

Corrección Visual Láser para el tratamiento de la presbicia

Montserrat García González, MD, PhD, FEBOS-CR

Opciones terapéuticas

1. Monovisión

2. Perfiles de ablación que incrementan la profundidad de foco

Laser Blended Vision (Zeiss)

Custom Q (Alcon)

3. Ablación multifocal

Multifocalidad transicional

Patrón multifocal periférico

Patrón multifocal central

Técnicas híbridas

Monovisión

- Un ojo enfocado para lejos y el otro ojo enfocado para cerca
- Se fundamenta en el principio de la “supresión de la borrosidad interocular”
- Monovisión convencional versus monovisión cruzada
 - Tasa de éxito: 70-75% vs 50-55% ^{1,2}
 - Menor tendencia a cambio endofórico con MV convencional ³

1. Jain S et al. Success of monovision in presbyopes: review of the literature and potential applications to refractive surgery. *Surv Ophthalmol* 1996; 40:491-499

2. Braun EH et al. Monovision in LASIK. *Ophthalmology* 2008; 115:1196-1202.

3. Fawcett SL et al. Stereoacuity and foveal fusion in adults with long-standing surgical monovision. *J AAPOS* 2001; 5:342-347.

Monovisión

No son buenos candidatos:

- Pacientes con estrabismo (marcada preferencia visual) ⁴
- Pacientes con antec de estrabismo o forias muy marcadas
 - * *Riesgo de descompensación de su estrabismo previo*
 - * *Desencadenamiento de una diplopia binocular* ⁵
- Pilotos y conductores profesionales
 - * *En condiciones escotópicas es más difícil suprimir la imagen del ojo desenfocado* ⁶

4. Handa T et al. Ocular dominance and patient satisfaction after monovision induced by intraocular lens implantation. *J Cataract Refract Surg* 2004; 30:769-774.

5. Pollard ZF et al. Strabismus precipitated by monovision. *Am J Ophthalmol* 2011; 152:479-482 e1.

6. Schor C et al. Ocular dominance and the interocular suppression of blur in monovision. *Am J Optom Physiol Opt* 1987; 64:723-730.

Monovisión: Resultados visuales

Published Studies of Monovision									
Study	No. (Eyes)	Mean Age (y)	F/U (mo)	SE (D)	Binocular UDVA \geq 20/25	Binocular UNVA \geq J3	Accuracy	Safety	Re-treatment
Emmetropic eyes									
Ayoubi et al. ²¹	32	55	18	-1.38	NA	65% \geq J5	75%	100%	3%
Schallhom et al. ¹⁶	126	51	3	-1.62	90% \geq 20/20	96% \geq J5	90%	97%	3%
Myopic eyes									
Braun et al. ¹	300	51	1	-0.25 DO, -1.27 ND	26%	93%	65%	NA	35%
Jain et al. ³	84	49	7	-0.04 DO, -1.95 ND	NA	NA	88%	NA	2%
Goldberg ⁷	216	52	24	NA	95%	100% \geq J2	63%	NA	12%
Reilly et al. ⁸	164	55	6	-0.01 DO, -1.24 ND	100%	97% \geq J2	NA	NA	28%
Goldberg ¹³	228	51	28	NA	79%	100%	NA	NA	10%
Garcia-Gonzalez et al. ¹⁴	74	54	6	+0.08 DO, -0.97 ND	97%	67%	NA	NA	NA
Schallhom et al. ^{16a}	L = 188; M-H = 352	51	3	-1.62	L = 89% \geq 20/20; M-H = 84% \geq 20/20	L = 100% \geq J5; M-H = 98% \geq J5	L = 90%; M-H = 83%	L = 100%; M-H = 100%	NA
Wright et al. ¹⁵	42	44	15	NA	95%	100%	NA	NA	26%
Hyperopic eyes									
Braun et al. ¹	44	52	1	-0.04 DO, -1.21 ND	26%	93%	40%	90%	50%
Goldberg ⁷	58	52	24	NA	100%	100% \geq J2	65%	NA	24%
Schallhom et al. ¹⁶	550	51	3	-1.62	77% \geq 20/20	95% \geq J5	86%	95%	NA
Alarcón et al. ^{29b}	50	49	12	NA	90% \geq 20/20	NA	92%	NA	12%

Visual Outcomes of LASIK-Induced Monovision in Myopic Patients With Presbyopia

MONTSERRAT GARCIA-GONZALEZ, MIGUEL A. TEUS, AND JOSÉ L. HERNANDEZ-VERDEJO

- Único estudio de MV inducida por LASIK: ⁸
 - * No incluye hipermetropía (mayor grado de multifocalidad) ⁹⁻¹¹
 - * No incluye PRK (aumento de aberración esférica)¹²
 - * No incluye présbitas jóvenes (capacidad acomodativa residual)

8. Garcia-Gonzalez M et al. Visual outcomes of LASIK-induced monovision in myopic patients with presbyopia. *Am J Ophthalmol* 2010; 150 (3):381-6.

9. Goldberg DB. Comparison of myopes and hyperopes after laser in situ keratomileusis monovision. *J Cataract Refract Surg* 2003; 29:1695-1701.

10. Levinger E et al. Monovision surgery in myopic presbyopes: visual function and satisfaction. *Optom Vis Sci* 2013; 90:1092-1097.111

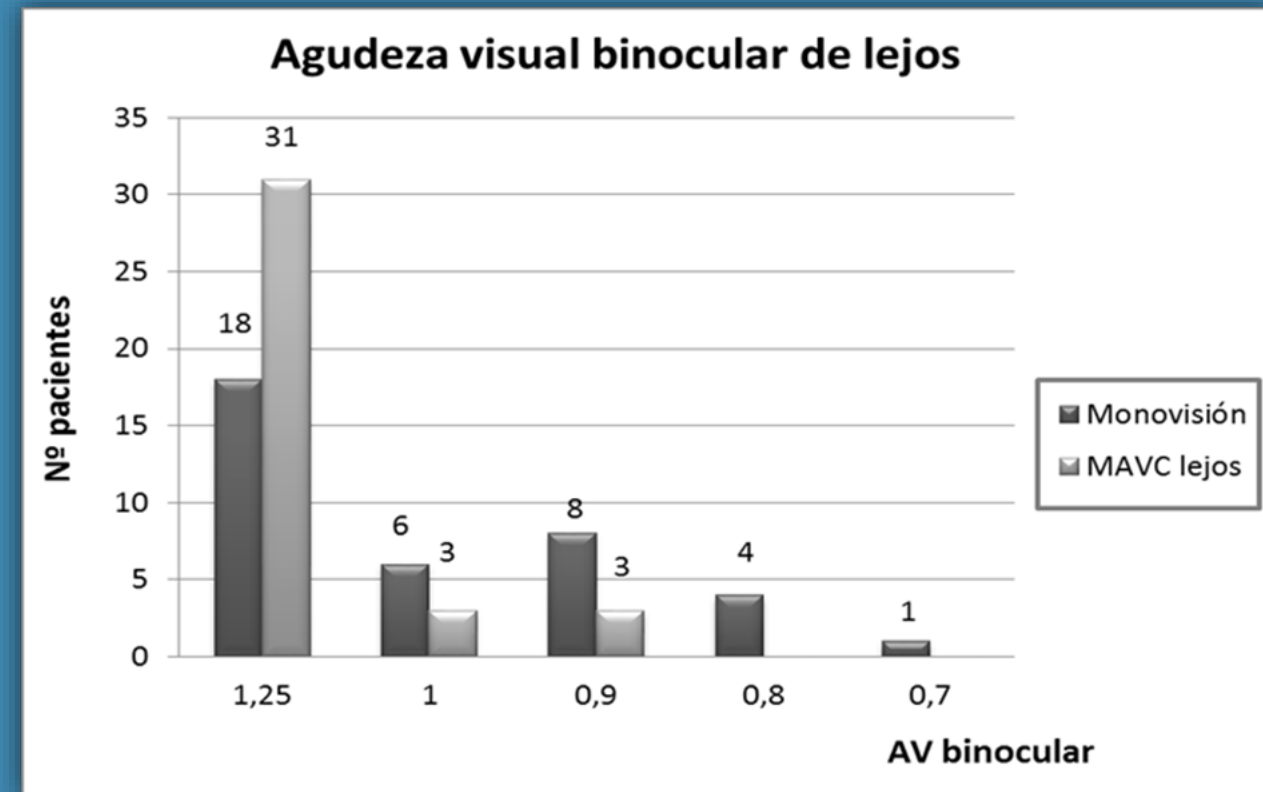
11. McGill EC, Erickson P. The effect of monovision lenses on the near-point range of single binocular vision. *J Am Optom Assoc* 1991; 62:828-831.

12. Artola A et al. Evidence for delayed presbyopia after photorefractive keratectomy for myopia. *Ophthalmology* 2006; 113:735-741 e1.

Monovisión: visión de lejos

	AVsc	EE residual
Ojo dominante	0.96 ± 0.2	$+0.08 \pm 0.6D$
Ojo no dominante	0.65 ± 0.2	$-0.97 \pm 0.5D$

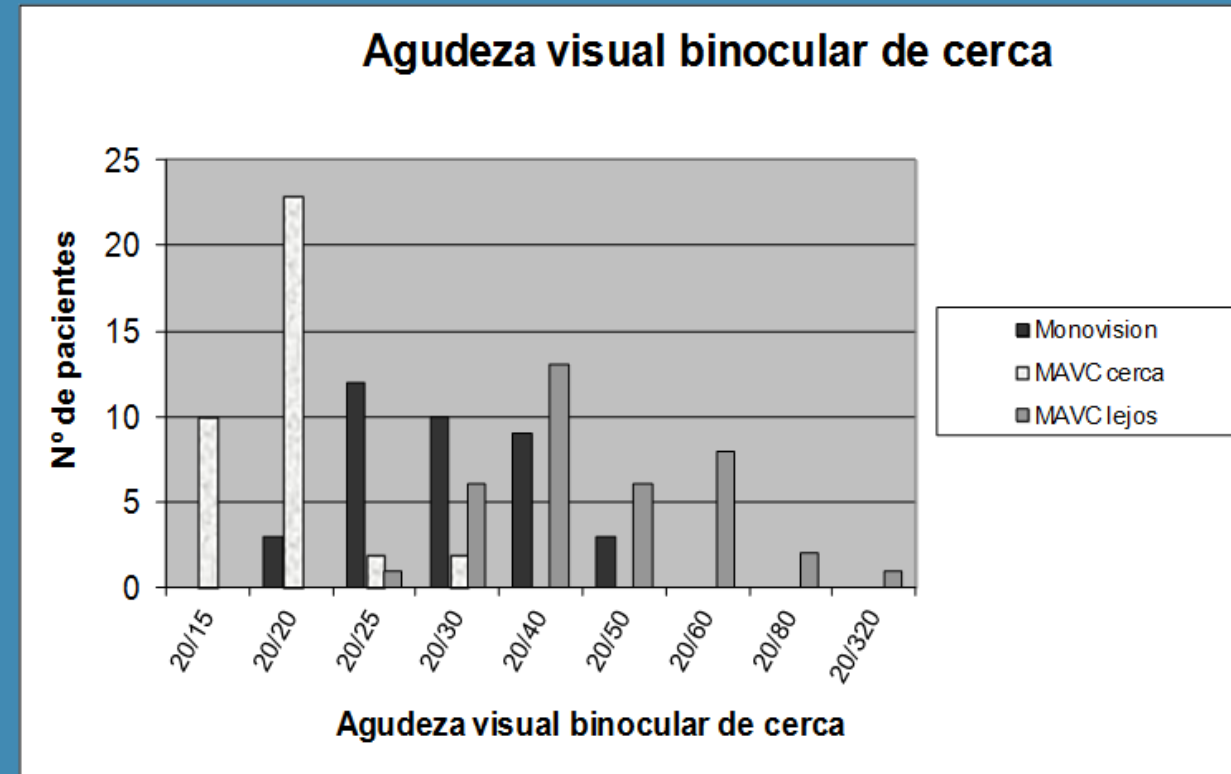
	Monovisión	MAVC lejos	<i>P</i>
AV binocular de lejos	1.08 ± 0.1 (0.7 a 1.25)	1.20 ± 0.1 (0.9 a 1.25)	0.0001



Monovisión: visión de cerca

	AV binocular de cerca	<i>P</i>
Monovisión	0.74 ± 0.1 (0.4 a 1.0)	
MAVC de lejos	0.47 ± 0.1 (0.05 a 0.6)	0.0001
MAVC de cerca	1.02 ± 0.2 (0.8 a 1.25)	0.0001

Avsc binoc test de lectura: 0.88 y
distancia media de lectura 48 cms



Monovisión: Sensibilidad al contraste

- Uno de los aspectos más cuestionados de la MV
- La SC binocular es un 42% mayor que la SC monocular ¹
- MV con LC ¹³: Reducción de la SC en frec espaciales medias y altas

A mayor anisometropía, la SC se reduce en las frec espaciales bajas

Con más de 2D, la SC se reduce al nivel monocular (supresión completa) ¹⁴

- MV con PRK ¹⁵: No diferencias entre emetropía y MV
- MV con LASIK: Primer estudio ⁸

1. Jain S et al. Success of monovision in presbyopes: review of the literature and potential applications to refractive surgery. *Surv Ophthalmol* 1996; 40:491-499

8. García-González M et al. Visual outcomes of LASIK-induced monovision in myopic patients with presbyopia. *Am J Ophthalmol* 2010; 150 (3):381-6.

13. Loshin DS et al. Binocular summation with monovision contact lens correction for presbyopia. *Int Cont Lens Clin* 1982; 9:161-173.

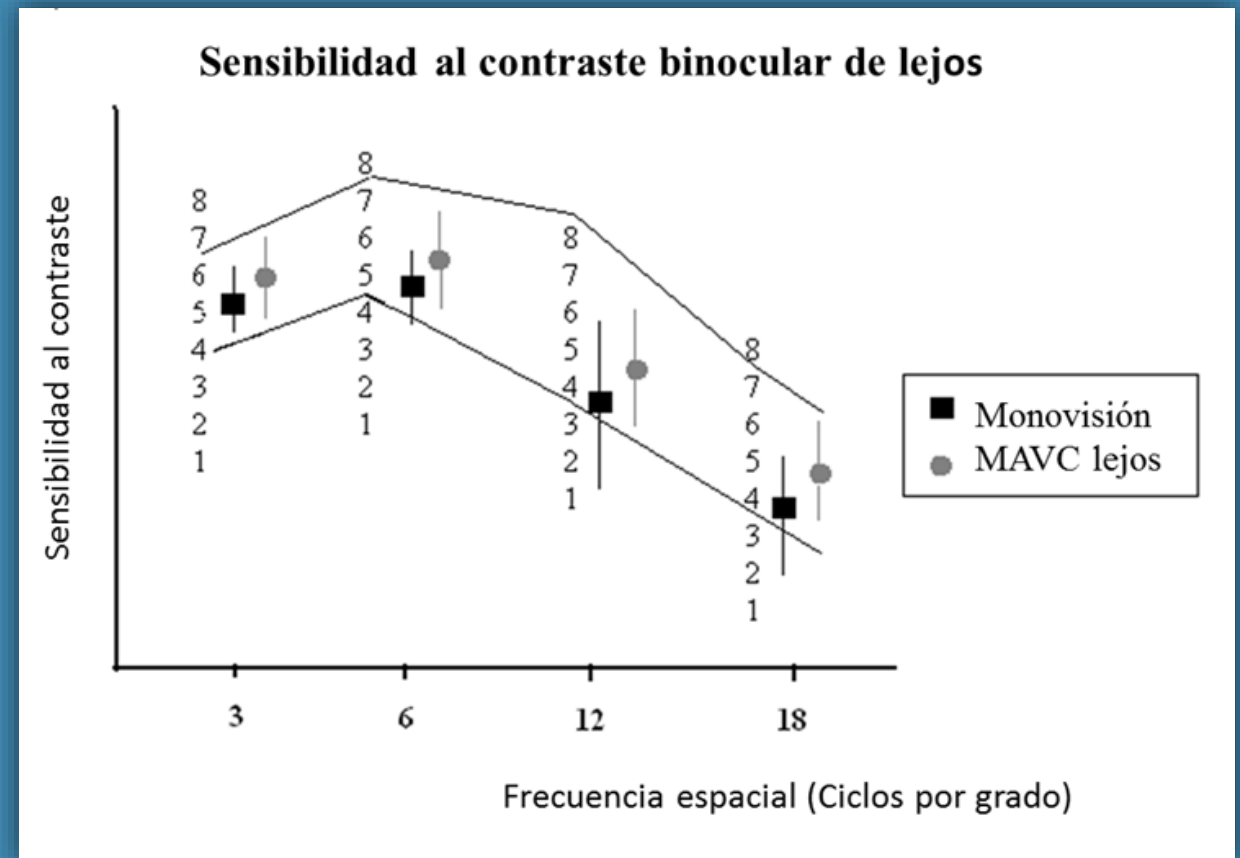
14. Pardhan S et al. The effect of monocular defocus on binocular contrast sensitivity. *Ophthalmic Physiol Opt* 1990; 10:33-36.

15. Wright KW et al. Binocular function and patient satisfaction after monovision induced by myopic photorefractive keratectomy. *J Cataract Refract Surg* 1999; 25:177-182.

Monovisión: Sensibilidad al contraste

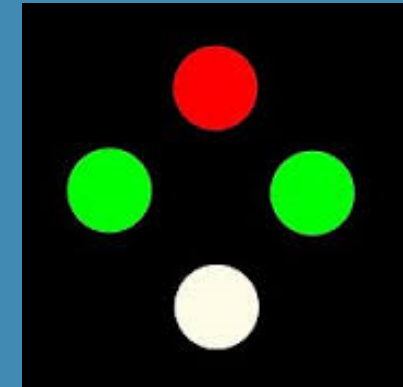
La SC de lejos disminuye levemente, pero manteniéndose dentro de los límites normales esperables por edad

La monovisión sólo induce una reducción significativa de la SC en las frecuencias espaciales altas ($P = 0.001$)



Monovisión: Estereopsis

	Monovisión	MAVC lejos	P
Fusión sensorial (Test de Worth)	81%	100%	0.01
Estereopsis (test polarizado)	73%	78%	> 0.05



	Monovisión	MAVC cerca	P
Supresión (test polarizado)	81.1%	86.5%	> 0.05
Estereopsis (Test TNO)	155.7 ± 81.9 (40 a 400)	82.2 ± 64.7 (40 a 400)	0.001



Monovisión: Estereopsis

Resultados contradictorios

- * MV con LC ¹: La estereopsis en MV disminuye una media de 37 seg arc
- * MV con PRK ¹⁵: No dif significativa entre MV y MAVC
- * MV con LASIK:
 - No diferencias en la percepción subjetiva de profundidad ⁹
 - Correlación moderada entre anisometropía y estereopsis ³
- * Nuestro estudio:
 - Sólo 6 pacientes (16.2%) usan gafas de cerca para tareas de precisión

1. Jain S et al. Success of monovision in presbyopes: review of the literature and potential applications to refractive surgery. *Surv Ophthalmol* 1996; 40:491-499.

3. Fawcett SL et al. Stereoacuity and foveal fusion in adults with long-standing surgical monovision. *J AAPOS* 2001; 5:342-347.

9. Goldberg DB. Comparison of myopes and hyperopes after laser in situ keratomileusis monovision. *J Cataract Refract Surg* 2003; 29:1695-1701.

15. Wright KW, Guemes A, Kapadia MS, et al. Binocular function and patient satisfaction after monovision induced by myopic photorefractive keratectomy. *J Cataract Refract Surg* 1999; 25:177-182.

Incidencia de retratamientos tras monovisión

- * Estudio retrospectivo
- * 457 pacientes miopes y présbitas (914 ojos)
- * Monovisión convencional
- * Nomograma: -0.50D (40-45 años); -1D (46-50 a); -1.50D (> 50 a)
- * No prueba preop de tolerancia de la monovisión con LC
- * Evaluación de los retratamientos a los 6 meses postop

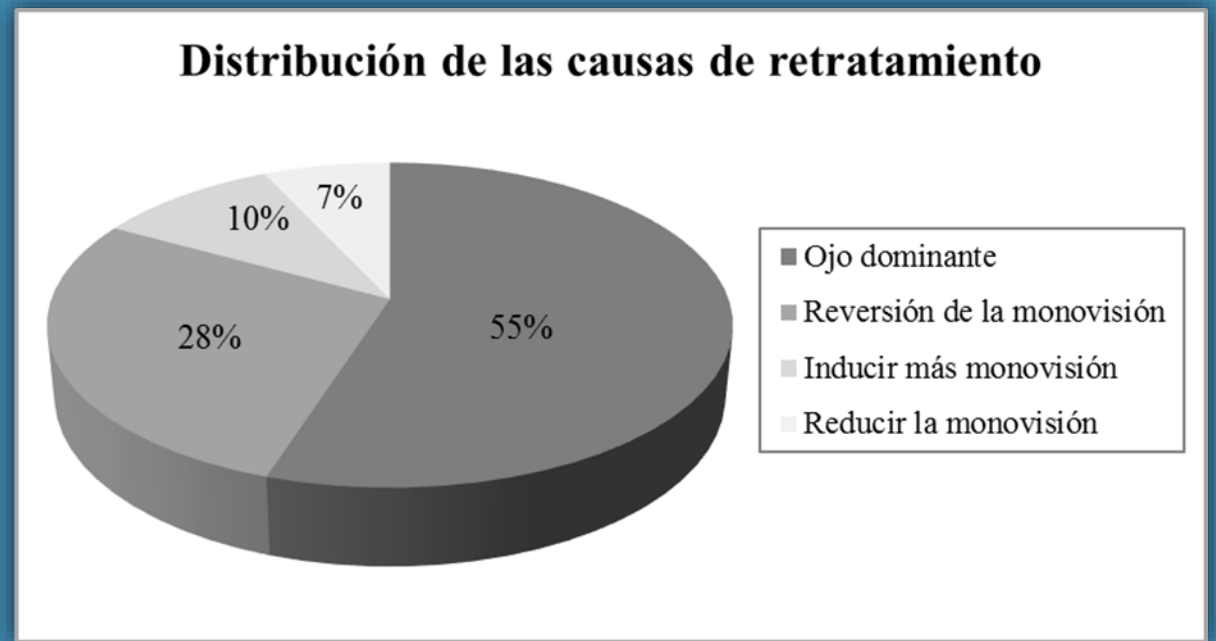
Incidencia de retratamientos tras monovisión

Parámetro	Ojo dominante	Ojo no dominante	<i>P</i>
AV sc	0.92 ± 0.3	0.78 ± 0.3	0.01
Esfera residual (D)	-0.15 ± 0.6	-0.49 ± 0.7	0.0001
Cilindro residual (D)	-0.26 ± 0.4	-0.25 ± 0.4	0.1
EE residual (D)	-0.29 ± 0.6	-0.62 ± 0.7	0.0001
AVcc	1.05 ± 0.2	1.05 ± 0.2	0.1

Incidencia de retratamientos tras monovisión

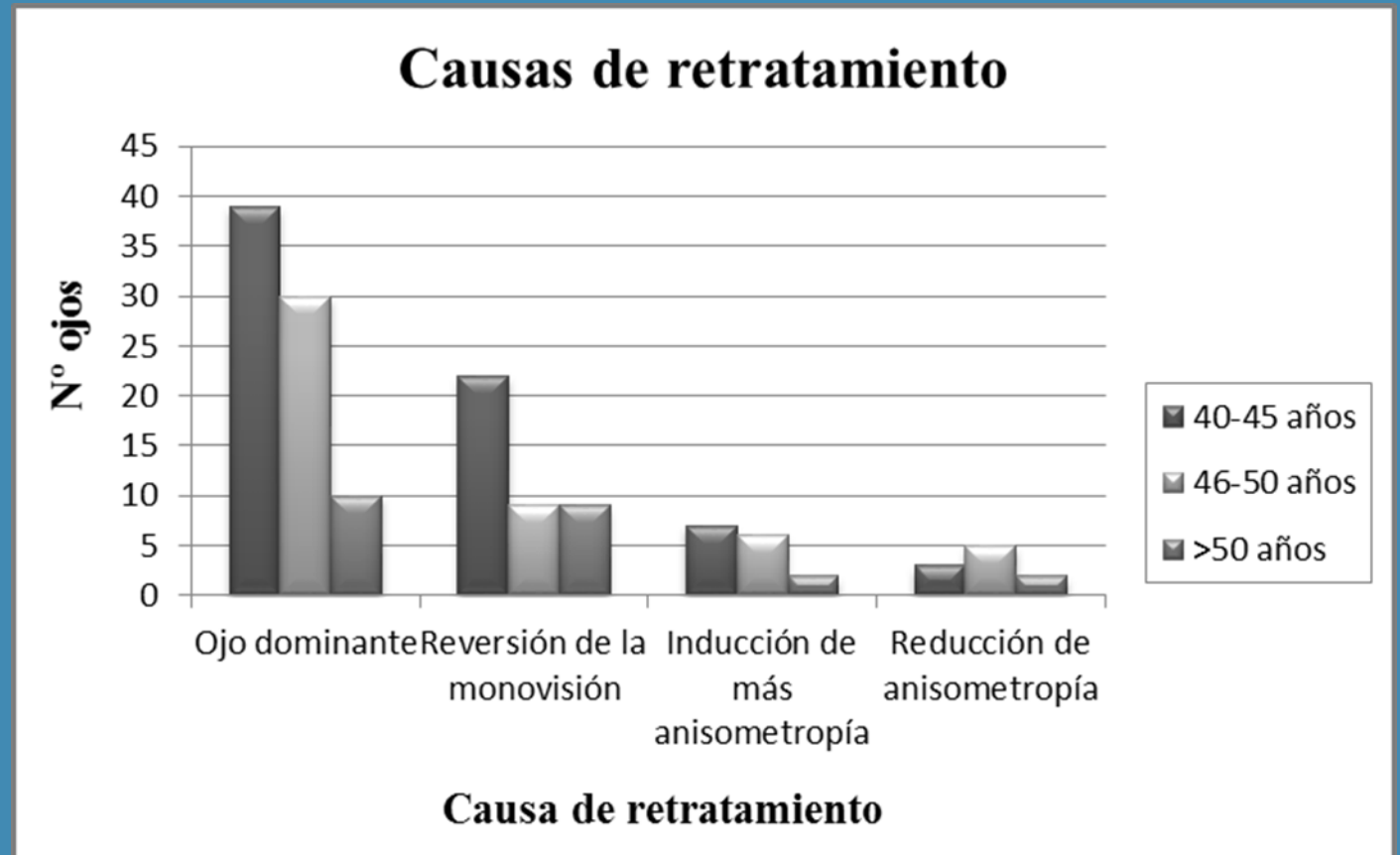
Incidencia total de retratamientos: **15.7%**

- * Rettos ojo dominante: 8.6%
- * Rettos para revertir la MV: 4.4%
- * Rettos para inducir más MV: 1.6%
- * Rettos para reducir MV: 1.1%



Incidencia de retratamientos tras monovisión

En todos los grupos de edad, el retratamiento del ojo dominante fue la causa más frecuente de retoque



Incidencia de retratamientos tras monovisión

- Estudio con > nº de pacs (457) que evalúa específic la incidencia de rettos tras MV + LASIK, sin prueba preop de tolerancia con LC
- Incidencia global de rettos:
 - * Nuestro estudio (LASIK con MV): 15.7%
 - * LASIK en población présbita (sin MV): 12-20% ¹⁷⁻¹⁹
- Causa más frec de rettos: Ojo dominante para emetropía (>50% rettos)
 - * La AV binoc lejana se afecta más cuando el dominante tiene un defecto refractivo residual ²⁰

17. Netto MV et al. Flap lift for LASIK retreatment in eyes with myopia. *Ophthalmology* 2004; 111:1362-1367.

18. Perlman EM et al. Factors influencing the need for enhancement after laser in situ keratomileusis. *J Refract Surg* 2004; 20:783-789.

19. Mimouni M et al. Factors predicting the need for retreatment after laser refractive surgery. *Cornea* 2016; 35:607-612.

20. Goldberg DB. Laser in situ keratomileusis monovision. *J Cataract Refract Surg* 2001; 27:1449-1455.

Incidencia de retratamientos tras monovisión

- Tasa de reversión de MV: 4.4%

* Indicador de la buena tolerancia de la MV

* No es necesaria una prueba preop de tolerancia con LC ^{1,20}

* Más frec en présbitas jóvenes (40-45 años; -0.5D)

- Leve mayor tolerancia de la MV en mayores ²¹

- No correlación entre edad y anisometropía con el éxito de la MV ^{22,23}

21. Miranda D, Krueger RR. Monovision laser in situ keratomileusis for pre-presbyopic and presbyopic patients. *J Refract Surg* 2004; 20:325-328

22. Jain S, Ou R, Azar DT. Monovision outcomes in presbyopic individuals after refractive surgery. *Ophthalmology* 2001; 108:1430-1433.

23. du Toit R et al. Visual and nonvisual variables implicated in monovision wear. *Optom Vis Sci* 1998; 75:119-125.

Laser Blended Vision

- Perfil de ablación esférico (Zeiss)
- Incrementa la profundidad de foco induciendo un cambio controlado en la asfericidad corneal y en la aberración esférica
- Factor precompensación de la inducción de Ab. esférica:
 - * *Refracción preoperatoria (Inducción esperada de Ab. esférica)*
 - * *Ab. Esférica preop*
 - * *Edad del paciente*
- Se aplica en los 2 ojos:
 - * En el ojo dominante: Emetropía
 - * En el ojo no dominante: miopía residual -1.50D (independe de la edad)

Laser Blended Vision: Resultados visuales

Published Studies With Laser Blended Vision

Study	No. (Eyes)	Mean Age (y)	F/U (Mo)	SE DO (D)	SE ND (D)	Binocular UDVA \geq 20/25	Binocular UNVA \geq J3	Accuracy	Safety	Re-treatment
Emmetropic eyes										
Reinstein et al. ²²	296	55	12	-0.01	-1.49	99%	99%	95%	100%	12%
Myopic eyes										
Reinstein et al. ²³	310	49	12	-0.05	-1.33	99%	99%	92%	100%	19%
Zhang et al. ²⁵	80	43	3	-0.08	-1.41	100%	95%	93%	100%	NA
Hyperopic eyes										
Reinstein et al. ²⁴	258	56	12	+0.04	-1.32	99%	95%	79%	100%	22%

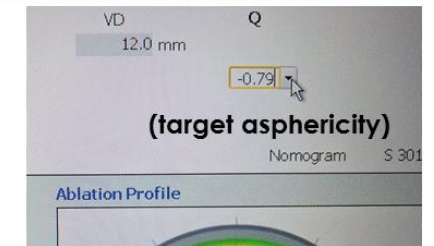
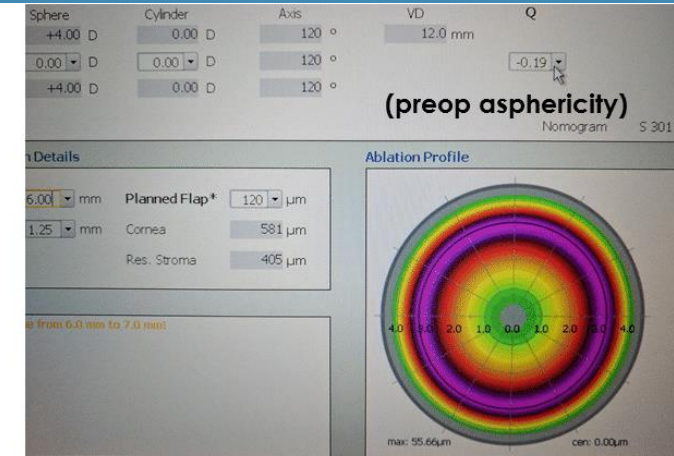
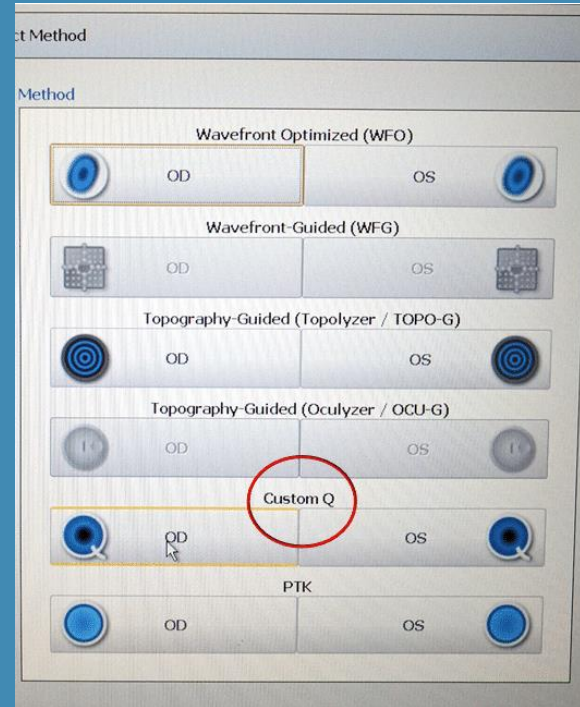
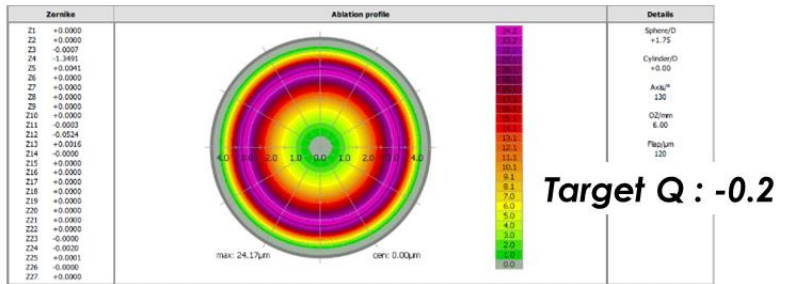
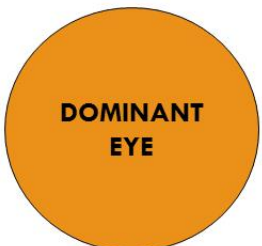
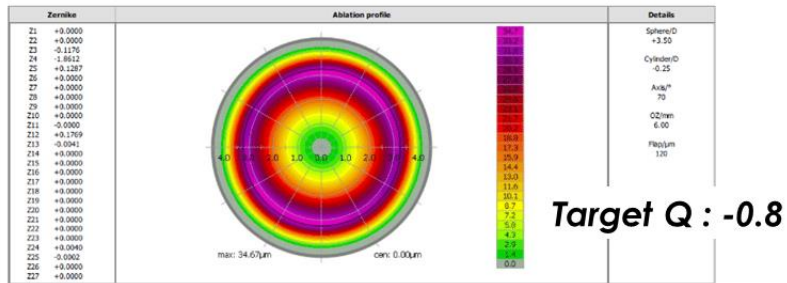
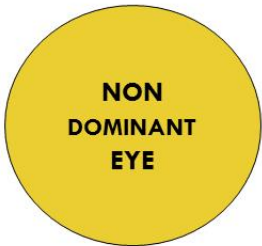
F/U = follow-up; SE = spherical equivalent; DO = dominant; D = diopters; ND = non-dominant; UDVA = uncorrected distance visual acuity; UNVA = uncorrected near visual acuity; accuracy = percentage within ± 0.50 D of target; safety = percentage of eyes that lost two or more lines of corrected distance visual acuity; NA = not available

Custom Q

- El ojo dominante se corrige para lejos (perfil de ablación esférico optimizado)
- El ojo no dominante: tto combinado
 - Micromonovisión (-0.5D)
 - Incremento de la asfericidad negativa (Q factor)
- El cambio del factor Q hacia un valor más negativo (córnea más prolata) teóricamente induce un incremento en la profundidad de foco mejorando la visión cercana sin inducir cambios significativos en la calidad visual

Custom Q

Profiles of ablation



ΔQ entre -0.60 y -0.80 (recomendado)

Zona óptica 6.5 mm y zona de transición de 1mm en todos los casos

Un ΔQ de -1 empeora la calidad visual

Custom Q: Resultados visuales

Published Studies With Custom Q Algorithm (Hyperopic Eyes)

Study	No. (Eyes)	Mean Age (y)	F/U (Mo)	SE DO (D)	SE ND (D)	Binocular UDVA \geq 20/25	Binocular UNVA \geq J3	Accuracy	Safety	Re-treatment
Wang Yin et al. ²⁶	138	54	12	+0.10	-0.70	100%	100%	NA	98.8%	13%
Courtin et al. ²⁷	98	57	6	+0.32	-1.06	99%	93%	NA	100%	11%

F/U = follow-up; SE = spherical equivalent; DO = dominant; D = diopters; ND = non-dominant; UDVA = uncorrected distance visual acuity; UNVA = uncorrected near visual acuity; accuracy = percentage within ± 0.50 D of target; safety = percentage of eyes that lost two or more lines of corrected distance visual acuity; NA = not available

Ablación corneal multifocal

1. Patrón multifocal transicional

- * Se basa en el descentramiento deliberado de una ablación hipermetrópica, incrementando el coma vertical
- * Marcada reducción de calidad visual (>>> HOAs)
- * En desuso

Ablación corneal multifocal

2. Ablación multifocal periférica

- Área corneal central corregida para lejos
- Área en periferia media corneal corregida para cerca (asfericidad negativa)
- Limitación: al inducir una asfericidad negativa periférica, sólo se pueden corregir defectos hipermetrópicos y miopías bajas

Ablación multifocal periférica: Resultados

Published Studies With Peripheral Near Vision Multifocal Pattern

Study	No. (Eyes)	Mean Age (y)	F/U (Mo)	SE (D)	Binocular UDVA \geq 20/25	Binocular UNVA \geq J3	Accuracy	Safety	Re-treatment
Myopic eyes									
Telandro ²	77	39	3	-0.19	NA	100%	67%	100%	NA
Uy & Go ³²	36	46	6	-0.40	68%	95%	NA	NA	2%
El Danasoury et al. ³³	78	46	12	-0.48	78%	84%	60	98%	28%
Epstein & Gurgos ³⁴	75	52	27	-0.04 DO, -1.24 ND	70% \geq 20/20	65% \geq J1	NA	100%	27%
Hyperopic eyes									
Telandro ²	83	53	3	-0.50	NA	100%	75%	99%	NA
Uy & Go ³²	30	56	6	+0.15	100%	83%	NA	NA	1%
El Danasoury et al. ³³	48	49	12	+0.10	83%	79%	75%	98%	19%
Epstein & Gurgos ³⁴	28	56	27	+0.21 DO, -0.86 ND	68% \geq 20/20	71% \geq J1	NA	86%	28%

Ablación corneal multifocal

3. Ablación corneal multifocal central

- El láser excimer crea un área hiperpositiva central (visión de cerca)
- Área periférica corneal para visión de lejos
- Se aplica de forma bilateral
- Limitaciones:
 - * Dependencia pupilar
 - * Alineamiento inadecuado del haz de luz, centro pupilar y apex corneal (inducción de coma)

Ablación multifocal central: Resultados

Published Studies With Central Near Vision Multifocal Pattern (Hyperopic Eyes)

Study	No. (Eyes)	Mean Age (y)	F/U (Mo)	SE (D)	Binocular UDVA \geq 20/25	Binocular UNVA \geq J3	Accuracy	Safety	Re-treatment
Alió et al. ³⁶	50	58	6	-0.34	88%	92%	64%	86%	12%
Jung et al. ³⁸	28	53	6	+0.33	93%	64%	NA	96%	NA
Jackson et al. (6m) ³⁷	60	53	6	+0.18	93%	93%	87%	90%	NA
Jackson et al. (12m) ³⁷	50	53	12	+0.21	100%	100%	88%	90%	NA

Técnicas híbridas

Diseñadas para combinar los beneficios de la monovisión y el patrón de ablación multifocal central eliminando/minimizando sus desventajas

* *Supracor (Bausch & Lomb/Technolas)*

* *PresbyMAX (SCHWIND eye-tech-solutions)*

Supracor

- Algoritmo tissue-saving Zyoptix para la corrección de lejos en una zona óptica de 6 mm, programado para un defecto de -0.50D en AO (micromonovisión)
- Seguimiento del componente Supracor: pulsos adicionales para crear un área hiperpositiva en la zona central de 3mm en AO
- Teóricamente equivale a una adición de cerca de +2.00D con leve inducción de HOA, proporcionando niveles altos de satisfacción ²⁴⁻²⁸

24. Ryan A, O'Keefe M. Corneal approach to hyperopic presbyopia treatment: six-month outcomes of a new multifocal excimer laser in situ keratomileusis procedure. *J Cataract Refract Surg*. 2013;39:1226-1233.

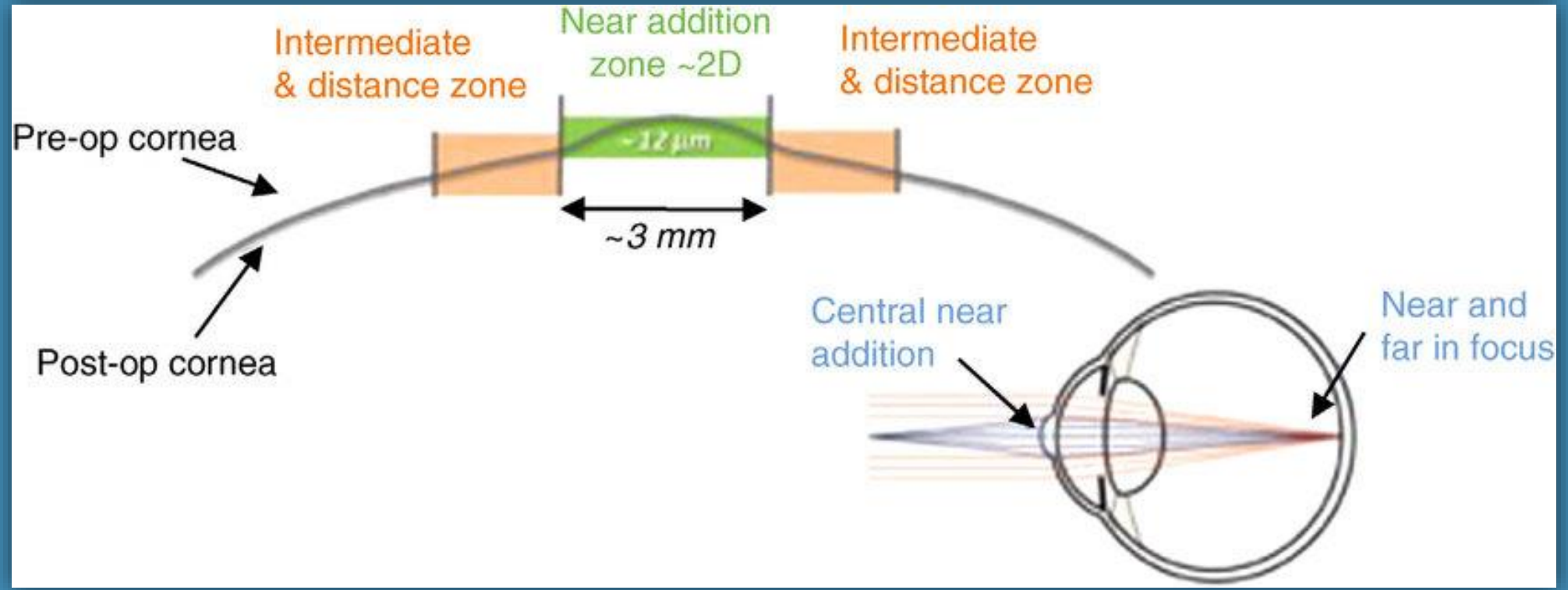
25. Cosar CB, Sener AB. Supracor hyperopia and presbyopia correction: 6-month results. *Eur J Ophthalmol*. 2014;24:325-329.

26. Saib N et al. Central PresbyLASIK for hyperopia and presbyopia using micro-monovision with the Technolas 217P platform and SUPRACOR algorithm. *J Refract Surg*. 2015;31:540-546.

27. Ang RE et al. Safety and effectiveness of the SUPRACOR presbyopic LASIK algorithm on hyperopic patients. *Eye Vis*. 2016;3:33.

28. Schlote T, Heuberger A. Multifocal corneal ablation (Supracor) in hyperopic presbyopia: 1-year results in a cross-sectional study. *Eur J Ophthalmol*. 2017;26;27:438-442.

Supracor



Supracor: Resultados

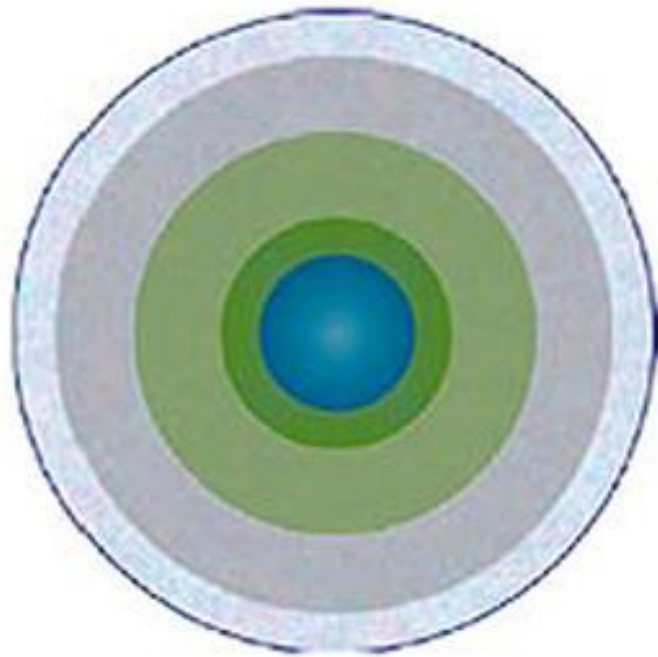
Published Studies With Supracor (Hyperopic Eyes)

Study	No. (Eyes)	Mean Age (y)	F/U (Mo)	SE (D)	Binocular UDVA \geq 20/25	Binocular UNVA \geq J3	Accuracy	Safety	Re-treatment
Ryan & O'Keefe ³⁹	46	57	6	-0.69	78%	91%	46%	96%	22%
Cosar & Sener ⁴⁰	123	57	6	-0.33	36%	89% \geq J2	NA	90%	NA
Saib et al. ⁴¹	74	54	12	0.00 D0, -0.51 ND	100%	94% \geq J2	NA	NA	13%
Ang et al. ⁴²	69	51	6	-0.43	100%	93% \geq J2	NA	94%	6%

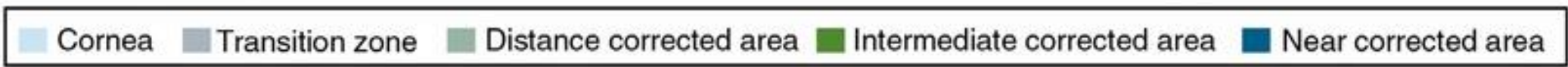
PresbyMAX

- Ablación corneal multifocal bi-asférica
- Tratamiento asférico para vision lejana (zona óptica de 6.5 mm)
 - * *Leve defecto residual de -0.50D en AO (micromonovisión)*
- Creación de un área hiperpositiva central para vision próxima (3 mm)
 - * *Adición entre +0.75D y +2.50D*
- Zona de transición con cambio gradual desde el área periférica de visión de lejos y el área central de cerca
- Se aplica el mismo tratamiento en AO

PresbyMAX



Bi-astigmatic profiles: The PresbyMAX[®] procedures



PresbyMAX: Resultados

Published Studies With PresbyMAX									
Study	No. (Eyes)	Mean Age (y)	F/U (Mo)	SE (D)	Binocular UDVA \geq 20/25	Binocular UNVA \geq J3	Accuracy	Safety	Re-treatment
Myopic eyes									
Uthoff et al. ⁴⁵	20	51	6	-0.68	70%	80%	70%	90%	7% to 10%
Baudu et al. ⁴⁶	164	53	6	-0.32	70%	94	77%	74% ^a	19%
Hyperopic eyes									
Uthoff et al. ⁴⁵	20	54	6	-0.13	100%	80%	60%	90%	7% to 10%
Baudu et al. ⁴⁶	552	53	6	-0.13	74%	87	91%	75% ^a	19%
Chan et al. ⁴⁸	72	53	12	-0.03 DO, -1.12 ND	87	90	NA	100%	14%
Luger et al. ^{47b}	66	53	12	-0.47	70%	94%	73%	97%	NA

INTRACOR

- Realización de varios cortes cilíndricos concéntricos intraestromales con el láser de femtosegundo (aumento de la curvatura corneal central)
- Disminución de la AVcc ²⁹, sensibilidad al contraste ³⁰ y de la calidad visual
- Imposibilidad de corregir simultáneamente la presbicia y la ametropía del paciente
- Imposibilidad de realizar retratamientos
- Estabilidad visual y corneal a medio-largo plazo? ³¹

29. Khoramnia R et al. Functional results after bilateral intrastromal femtosecond laser correction of presbyopia. *Ophthalmologie* 2013; 110:1163-1170.

30. Fitting A et al. Effect of intrastromal correction of presbyopia with femtosecond laser (INTRACOR) on mesopic contrast sensitivity. *Ophthalmologie* 2012; 109:1001-1007.

31. Khoramnia R et al. Intrastromal femtosecond laser surgical compensation of presbyopia with six intrastromal ring cuts: 3-year results. *Br J Ophthalmol* 2015; 99:170-177.

MUCHAS GRACIAS

montserratgarcia@clinicarementeria.es