	180	9	
4			1,75	6	5,5				6	5,5				6	5,5				6	5,5				9	5,5			9	
-1	-0,5	180	-1,5	5	-2,5	-0,75	4		5	-2,5	-0,75	4		5	-2,5	-0,75	4		5	-2,5	-0,75	4		9	-2,5	-0,75	4	9	
2,5	0,5	120	2	8	2,75	0,75	166		8	2,75	0,75	166		8	2,75	0,75	166		8	2,75	0,75	166		9	2,75	0,75	166	9	
0	-0,5	80	-0,25	9	-0,5	-0,75	76		9	-0,5	-0,75	76		9	-0,5	-0,75	76		9	-0,5	-0,75	76		9	-0,5	-0,75	76	9	
				8	0,25	0,25	101		8	0,25	0,25	101		8	0,25	0,25	101		8	0,25	0,25	101		9	0,25	0,25	101	9	
-2,25			-2	9	-3				9	-3				9	-3				9	-3				9	-3			9	
3,5			3	8	0,25	0,25	104		8	0,25	0,25	104		8	0,25	0,25	104		8	0,25	0,25	104		9	0,25	0,25	104	9	
-0,25			0	7	-1,25	-0,75	154		7	-1,25	-0,75	154		7	-1,25	-0,75	154		7	-1,25	-0,75	154		9	-1,25	-0,75	154	9	
3			2	6	-1,25				6	-1,25				6	-1,25				6	-1,25				9	-1,25			9	
3	1,75	10	2	5	3,75	2,5			5	3,75	2,5			5	3,75	2,5			5	3,75	2,5			9	3,75	2,5		9	
3	2	105	3,25	7	3		2		7	3		2		7	3		2		7	3		2		9	3		2	9	
-0,5	-0,5	170	-0,25	8	-1	-0,75	175		8	-1	-0,75	175		8	-1	-0,75	175		8	-1	-0,75	175		9	-1	-0,75	175	9	
-2,75	-0,25	170	-2,5	9	-3,25	-1,25	170		9	-3,25	-1,25	170		9	-3,25	-1,25	170		9	-3,25	-1,25	170		9	-3,25	-1,25	170	9	
				7	-1,25	-1	170		7	-1,25	-1	170		7	-1,25	-1	170		7	-1,25	-1	170		9	-1,25	-1	170	9	
-3,75	-0,75		-4,25	8	-3,5	-1	142		8	-3,5	-1	142		8	-3,5	-1	142		8	-3,5	-1	142		9	-3,5	-1	142	9	
-1,75	-0,75	130	-3,75	9	-2	-0,75	134		9	-2	-0,75	134		9	-2	-0,75	134		9	-2	-0,75	134		9	-2	-0,75	134	9	
0,5	-2	180	0,25	7	0,5	-2,5	3		7	0,5	-2,5	3		7	0,5	-2,5	3		7	0,5	-2,5	3		9	0,5	-2,5	3	9	
0	-0,75	180	0	6	-0,75	-1	178		6	-0,75	-1	178		6	-0,75	-1	178		6	-0,75	-1	178		9	-0,75	-1	178	9	
				8	0,5	-1,25	173		8	0,5	-1,25	173		8	0,5	-1,25	173		8	0,5	-1,25	173		9	0,5	-1,25	173	9	
-0,75	-2,75	180	-0,25	7	-1,25	-3			7	-1,25	-3			7	-1,25	-3			7	-1,25	-3			9	-1,25	-3		9	
-1			-1,25	7	-1,75				7	-1,75				7	-1,75				7	-1,75				9	-1,75			9	
				8	8				8	8				8	8				8	8				9	8			9	
				9	140	90	140		9	140	90	140		9	140	90	140		9	140	90	140		9	140	90	140	9	
				10	140	90	140		10	140	90	140		10	140	90	140		10	140	90	140		9	140	90	140	9	
				11	140	90	140		11	140	90	140		11	140	90	140		11	140	90	140		9	140	90	140	9	
				12	140	90	140		12	140	90	140		12	140	90	140		12	140	90	140		9	140	90	140	9	
				13	140	90	140		13	140	90	140		13	140	90	140		13	140	90	140		9	140	90	140	9	
				14	140	90	140		14	140	90	140		14	140	90	140		14	140	90	140		9	140	90	140	9	
				15	140	90	140		15	140	90	140		15	140	90	140		15	140	90	140		9	140	90	140	9	
				16	140	90	140		16	140	90	140		16	140	90	140		16	140	90	140		9	140	90	140	9	
				17	140	90	140		17	140	90	140		17	140	90	140		17	140	90	140		9	140	90	140	9	
				18	140	90	140		18	140	90	140		18	140	90	140		18	140	90	140		9	140	90	140	9	
				19	140	90	140		19	140	90	140		19	140	90	140		19	140	90	140		9	140	90	140	9	
				20	140	90	140		20	140	90	140		20	140	90	140		20	140									

CORRETTIVO IN USO										REFRAZIONE OGGETTIVA										REFRAZIONE SOGGETTIVA									
M	occhio destro			occhio sinistro			M	occhio destro			occhio sinistro			M	occhio destro			occhio sinistro											
	J0	J45	M	J0	J45	M		J0	J45	M	J0	J45	M		J0	J45	M	J0	J45	M									
3,875	0,13	0,00	2,88	0,13	0,00	4,50	-0,25	0,02	3,38	0,13	0,00	4,13	0,13	0,00	3,13	0,13	0,00	3,13											
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00	0,50	0,19	-0,17	0,25	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00	0,25											
-2,375	-0,10	0,08	0,00	0,00	0,00	-1,25	0,00	0,00	-0,50	0,00	-0,50	0,00	0,00	0,00	-0,50	0,00	0,00	0,00											
-2,625	0,12	0,02	-2,00	0,00	0,00	-4,13	0,03	0,12	-3,38	0,11	0,06	-3,13	-0,11	0,06	-3,00	0,00	0,00	0,00											
1,75	0,57	0,48	-2,63	0,12	-0,02	-5,00	0,24	0,05	4,50	0,15	0,20	-2,88	-0,02	-0,12	-2,88	0,10	0,08	-2,88											
-2,125	0,13	0,00	1,75	0,38	-0,65	3,38	0,97	0,56	3,63	1,17	-1,13	3,13	0,59	-0,21	4,25	1,30	-0,75	1,30											
-1	0,00	0,00	-1,75	0,00	0,00	-3,00	0,24	0,05	-2,75	0,24	-0,08	-2,63	0,13	0,00	-2,38	0,10	-0,08	-2,38											
-0,875	0,12	0,04	-1,25	0,00	0,00	-1,50	0,09	-0,23	-1,50	0,00	0,00	-1,25	0,00	0,00	-1,25	0,00	0,00	-1,25											
0	0,00	0,00	-1,00	-0,23	0,09	-1,38	0,03	-0,12	-1,88	-0,37	0,08	-1,13	-0,10	-0,08	-1,50	-0,25	-0,04	-1,50											
-1,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,63	-0,87	-0,12	1,38	-0,36	-0,09	1,88	-0,63	0,00	1,63	-0,62	-0,11	1,63											
-0,625	0,00	0,00	-1,50	0,00	0,00	-1,75	0,00	0,00	-2,25	-0,02	-0,25	-1,75	0,00	0,00	-1,75	0,00	0,00	-1,75											
0	0,00	-0,04	-0,63	-0,12	0,04	-1,50	0,00	0,00	-0,75	0,00	0,00	-0,63	-0,12	-0,04	-0,88	-0,12	0,04	-0,88											
-4,375	0,37	-0,07	-4,25	0,25	-0,04	-5,88	0,61	-0,15	-4,88	0,52	-0,35	-5,00	0,49	-0,09	-4,63	0,38	-0,16	-4,63											
-3	0,15	0,20	-2,50	0,19	0,16	-3,50	0,75	-0,08	-2,50	0,26	-0,42	-3,25	0,15	0,20	-2,88	0,00	0,38	-2,88											
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	0,38	0,08	-0,10	1,25	0,00	0,00	0,75	0,00	0,00	0,75											
-0,75	0,13	0,22	0,00	-0,12	0,04	-0,75	-0,03	-0,25	-0,75	0,00	0,00	-1,25	-0,13	-0,22	-2,00	-0,23	0,00	-2,00											
-2,25	0,50	0,00	-3,00	0,23	0,00	-2,38	0,59	-0,21	-2,88	0,35	-0,13	-2,25	0,00	0,00	-3,00	0,29	0,24	-3,00											
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,25	0,03	0,25	0,43	0,25	0,00	-0,25	0,00	-0,13	0,29	0,00	0,25											
-1,875	-0,11	-0,06	-1,50	0,25	0,00	-2,38	-0,03	-0,12	-2,13	0,37	-0,07	-2,38	-0,08	-0,10	-2,00	0,25	-0,04	-2,00											
1	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	2,75	0,00	0,00	2,75	0,00	0,00	2,75	0,00	0,00	2,75	0,00	0,00	2,75											
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-1,63	-0,03	0,12	-0,63	0,02	-0,12	-0,88	-0,06	0,11	-0,25	0,00	0,00	-0,88											
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,75	0,17	0,19	-0,13	0,12	0,01	0,25	0,19	0,16	-0,13	0,13	0,00	0,25											
3,25	-0,22	-0,13	0,00	0,00	0,00	0,75	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,88	0,06	-0,11	0,88	0,12	0,04	0,25											
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,63	0,38	0,00	0,88	0,27	0,26	0,50	0,00	0,00	0,50	0,04	0,25	0,11											
-1,125	0,82	-0,30	0,00	-0,37	0,07	3,38	-0,60	-0,17	1,63	-0,37	0,05	3,50	-0,50	0,00	1,88	-0,62	0,00	0,11											
-11,125	0,59	-0,21	0,00	0,00	0,00	1,75	-0,75	-0,03	1,50	-0,70	-0,28	0,25	0,25	0,04	0,75	-0,23	-0,09	-0,23											
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,90	0,04	-0,25	0,50	-0,24	-0,07	0,13	0,06	-0,11	0,50	-0,49	-0,09	-0,09											
0	0,00	0,00	-8,63	0,59	-0,21	-12,00	0,43	-0,25	-10,63	0,59	-0,19	-11,63	1,06	-0,38	-2,00	1,17	-0,43	-2,00											
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,63	-0,32	0,20	1,75	-0,23	0,10	2,00	0,00	0,00	2,25	-0,25	0,04	0,00											
4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,32	0,36	-0,12	0,13	0,38	0,00	0,13	0,38	0,00	0,00											
-1,25	0,25	0,00	1,75	0,25	0,00	5,50	0,00	0,00	3,25	-0,24	0,00	5,50	-0,04	-0,25	3,63	-0,13	0,00	-0,13											
2,75	0,13	0,22	-1,75	0,25	0,00	-2,88	0,37	0,05	-4,25	0,70	-0,26	-2,75	0,19	0,16	-3,63	0,35	0,35	-3,63											
-0,25	-0,23	0,09	2,50	0,00	-0,50	3,13	-0,33	0,18	3,00	-0,09	-0,23	3,25	-0,47	0,17	3,25	-0,57	-0,48	-0,48											
-2,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,88	-0,33	0,18	-1,38	-0,82	-0,30	-0,88	-0,54	0,31	-1,13	-0,63	0,31	-1,13											
-2,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,38	0,12	0,05	0,25	0,00	-0,25	0,00	0,23	0,09	-0,13	0,00	0,38	0,00											
-2,25	0,00	0,00	-2,00	0,00	0,00	-3,00	0,00	0,00	-2,50	0,00	0,00	-2,75	0,00	0,00	-2,50	0,00	0,00	0,00											
3,5	0,00	0,00	3,38	-0,32	0,19	4,25	0,22	0,12	4,25	-0,23	-0,09	4,00	0,00	0,00	4,00	-0,25	0,00	0,00											
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,13	0,23	-0,30	-0,30	0,24	-0,05	-0,25	0,19	-0,16	-0,13	0,37	-0,07	-0,07											
-0,25	0,00	0,00	-0,13	-0,11	0,06	-1,25	0,00	0,00	-1,25	-0,17	0,18	-0,75	0,00	0,00	-0,75	-0,16	0,37	-0,16											
3,875	-0,82	-0,30	2,25	-0,25	0,00	5,00	-1,17	-0,43	2,63	-0,37	0,03	4,75	-0,94	-0,34	3,13	-0,37	-0,07	-0,37											
4	0,87	0,50	4,25	0,77	-0,64	4,00	0,34	0,94	4,88	-0,87	0,09	3,88	0,44	0,76	2,25	-0,50	0,87	0,32											
-0,75	0,23	-0,09	-0,50	0,25	-0,04	-1,38	0,37	-0,07	-1,38	0,53	0,33	-1,00	0,25	0,04	-1,13	0,19	0,32	0,00											
-2,875	0,12	-0,04	-2,75	0,25	0,00	-3,88	0,59	-0,21	-3,63	0,38	0,00	-3,00	0,23	-0,09	-3,00	0,25	0,00	0,00											
0	0,00	0,00	-4,25	0,00	0,00	-1,75	0,47	-0,17	-2,00	0,24	-0,75	-2,75	0,23	-0,09	-2,75	0,06	-0,11	-2,75											
-3,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-4,00	0,12	-0,49	-5,75	0,25	0,43	-4,00	0,00	0,00	-4,88	-0,19	-0,32	-4,88											
-2,125	-0,07	-0,37	-3,75	0,00	0,00	-2,38	-0,01	-0,37	-5,63	0,28	-0,25	-2,63	-0,19	-0,32	-4,75	-0,25	-0,04	-4,75											
-0,5	1,00	0,00	-0,88	1,13	0,00	-0,75	1,24	-0,03	-0,75	1,49	-0,21	-0,63	1,13	0,00	-0,88	1,38	0,00	0,00											
-0,375	0,38	0,00	-0,25	0,25	0,00	-1,25	0,50	-0,03	-1,88	0,36	-0,12	-0,88	0,38	0,00	-1,38	0,13	0,00	0,00											
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,13	0,61	-0,15	0,00	0,88	-0,47	-0,13	0,37	-0,04	-0,38	0,59	-0,21	-0,38											
-2,125	1,38	0,00	-1,50	0,22	-1,23	-2,75	1,44	0,41	-2,63	1,25	-1,39	-2,38	1,38	-0,04	-1,75	-0,22	-1,23	-2,38											
-1	0,00	0,00	-1,25	0,00	0,00	-1,75	0,00	0,00	-1,75	0,00	0,00	-1,50	0,00	0,13	-1,63	0,12	0,04	0,00											

M OGGETTIVO M SOGGETTIVO OCCHIO DESTRO

	Variabile 1	Variabile 2
Media	-0,608796296	-0,451388889
Varianza	9,178093335	7,879373035
Osservazioni	54	54
Correlazione di Pearson	0,987616384	
Differenza ipotizzata per le medie	0	
gdl	53	
Stat t	-2,267903177	
P(T<=t) una coda	0,013718193	
t critico una coda	1,674116237	
P(T<=t) due code	0,027436387	
t critico due code	2,005745995	

VALORE SIGNIFICATIVO AUTOREFRATTOMETRO MISURA PIU' MIOPIA

NON CASO

Test t: due campioni accoppiati per medie

M IN USO M SOGGETTIVO OCCHIO DESTRO

	Variabile 1	Variabile 2
Media	-0,460648148	-0,451388889
Varianza	5,814165138	7,879373035
Osservazioni	54	54
Correlazione di Pearson	0,972767993	
Differenza ipotizzata per le medie	0	
gdl	53	
Stat t	-0,09388221	
P(T<=t) una coda	0,462778373	
t critico una coda	1,674116237	
P(T<=t) due code	0,925556747	
t critico due code	2,005745995	

NON SIGNIFICATIVO

CASO

Test t: due campioni accoppiati per medie

M OGGETTIVO M SOGGETTIVO OCCHIO SINISTRO

	Variabile 1	Variabile 2
Media	-0,611111111	-0,62037037
Varianza	8,13836478	6,398563068
Osservazioni	54	54
Correlazione di Pearson	0,910503534	
Differenza ipotizzata per le medie	0	
gdl	53	
Stat t	0,057584922	
P(T<=t) una coda	0,47711791	
t critico una coda	1,674116237	
P(T<=t) due code	0,95429582	
t critico due code	2,005745995	

NON SIGNIFICATIVO

CASO

Test t: due campioni accoppiati per medie

M IN USO M SOGGETTIVO OCCHIO SINISTRO

	Variabile 1	Variabile 2
Media	-0,604166667	-0,62037037
Varianza	4,250442217	6,398563068
Osservazioni	54	54
Correlazione di Pearson	0,94698673	
Differenza ipotizzata per le medie	0	
gdl	53	
Stat t	0,135533481	
P(T<=t) una coda	0,446351776	
t critico una coda	1,674116237	
P(T<=t) due code	0,892703552	
t critico due code	2,005745995	

54 NON SIGNIFICATIVO

JO IN USO E SOGG OCCHIO DESTRO

	Variable 1	Variable 2
Media	0,116648986	0,111435273
Varianza	0,110292906	0,156397459
Osservazioni	54	54
Correlazione di Pearson	0,859863871	
Differenza ipotizzata per le medie	0	
gdl	53	
Stat t	0,189423453	
P(T<=t) una coda	0,425242257	
t critico una coda	1,674116237	
P(T<=t) due code	0,850484515	
t critico due code	2,005745995	

Test t: due campioni accoppiati per medie

	Variable 1	Variable 2
Media	0,153440049	0,111435273
Varianza	0,227633469	0,156397459
Osservazioni	54	54
Correlazione di Pearson	0,890126597	
Differenza ipotizzata per le medie	0	
gdl	53	
Stat t	1,407342361	
P(T<=t) una coda	0,082581869	
t critico una coda	1,674116237	
P(T<=t) due code	0,165163738	
t critico due code	2,005745995	

Test t: due campioni accoppiati per medie

	Variable 1	Variable 2
Media	0,077779869	0,054837025
Varianza	0,083414768	0,171067044
Osservazioni	54	54
Correlazione di Pearson	0,696882595	
Differenza ipotizzata per le medie	0	
gdl	53	
Stat t	0,588212622	
P(T<=t) una coda	0,286145126	
t critico una coda	1,674116237	
P(T<=t) due code	0,572290252	
t critico due code	2,005745995	

Test t: due campioni accoppiati per medie

	Variable 1	Variable 2
Media	0,155175127	0,054837025
Varianza	0,221393754	0,171067044
Osservazioni	54	54
Correlazione di Pearson	0,877193974	
Differenza ipotizzata per le medie	0	
gdl	53	
Stat t	3,263717113	
P(T<=t) una coda	0,000964186	
t critico una coda	1,674116237	
P(T<=t) due code	0,001928372	
t critico due code	2,005745995	

J45 IN USO E SOGG OCCHIO DX

	Variable 1	Variable 2
Media	0,004489644	-0,013522552
Varianza	0,019395948	0,028282509
Osservazioni	54	54
Correlazione di Pearson	0,589110305	
Differenza ipotizzata per le medie	0	
gdl	53	
Stat t	0,934010271	
P(T<=t) una coda	0,177267276	
t critico una coda	1,674116237	
P(T<=t) due code	0,354534552	
t critico due code	2,005745995	

Test t: due campioni accoppiati per medie

	Variable 1	Variable 2
Media	-0,053144335	-0,037042038
Varianza	0,052296127	0,076239985
Osservazioni	54	54
Correlazione di Pearson	0,547446969	
Differenza ipotizzata per le medie	0	
gdl	53	
Stat t	-0,485498133	
P(T<=t) una coda	0,314662029	
t critico una coda	1,674116237	
P(T<=t) due code	0,629324058	
t critico due code	2,005745995	

Test t: due campioni accoppiati per medie

	Variable 1	Variable 2
Media	-0,013952008	-0,013522552
Varianza	0,053899467	0,028282509
Osservazioni	54	54
Correlazione di Pearson	0,664701453	
Differenza ipotizzata per le medie	0	
gdl	53	
Stat t	-0,018136717	
P(T<=t) una coda	0,492798946	
t critico una coda	1,674116237	
P(T<=t) due code	0,985597892	
t critico due code	2,005745995	

Test t: due campioni accoppiati per medie

	Variable 1	Variable 2
Media	-0,100942005	-0,037042038
Varianza	0,095951437	0,076239985
Osservazioni	54	54
Correlazione di Pearson	0,645750923	
Differenza ipotizzata per le medie	0	
gdl	53	
Stat t	-1,949801782	
P(T<=t) una coda	0,028249369	
t critico una coda	1,674116237	
P(T<=t) due code	0,056498738	
t critico due code	2,005745995	