

Estableciendo relaciones entre la visión binocular y la cervicalgia

Establishing relationships between binocular vision and cervicgia

Sánchez-González MC^a, Pérez-Cabezas V^b, Serrano-Sánchez FJ^c, Gutiérrez-Sánchez E^d, Ruiz-Molinero C^b

^a Departamento de Física de la Materia Condensada. Área de Óptica. Universidad de Sevilla. Sevilla. España

^b Departamento de Enfermería y Fisioterapia. Universidad de Cádiz. Cádiz. España

^c Escuela Universitaria Francisco Maldonado. Osuna (Sevilla). España

^d Departamento de Cirugía. Área de Oftalmología. Universidad de Sevilla. Sevilla. España

Correspondencia:

Verónica Pérez-Cabezas
veronica.perezcabzas@uca.es

Recibido: 27 febrero 2018

Aceptado: 16 marzo 2018

RESUMEN

Introducción: el estrés visual a veces implica la presencia de trastornos musculoesqueléticos en el área cervicodorsal. El objetivo de este estudio es establecer relaciones entre la presencia de disfunciones binoculares no estrábicas y la cervicalgia. *Material y método:* fueron incluidos 60 participantes. Se realizó un examen completo de la visión binocular. Los sujetos se clasificaron en 2 grupos: anomalías binoculares y visión binocular normal. Las variables relacionadas con la cervicalgia se midieron con el índice de discapacidad cervical, la escala visual analógica, el rango articular cervical, el nivel de activación de la musculatura flexora profunda (NA) y su índice de rendimiento (IR). *Resultados:* el NA mostró las mayores diferencias respecto a las variables que describen el estado de la visión binocular. Por otro lado, cuando clasificamos a los pacientes según el valor IR encontramos una diferencia significativa ($p = 0,036$, tamaño del efecto = 0,27) en la foria lateral en lejos, siendo el valor en los 20 sujetos con IR mayor o igual que 10 (mediana = 0 Δ , Q1 = 0 Δ , Q3 = 0 Δ), y en los 40 participantes con IR menor que 10 (mediana = 0 Δ , Q1 = -1 Δ , Q3 = 0 Δ). *Conclusión:* los sujetos con deterioro de la visión binocular mostraron una respuesta disminuida a la musculatura cervical profunda, con bajos niveles de NA y IR, además de presentar una tendencia a sufrir cervicalgia de más de 3 meses de evolución y un menor rango de movimiento.

Palabras clave: cervicalgia, visión binocular, rango articular.

ABSTRACT

Introduction: visual stress sometimes involves the presence of musculoskeletal disorders in the cervicodorsal area. The aim of this study is to establish relationships between the presence of non-strabismic binocular dysfunctions and neck pain. *Material and method:* 60 participants were included. A complete examination of the binocular vision was performed. The subjects were classified into two groups: binocular anomalies and normal binocular vision. Neck complaints were measured with the neck disability index, the visual analogue scale, cervical range of motion, deep flexor muscle activation score (AS) and performance index (PI). *Results:* the AS showed the greatest differences, by grouping the participants according to their normative levels, in the value of the variables that describe the state of the binocular vision. On the other hand, when we classify the patients according to the PI value we find a significant difference ($p = 0.036$, effect size = 0.27) in the Lateral Foria in Far, being the value in the 20 subjects with PI greater than or equal to 10 (median = 0 Δ , Q1 = 0 Δ , Q3 = 0 Δ) and in the 40 participants with PI

less than 10 (median = 0 Δ, Q1 = -1 Δ, Q3 = 0 Δ). Conclusion: the subjects with binocular vision impairment showed a diminished response to the deep cervical musculature, with low AS and PI levels, as well as presenting a tendency to suffer cervicgia of more than three months evolution and a lower range of motion.

Keywords: neck pain, vision binocular, range of motion.

INTRODUCCIÓN

Las anomalías acomodativas y las disfunciones binoculares no estrábicas son trastornos de la visión que afectan la binocularidad y al rendimiento visual de los sujetos. Estas disfunciones tienden a provocar dificultades en la realización de actividades relacionadas con la visión de cerca, ocasionando síntomas que pueden incluir visión borrosa, dificultad en la lectura, dolor de cabeza, diplopía y en muchos casos imposibilidad de mantener una visión confortable durante un tiempo prolongado⁽¹⁻³⁾. Dicha sintomatología puede coexistir con molestias en la zona cervical, causadas por los cambios posturales en respuesta al estrés visual. Diversos autores informan sobre la prevalencia de síntomas visuales en sujetos con cervicgias⁽⁴⁻⁶⁾. Se abre por tanto la posibilidad de una disfunción cruzada entre los dos sistemas.

En este sentido encontramos estudios que establecen relaciones entre ambos sistemas⁽⁷⁻¹³⁾, pero en ningún caso valoran el estado visual mediante el análisis de las variables que definen la visión binocular.

Los parámetros visuales que normalmente se miden para determinar el estado de la visión binocular son el valor de la foria horizontal, el rango de vergencias horizontales en ambas direcciones base interna y base externa (VFN y VFP), el rango de vergencias verticales, la flexibilidad vergencial, el punto próximo de convergencia (PPC) y la estereoagudeza⁽¹⁴⁾. Otros parámetros relacionados con la acomodación no serán determinados en nuestro estudio a causa de la edad de los sujetos, ya que el valor de estas variables disminuye con la edad. Por la misma razón tampoco se determina el valor del (PPC)⁽¹⁵⁾.

En nuestro estudio, proponemos evaluar el estado de la función binocular completa y exhaustivamente, tratando de determinar si existe una relación entre el padecimiento de disfunciones binoculares no estrábicas y la presencia de síntomas de cervicgia.

MATERIAL Y MÉTODO

Diseño

El estudio que presentamos es de tipo analítico, observacional, transversal, prospectivo, 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.

Sujetos

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, nistagmus 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 cualquier problema que le impidiera cumplir el índice de discapacidad cervical, o que padecan cualquier tipo de enfermedad degenerativa o alteración neurológica.

Muestra

Estuvo compuesta por 60 sujetos con una media de edad de 41,27 años (Desviación Típica (DT) de 15,43), con un mínimo de 18 y un máximo de 68 años, de los cuales 31 (51,7 %) eran hombres y 29 (48,3 %) mujeres. La media de su talla fue de 1,69 m (DT = 0,09), con un mínimo de 1,50 m y un máximo de 1,91 m; su peso presentó una media de 73.61 kg (DT = 12,79), incluyendo valores entre 52,75 y 116 kg; y su índice de masa corporal medio fue de 25,86 kg/m² (DT = 3,58), estando entre 19,41 y 37,72 kg/m².

Procedimiento

Firmado el consentimiento informado se les entregó en mano el cuestionario índice de discapacidad cervical (IDC)⁽¹⁶⁾, que mide dicho índice. Posteriormente se evaluó el dolor con la escala visual analógica (EVA), el estado de la musculatura cervical profunda con el *Stabilizer* y el rango de movilidad articular cervical. Asimismo se les preguntó si padecían dolor cervical con evolución de 3 meses o más.

En primer lugar un fisioterapeuta con una experiencia de 10 años valoró en los sujetos siguiendo la secuencia descrita a continuación:

- El rango articular cervical en sedestación, mediante el instrumento *cervical-range-of-motion* (C-ROM)⁽¹⁷⁾. Se solicitó a los participantes que realizaran activamente los movimientos de flexión, extensión, inclinación derecha (ID), inclinación izquierda (II), rotación derecha (RD) y rotación izquierda (RI), 3 veces cada uno, hallándose la media de las mediciones.
- El estado de la musculatura profunda del cuello, utilizándose el *craneocervical flexion test* (CCFT), con el dispositivo *Stabilizer pressure biofeedback* marca ChattanoogaTM⁽¹⁸⁾. El CCFT se realiza con el participante en decúbito supino con el cuello en posición neutra (sin almohada). Se posiciona el dispositivo debajo del cuello y contra el occipucio. Una vez colocado, se infla hasta la línea de 20 mmHg. El paciente realiza un movimiento de la cabeza como si estuviera diciendo «sí». Un examinador adiestrado observó y corrigió cualquier

sustitución de movimientos. Cada individuo fue instruido para realizar la flexión craneocervical del cuello a 5 niveles de presión (22, 24, 26, 28 y 30 mmHg), y mantener la posición firmemente. Si lo consigue, debe relajar la musculatura y después repetir el movimiento para cada posición (obteniéndose el «nivel de activación» (NA), según la presión). Determinado el NA, pedimos que mantenga la presión, con actividad muscular superficial mínima, realizando 10 repeticiones sostenidas de 10 segundos. El número de repeticiones es denominado «rendimiento». Se calculó un índice de rendimiento (IR) multiplicando el NA por el rendimiento.

Los estudios de casos sobre cervicalgias que utilizaron esta prueba, muestran que las puntuaciones fueron inferiores a 4 en el NA y de 10 en el IR, en pacientes con trastornos cervicales. Estos sujetos presentan un control neuromotor con una deteriorada activación de los músculos flexores cervicales profundos. Este deterioro parece genérico al trastorno de dolor cervical^(18, 19).

Todos los datos fueron recogidos en una ficha de registro por otro fisioterapeuta.

Una vez terminado el examen fisioterápico, y tras un descanso de 60 minutos, se pasó a una sala contigua en la que un Graduado en Optometría realizó un examen optométrico. En dicho examen se evalúa de forma completa el estado de la visión binocular, midiendo el valor de la heteroforia, el rango de vergencias horizontales y verticales, la flexibilidad vergencial y estereopsis, con el fin de detectar la presencia de alguna disfunción binocular no estrábica que pudiese estar presente^(1-3, 20, 21).

Se utilizó un foróptero marca ESSILOR modelo MPH 100E S/N 000104, ocluser, barra de prismas (*Gulden B-16 horizontal prism bars-Gulden Ophthalmics*, Elkins Park, PA) y test de estereopsis (*Titmus Fly Test*).

Se midió la foria con el *Cover test* (CT), que permite la medida objetiva de la desviación y ha mostrado tener una excelente repetibilidad tanto intraexaminador como interexaminador. Es considerado el procedimiento de diagnóstico más significativo y es la prueba clínica objetiva más comúnmente utilizada actualmente⁽²²⁾. Se llevó a cabo la medida tanto en lejos como en cerca, considerando el valor del prisma que provoca la primera neutralización como punto final y valor de la foria^(22, 23).

Durante todo el examen el optometrista debe evaluar desde la misma posición a todos los sujetos⁽²⁴⁻²⁶⁾ empleando un tiempo de oclusión para disociar de al menos 5 segundos⁽²⁷⁻²⁹⁾. El resultado se expresa en dioptrías prismáticas (Δ).

Para medir el rango de vergencia fusional se emplearon diversas técnicas con prismas, siendo las más habituales los prismas rotatorios de Risley, que se utilizó para la denominada medida «suave» de vergencia; y la barra de prismas, que se aplicó para la denominada medida «a saltos».

Los dos métodos de medición de vergencia fusional se pueden describir como bastante fiables para determinar vergencias fusionales negativas (VFN), aunque las mediciones para vergencias fusionales positivas (VFP) muestran una baja repetibilidad. Por tanto, la variabilidad en vergencias observados para cada procedimiento debe tenerse en cuenta al determinar el estado de la visión binocular⁽³⁰⁾. Una vez que se elija una técnica inicial de medida, se utilizará siempre la misma durante el seguimiento del paciente.

En nuestro estudio medimos el rango de vergencia usando los prismas rotatorios de Risley del foróptero y realizamos 3 medidas espaciadas 15 segundos entre cada una de ellas para evitar el fenómeno de adaptación. En primer lugar se midió el rango de vergencia en lejos y después en cerca y, para cada una de las 2 distancias, siempre se midió primero la VFN y después la VFP. Se realiza en este orden porque parece haber una adaptación prismática en base externa (BE) mayor que la que se produce cuando se mide con base interna (BI), y que podrían reducir los valores del rango de vergencias negativas si se midiesen al revés^(31, 32).

La medida de la flexibilidad vergencial (FV), valora la habilidad del sistema vergencial para responder rápida y exactamente a los cambios en el estímulo de vergencia a lo largo del tiempo. La bibliografía muestra diferentes potencias prismáticas utilizadas para su medida, sin embargo fue la combinación prismática de $3\Delta BI$ y $12\Delta BE$ para la que Gall y cols.^(33, 34) encontraron una buena repetibilidad en cerca y es la combinación que se usará en nuestro estudio.

La estereoagudeza depende de una buena visión en ambos ojos, un adecuado control oculomotor y una correcta integración cortical, por lo que su evaluación es

útil para saber el estado de la visión binocular. La estereopsis proporciona la medida de la fusión sensorial en sujetos con ejes visuales paralelos o desviaciones pequeñas^(35,36). En nuestro estudio se evaluó usando el *Titmus Fly Test* (Stereo Optical, Chicago, IL, EE.UU.) (TST), prueba basada en imágenes polarizadas^(37,38).

A partir de los valores de las variables anteriores se definió una nueva variable, «Criterio de Sheard's», que describe el estado global de la visión binocular en sujetos con visión binocular normal o fuera de la norma.

Análisis de los datos

Los datos fueron analizados con el programa estadístico SPSS 24 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 los cuartiles primero y tercero (Q1-Q3) en las variables cuantitativas. Posteriormente se compararon los valores de las variables referidas a la visión binocular en los grupos de sujetos que se establecieron según los valores normativos del IDC, NA, IR y padecimiento de cervicalgia de 3 o más meses de evolución. En estos análisis, cuando las variables se ajustaron a la normal usamos la prueba t-Student o la 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⁽³⁹⁻⁴¹⁾ cuando usamos el test de Mann-Whitney. Cuando se estudió la relación entre variables relativas al estado de la región cervical categorizadas y el criterio de Sheard empleamos la prueba Chi-cuadrado de Pearson o en su defecto la prueba exacta de Fisher. Todos los test estadísticos fueron realizados considerando un intervalo de confianza del 95 % (IC) ($p < 0,05$). Además mostramos las diferencias a nivel descriptivo que se aproximaron a dicha significación estadística.

RESULTADOS

La tabla 1 muestra 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 en la tabla 2 se presentan los valores de las variables rela-

tivas al dolor, discapacidad, movilidad cervical y estado de la musculatura flexora cervical profunda (NA e IR).

De todos los parámetros evaluados en relación al estado de la región cervical, el NA fue el que mostró mayores diferencias, al agrupar a los participantes en función de sus niveles normativos, en el valor de las variables que describen el estado de la visión binocular de los

TABLA 1. Descriptivo de las variables que definen el estado de la visión binocular.

Variable	n	Media (DT)	Clasificación de los sujetos según los valores normativos: n (%)		
			Fuera de la norma	Dentro de la norma	
Criterio de Sheard's	Lejos	59	-	7 (11,9)	52 (88,1)
	Cerca	58	-	34 (58,6)	24 (41,4)
Foria lateral, Δ	Lejos	60	-0,55 (2,37)	8 (13,3)	52 (86,7)
	Cerca	60	-6,5 (6,83)	27 (45,0)	33 (55,0)
Base-interna lejos, Δ	Rotura	59	8,46 (2,45)	11 (18,6)	48 (81,4)
	Recobro	59	4,22 (1,89)	6 (10,2)	53 (89,8)
Base-interna cerca, Δ	Borrosidad	45	11,47 (5,26)	24 (53,3)	21 (46,7)
	Rotura	60	17,25 (4,79)	24 (40,0)	36 (60,0)
Base-externa lejos, Δ	Recobro	60	11,97 (4,25)	13 (21,7)	47 (78,3)
	Borrosidad	37	9,24 (4,18)	10 (27,0)	27 (73,0)
Base-externa cerca, Δ	Rotura	57	15,42 (6,39)	18 (31,6)	39 (68,4)
	Recobro	57	7,77 (4,76)	20 (35,1)	37 (64,9)
Flexibilidad vergencial, cpm	Borrosidad	46	10,67 (5,46)	31 (67,4)	15 (32,6)
	Rotura	58	16,17 (7,15)	35 (60,3)	23 (39,7)
Vergencias verticales lejos, Δ	Recobro	58	9,02 (6,19)	9 (15,5)	49 (84,5)
	Rotura	46	10,13 (5,08)	37 (80,4)	9 (19,6)
Vergencias verticales cerca, Δ	Rotura	60	3,32 (0,87)	4 (6,7)	56 (93,3)
	Recobro	60	0,95 (0,83)	20 (33,3)	40 (66,7)
Vergencias verticales cerca, Δ	Rotura	60	3,72 (1,32)	10 (16,7)	50 (83,3)
	Recobro	60	1,23 (0,91)	14 (23,3)	46 (76,7)

sujetos. Estos resultados se muestran en la tabla 3. Por otro lado, cuando clasificamos a los pacientes en función del valor del IR hallamos una diferencia significativa ($p = 0,036$; tamaño del efecto = 0,27) en la foria lateral en

lejos, siendo el valor en los 20 sujetos con IR mayor o igual a 10 (mediana = 0 Δ , Q1 = 0 Δ , Q3 = 0 Δ) y en los 40 participantes con IR menor de 10 (mediana = 0 Δ , Q1 = -1 Δ , Q3 = 0 Δ).

TABLA 2. Descriptivo de las variables que definen el estado de la región cervical.

Variable	Media (DT)	Clasificación de los sujetos según los valores normativos: n (%)
Cervicalgia 3 meses	-	Si 40 (66,7) No 20 (33,3)
IDC, 0-50	6,42 (5,74)	IDC < cinco 29 (48,3) IDC \geq cinco 31 (51,7)
NA	3,83 (2,74)	NA < cuatro 40 (66,7) NA \geq cuatro 20 (33,3)
IR	9,28 (10,41)	PI < diez 40 (66,7) PI \geq diez 20 (33,3)
EVA, 0-10 cm	2,92 (2,82)	-
Flexión, grados	50,28 (11,32)	-
Extensión, grados	60,08 (12,82)	-
Inclinación lateral derecha, grados	37,89 (8,38)	-
Inclinación lateral izquierda, grados	41,81 (9,69)	-
Rotación derecha, grados	60,02 (10,54)	-
Rotación izquierda, grados	64,61 (11,0)	-

TABLA 3. Comparación de las variables que determinan el estado de la visión binocular en los sujetos con NA mayor o igual a 4 y menor a 4.

Variable	NA \geq 4 n = 20 Media (DT)	NA < 4 n = 40 Media (DT)	Diferencia de medias IC (95%)	p-valor	Tamaño del efecto
Foria lateral (lejos), Δ	0 (0; 0)*	0 (-1; 0)*	-	0,036	0,27
Foria lateral (cerca), Δ	-3,95 (5,52)	-7,78 (7,12)	3,83 (0,18; 7,46)	0,040	0,58
Base-interna (cerca) Rotura, Δ	15,65 (4,78)	18,05 (4,65)	-2,40 (-4,97; 0,17)	0,067	0,51
Base-interna (cerca) Recobro, Δ	10,3 (4,29)	12,8 (4,03)	-2,50 (-4,76; 0,24)	0,030	0,61
VV (lejos) Rotura, Δ	3,5 (3; 4)	3 (3; 4)	-	0,037	0,30

* Se muestra la mediana y los cuartiles primero y tercero.

Finalmente encontramos diferencias, a nivel descriptivo, no estadísticamente significativas ($p=0,079$; tamaño del efecto = 0,35) en el *lateral phoria distance*, en los sujetos con PI mayor o igual a 10 ($n=39$, mediana = -0,03, DT = 2,08), frente a los que tuvieron PI menor a 10 puntos ($n=72$, mediana = -0,79, DT = 2,22).

DISCUSIÓN

En nuestra investigación, se propone una evaluación completa del estado de la visión binocular, mediante pruebas que presenten la mayor repetibilidad, y analizar si existe relación entre el sistema visual y la musculatura cervical del cuello.

Los resultados del presente trabajo indican, que los sujetos que presentan una disminuida respuesta de la musculatura cervical profunda, con niveles del NA bajos tienen una cierta predisposición a presentar una visión binocular inestable. Estos resultados están en consonancia con los estudios realizados con anterioridad, demostrando la relación existente entre el sistema visual y el músculo-esquelético del cuello⁽⁷⁻¹³⁾.

Los parámetros visuales que normalmente se miden para determinar el estado de la visión binocular son el valor de la heteroforia horizontal, el rango de vergencias horizontales en ambas direcciones base-interna (BI) y base-externa (BE), el rango de vergencias verticales, la flexibilidad vergencial y el punto próximo de convergencia (NPC)⁽¹⁴⁾. Según dichas variables se distinguen en nuestro estudio sujetos con valores de foria lateral (cerca) y base-interna (cerca) rotura, fuera de la norma, que determinan rangos de amplitud de fusión horizontales alterados, y que se asocian con desviaciones en cerca⁽⁴²⁻⁴⁴⁾ situación que provoca una tendencia hacia una visión binocular inestable.

Mediante la revisión bibliográfica llevada a cabo, proponemos formular la hipótesis de que «un problema cervical puede originar una alteración de la visión binocular». Las personas con dolor crónico de cuello presentan una serie de hallazgos objetivos que incluyen alteraciones en la estructura y función del flexor cervical profundo^(45, 46) y músculos extensores^(47, 48), rango reducido de movimiento del cuello⁽⁴⁹⁾ y déficit propioceptivo⁽⁵⁰⁻⁵²⁾. Los receptores puestos en juego en la propiocepción son

mecanorreceptores, presentes en la región cervical, sobre todo a nivel de la musculatura suboccipital⁽⁵³⁻⁵⁴⁾ y también es alta la densidad de estos receptores en la musculatura extraocular (MEO)⁽⁵⁵⁻⁵⁸⁾.

Se ha descrito⁽⁵⁹⁾ que existen 3 reflejos, que influyen en la estabilidad postural, y de la cabeza y ojos, los cuales dependen de las aferencias cervicales: el reflejo cervico-cólico (CCR), el reflejo cervico-ocular (COR) y el reflejo tónico del cuello (TNR). El COR actúa con el reflejo vestibulo-ocular (VOR) y el reflejo optocinético (OKR) con el fin de mantener la visión estable en la retina durante el movimiento de la cabeza. Este reflejo responde a señales propioceptivas que salen desde los músculos profundos del cuello y las cápsulas articulares de C1 a C3 para llegar a los núcleos vestibulares⁽⁶⁰⁾. Se ha demostrado una mayor ganancia del reflejo cervico-ocular (COR) en pacientes con latigazo cervical⁽⁶⁰⁻⁶²⁾. Puede ser que un reflejo cervico-ocular (COR) alterado en sujetos con dolor de cuello, modifique el tono de los músculos extraoculares. De esta forma la cabeza puede situarse en una posición en la que existe de forma refleja una disminución del tono de los músculos extraoculares ocurriendo la desestabilización de una foria al alterarse el rango de vergencias fusionales y apareciendo por tanto una alteración binocular.

CONCLUSIÓN

Los resultados obtenidos en el presente trabajo parecen apoyar que se establecen relaciones entre el padecimiento de síntomas musculoesqueléticos cervicales y la presencia de disfunciones binoculares.

RESPONSABILIDADES ÉTICAS

Protección de personas y animales. Los autores declaran que los procedimientos seguidos se conformaron a las normas éticas del comité de experimentación humana responsable y se ajustan a la Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial.

Confidencialidad y consentimiento informado. Los autores confirmamos que se ha cumplido la exigen-

cia de haber informado suficientemente a todos los participantes incluidos en el estudio de forma verbal y escrita, que obtuvimos su consentimiento informado por escrito para participar en el mismo, y que estamos en posesión de dichos documentos firmados. La investigación fue aprobada por el Comité de Bioética del Hospital Virgen Macarena de la ciudad de Sevilla.

Privacidad. Los autores declaran que han seguido los protocolos de su centro de trabajo sobre la publicación de datos de pacientes. Los participantes dieron su aprobación al tratamiento informatizado de los datos obtenidos con fines científicos, conforme a las normas legales, de acuerdo con la Ley 15/1999 de Protección de Datos de Carácter Personal.

Financiación. No hubo financiación.

Conflicto de intereses. No se declaran conflicto de intereses.

Contribuciones de autoría. Todos los autores han contribuido en la elaboración del estudio. Dña. M.C. Sánchez-González y Dña. C. Ruiz-Molinero han diseñado el proyecto. La adquisición de los datos fue responsabilidad de Dña. V. Pérez-Cabezas y el análisis estadístico e interpretación de los mismos lo realizó D. F.J. Serrano-Sánchez. Dña. M.C. Sánchez-González, Dña. C. Ruiz-Molinero y D. E. Gutiérrez-Sánchez han escrito el borrador del artículo y han revisado el contenido intelectual. Todos los autores han aprobado la versión final presentada.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cacho-Martínez P, Cantó-Cerdán M, Carbonell-Bonete S, García-Muñoz Á. Characterization of Visual Symptomatology Associated with Refractive, Accommodative, and Binocular Anomalies. *J Ophthalmol*. 2015; 895803. doi:10.1155/2015/895803
- 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; 7: 2–21. doi:10.1016/j.optom.2013.01.004
- Cacho-Martínez P, García-Muñoz Á, Ruiz-Cantero MT. Do we really know the prevalence of accommodative and nonstrabismic binocular dysfunctions? *J Optom*. 2010; 3: 85–197. doi:10.1016/S1888-4296(10)70028-5
- Treleaven J, Takasaki H. Characteristics of visual disturbances reported by subjects with neck pain. *Man Ther*. 2014; 19: 203–7. doi:10.1016/j.math.2014.01.005
- Lodin C, Forsman M, Richter H. Eye- and neck/shoulder-discomfort during visually demanding experimental near work. *Work*. 2012; 41: 3388–92.
- Radulović B, Huršidić-Radulović A. Frequency of musculoskeletal and eye symptoms among computer users at work. *Arh Hig Rada Toksikol*. 2012; 63: 215–8. doi:10.2478/10004-1254-63-2012-2197
- Zetterberg C, Forsman M, Richter HO. Neck/shoulder discomfort due to visually demanding experimental near work is influenced by previous neck pain, task duration, astigmatism, internal eye discomfort and accommodation. Garriga P, editor. *PLoS One*. 2017; 12: e0182439. doi:10.1371/journal.pone.0182439
- Zetterberg C, Richter HO, Forsman M. Temporal Co-Variation between Eye Lens Accommodation and Trapezius Muscle Activity during a Dynamic Near-Far Visual Task. *PLoS One*. 2015; 10: e0126578. doi:10.1371/journal.pone.0126578
- Domkin D, Forsman M, Richter HO. Ciliary muscle contraction force and trapezius muscle activity during manual tracking of a moving visual target. *J Electromyogr Kinesiol*. 2016; 28: 193–8. doi:10.1016/j.jelekin.2015.11.008
- Richter HO, Zetterberg C, Forsman M. Trapezius muscle activity increases during near work activity regardless of accommodation/vergence demand level. *Eur J Appl Physiol*. 2015; 115: 1501–12. doi:10.1007/s00421-015-3125-9
- Richter HO, Bänziger T, Forsman M. Eye-lens accommodation load and static trapezius muscle activity. *Eur J Appl Physiol*. 2011; 111: 29–36.
- Richter HO, Bänziger T, Abdi S, Forsman M. Stabilization of gaze: A relationship between ciliary muscle contraction and trapezius muscle activity. *Vision Res*. 2010; 50: 2559–69. doi:10.1016/j.visres.2010.08.021
- Zetterberg C, Forsman M, Richter HOO. Effects of visually demanding near work on trapezius muscle activity. *J Electromyogr Kinesiol*. 2013; 23: 1190–8.
- Jiménez R, Pérez MA, García JA, González MD. Statistical normal values of visual parameters that characterize

- binocular function in children. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2004; 24: 528–42. doi:10.1111/j.1475-1313.2004.00234.x
15. Charman WN. The eye in focus: accommodation and presbyopia. *Clin Exp Optom.* 2008; 91: 207–25. doi:10.1111/j.1444-0938.2008.00256.x
 16. Andrade Ortega JA, Delgado Martínez AD, Almécija Ruiz R. Validation of a Spanish version of the Neck Disability Index. *Med Clin.* 2008; 130: 85–9.
 17. Youdas JW, Garrett TR, Suman VJ, Bogard CL, Hallman HO, Carey JR. Normal range of motion of the cervical spine: an initial goniometric study. *Phys Ther.* 1992; 72: 770–80.
 18. Jull GA, O'Leary SP, Falla DL. Clinical Assessment of the Deep Cervical Flexor Muscles: The Craniocervical Flexion Test. *J Manipulative Physiol Ther.* 2008; 31: 525–33. doi:10.1016/j.jmpt.2008.08.003
 19. Chiu TTW, Law EYH, Chiu THF. Performance of the craniocervical flexion test in subjects with and without chronic neck pain. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2005; 35: 567–71. doi:10.2519/jospt.2005.35.9.567
 20. García-Muñoz Á, Carbonell-Bonete S, Cantó-Cerdán M, Cacho-Martínez P. Accommodative and binocular dysfunctions: prevalence in a randomised sample of university students. *Clin Exp Optom.* 2016; 99: 313–21. doi:10.1111/cxo.12376
 21. García-Muñoz Á, Carbonell-Bonete S, Cacho-Martínez P. Symptomatology associated with accommodative and binocular vision anomalies. *J Optom.* 2014; 7: 178–92. doi:10.1016/j.optom.2014.06.005
 22. Johns HA, Manny RE, Fern K, Hu Y-S. The intraexaminer and interexaminer repeatability of the alternate cover test using different prism neutralization endpoints. *Optom Vis Sci.* 2004; 81: 939–46.
 23. Rainey BB, Schroeder TL, Goss DA, Grosvenor TP. Interexaminer repeatability of heterophoria tests. *Optom Vis Sci.* 1998; 75: 719–26.
 24. Sparks BI. Phoria variation secondary to cover test technique at near. *Optometry.* 2002; 73: 51–4.
 25. Clark TE, Reynolds W, Coffey B. The effects of varying examiner position on alternating cover test results. *Optometry.* 2003; 74: 233–9.
 26. Johnson R, Wynn S, Coffey B. Influences of examiner position and effective prism power on nearpoint alternate cover test. *J Am Optom Assoc.* 2004; 75: 496–502. doi:10.1016/S1529-1839(04)70174-8
 27. Barnard NA, Thomson WD. A quantitative analysis of eye movements during the cover test—a preliminary report. *Ophthalmic Physiol Opt.* 1995; 15: 413–9.
 28. Fogt N, Toole AJ. The effect of saccades and brief fusional stimuli on phoria adaptation. *Optom Vis Sci.* 2001; 78: 815–24.
 29. Anderson HA, Manny RE, Cotter SA, Mitchell GL, Irani JA. Effect of examiner experience and technique on the alternate cover test. *Optom Vis Sci.* 2010; 87: 168–75. doi:10.1097/OPX.0b013e3181d1d954
 30. Antona B, Barrio A, Barra F, Gonzalez E, Sanchez I. Repeatability and agreement in the measurement of horizontal fusional vergences. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2008; 28: 475–91. doi:10.1111/j.1475-1313.2008.00583.x
 31. Brautaset RL, Jennings JAM. Increasing the proportion of binocular vision makes horizontal prism adaptation complete. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2005; 25: 168–70. doi:10.1111/j.1475-1313.2005.00275.x
 32. Rosenfield M, Ciuffreda KJ, Ong E, Super S. Vergence adaptation and the order of clinical vergence range testing. *Optom Vis Sci.* 1995; 72: 219–23.
 33. Gall R, Wick B, Bedell H. Vergence facility: establishing clinical utility. *Optom Vis Sci.* 1998; 75: 731–42.
 34. Gall R, Wick B, Bedell H. Vergence facility and target type. *Optom Vis Sci.* 1998; 75: 727–30.
 35. Read JCA. Stereo vision and strabismus. *Eye (Lond).* Nature Publishing Group; 2015; 29: 214–24. doi:10.1038/eye.2014.279
 36. Wu H, Jin H, Sun Y, Wang Y, Ge M, Chen Y, et al. Evaluating stereoacuity with 3D shutter glasses technology. *BMC Ophthalmol.* 2016; 16: 45. doi:10.1186/s12886-016-0223-3
 37. Leske DA, Holmes JM. Maximum angle of horizontal strabismus consistent with true stereopsis. *J AAPOS.* 2004; 8: 28–34. doi:10.1016/S1091853103002568
 38. Fawcett SL, Birch EE. Validity of the Titmus and Randot circles tasks in children with known binocular vision disorders. *J AAPOS.* 2003; 7: 333–8. doi:10.1016/S1091853103001708
 39. Grissom RJ. Probability of the superior outcome of one treatment over another. *J Appl Psychol.* 1994; 79: 314–6. doi:10.1037/0021-9010.79.2.314
 40. Grissom RJ, Kim JJ. Review of assumptions and problems in the appropriate conceptualization of effect size. *Psychol Methods.* 2001; 6: 135–46.
 41. Grissom RJ. Statistical analysis of ordinal categorical status after therapies. *J Consult Clin Psychol.* 1994; 62: 281–4.

42. Costa Lança C, Rowe FJ. Variability of Fusion Vergence Measurements in Heterophoria. *Strabismus*. 2016; 24: 63–9. doi:10.3109/09273972.2016.1159234
43. Dagi LR, O'Hara M, Strominger MB, Wagner RS. Management of Small Vertical Deviations. *J Pediatr Ophthalmol Strabismus*. 2017; 54: 134–6. doi:10.3928/01913913-2017-0417-01
44. Roper-Hall G. The Influence of the Vergence System on Strabismus Diagnosis and Management. *Strabismus*. 2009; 17: 3–8. doi:10.1080/09273970802678784
45. Jull G, Kristjansson E, Dall'Alba P. Impairment in the cervical flexors: a comparison of whiplash and insidious onset neck pain patients. *Man Ther*. 2004; 9: 89–94. doi:10.1016/S1356-689X(03)00086-9
46. Falla DL, Jull GA, Hodges PW. Patients with neck pain demonstrate reduced electromyographic activity of the deep cervical flexor muscles during performance of the cranio-cervical flexion test. *Spine*. 2004; 29: 2108–14.
47. Elliott J, Jull G, Noteboom JT, Darnell R, Galloway G, Gibbon WW. Fatty infiltration in the cervical extensor muscles in persistent whiplash-associated disorders: a magnetic resonance imaging analysis. *Spine*. 2006; 31: E847–55. doi:10.1097/01.brs.0000240841.07050.34
48. Schomacher J, Farina D, Lindstroem R, Falla D. Chronic trauma-induced neck pain impairs the neural control of the deep semispinalis cervicis muscle. *Clin Neurophysiol*. 2012; 123: 1403–8. doi:10.1016/j.clinph.2011.11.033
49. Woodhouse A, Vasseljen O. Altered motor control patterns in whiplash and chronic neck pain. *BMC Musculoskelet Disord*. 2008; 9: 90. doi:10.1186/1471-2474-9-90
50. Treleaven J, Jull G, Sterling M. Dizziness and unsteadiness following whiplash injury: characteristic features and relationship with cervical joint position error. *J Rehabil Med*. 2003; 35: 36–43.
51. Treleaven J, Peterson G, Ludvigsson ML, Kammerlind A-S, Peolsson A. Balance, dizziness and proprioception in patients with chronic whiplash associated disorders complaining of dizziness: A prospective randomized study comparing three exercise programs. *Man Ther*. 2016; 22: 122–130. doi:10.1016/j.math.2015.10.017
52. Feipel V, Salvia P, Klein H, Rooze M. Head repositioning accuracy in patients with whiplash-associated disorders. *Spine*. 2006; 31: E51–8.
53. Boyd-Clark LC, Briggs CA, Galea MP. Muscle spindle distribution, morphology, and density in longus colli and multifidus muscles of the cervical spine. *Spine*. 2002; 27: 694–701.
54. Liu J-X, Thornell L-E, Pedrosa-Domelló F. Muscle spindles in the deep muscles of the human neck: a morphological and immunocytochemical study. *J Histochem Cytochem*. 2003; 51: 175–86. doi:10.1177/002215540305100206
55. Balslev D, Albert NB, Miall C. Eye muscle proprioception is represented bilaterally in the sensorimotor cortex. *Hum Brain Mapp*. 2011; 32: 624–1. doi:10.1002/hbm.21050
56. Donaldson IML. The functions of the proprioceptors of the eye muscles. *Philos Trans R Soc B Biol Sci*. 2000; 355: 1685–754. doi:10.1098/rstb.2000.0732
57. Weir CR. Proprioception in Extraocular Muscles. *J Neuro-Ophthalmology*. 2006; 26: 123–7. doi:10.1097/01.wno.0000223272.86565.74
58. Blumer R, Konacki KZ, Streicher J, Hoetzenecker W, Blumer MJF, Lukas JR. Proprioception in the Extraocular Muscles of Mammals and Man. *Strabismus*. 2006; 14: 101–6. doi:10.1080/09273970600701192
59. Treleaven J. Sensorimotor disturbances in neck disorders affecting postural stability, head and eye movement control. *Man Ther*. 2008; 13: 2–11. doi:10.1016/j.math.2007.06.003
60. Montfoort I, Kelders WPA, Van der Geest JN, Schipper IB, Feenstra L, De Zeeuw CI, et al. Interaction between ocular stabilization reflexes in patients with whiplash injury. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2006; 47: 2881–4. doi:10.1167/ovs.05-1561
61. Kelders WPA, Kleinrensink GJ, Van der Geest JN, Schipper IB, Feenstra L, De Zeeuw CI, et al. The cervico-ocular reflex is increased in whiplash injury patients. *J Neurotrauma*. 2005; 22: 133–7. doi:10.1089/neu.2005.22.133
62. Montfoort I, Van Der Geest JN, Slijper HP, De Zeeuw CI, Frens MA. Adaptation of the Cervico- and Vestibulo-Ocular Reflex in Whiplash Injury Patients. *J Neurotrauma*. 2008; 25: 687–93. doi:10.1089/neu.2007.0314