

## Relación de las alteraciones de la visión binocular con los parámetros baropodométricos: estudio piloto de asociación cruzada

### *Relationship of binocular vision alterations with baropodometric parameters: cross-association pilot study*

Sánchez-González MC<sup>a</sup>, Yébenes-López S<sup>b</sup>, Gutiérrez-Sánchez E<sup>c</sup>, Sánchez-González JM<sup>a</sup>, Pérez-Cabezas V<sup>d</sup>, Ruiz-Molinero C<sup>d</sup>, De-Hita-Cantalejo C<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Departamento de Física de la Materia Condensada, Área de Óptica, Universidad de Sevilla, Sevilla, España.

<sup>b</sup> Servicio Andaluz de Salud, Consejería de Salud, Junta de Andalucía, España

<sup>c</sup> Departamento de Cirugía, Universidad de Sevilla, Sevilla, España.

<sup>d</sup> Departamento de Enfermería y Fisioterapia, Universidad de Cádiz, Cádiz, España.

#### Correspondencia:

José-María Sánchez-González  
jsanchez80@us.es

Recibido: 18 marzo 2019

Aceptado: 9 abril 2019

#### RESUMEN

*Introducción:* la postura es la base de los movimientos. El control postural responde a un correcto mantenimiento de la configuración del cuerpo, que depende intrínsecamente de los sistemas sensoriales implicados en la recepción de la información. El sistema visual es responsable aproximadamente del 80 % de la percepción sensorial y la mayor parte de nuestros movimientos son controlados por nuestros ojos. *Objetivos:* identificar el tipo de disfunción binocular no estrábica que pudiera estar presente en la población en estudio y su posible relación con los parámetros baropodométricos estáticos. *Material y método:* estudio de tipo analítico, observacional, transversal, de asociación cruzada. La muestra estuvo compuesta por 70 sujetos (44 mujeres y 26 varones) cuya media de edad fue  $38 \pm 14$  (18 – 62) años, siendo su índice de masa corporal medio  $25,91 \pm 4,79$  (17,49 – 38,48). Se realizó un estudio optométrico de la visión binocular y baropodométrico estático a todos los sujetos incluidos en el estudio. *Resultados:* entre los sujetos dentro de la norma respecto de los que presentaron valores fuera de la norma, en las variables que describen el estado de la función binocular, se encontraron diferencias estadísticamente significativas en las variables baropodométricas: carga del antepié y retropié izquierdo y derecho, superficie global del pie izquierdo y derecho, superficie del antepié y retropié izquierdo y derecho, presión máxima izquierda y derecha, presión media izquierda y derecha, ángulo podálico derecho y ángulo de Fick izquierdo y derecho. *Conclusiones:* en función de los resultados obtenidos en nuestro estudio, existe relación entre las variables baropodométricas estáticas y las que define el estado de la visión binocular. Son necesarias más investigaciones que identifiquen el sentido de esta relación.

**Palabras clave:** visión binocular, baropodometría estática, desórdenes visuales, presión plantar, carga plantar.

#### ABSTRACT

*Introduction:* posture is the basis of movements. The postural control responds to proper maintenance of the body's configuration. This configuration depends intrinsically on the sensory systems involved in the reception of the information. The visual system is responsible for approximately 80% of sensory perception and most of our movements are controlled by our eyes. *Objectives:* to identify non-strabismic binocular dysfunction that could be present in the population under study and its possible relationship with the static baropodometric variables. *Material and method:* the study presented is analytical, observational, transversal, cross-association. The sample consists

*ted of 70 subjects (44 women and 26 males). The average age of the subjects was  $38 \pm 14$  (18 – 62) years, the average body mass index of the sample was  $25.91 \pm 4.79$  (17.49 – 38.48). We conducted an optometric study of binocular vision and static baropodometric to all subjects included in the study. Results: between the subjects within the standard for those who presented values outside the norm, in the variables that describe the status of the binocular function, statistically significant differences were found in the static baropodometrics variables: load of the left and right forefoot and hindfoot, overall surface of left and right foot, forefoot surface and left and right hindfoot, maximum left and right pressure, left and right middle pressure, right breech angle and left and right Fick angle. Conclusions: according to the results obtained in our study, there is a relationship between static baropodometrics variables and those that define the state of binocular vision. More research is needed to identify the meaning of this relationship.*

**Keywords:** binocular vision, static baropodometry, visual disorders, plantar pressure, plantar load.

## INTRODUCCIÓN

En los seres humanos, la postura estática se puede definir como la posición del cuerpo, cuando el sujeto permanece de pie sin moverse, con los pies paralelos y sin fuerzas externas distintas de la gravedad que influyen en su cuerpo<sup>(1)</sup>. La postura es la base de los movimientos. Los ajustes posturales aseguran el apoyo, la orientación y la coordinación del gesto y el movimiento. El control postural responde a un correcto mantenimiento de la configuración del cuerpo. Esta configuración depende intrínsecamente de los sistemas sensoriales implicados en la recepción de la información.

El sistema visual es responsable aproximadamente del 80 % de la percepción sensorial y la mayor parte de nuestros movimientos son controlados por nuestros ojos<sup>(2)</sup>. De estos tres sistemas, visual, vestibular y somatosensorial, el cociente de Romberg muestra que es el visual el que más influye en el control postural, ya que en sujetos normales el balanceo corporal es mayor con los ojos cerrados que con los ojos abiertos<sup>(3, 4)</sup>.

Los movimientos vergenciales permiten al sistema ocular ajustar el ángulo del eje de visión según la profundidad y distancia a la que se encuentra el objeto visual. Por lo que, para observar un objeto cercano (vergencia positiva o convergencia) los ojos cierran los ejes visuales y al contrario en un objeto lejano (vergencia negativa o divergencia) los ojos abren los ejes visuales. Esos movimientos vergenciales son fundamentales para tener una visión binocular única asintomática.

Existen numerosas investigaciones<sup>(5-8)</sup>, que establecen relación entre la visión y la postura. Hay autores que en sus

trabajos afirman la influencia que ejerce la visión binocular en la estabilidad postural, y en todos ellos la convergencia parece reforzar de manera significativa el control postural.

En nuestro estudio planteamos evaluar de una forma completa y exhaustiva el estado de la visión binocular, mediante la determinación de los valores de la heteroforia horizontal, rango de vergencias horizontales en ambas direcciones base interna (BI) y base externa (BE), criterio de Sheard y flexibilidad vergencial<sup>(9)</sup>. Nuestro objetivo es identificar el tipo de disfunción binocular no estrábica que pudiera estar presente en la población en estudio y su posible relación con los parámetros baropodométricos en la estática.

## MATERIAL Y MÉTODO

### Diseño

El estudio que presentamos es de tipo analítico, observacional, transversal, de asociación cruzada, realizado desde el 1 de abril de 2016 hasta el 31 de septiembre de 2016 en la Facultad de Farmacia, en las instalaciones de la Titulación de Óptica y Optometría de la Universidad de Sevilla.

### Aspectos éticos

Todos los participantes fueron informados de forma verbal y escrita y dieron su consentimiento para participar en esta investigación, que siguió los principios de la

Declaración de Helsinki. Se obtuvo el consentimiento informado de los sujetos después de la explicación de la naturaleza y las posibles consecuencias del estudio. El estudio contó con la aprobación del Comité de Bioética del Hospital Universitario Virgen Macarena.

### Sujetos

La muestra estuvo compuesta por 70 sujetos (44 mujeres y 26 varones). La edad media de los sujetos fue  $38 \pm 14$  (18 – 62) años y el índice de masa corporal medio de la muestra fue  $25,91 \pm 4,79$  (17,49 – 38,48). La población seleccionada está integrada por alumnos, profesores y personal de administración y servicios de la Universidad de Sevilla.

### Criterios de inclusión

Los participantes debían tener una edad comprendida entre 18 y 70 años. Todos los sujetos tenían máxima agudeza visual corregida (MAVC) 20/20, ausencia de defectos de motilidad ocular, estrabismo, nistagmos o ambliopía y cualquier enfermedad ocular o sistémica que pudiera afectar los resultados.

### Criterios de exclusión

Se excluyeron sujetos que habían sido intervenidos de algún tipo de cirugía ocular, o que presentasen antecedentes de traumatismo craneoencefálico, fractura cervical o cirugía en esta zona, personas con discapacidad intelectual, o que padecieran cualquier tipo de enfermedad degenerativa o alteración neurológica.

### Variables optométricas

La evaluación de la visión binocular se realizó tras corroborar el correcto estado de la visión del paciente. En el apartado resultados, los sujetos se dividirán según cumplan la norma o no la cumplan. Entre las variables incluidas en el estudio optométrico, se encuentran:

**1. Criterio de Sheard.** Nos indica que el valor de la borrosidad en la vergencia contraria debe ser mayor o igual al doble de la foria. En este caso, para las vergencias fusionales positivas (VFP) corresponde el valor de la endodesviación, y para las vergencias fusionales negativas (VFN) corresponde el valor de la exodesviación. En caso de que no se cumpla el criterio de Sheard, podemos asumir que el paciente presentará síntomas visuales.

**2. Foria lateral.** El valor de la heteroforia horizontal representa el grado de desalineación de los ejes visuales. Se mide mediante el *cover test* alternante. Se realizó en distancia lejana (6 metros) y en cerca (40 cm) con una tarjeta de tipo acomodativo. Se mide en dioptrías prismáticas ( $\Delta$ ).

**3. Vergencias fusionales horizontales.** Se midieron las vergencias en ambas direcciones, base interna (BI) o negativas (VFN) y base externa (BE) o positivas (VFP). Se utilizó el prisma rotatorio del foróptero (Essilor, Francia). Se utilizó una carta de optotipos Snellen para las medidas. En lejos se colocó a una distancia de 6 metros y a 40 cm en distancia cercana. La potencia dióptrica se aumentó a razón de  $1\Delta$  por segundo. Se midió el valor de la borrosidad, ruptura y recobro. Se mide en dioptrías prismáticas ( $\Delta$ ), las cuales se han definido según lo establecido por Scheiman & Wick<sup>(10)</sup>. La borrosidad es medida de la cantidad de vergencial fusional libre de acomodación. La ruptura indica la cantidad de vergencia fusional y acomodativa. Finalmente, el recobro ofrece información sobre la capacidad del paciente de recuperar una visión binocular única después de la diplopía o doble imagen.

**4. Flexibilidad vergencial.** Cuantifica la capacidad de converger y divergir de forma dinámica. Se utilizó un prisma con una combinación prismática de  $3 \Delta$  BI y  $12 \Delta$  BE. Se midió en distancia cercana. Se comenzó por base interna. Los pacientes fueron instruidos para aclarar la imagen y a continuación se giró el prisma. Se mide en  $\Delta$ .

### Variables baropodométricas

La posturografía fue medida mediante la plataforma baropodométrica *FreeMed* (Sensor Medica, Guidonia Montecelio, Roma, Italia). El tamaño de la plataforma es

74 x 64 cm, con una superficie efectiva de 60 x 50 cm y un grosor de 8 mm. La plataforma incluye sensores de oro de 24 K, que proporcionan una alta repetibilidad y fiabilidad de las mediciones<sup>(11-18)</sup>.

Los datos fueron registrados mediante el *software FreeStep* en su versión 1.4.01 que incluye la misma plataforma baropodométrica. Se les indicó a los participantes que colocaran los pies descalzos en la plataforma en apoyo bipodal y de forma natural y relajada, con los pies en una posición *fisiológica* dando unos pasos en el mismo sitio, con los talones alineados y espaciados según las características de cada paciente<sup>(19,20)</sup>. Posteriormente, se invitó al sujeto a permanecer completamente inmóvil durante 7 segundos hasta el final del examen. Durante la prueba, el sujeto permaneció en posición ortostática con los brazos a lo largo del cuerpo y miró fijamente un punto fijo marcado en la pared a una distancia de 2 metros a la altura de la glabella de cada individuo. Se hicieron 3 registros consecutivos para calcular la media de cada uno de los parámetros baropodométricos estáticos. Todos los pacientes portaban su corrección óptica en el momento de la medición. Entre las variables que calcula el software se encuentran:

1. **Superficie del pie.** Esta variable incluye la superficie total, la superficie del antepié y retropié para ambos pies, se expresa en cm<sup>2</sup>.
2. **Carga del pie.** Esta variable incluye la carga de cada pie, la carga del antepié y retropié para ambos pies se expresa en porcentaje.
3. **Presión del pie.** Incluye la presión máxima y media para ambos pies. También se expresa la presión máxima a lo largo del eje X (derecha-izquierda) y eje Y (hacia delante y atrás), se expresa en gramos/cm<sup>2</sup>.
4. **Ángulo podálico.** Ángulo formado entre las tangentes al borde lateral del pie con la tangente al borde medial. Se midió para ambos pies y se expresa en grados (°).
5. **Ángulo de Fick.** Ángulo formado por el eje de alineación / rotación del pie y el plano sagital. Se midió para ambos pies y se expresa en grados (°).

#### Análisis de los datos

Los datos fueron analizados con el programa esta-

dístico SPSS 25 para Windows (SPSS Science, Chicago, United States). La normalidad de los datos se comprobó mediante la prueba de Shapiro-Wilk. En primer lugar se realizó un análisis descriptivo de los datos, mostrándose la frecuencia absoluta y el porcentaje de cada una de las categorías de las variables cualitativas estudiadas y la media y la DT, o en su defecto la mediana y el rango intercuartil (RIC) en las variables cuantitativas. A continuación se estudió la homogeneidad respecto de las variables edad, sexo, peso talla e índice de masa corporal en los dos grupos de sujetos (dentro y fuera de la norma) conformados a partir de los valores de las variables que indicaban el estado de la visión binocular.

En dichos análisis, en las variables que se ajustaron a la normal se usó la prueba t-Student o t de Welch, según fue necesario, y para las variables que no se ajustaron a la normal se empleó la prueba U de Mann-Whitney. En el caso de la variable sexo se usó, según se precisó, la prueba Chi-cuadrado de Pearson o en su defecto la prueba exacta de Fisher. Seguidamente se analizó la relación existente entre las variables relativas al estado de la visión binocular y las relativas a la postura de los sujetos. Para ello se determinó el valor del coeficiente r de Pearson y se llevó a cabo un análisis de regresión lineal simple, mostrándose los valores del coeficiente de determinación R<sup>2</sup> y el coeficiente no estandarizado «b».

Finalmente se compararon los valores de las variables referidas a la postura en los grupos de sujetos que se establecieron según los valores normativos de las variables que definen el estado de la visión binocular (dentro y fuera de la norma). En estos análisis, cuando las variables se ajustaron a la normal usamos la prueba t-Student o t de Welch, según fue necesario, y para las variables que no se ajustaron a la normal se empleó la prueba U de Mann-Whitney. Como complemento de los análisis referidos se calculó el tamaño del efecto determinándose el valor de la diferencia estandarizada de medias (d de Cohen) cuando se realizó la prueba t, y para establecer el tamaño del efecto se siguieron los criterios de Grissom<sup>(21-23)</sup> cuando usamos el test de Mann-Whitney. Todos los test estadísticos fueron realizados considerando un intervalo de confianza del 95 % (IC) (p < 0,05).

## RESULTADOS

La tabla 1 muestra los datos relativos a la edad, sexo, peso, talla, e IMC. Además, en dicha tabla se presentan los valores medios de las variables que definen el estado de la visión binocular, así como la clasificación de los participantes como dentro o fuera de los valores normativos de estas variables, y los datos relativos a las variables que describen la postura de los sujetos. Los dos

grupos de sujetos (dentro y fuera de los valores normativos de las variables que determinan el estado de la visión binocular) fueron homogéneos, esto es, no hubo diferencias estadísticamente significativas ( $p > 0,05$ ) entre ellos, en las variables edad, sexo, talla, peso e IMC, con excepción de la flexibilidad vergencial. En esta última variable los sujetos fuera de la norma presentaron una edad significativamente superior a los que estaban dentro de la norma.

TABLA 1. Descripción de las características de los sujetos

Variable	Media $\pm$ DT	Rango	Clasificación de los sujetos de acuerdo con los valores normativos		
			Dentro de la norma, n (%)	Fuera de la norma, n (%)	
Sexo	Mujer	44 (62,9%)*	-	-	
	Hombre	26 (37,1%)*	-	-	
Edad, años	38 $\pm$ 14	18 - 62	-	-	
Peso, kg	72,14 $\pm$ 14,97	43,5 - 116	-	-	
Talla, m	1,67 $\pm$ 0,09	1,47 - 1,88	-	-	
Índice de masa corporal, kg/m <sup>2</sup>	25,91 $\pm$ 4,79	17,49 - 38,48	-	-	
Criterio de Sheard	En lejos	-	-	54 (77,1)	16 (22,9)
	En cerca	-	-	32 (45,7)	38 (54,3)
Foria lateral, $\Delta$	En lejos	-0,86 $\pm$ 2,37	-12 - 8	61 (87,1)	9 (12,9)
	En cerca	-5,94 $\pm$ 6,74	-25 - 10	37 (52,9)	33 (47,1)
VFN (en lejos), $\Delta$	Rotura	8,67 $\pm$ 2,19	4 - 13	58 (82,9)	12 (17,1)
	Recobro	4,83 $\pm$ 1,70	0 - 9	64 (91,4)	6 (8,6)
VFN (en cerca), $\Delta$	Borrosidad	10,55 $\pm$ 4,60	4 - 30	33 (55)	27 (45)
	Rotura	17,00 $\pm$ 5,07	8 - 36	37 (52,9)	33 (47,1)
	Recobro	11,14 $\pm$ 4,43	0 - 20	50 (71,4)	20 (28,6)
VFP (en lejos), $\Delta$	Borrosidad	9,88 $\pm$ 4,64	2 - 24	41 (68,3)	19 (31,7)
	Rotura	15,91 $\pm$ 7,39	6 - 36	43 (61,4)	27 (38,6)
	Recobro	7,79 $\pm$ 4,95	0 - 27	48 (68,6)	22 (31,4)

Sánchez-González MC  
Yébenes-López S  
Gutiérrez-Sánchez E

Sánchez-González JM  
Pérez-Cabezas V

Ruiz-Molinero C  
De-Hita-Cantalejo C

**Relación de las alteraciones de la visión binocular  
con los parámetros baropodométricos:  
estudio piloto de asociación cruzada**

VFP (en cerca), Δ	Borrosidad	9,95 ± 5,62	2 - 26	14 (23,7)	45 (76,3)
	Rotura	16,6 ± 7,82	6 - 38	21 (30,0)	49 (70,0)
	Recobro	8,96 ± 6,26	0 - 32	55 (78,6)	15 (21,4)
Flexibilidad vergencial, cpm		9,33 ± 4,45	0,5 - 22	11 (18,0)	50 (82,0)
VV (en lejos), Δ	Rotura	3,21 ± 0,87	2 - 6	65 (92,9)	5 (7,1)
	Recobro	1,03 ± 0,74	0 - 3	53 (75,7)	17 (24,3)
VV (en cerca), Δ	Rotura	3,61 ± 1,35	2 - 10	59 (84,3)	11 (15,7)
	Recobro	1,26 ± 0,85	0 - 3	57 (81,4)	13 (18,6)
Superficie izquierda, cm <sup>2</sup>		131,51 ± 39,35	69 - 244	-	-
Superficie derecha, cm <sup>2</sup>		130,19 ± 40,15	60 - 263	-	-
Superficie antepié izquierdo, cm <sup>2</sup>		75,14 ± 25,17	32 - 150	-	-
Superficie antepié derecho, cm <sup>2</sup>		74,09 ± 25,28	30 - 154	-	-
Superficie retropié izquierdo, cm <sup>2</sup>		56,41 ± 15,03	31 - 95	-	-
Superficie retropié derecho, cm <sup>2</sup>		55,99 ± 16,05	26 - 110	-	-
Carga izquierda, %		52,29 ± 4,78	38 - 66	-	-
Carga derecha, %		47,71 ± 4,78	34 - 62	-	-
Carga antepié izquierdo, %		51,34 ± 6,73	35 - 66	-	-
Carga antepié derecho, %		51,26 ± 8,38	33 - 78	-	-
Carga retropié izquierdo, %		48,66 ± 6,73	34 - 65	-	-
Carga retropié derecho, %		48,74 ± 8,38	22 - 67	-	-
Presión máxima izquierda, gr/cm <sup>2</sup>		663,93 ± 186,66	368 - 1144	-	-
Presión máxima derecha, gr/cm <sup>2</sup>		619,4 ± 180,79	335 - 1199	-	-
Presión media izquierda, gr/cm <sup>2</sup>		303,69 ± 89,38	169 - 578	-	-
Presión media derecha, gr/cm <sup>2</sup>		281,2 ± 91,76	151 - 723	-	-
Ángulo podálico izquierdo, grados		7,26 ± 4,11	1 - 17	-	-
Ángulo podálico derecho, grados		7 ± 4,98	0 - 20	-	-
Angulo de Fick izquierdo, grados		6,23 ± 4,44	0 - 20	-	-
Angulo de Fick derecho, grados		6,89 ± 5,21	0 - 24	-	-
Desalineado CoF, grados		1,43 ± 1,78	0 - 9	-	-

\*Se muestra la frecuencia absoluta y el porcentaje. DT: Desviación estándar; Δ: dioptrías prismáticas;  
VFN: vergencia fusional negativa; VFP: vergencia fusional positiva; cpm: ciclos por minuto; VV: vergencia vertical.

Se encontró que existe una relación estadísticamente significativa ( $p < 0,05$ ) entre algunas de las variables relativas al estado de la visión binocular y algunas de las variables baropodométricas de los sujetos (tabla 2), aunque en todos los casos las correlaciones encontradas fueron pequeñas. Por otro lado, entre los sujetos dentro de la norma respecto de los que presentaron valores fuera de la norma, en las variables que describen el estado de la función binocular se encontraron diferencias estadísticamente significativas en las variables baropodométricas: carga del antepié y retropié izquierdo y derecho, superficie global del pie izquierdo y derecho, superficie del antepié y retropié izquierdo y derecho, presión máxima izquierda y derecha, presión media izquierda y derecha, ángulo podálico derecho y ángulo de Fick izquierdo y derecho (tablas 3.1, 3.2 y 3.3).

De entre los resultados encontrados destaca que en el caso de las variables relativas a la superficie, los sujetos con valores dentro de la norma según el criterio de Sheard presentaron medianas significativamente mayores que los sujetos fuera de la norma, mientras que en las presiones los participantes dentro de la norma según el citado criterio tuvieron medianas significativamente inferiores a los que estaban fuera de la norma. Por el contrario, en la variable rotura de la vergencia fusional negativa (VFN), en lejos, sucedió justamente lo contrario tanto en las superficies como en las presiones. Esto es, en las superficies los participantes con valores dentro de la norma según dicha VFN mostraron medianas significativamente menores que los sujetos fuera de la norma. Por otro lado, en las presiones los sujetos dentro de la norma tenían medianas y medias significativamente mayores que los que estaban fuera de la norma. Igual sucedió en el caso de las mencionadas presiones con las vergencias fusionales positivas en cerca (borrosidad y rotura), resultando mayores los valores de los sujetos normales frente a los que estaban fuera de tales valores normativos.

En los valores de la carga hemos encontrado, en el recobro en cerca de la VFP, que los sujetos normales tenían valores medios inferiores en dicha carga del antepié izquierdo y derecho frente a los participantes con la visión fuera de la norma. Por el contrario, la media de la carga en el retropié izquierdo y derecho fue mayor en los normales que en los fuera de la norma. Los valores

medios de las cargas, en los sujetos normales, eran similares en antepié izquierdo y derecho y retropié izquierdo y derecho. Sin embargo, en los individuos fuera de la norma hubo diferencias en la carga del antepié izquierdo respecto del retropié izquierdo y también del antepié derecho respecto del retropié derecho. Igualmente, en los sujetos fuera de la norma hubo diferencias entre el porcentaje de carga en el antepié izquierdo respecto del antepié derecho (siendo mayor la del derecho que la del izquierdo) y del retropié izquierdo frente al retropié derecho (siendo mayor la media en el derecho que en el izquierdo).

El ángulo podálico derecho fue significativamente mayor en los sujetos dentro de la norma según el criterio de Sheard. En cuanto al ángulo de Fick (tanto izquierdo como derecho) las medianas fueron significativamente mayores en los participantes con valores dentro de la norma en la rotura en la VFN en lejos frente a los que estaban fuera de la norma.

## DISCUSIÓN

Como se ha comentado, nuestros resultados parecen indicar la existencia de relación entre las variables que definen el estado de la visión binocular y las relativas a las mediciones baropodométricas en la estática, esto es, a la postura de los sujetos. Además, parece que existen diferencias en la postura (en la baropodometría estática) entre los sujetos con visión binocular normal frente a los que tienen alterada dicha visión, aunque a este respecto nuestros resultados no son concluyentes. En la presente investigación se ha identificado la presencia de posibles desórdenes de la función vergencial basándonos en distintos signos clínicos: criterios de Sheard, foria lateral, vergencias fusionales negativas y positivas, vergencias verticales y flexibilidad vergencial<sup>(9, 24-28)</sup>. Nuestros datos señalan una falta de concordancia entre los resultados de la comparación de los sujetos, dentro y fuera de la norma según el criterio de Sheard, y el resto de las variables que definían el estado de la visión binocular para las superficies y las presiones. Los resultados obtenidos se cimientan en comparaciones de grupos, en algunos casos, con un reducido tamaño muestral, por lo que deben ser considerados con cautela, y esto podría expli-

TABLA 2. Correlaciones entre variables y su significación estadística y coeficientes «b» no estandarizados (modelos de regresión).

	Variable	r	p valor	R <sup>2</sup>	Coefficientes «b» no estandarizados
VFN (en cerca) Recobro con	Presión media derecha, gr/cm <sup>2</sup>	-0,256	0,033	0,065	-5,303
VFP (en lejos) Borrosidad con	Carga izquierda, %	0,258	0,047	0,067	0,256
	Carga derecho, %	-0,258	0,047	0,067	-0,256
VFP (en lejos) Recobro con	Carga antepié derecho, %	-0,304	0,011	0,092	-0,514
	Carga retropié derecho, %	0,304	0,011	0,092	0,514
	Ángulo podálico izq., grados	-0,268	0,025	0,072	-0,223
	Ángulo de Fick izq., grados	-0,238	0,047	0,057	-0,213
VFP (en cerca) Recobro con	Desalineado CoF, grados	0,241	0,045	0,058	0,069

VFN: vergencia fusional negativa; VFP: vergencia fusional positiva.

TABLA 3.1. Comparación de las variables que describen la postura en los sujetos que están dentro de los valores normativos de las variables relativas a la Función Vergencial frente a los que están fuera de dichos valores.

Variable	Criterio de Sheard, en lejos			
	Dentro de la norma (n = 54), mediana (RIC)	Fuera de la norma (n = 16), mediana (RIC)	p-valor	Tamaño del efecto
Superficie izquierda, cm <sup>2</sup>	140,5 (105,0-166,8)	106,0 (89,3-122,8)	<b>0,017</b>	<b>0,40</b>
Superficie derecha, cm <sup>2</sup>	134,5 (108,3-156,8)	104,5 (84,5-128,5)	<b>0,018</b>	<b>0,39</b>
Superficie antepié izquierdo, cm <sup>2</sup>	80,5 (57,3-97,3)	59,0 (49,3-66,0)	<b>0,014</b>	<b>0,41</b>
Superficie antepié derecho, cm <sup>2</sup>	76,0 (62,5-92,0)	57,0 (41,8-70,3)	<b>0,013</b>	<b>0,41</b>
Superficie retropié izquierdo, cm <sup>2</sup>	58,5 (44,8-69,0)	48,0 (39,8-57,3)	<b>0,030</b>	<b>0,36</b>
Superficie retropié derecho, cm <sup>2</sup>	58,0 (46,8-65,3)	48,5 (38,5-55,5)	<b>0,036</b>	<b>0,35</b>
Presión máxima derecha, gr/cm <sup>2</sup>	568,5 (464,8-662,8)	677,5 (630,5-799,0)	<b>0,011</b>	<b>0,42</b>
Presión media izquierda, gr/cm <sup>2</sup>	271,5 (227,8-355,0)	351,0 (298,8-390,3)	<b>0,031</b>	<b>0,36</b>
Presión media derecha, gr/cm <sup>2</sup>	243,5 (207,0-320,3)	344,0 (293,0-366,5)	<b>0,002</b>	<b>0,50</b>
Ángulo podálico derecho, grados	5,5 (2,0-9,0)	9,0 (8,0-11,8)	<b>0,022</b>	<b>0,38</b>

VFN: vergencia fusional negativa; VFP: vergencia fusional positiva.



TABLA 3.2. Comparación de las variables que describen la postura en los sujetos que están dentro de los valores normativos de las variables relativas a la Función Vergencial Negativa (VFN) frente a los que están fuera de dichos valores

Variable	VFN (en lejos) Rotura, $\Delta$			
	Dentro de la norma (n = 54), mediana (RIC)	Fuera de la norma (n = 16), mediana (RIC)	p-valor	Tamaño del efecto
Superficie derecha, cm <sup>2</sup>	120,5 (95,0-149,3)	151,5 (129,8-170,3)	<b>0,017</b>	<b>0,44</b>
Superficie antepié izquierdo, cm <sup>2</sup>	66,5 (52,0-92,8)	85,5 (73,0-106,8)	0,057	0,35
Superficie antepié derecho, cm <sup>2</sup>	68,0 (53,3-91,3)	86,5 (73,3-108,5)	<b>0,019</b>	<b>0,43</b>
Superficie retropié derecho, cm <sup>2</sup>	52,5 (42,0-62,3)	63,0 (56,3-68,0)	<b>0,030</b>	<b>0,40</b>
Presión máxima izquierda, g/cm <sup>2</sup>	689,1 ± 188,4*	542 ± 123,3*	<b>0,012</b>	<b>0,82**</b>
Presión máxima derecha, g/cm <sup>2</sup>	634,5 (511,3-722,5)	521,5 (412,3-589,5)	<b>0,019</b>	<b>0,43</b>
Presión media izquierda, gr/cm <sup>2</sup>	314,5 ± 89,9*	251,6 ± 68,4*	<b>0,025</b>	<b>0,72**</b>
Presión media derecha, gr/cm <sup>2</sup>	287,5 (223,0-349,0)	216,0 (187,5-240,3)	<b>0,030</b>	<b>0,40</b>
Ángulo de Fick izquierdo, grados	6,0 (4,0-8,3)	4,0 (2,0-6,5)	0,065	0,33
Ángulo de Fick derecho, grados	7,0 (4,0-10,3)	4,0 (0,8-7,0)	<b>0,045</b>	<b>0,36</b>

\*Se muestra la Media ± DT. \*\*Se presenta el coeficiente de Cohen. RIC: rango intercuartílico.

TABLA 3.3. Comparación de las variables que describen la postura en los sujetos que están dentro de los valores normativos de las variables relativas a la Función Vergencial Positiva (VFP) frente a los que están fuera de dichos valores.

Variable		Carga	Carga	Carga	Carga	P. Max. Izq., gr/cm <sup>2</sup>
		Antepié Izq., %	Antepié Der., %	Retro Izq., %	Retro Der., %	
VFP (en cerca). Borrosidad, $\Delta$	Dentro de la norma (n = 14), mediana (RIC)	-	-	-	-	709,5 (623,3-873,3)
	Fuera de la norma (n = 45), mediana (RIC)	-	-	-	-	612 (451,5-731,5)
	p-valor	-	-	-	-	<b>0,025</b>
	Tamaño del efecto	-	-	-	-	<b>0,40</b>

Sánchez-González MC  
Yébenes-López S  
Gutiérrez-Sánchez E

Sánchez-González JM  
Pérez-Cabezas V

Ruiz-Molinero C  
De-Hita-Cantalejo C

**Relación de las alteraciones de la visión binocular con los parámetros baropodométricos: estudio piloto de asociación cruzada**

VFP (en cerca). Rotura, $\Delta$	Dentro de la norma (n = 21), mediana (RIC)	-	-	-	-	725 (614-893,5)
	Fuera de la norma (n = 49), mediana (RIC)	-	-	-	-	624 (525,5-728)
	p-valor	-	-	-	-	<b>0,048</b>
	Tamaño del efecto	-	-	-	-	<b>0,30</b>

VFP (en cerca). Recobro, $\Delta$	Dentro de la norma (n = 55), media $\pm$ DT	50,5 $\pm$ 6,6	49,6 $\pm$ 7,4	49,6 $\pm$ 6,6	50,5 $\pm$ 7,4	-
	Fuera de la norma (n = 15), media $\pm$ DT	54,6 $\pm$ 6,3	57,5 $\pm$ 8,8	45,4 $\pm$ 6,3	42,5 $\pm$ 8,8	-
	p-valor	<b>0,044</b>	<b>0,005</b>	<b>0,044</b>	<b>0,005</b>	-
	d de Cohen	<b>0,63</b>	<b>1,02</b>	<b>0,63</b>	<b>1,02</b>	-

RIC: rango intercuartílico; DT: desviación estándar.

car que no vayan siempre en la misma dirección, representando una limitación a considerar. Por tanto consideramos que es necesario desarrollar futuras investigaciones con mayor tamaño muestral.

Anteriormente, otros autores como Bucci y cols.<sup>(5)</sup> han estudiado la relación que existe entre el sistema vergencial y el control postural. En este caso, estos autores observaron como el control postural de niños con vértigo era menor al grupo control, formado por niños sin vértigo. El vértigo que tenía el grupo de pacientes incluidos en su estudio estaba provocado por alteraciones del sistema binocular, en concreto, por alteraciones de componente vergencial.

Entre las conclusiones principales del estudio, la propiocepción se postula como la principal fuente de información sensorial para el control del balance sobre una superficie estática. Otros estudios realizados por el mismo grupo de investigación en adultos<sup>(29)</sup>, sugiere que el papel que aporta el componente vergencial y oculomotor tiene una labor clave en el control postural estático de los pacientes.

Otras líneas de investigación relacionadas con los estudios anteriormente mencionados reportan la influencia de las señales de los músculos extraoculares

sobre el control postural en sujetos con estrabismo<sup>(3)</sup>. En este caso evitaron que la diplopía tuviera un papel determinante en el estudio mediante la oclusión de un ojo para realizar las pruebas experimentales. Estos estudios disponibles en la literatura científica abren nuevas líneas en la investigación del sistema vergencial y las variables baropodométricas.

## CONCLUSIONES

En función de los resultados obtenidos en nuestro estudio, existe relación entre las variables baropodométricas estáticas y las que definen el estado de la visión binocular. Son necesarias más investigaciones que identifiquen el sentido de esta relación.

## RESPONSABILIDADES ÉTICAS

**Protección de personas y animales.** Los procedimientos que se han seguido en este estudio se ajustan a la Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial, en su actualización de 2016.

### Confidencialidad y consentimiento informado.

Todos los participantes incluidos en este estudio, fueron informados recibiendo un consentimiento informado por escrito para participar en el mismo, el cual firmaron y entregaron a los responsables del estudio.

**Privacidad.** En este manuscrito no aparecen datos personales de ningún participante en el estudio.

**Financiación.** La presente investigación no ha recibido ninguna beca específica de agencias de los sectores público, comercial, o sin ánimo de lucro.

**Conflicto de interés.** Ninguno.

**Contribución de autoría.** María Carmen Sánchez-González: autor principal. Desarrollo y redacción del estudio. Salomé Yébenes-López: redacción, supervisión y revisión del estudio. Estanislao Gutiérrez-Sánchez: redacción, supervisión y revisión del estudio. José-María Sánchez-González: autor de correspondencia. Redacción y revisión del estudio. Verónica Pérez-Cabezas: redacción, supervisión y revisión del estudio. Carmen Ruiz-Moliner: redacción, supervisión y revisión del estudio. Concepción De-Hita-Cantalejo: redacción, supervisión y revisión del estudio. Todos los autores han colaborado en la redacción y revisión del estudio, y han tenido acceso completo a su contenido.

### AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo ofrecido por los miembros de la Facultad de Farmacia de la Universidad de Sevilla, así como a los responsables de las instalaciones del Grado en Óptica y Optometría.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bucci MP, Soufi H, Villeneuve P, Colleville L, Bui-Quoc E, Lions C. Importance of Proprioceptive Information for Postural Control in Children with Strabismus before and after Strabismus Surgery. *Front Syst Neurosci.* 2016 Sep 6; 10: 67.
- Legrand A, Bui-Quoc E, Bucci MP. Re-alignment of the eyes, with prisms and with eye surgery, affects postural stability differently in children with strabismus. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 2012 Jun 28; 250(6): 849–55.
- Przekoracka-Krawczyk A, Nawrot P, Czajńska M, Michalak KP. Impaired body balance control in adults with strabismus. *Vision Res.* 2014 May 1; 98: 35–45.
- Lions C, Bui Quoc E, Wiener-Vacher S, Bucci MP. Postural control in strabismic children: importance of proprioceptive information. *Front Physiol.* 2014 Apr 23; 5: 156.
- Bucci MP, Lê T-T, Wiener-Vacher S, Bremond-Gignac D, Bouet A, Kapoula Z. Poor Postural Stability in Children with Vertigo and Vergence Abnormalities. *Investig Ophthalmology Vis Sci.* 2009 Oct 1; 50(10): 4678.
- Kapoula Z, Lê T-T. Effects of distance and gaze position on postural stability in young and old subjects. *Exp Brain Res.* 2006 Aug 9; 173(3): 438–45.
- Lê T-T, Kapoula Z. Distance impairs postural stability only under binocular viewing. *Vision Res.* 2006 Oct; 46(21): 3586–93.
- Kapoula Z, Gaertner C, Yang Q, Denise P, Toupet M. Vergence and Standing Balance in Subjects with Idiopathic Bilateral Loss of Vestibular Function. *Martinez-Conde S, editor. PLoS One.* 2013 Jun 18; 8(6): e66652.
- Jiménez R, Pérez MA, García JA, González MD. Statistical normal values of visual parameters that characterize binocular function in children. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2004 Nov; 24(6): 528–42.
- Scheiman M, Wick B. Diagnosis and General Treatment Approach. In: Scheiman M, Wick B, editors. *Clinical management of binocular vision: heterophoric, accommodative, and eye movement disorders.* 4th ed. Philadelphia, PA: Lippincott Williams & Wilkins; 2014. p. 11.
- Romero-Franco N, Gallego-Izquierdo T, Martínez-López EJ, Hita-Contreras F, Catalina O-PM, Martínez-Amat A. Postural Stability and Subsequent Sports Injuries during Indoor Season of Athletes. *J Phys Ther Sci.* 2014 May; 26(5): 683–7.
- Romero-Franco N, Martínez-López EJ, Hita-Contreras F, Lomas-Vega R, Martínez-Amat A. Effects of an anaerobic lactic training session on the postural stability of athletes. *J Sports Med Phys Fitness.* 2015 Jun; 55(6): 578–86.
- Romero-Franco N, Martínez-López EJ, Lomas-Vega R, Hita-Contreras F, Osuna-Pérez MC, Martínez-Amat A. Short-term effects of proprioceptive training with unstable

- platform on athletes' stabilometry. *J Strength Cond Res.* 2013 Aug; 27(8): 2189–97.
14. Romero-Franco N, Martínez-Amat A, Hita-Contreras F, Martínez-López EJ. Short-term Effects of a Proprioceptive Training Session with Unstable Platforms on the Monopodal Stabilometry of Athletes. *J Phys Ther Sci.* 2014 Jan; 26(1): 45–51.
  15. Patti A, Bianco A, Messina G, Paoli A, Bellafiore M, Battaglia G, et al. The influence of the stomatognathic system on explosive strength: a pilot study. *J Phys Ther Sci.* 2016 Jan; 28(1): 72–5.
  16. Patti A, Bianco A, Paoli A, Messina G, Montalto MA, Bellafiore M, et al. Pain Perception and Stabilometric Parameters in People With Chronic Low Back Pain After a Pilates Exercise Program: A Randomized Controlled Trial. *Medicine (Baltimore).* 2016 Jan; 95(2): e2414.
  17. Patti A, Maggio MC, Corsello G, Messina G, Iovane A, Palma A. Evaluation of Fitness and the Balance Levels of Children with a Diagnosis of Juvenile Idiopathic Arthritis: A Pilot Study. *Int J Environ Res Public Health.* 2017 Jul 19; 14(7): 806.
  18. Patti A, Messina G, Palma R, Barcellona M, Brusa J, Iovane A, et al. Comparison of posturographic parameters between young taekwondo and tennis athletes. *J Phys Ther Sci.* 2018 Aug; 30(8): 1052–5.
  19. Peixoto JG, Dias AG, Miranda LM, Defilipo EC, Feitosa MB, Chagas PS de C, et al. Análise de confiabilidade de medidas das pressões plantares estática e dinâmica de crianças e adolescentes com desenvolvimento normal. *Fisioter e Pesqui.* 2017 Mar; 24(1): 46–53.
  20. Becerro-de-Bengoa-Vallejo R, Losa-Iglesias ME, Rodríguez-Sanz D. Static and Dynamic Plantar Pressures in Children With and Without Sever Disease: A Case-Control Study. *Phys Ther.* 2014 Jun 1; 94(6): 818–26.
  21. Grissom RJ. Probability of the superior outcome of one treatment over another. *J Appl Psychol.* 1994; 79(2): 314–6.
  22. Grissom RJ. Statistical analysis of ordinal categorical status after therapies. *J Consult Clin Psychol.* 1994 Apr; 62(2): 281–4.
  23. Grissom RJ, Kim JJ. Review of assumptions and problems in the appropriate conceptualization of effect size. *Psychol Methods.* 2001 Jun; 6(2): 135–46.
  24. Morgan MW. The clinical aspects of accommodation and convergence. *Am J Optom Arch Am Acad Optom.* 1944; 21: 301–313.
  25. Antona B, Barrio A, Barra F, Gonzalez E, Sanchez I. Repeatability and agreement in the measurement of horizontal fusional vergences. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2008 Sep; 28(5): 475–91.
  26. Giffard P, Daly L, Treleaven J. Influence of neck torsion on near point convergence in subjects with idiopathic neck pain. *Musculoskelet Sci Pract.* 2017 Dec; 32: 51–6.
  27. Cacho-Martínez P, García-Muñoz Á, Ruiz-Cantero MT. Is there any evidence for the validity of diagnostic criteria used for accommodative and nonstrabismic binocular dysfunctions? *J Optom.* 2014 Jan; 7(1): 2–21.
  28. Cacho-Martínez P, García-Muñoz Á, Ruiz-Cantero MT. Do we really know the prevalence of accommodative and nonstrabismic binocular dysfunctions? *J Optom.* 2010 Oct; 3(4): 185–97.
  29. Kapoula Z, Lê T-T. Effects of distance and gaze position on postural stability in young and old subjects. *Exp Brain Res.* 2006 Aug 9; 173(3): 438–45.