

# Effetti dell'ortocheratologia sull'allungamento assiale in soggetti con anisometropia

PAROLE CHIAVE

ORTOCHERATOLOGIA ANISOMETROPIA ALLUNGAMENTO ASSIALE

ABSTRACT

Introduzione: verificare l'efficacia dell'ortocheratologia nel trattamento di soggetti con anisometropia miopica e miopia unilaterale.

Metodo: è stata effettuata una ricerca della letteratura scientifica sul portale PubMed, concentrandosi su ricerche più recenti, dal 2018 in poi. Dopo una breve introduzione generale sugli aspetti generali dell'anisometropia e dell'ortocheratologia, sono stati analizzati e discussi gli studi selezionati.

Risultati: per quanto riguarda l'anisometropia bilaterale, sono stati inclusi nella review tre studi di coorte e un case report, che hanno dato quasi tutti risultati concordanti, ad eccezione di uno studio che ha confermato l'efficacia del trattamento sul controllo della crescita assiale, ma non altrettanto sulla riduzione dell'anisometropia. Per quanto riguarda l'ortocheratologia monoculare, sono stati presi in esame altri quattro studi che hanno confermato tutti l'efficacia del trattamento nel ridurre la progressione miopica nell'occhio trattato. Per supportare questi risultati è stata anche analizzata una meta-analisi riportante anche dati di ulteriori studi.

Discussione: la ricerca effettuata in letteratura sembrerebbe accreditare che l'ortocheratologia può rallentare la progressione miopica e ridurre i valori di anisometropia, e che questa sembra essere più efficace negli occhi con un maggior grado di miopia. Per quanto riguarda l'ortocheratologia monoculare, anche questa si è rivelata essere efficace nel trattare la miopia unilaterale; anche se, sembra non essere in grado di prevenire lo sviluppo di miopia anche nel controlaterale emmetrope.

Ottico e optometrista. Ha conseguito la laurea in Ottica e Optometria presso l'Università degli Studi di Padova, a luglio 2023. E nello stesso anno ha anche ottenuto l'abilitazione di ottico presso la scuola di Ottica dell'istituto "IIS-Enrico Fermi" di Pieve di Cadore. Da circa un anno, inoltre, ha iniziato a lavorare presso Ottica LOV, un'importante centro ottico della provincia di Verona dove si occupa di esami della vista, applicazione di lenti a contatto e vendita di occhiali.

Il lavoro deriva dall'elaborato conclusivo del Corso di Laurea in Ottica e Optometria, Università degli studi di Padova, Italia - Relatore: Paolo Facchin.  
enicogozzi5@gmail.com



**Dichiarazione di interessi o disclaimer:** Nessun conflitto di interesse dichiarato con quanto trattato in questo articolo.

**Citazione consigliata:** Gozzi E. Effetti dell'ortocheratologia sull'allungamento assiale in soggetti con anisometropia. [Effects of orthokeratology on axial elongation in subjects with anisometropia]. Rivista Italiana di Optometria RIO 2024; 45(1). www.riopto.org

**Data di accettazione:** 2024-04-20

## Introduzione

La miopia è diventata uno dei difetti visivi più comuni in tutto il mondo. La prevalenza della miopia varia dal 20 al 50% in Europa e negli Stati Uniti ed è fino al 70% o addirittura superiore all'80% per i giovani adulti in alcune zone dell'Asia orientale<sup>1</sup>.

Oltre alle ovvie considerazioni riguardanti le performance visive, va sottolineato che la miopia elevata è un fattore di rischio per malattie oculari quali cataratta, glaucoma, retinopatia miopica e distacco retinico<sup>1</sup>. Pertanto, se questa condizione è presente in un soggetto è molto importante cercare di rallentarne la progressione.

A questo scopo sono stati studiati e sviluppati diversi metodi d'azione. Uno di questi è l'intervento chirurgico, come il cross-linking del collagene sclerale e il buckling sclerale; un altro è il trattamento farmacologico a base di atropina a basso dosaggio ad uso topico; e infine, il metodo attualmente più usato sono gli interventi di natura ottica. Questi ultimi si basano sull'uso di lenti oftalmiche, monofocali, bifocali o progressive, ma anche lenti a contatto<sup>2</sup>. Esistono anche trattamenti che si basano sulla combinazione di entrambi i metodi, farmacologico e ottico; tuttavia, in questo elaborato non tratteremo quest'ultimo approccio ibrido.

Alla luce di quanto detto prima, l'ortocheratologia, un trattamento ottico per la correzione della miopia, ha mostrato una elevata efficacia anche nel rallentamento della progressione miopica<sup>3</sup>. Questo tipo di lenti a contatto, infatti, sono caratterizzate da un design tale per cui appoggiandosi sulla cornea sono in grado di modificarne la forma in maniera controllata. Ciò è possibile grazie alla pressione esercitata sulla superficie corneale dal deposito di lacrime che si viene a creare tra la lente e la cornea, la lente è progettata in modo tale da modificare il profilo della superficie corneale, modellandola e tutto questo ha effetto anche sul difetto refrattivo. L'allungamento della lunghezza assiale è il fattore più importante nella progressione della miopia; diversi studi hanno riferito che l'allungamento assiale in soggetti che indossavano lenti ortocheratologiche era generalmente più lento rispetto a quello dei soggetti che indossavano lenti oftalmiche monofocali<sup>3</sup>.

Questo elaborato, pertanto, si pone come una "review" della letteratura scientifica per andare ad analizzare, verificare e approfondire l'influenza del trattamento ortocheratologico, tralasciando quanto già ampiamente trattato in letteratura, in casi particolari come quello dell'anisometropia e andando ad indagare anche applicazioni non usuali, come quella monolaterale.

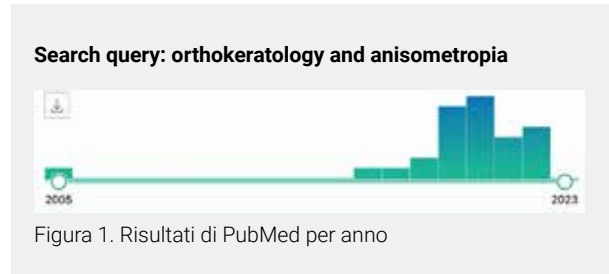
## Metodo

La selezione degli articoli per questo lavoro di tesi si è basata su una ricerca all'interno del portale PubMed, effettuata durante i mesi di marzo e aprile 2023. Per la ricerca sono state utilizzate varie combinazioni di parole chiave "orthokeratology and axial length" e "anisometropia and orthokeratology".

Per quanto riguarda la ricerca con i primi termini chiave sopra riportati, gli articoli presenti erano 224; tuttavia, sono stati presi in esame solo gli articoli che vanno dal

2018 ad oggi.

Invece, la ricerca effettuata con i termini "anisometropia and orthokeratology" ha fornito la maggior parte degli articoli che sono stati utilizzati per questo elaborato, poiché gli studi sugli effetti dell'ortocheratologia sul controllo dell'anisometropia sono molto recenti e hanno fornito diversi spunti. I risultati della ricerca sono riportati nel grafico sottostante:



Inoltre, sfogliando questi articoli si è osservato che, oltre a trattare dell'ortocheratologia bilaterale per il controllo dell'anisometropia miopica, diversi articoli si focalizzavano in particolare sull'ortocheratologia monolare sempre per lo stesso scopo; è per questo che nell'elaborato sarà presente anche un capitolo a parte su tale argomento.

## Risultati

Efficacia del controllo miopico con il trattamento ortocheratologico

Negli adulti, l'ortocheratologia è utile per la riduzione temporanea della miopia, specialmente per coloro che vorrebbero evitare l'uso di lenti oftalmiche o l'uso di lenti a contatto diurne o per coloro che presentano una scarsa tolleranza alle lenti a contatto morbide. Nei bambini, invece, è prevalentemente prescritta per la sua efficacia nel controllo della miopia<sup>4</sup>.

In uno studio condotto da Morgan et al.<sup>7</sup> vennero raccolti 14 anni di dati, dal 2004 al 2017, provenienti da 45 paesi diversi. Da questi dati è stato creato un database di oltre 295.000 applicazioni di lenti a contatto. Complessivamente, le lenti ortocheratologiche rappresentavano all'inizio circa l'1,2% delle applicazioni, percentuale che è poi aumentata dell'1,3% nel 2017, ma i numeri sono in costante aumento. Il target principalmente interessato riguarda una popolazione giovane e miope con un'età media di 25 anni ( $\pm 13$  anni), rispetto alle altre tipologie di lenti a contatto e anomalie refrattive ( $40 \pm 15$  anni)<sup>7</sup>. L'effetto delle lenti ortocheratologiche nel ritardare la progressione miopica è stato ampiamente dimostrato da diversi studi.

Tali evidenze sono supportate da alcune metanalisi. La prima è quella condotta da Sun et al<sup>8</sup>, che aveva proprio l'obiettivo di valutare gli effetti del trattamento clinico dell'ortocheratologia per rallentare la progressione della miopia. Il flusso di ricerca in letteratura utilizzato aveva portato gli autori a prendere in esame inizialmente ben 1532 articoli. Tuttavia, i criteri inclusivi hanno fatto sì che venissero ritenuti ammissibili ai calcoli statistici della metanalisi solamente 7 studi.

I risultati illustrano che l'ortocheratologia può rallentare la progressione della miopia nei bambini in età scolare. Il tasso di allungamento assiale (AL) è stato rallentato di 0,14 mm all'anno nel gruppo trattato con lenti ortho-k, rispetto al gruppo di controllo. Ciò corrisponde a una diminuzione di quasi il 45% della progressione miopica. Questi dati sono simili a quelli di un'altra meta-analisi condotta da Si et al<sup>1</sup>, che ha utilizzato criteri di inclusione ed esclusione di articoli, simili a quelli dello studio precedente; e i risultati ottenuti suggeriscono che l'ortocheratologia è in grado di ridurre efficacemente l'AL in una certa misura, con differenze medie di 0,26 mm in 2 anni.

**Efficacia del trattamento ortocheratologico bilaterale sull'anisometropia**

Diversi studi recenti hanno dimostrato che l'ortocheratologia è anche un metodo correttivo ideale per i bambini anisomiopi poiché può bilanciare l'acuità visiva in entrambi gli occhi, rallentare la progressione della miopia e ridurre il grado di anisometropia<sup>10</sup>.

Zhang et al.<sup>11</sup> condussero uno studio retrospettivo osservando 49 bambini con miopia bilaterale e anisometropia di 1,94 D trattati con lenti notturne. Il valore di equivalente sferico medio (SER) iniziale era -5,00 D negli occhi più miopi e -3,06 D nei controlaterali.

Sono stati poi creati 3 gruppi di controllo formati ciascuno da 49 soggetti. I soggetti del primo di questi gruppi avevano valori di miopia, per entrambi gli occhi, simili a quelli dell'occhio più miope del "Gruppo OK con anisometropia", mentre i soggetti del secondo gruppo avevano valori più simili a quelli dell'occhio meno miope dei soggetti del "Gruppo OK con anisometropia". Il terzo gruppo controllo, invece, era formato da bambini anisotropi corretti con lenti oftalmiche (SVL) (vedi tab. 1).

Analizzando i valori del gruppo OK, al follow-up dopo uno e due anni, gli occhi meno miopi hanno registrato una maggior crescita della AL con una media di 0,10 e 0,20 mm, rispetto agli occhi più miopi che sono cresciuti di 0,03 e 0,08 mm, rispettivamente (p<0,01). Analizzando i valori del gruppo controllo SVL la crescita assiale negli occhi più miopi e meno miopi è stata molto simile con valori medi rispettivi di 0,22 e 0,24 mm dopo un anno, e 0,43 e 0,46 mm rispettivamente dopo il secondo anno di follow-up (p>0,25). I due gruppi controllo OK con miopia elevata e bassa hanno mostrato una crescita proporzionale nelle coppie di occhi.

Il valore di differenza di AL interoculare nel gruppo OK è diminuito in 44 su 49 soggetti (90%) passando da 0,72 mm a 0,56 mm (p<0,05), mentre quello del gruppo controllo SVL è aumentato in 25 su 49 bambini (51%) passando da 0,73 a 0,76 mm (p>0,05) dopo due anni. Un altro studio che mostra risultati simili è quello di Lu et al.<sup>12</sup>, condotto su un totale di 108 bambini anisotropi con miopia bilaterale media di -4,25D e - 2,75 D, rispettivamente negli occhi più miopi e in quelli meno miopi. Questi dati e gli altri parametri oculari sono riportati nella tabella 2.

All'inizio dello studio il valore medio di anisometropia era di 1,38 D; mentre alla fine, al follow-up di 1 anno, il valore era diminuito fino a 1,25 D (p=0,005). Quindi, il trattamento si è rivelato efficace nel ridurre l'anisometropia, anche se considerato il valore inferiore a 0,25 D, non si può considerare una riduzione clinicamente significativa.

Parameter	More myopic eye	Less myopic eye	Z	P
Number of eyes	108	108		
UKA	0.00 (0.70, 1.40)	0.52 (0.40, 0.60)	11.206	< 0.001
Spherical refraction, D	-4.21 (-5.06, -3.36)	-2.75 (-3.61, -1.89)	-6.996	< 0.001
Cylindrical refraction, D	-0.88 (-1.33, -0.43)	-1.50 (-2.04, -0.95)	-5.946	< 0.001
SER, D	-3.33 (-4.36, -2.30)	-2.79 (-3.82, -1.76)	-3.956	< 0.001
Axial length, mm	25.33 (24.75, 25.42)	25.22 (24.81, 25.70)	8.960	< 0.001
Anterior chamber depth, mm	3.58 (3.54, 3.62)	3.69 (3.58, 3.82)	1.763	0.08
Intraocular pressure, mmHg	14.31 (14.03, 14.51)	14.38 (13.98, 14.81)	-1.322	0.18

Data are presented as the median (I<sub>25</sub>, P<sub>75</sub>). UKA = unaided acuity (logMAR); D = diopter; SER = spherical equivalent refraction.

Tab. 2: Confronto delle caratteristiche iniziali tra due gruppi di occhi.

L'aumento medio della AL degli occhi più miopi è stato di 0,13 mm, contro 0,20 mm degli occhi con miopia inferiore (p<0,0001). La differenza di AL interoculare è passata da 0,54 mm a 0,46 mm (p<0,0001).

Lum<sup>13</sup> ha pubblicato un case report su un bambino che ha ricevuto trattamento OK bilaterale in quanto miope e anisometropo. Dopo il primo anno di OK, il valore di AL è aumentato di 0,18 mm/anno e 0,25 mm/anno, rispettivamente nell'occhio più e meno miope, mentre nei due anni precedenti, in cui era corretto solo con lenti oftalmiche, i valori erano stati 0,38 e 0,46 mm/anno per l'occhio più miope, 0,31 e 0,30 mm/anno per l'occhio meno miope. Il valore di anisometropia (SER) precedente all'ortocheratologia era aumentato da -0,75 D a -2,25 D in circa 18 mesi con l'utilizzo di occhiali monofocali, ma dopo 12 mesi di OK la refrazione si era stabilizzata.

m ± SD	Gruppo OK con anisometropia (n = 49)			Gruppo controllo OK con alta miopia (n = 49)			Gruppo controllo OK con bassa miopia (n = 49)			Gruppo controllo SVL con anisometropia (n = 49)		
	Maggiore	Minore	p-value	Destro	Sinistro	P-value	Destro	Sinistro	P-value	Maggiore	Minore	p-value
Età (anni)	12.6±2.1 (8-16)			12.6±2.1 (8-16)			12.6±2.1 (8-16)			12.3±2.6 (8-16)		
SER (D)	-5.00	-3.06	<0.0001	-4.90	-4.88	0.96	-3.11	-3.09	0.50	-4.35	-2.46	<0.0001
AL (mm)	25.33±0.87	24.61±0.86	<0.0001	25.71±0.79	25.70±0.81	0.59	25.12±0.97	25.10±0.98	0.27	25.32±0.75	24.59±0.87	<0.0001

Tab. 1: Valori iniziali dei 4 gruppi dello studio. D, diottrie; m, media; SD, deviazione standard; n, numero persone

Il valore di differenza di AL interoculare precedente all'OK era passato da 0,76 mm a 0,91 mm – in linea con l'aumento dell'anisometropia – per poi diminuire a 0,84 mm dopo il trattamento OK.

I risultati di questi studi sono confermati da diversi altre pubblicazioni, come quella di Zhong et al<sup>14</sup>, che hanno condotto uno studio su 29 bambini con anisomiopia bilaterale di 1,69 D di media e trattati con lenti ortho-k. Dopo 2 anni, la lunghezza assiale era aumentata di 0,41 mm e 0,31 mm, rispettivamente negli occhi meno miopi (equivalente sferico medio: -1,93 D) e più miopi (equivalente sferico medio: -3,62 D). L'incremento della lunghezza assiale aveva influenzato l'errore refrattivo che era aumentato mediamente e rispettivamente di -1,21 D e -0,84 D.

Un'altra è quella di Tsai et al.<sup>15</sup> che condussero uno studio su 52 bambini con miopia bilaterale e che presentavano un valore di anisomiopia iniziale di circa 1,27 D. Dopo due anni di trattamento con lenti ortho-k la differenza di lunghezza assiale interoculare era diminuita, arrivando a 0,38 mm, rispetto ai 0,53 mm di differenza iniziali.

### Ortocheratologia monoculare

Gli studi esaminati fino ad ora riportavano tutti casi di anisometropia miopica bilaterale; tuttavia, sono diversi anche gli studi riguardanti casi di miopia unilaterale. Anche per trattare questa condizione, le misure più utilizzate sono: occhiali, lenti a contatto morbide o RGP e lenti ortho-k. Studi recenti, come visto, hanno dimostrato l'efficacia dell'ortocheratologia nella correzione dell'anisomiopia nei bambini, perché in grado di bilanciare l'acuità visiva in entrambi gli occhi, controllare la progressione miopica e ridurre il valore di anisomiopia.

Uno studio che analizza l'efficacia del trattamento ortocheratologico sulla miopia unilaterale è quello di Fu et al<sup>16</sup>; che pubblicarono uno studio retrospettivo su 27 bambini con anisometropia miopica unilaterale di -2,83D trattati monocolarmente con ortocheratologia. Al follow-up di un anno la crescita della AL è stata di 0,11 mm negli occhi miopi trattati con lenti OK, mentre di 0,30 mm negli occhi controlaterali inizialmente emmetropi e senza alcuna correzione (p=0,04). Di quest'ultimi, 13 occhi (48,1%) diventarono miopi, in media, di -1,36D (intervallo - 0,75 D ~ -1,75 D).

Dall'analisi della regressione si è evidenziato che l'aumento della AL è stato maggiore negli occhi emmetropi privi di correzione, rispetto ai controlaterali miopi trattati con lenti OK (p=0,03, 95% di intervallo di confidenza [CI]).

Zhang et al<sup>17</sup>, invece, fecero uno studio retrospettivo sulla refrazione e la lunghezza assiale di 50 bambini, (8-18 anni). Questi soggetti presentavano tutti un occhio miope, di almeno -1,00 D e un occhio emmetrope; il valore medio di anisometropia era di 1,51 D. L'occhio miope è stato trattato con ortocheratologia notturna, mentre il controlaterale non ha ricevuto alcun trattamento. In seguito, durante i controlli periodici, anche gli occhi emmetropi non trattati hanno iniziato a sviluppare miopia (valore medio di -1,56 D) e di conseguenza i pazienti hanno cominciato a ricevere un trattamento

binoculare. Si è notato che i pazienti con una maggior miopia, iniziavano a manifestarla anche nel controlaterale più velocemente rispetto ai soggetti con una miopia più bassa.

Durante il periodo di trattamento monoculare, la lunghezza assiale degli occhi miopi è cresciuta in media di 0,008 mm/mese, rispetto a 0,038 mm/mese dei controlaterali non trattati. Inoltre, la differenza interoculare in lunghezza assiale era significativamente minore di quella misurata alle condizioni iniziali.

Cheung et al<sup>18</sup> hanno descritto un caso in cui la lunghezza assiale dell'occhio a cui veniva applicata una lente ortho-k è aumentata di 0,13 mm, mentre quello controlaterale emmetrope e senza correzione è aumentato di 0,34 mm in due anni.

Long et al.<sup>19</sup> condussero uno studio su 79 bambini con anisometropia miopica unilaterale media di -2,6 D, trattati monocolarmente con lenti ortho-k, e confrontarono le variazioni di lunghezza assiale di questi soggetti con un gruppo controllo formato da 38 bambini che indossavano lenti a contatto a visione singola monocolarmente. Al follow-up di un anno l'allungamento assiale degli occhi miopi che hanno ricevuto il trattamento ortho-k, è stato di 0,05 mm, mentre i controlaterali di 0,34 mm. Mentre, nel gruppo controllo gli occhi miopi trattati hanno mostrato un allungamento di 0,33 mm e i controlaterali di 0,31 mm.

Un altro studio recente è quello di Chen et al.<sup>20</sup> che aveva lo scopo di studiare l'efficacia sul controllo miopico confrontando occhi trattati con ortho-k e gli occhi controlaterali emmetropi, nei bambini con miopia unilaterale, e identificare i fattori di influenza inter-individuali. In questo studio di coorte retrospettivo sono stati esaminati 98 soggetti con miopia unilaterale che hanno ricevuto un trattamento monoculare con lente ortho-k; il follow-up prevedeva controlli dopo: 1 giorno, 1 settimana, 1 mese e poi ogni 3 mesi. Da questi 98 sono stati esclusi 36 bambini che durante il follow-up hanno sviluppato una miopia £ -1,00 D, anche nel controlaterale; pertanto alla fine sono stati analizzati i dati di 62 soggetti (vedi tab. 3).

Sono stati usati come indicatori dell'effetto del trattamento due valori: la riduzione assoluta intra-bilaterale della crescita assiale (ibARAL) e la riduzione relativa intra-bilaterale della crescita assiale (ibRRAL).

	OK eyes (n=62)	Contralateral eyes (n=62)	p-value <sup>Δ</sup>
Baseline AL, mm	24.41 ± 0.81	23.52 ± 0.69	0.000**
ΔAL, mm	0.07 ± 0.18	0.48 ± 0.24	0.000**
ibARAL, mm	0.41 ± 0.30		
ibRRAL	83.4% ± 56.3%		

OK Ortho-k treated, AL axial length, ΔAL change in axial length, ibARAL intra-bilateral absolute reduction in axial length, ibRRAL intra-bilateral relative reduction in axial length

Tab. 3: Dati di allungamento assiale

	ΔAL of OK eyes, mm		ΔAL of fellow eyes, mm		ibARAL, mm		ibRRAL	
	R <sup>Δ</sup>	p-value	R <sup>Δ</sup>	p-value	R <sup>Δ</sup>	p-value	R <sup>Δ</sup>	p-value
Age, Y	-0.250	0.049*	-0.070	0.426	0.044	0.732	0.013	0.918
Sex (male versus female)	0.214 <sup>†</sup>	0.043*	0.055 <sup>†</sup>	0.599	-0.055 <sup>†</sup>	0.604	-0.155 <sup>†</sup>	0.142
SER, D	0.318	0.012*	0.022	0.818	-0.444	0.000**	-0.297	0.019*
FK, D	-0.029	0.820	0.038	0.670	0.062	0.633	0.033	0.799
SK, D	-0.049	0.706	0.051	0.563	0.090	0.485	0.030	0.816
SK-FK, D	-0.088	0.494	0.007	0.941	0.138	0.286	0.004	0.978
Base AL	-0.073	0.574	-0.047	0.593	0.103	0.424	0.095	0.462

ΔAL the change in axial length, ibARAL the absolute reduction in axial length, ibRRAL the relative reduction in axial length, OK Ortho-k treated, SER cycloplegic spherical equivalent refraction, SK steep keratometry, FK flat keratometry

Tab. 4: Relazione della differenza di lunghezza assiale, ibARAL e ibRRAL con età, genere e parametri oculari

La loro definizione può essere riportata anche alle equazioni sottostanti:

$$ibARAL = B - A$$

$$ibRRAL = (B - A) / B * 100\%$$

A: crescita assiale dell'occhio trattato con ortho-k, B: crescita assiale del controlaterale non trattato.

Nelle condizioni pre-trattamento, la lunghezza assiale media era di 24,41 mm nell'occhio miope, quindi significativamente maggiore rispetto ai 23,52 mm del controlaterale. Al follow-up di 1 anno, la crescita assiale media era 0,07 mm nell'occhio trattato e di 0,48 mm nel controlaterale, con una differenza della crescita assiale assoluta intraoculare (ibARAL) media di 0,41 mm e relativa (ibRRAL) dell'83,4%.

Nell'analisi l'età, il genere e l'equivalente sferico hanno mostrato una certa correlazione con il cambiamento della lunghezza assiale negli occhi trattati, ma solo l'equivalente sferico ha mostrato una correlazione statisticamente rilevante con l'ibARAL (R = -0,444) e l'ibRRAL (R = -0,297) (vedi tab. 4).

### Integrazioni sulla ricerca effettuata sul controllo dell'anisometropia

Gli studi citati nei capitoli precedenti danno, quasi tutti, risultati concordanti sull'efficacia dell'ortocheratologia sui bambini che presentano anisometropia.

Sarebbero stati trovati altri titoli di articoli pertinenti all'argomento trattato in questo elaborato, ma non potendo essere liberamente consultati si è preferito omettere la loro analisi. Tuttavia, i risultati di alcuni di questi sono stati inclusi all'interno di una meta-analisi condotta da Tsai et al<sup>10</sup>, che, pertanto, si ritiene interessante citare ai fini di questo articolo per supportare ulteriormente quanto già osservato.

Per quanto riguarda la miopia unilaterale, quattro studi hanno analizzato l'allungamento assiale negli occhi miopi ed emmetropi a 1 anno di follow-up. Questi studi comprendevano un insieme di 176 bambini che hanno ricevuto un trattamento ortocheratologico unilaterale, mentre gli occhi controlaterali sono stati usati come controllo. Al follow-up di 1 anno la differenza media di allungamento assiale tra i due occhi era di 0,22 mm, rispetto ai 0,31 mm dell'inizio (vedi tab. 5).

Ci sono stati inoltre, due studi che hanno valutato i dati di follow-up a 2 anni; in questo caso la differenza media di

Study or Subgroup	Myopic eyes			Emmetropic eyes			Weight	IV, Fixed, 95% CI
	Mean	SD	Total	Mean	SD	Total		
Fu, 2020	0.11	0.19	27	0.3	0.28	27	13.1%	-0.19 [-0.32, -0.06]
Long, 2019	0.05	0.19	79	0.34	0.21	79	54.7%	-0.29 [-0.35, -0.23]
Na, 2018	0.07	0.21	45	0.38	0.23	45	25.7%	-0.29 [-0.38, -0.20]
Tsai, 2019	0.14	0.35	25	0.28	0.3	25	8.5%	-0.12 [-0.30, 0.06]
Total (95% CI)			176			176	100.0%	-0.27 [-0.31, -0.22]

Tab. 5: Gruppo miope unilaterale al follow-up di 1 anno

allungamento assiale tra occhi miopi ed emmetropi era di 0,02 mm alla fine dello studio, rispetto ai 0,33 mm iniziali (vedi tab. 6).

Study or Subgroup	Myopic eyes			Emmetropic eyes			Weight	IV, Fixed, 95% CI
	Mean	SD	Total	Mean	SD	Total		
Na, 2018	0.16	0.25	9	0.38	0.26	9	43.6%	-0.22 [-0.48, 0.02]
Tsai, 2019	0.28	0.35	19	0.42	0.3	19	56.4%	-0.14 [-0.35, 0.07]
Total (95% CI)			28			28	100.0%	-0.17 [-0.33, -0.02]

Tab. 6: Gruppo miope unilaterale al follow-up di 2 anni

Per quanto riguarda invece il trattamento bilaterale delle isomiopie, anche qui sono stati valutati risultati ottenuti al follow-up dopo 1 anno e dopo 2 anni. I gruppi che sono stati valutati dopo 1 anno hanno mostrato una differenza media lunghezza assiale tra l'occhio più miope e quello meno miope, di 0,04 mm, rispetto ai 0,09 mm misurati all'inizio (vedi tab. 7).

Study or Subgroup	High myopic eyes			Low myopic eyes			Weight	IV, Fixed, 95% CI
	Mean	SD	Total	Mean	SD	Total		
Fu, 2020	0.09	0.14	25	0.13	0.16	25	9.2%	-0.04 [-0.12, 0.04]
Long, 2019	0.05	0.17	98	0.16	0.19	98	25.1%	-0.10 [-0.15, -0.05]
Liu, 2020	0.13	0.24	108	0.2	0.25	108	15.0%	-0.07 [-0.14, -0.00]
Tsai, 2020	0.06	0.34	41	0.14	0.35	41	2.9%	-0.08 [-0.23, 0.07]
Yu, 2020	0.13	0.16	85	0.14	0.13	85	25.4%	-0.01 [-0.06, 0.04]
Zhang, 2019	0.03	0.25	49	0.12	0.02	49	13.0%	-0.09 [-0.16, -0.02]
Zhong, 2020	0.14	0.12	29	0.21	0.19	29	9.5%	-0.07 [-0.15, 0.01]
Total (95% CI)			415			415	100.0%	-0.06 [-0.09, -0.04]

Tab. 7: Gruppo anisomiopia bilaterale al follow-up di 1 anno.

Mentre i gruppi valutati dopo 2 anni riportavano alla fine degli studi una differenza media interoculare di 0,06 mm, mentre all'inizio la differenza era di 0,21 mm (vedi tab. 8).

Study or Subgroup	High myopic eyes			Low myopic eyes			Weight	IV, Fixed, 95% CI
	Mean	SD	Total	Mean	SD	Total		
Tsai, 2020	0.17	0.29	25	0.28	0.28	25	20.8%	-0.11 [-0.27, 0.05]
Zhang, 2019	0.09	0.25	49	0.25	0.25	49	52.9%	-0.16 [-0.26, -0.06]
Zhong, 2020	0.31	0.23	29	0.41	0.31	29	26.3%	-0.10 [-0.24, 0.04]
Total (95% CI)			103			103	100.0%	-0.13 [-0.21, -0.06]

Tab. 8: Gruppo anisomiopia bilaterale al follow-up di 2 anni

## Discussione e conclusioni

Dagli studi riportati in questo elaborato di tesi sembrerebbe, quindi, emergere l'efficacia dell'ortocheratologia nel ritardare la progressione miopica e ridurre il valore dell'anisomiopia e della miopia monolaterale.

Per quanto riguarda l'ortocheratologia bilaterale, quasi tutti gli studi analizzati hanno registrato una variazione statisticamente significativa nella differenza interoculare di lunghezza assiale e nella differenza di anisometropia, prima e dopo il trattamento ortocheratologico.

Nello studio di Zhang et al.<sup>11</sup> è stato innanzitutto osservato che i bambini anisomiopi che indossavano lenti ortho-k mostravano una differenza nell'allungamento assiale, in particolare, gli occhi più miopi trattati presentavano una minor crescita assiale. In contrasto con i soggetti isomiopi, sempre trattati con ortho-k, e anisomiopi non trattati con ortho-k che mostravano una crescita assiale simile in entrambi gli occhi.

Questi risultati hanno trovato conferma nello studio di Lu et al.<sup>12</sup>, che oltre a mostrare l'efficacia del trattamento nel ridurre il grado di anisometropia e la differenza interoculare di lunghezza assiale, ha provato anche che l'ortocheratologia era significativamente più efficace negli occhi più miopi che in quelli meno miopi. Conclusioni simili sono state anche riportate da altri studi come quelli di Lum et al.<sup>13</sup>, Zhong et al.<sup>14</sup> e Tsai et al.<sup>15</sup>.

Possiamo quindi supporre che ci sia una forte correlazione positiva tra il grado di miopia iniziale e il controllo della crescita assiale ad opera delle lenti ortho-k. Pertanto, nella stessa persona, a parità di condizioni ambientali un grado più alto di miopia iniziale potrebbe avere più probabilità di un grado di miopia più basso di essere controllato in modo efficace dall'ortocheratologia.

L'unico risultato contrastante, in questo senso, è quello riportato dallo studio di Fu et al.<sup>16</sup> che sembrerebbe indicare che le lenti ortho-k usate nel trattamento binoculare possano bilanciare l'acuità visiva e controllare l'allungamento assiale in entrambi gli occhi, ma non riescano a ridurre l'anisometropia.

Una prima possibile ragione che ha condotto a questa discrepanza di risultati, può essere dovuta alla differenza nel valore di anisometropia iniziale. Ad esempio, nello studio di Fu et al.<sup>16</sup> il valore medio di anisometropia era 1,35 D, quindi decisamente più basso rispetto al valore riportato in altri studi citati che era di 1,94 D11 e 1,50 D12. Un'altra possibile causa potrebbe essere il tempo di follow-up in quanto gli studi hanno avuto durata rispettivamente di 1 anno e 2 anni<sup>11,12</sup>.

Per quanto riguarda invece l'ortocheratologia monolaterale, tutti gli studi citati hanno confermato che le lenti ortho-k applicate monocolarmente, nei casi di miopia monolaterale sono efficaci nel rallentare la progressione della miopia e della crescita assiale dell'occhio trattato e di conseguenza sono in grado di ridurre le differenze interoculari.

Ciò potrebbe essere dovuto al fatto che nell'occhio trattato con ortho-k si genera una riduzione di defocus ipermetropico nella retina periferica esercitando così un maggiore effetto soppressivo sulla crescita assiale,

rispetto al controlaterale emmetrope.

Tuttavia, alcuni di questi studi, come quelli di Fu et al.<sup>16</sup> e Zhang et al.<sup>17</sup>, dimostrano che il trattamento monoculare può limitare la progressione miopica dell'occhio trattato, ma non riesce ad impedire lo sviluppo di miopia anche nel controlaterale emmetrope non trattato. Inoltre, la crescita assiale negli occhi che hanno ricevuto trattamento monoculare è risultata essere inferiore rispetto a quella in condizioni di ortocheratologia bilaterale.

In generale, tutti gli studi, hanno evidenziato una minor crescita assiale nell'occhio più miope, questo dato è in linea con la correlazione positiva tra equivalente sferico e rallentamento della crescita assiale; questi risultati sono peraltro supportati anche dalla meta-analisi condotta da Tsai et al.<sup>10</sup>.

È importante sottolineare che gli studi riportati hanno riconosciuto come limiti, il fatto di essere degli studi retrospettivi e la breve durata del follow-up, che era sempre di 1 o 2 anni e hanno auspicato future ricerche con follow-up più longevi. Un possibile studio futuro potrebbe riguardare proprio il trattamento monoculare della miopia unilaterale e si potrebbe pensare a una nuova metodologia di azione nel caso in cui il controlaterale emmetrope sviluppasse miopia; una possibilità in questo caso potrebbe essere la correzione di quest'ultimo con una lente che non rallenti la progressione della miopia in questo occhio, in modo da permettere al bulbo di allungarsi fino a ridurre in questo modo l'anisometropia.

In conclusione, gli studi analizzati hanno dimostrato che l'ortocheratologia potrebbe essere la correzione ideale in bambini anisotropi con miopia bilaterale. Ma può essere altrettanto efficace anche nei casi di miopia unilaterale, in quanto può bilanciare l'acuità visiva nei due occhi, controllare la progressione miopica e ridurre il valore di anisometropia. In quest'ultimo caso, però, gli studi hanno dimostrato che l'ortocheratologia monoculare non è in grado di prevenire lo sviluppo di miopia anche nel controlaterale; pertanto si potrebbe pensare ad un trattamento che permetta a quest'occhio di allungarsi in modo da ridurre il più possibile le differenze interoculari.

## Bibliografia

- 1 Jun-Kang Si, Kai Tang, Hong-Sheng Bi, Da-Dong Guo, Jun-Guo Guo, and Xing-Rong Wang, Orthokeratology for Myopia Control: A Meta-analysis, 2015.
- 2 Wildsoet C. F., Chia A., Cho P., Guggenheim J. A., Polling J. R., Read S., et al. IMI – Interventions Myopia Institute: Interventions for Controlling Myopia Onset and Progression Report, 2019.
- 3 Meng Guan, Weijia Zhao, Yu Geng, Yang Zhang, Jia Ma, Zonghan Chen, Mingqian Peng, Yan Li, Changes in axial length after orthokeratology lens treatment for myopia: a meta-analysis, 2020.
- 4 Stephen J. V., Pauline C. et al., CLEAR-Orthokeratology, 2021.
- 5 Niti A. N., Berntsen D. A., Optical changes and visual performance with orthokeratology, 2020.
- 6 Mountford J, Ruston D, Dave T, Orthokeratology: principles and practice, 2004.
- 7 Morgan P. B., Efron N., Woods C. et al., International survey of orthokeratology contact lens fitting, 2019.
- 8 Sun Y., Fan X., Ting Z. et al., Orthokeratology to Control Myopia Progression: A Meta-Analysis, 2015.
- 9 Hiraoka T., Kakita T., Okamoto F. e Oshika T., Influence of Ocular Wavefront Aberrations on Axial Length Elongation in Myopic Children Treated with Overnight Orthokeratology, 2015.
- 10 Tsai H. R., Wang J. H., Cheng J. C., Effect of orthokeratology on anisometropia control: A meta-analysis, 2021.
- 11 Zhang Y., Chen Y., Effect of orthokeratology on axial length elongation in Anisomyopic children, 2018.
- 12 Weiwei Lu, Wanqing J., Clinical observations of the effect of orthokeratology in children with myopic anisometropia, 2020.
- 13 Lum E., Progressive anisometropia and orthokeratology: a case report, 2017.
- 14 Zhong Y., Li K., Wu Q., Liu F., Orthokeratology lens for management of myopia in anisometropic children: a controlateral study, 2019.
- 15 Tsai W., Wang J., Chiu C., A comparative study of orthokeratology and low-dose atropine for the treatment of anisomyopia in children, 2020.
- 16 Fu A. C., Qin J. et al., Effects of orthokeratology lens on axial length elongation in unilateral myopia and bilateral myopia with anisometropia children, 2020.
- 17 Zhang K. Y., Lyu H. B., Yang. J. R., Qiu W. Q., Efficacy of long-term orthokeratology treatment in children with anisometropic myopia, 2022.
- 18 Cheung S. W., Cho P., Fan D., Asymmetrical increase in axial length in the two eyes of a monocular orthokeratology patient, 2004.
- 19 Long W., Li Z. et al., Pattern of axial length growth in children myopic anisometropes with orthokeratology treatment, 2020.
- 20 Chen Y., Zheng C., et al. Assessing the efficacy of myopia control in monocular orthokeratology treated unilateral myopic children, 2022.