

## LÍMITES DE ESTABILIDAD EN LOS DISTINTOS PATRONES POSTUROGRÁFICOS. ESTUDIO DE COHORTES

### *Stability limits in different posturography patterns. Cohort study*

María José FERNÁNDEZ-NAVA ; Sofía FERREIRA-CENDÓN ; Sara ALONSO DE LA IGLESIA ; María de las Mercedes CECILIO-RIVAS ; Ana Belén ALONSO SAN ELOY ; Juan Carlos DEL POZO DE DIOS ; Ángel BATUECAS-CALETRÍO 

*Hospital Universitario de Salamanca. Servicio de ORL y CCC. Salamanca. España.*

*Correspondencia: [mjfernandeznava@hotmail.com](mailto:mjfernandeznava@hotmail.com)*

Fecha de recepción: 6 de mayo de 2022

Fecha de aceptación: 23 de junio de 2022

Fecha de publicación: 24 de junio de 2022

Fecha de publicación del fascículo: 18 de noviembre de 2022

Conflicto de intereses: Los autores declaran no tener conflictos de intereses

Imágenes: Los autores declaran haber obtenido las imágenes con el permiso de los pacientes

Política de derechos y autoarchivo: se permite el autoarchivo de la versión post-print (SHERPA/RoMEO)

Licencia CC BY-NC-ND. Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional

Universidad de Salamanca. Su comercialización está sujeta al permiso del editor

**RESUMEN:** Introducción y objetivo: El desarrollo de las plataformas dinamométricas computarizadas ha significado una evolución trascendental en la medición del equilibrio en bipedestación estática. El objetivo principal de nuestro estudio es determinar la relación entre los límites de estabilidad y el tipo de información que utilizan estos pacientes para mantener el equilibrio. Método: Estudio de cohortes retrospectivo de una muestra de 70 pacientes a partir del análisis de los resultados obtenidos en las posturografías dinámicas computarizadas (PDC) realizadas en la Unidad de Otoneurología del Servicio de Otorrinolaringología y Cirugía de Cabeza y Cuello del Complejo Asistencial Universitario de Salamanca. Resultados: No hay ningún tipo de déficit en 28 de los 70 pacientes a los que se realizó una PDC. La media de los límites de estabilidad en los pacientes con un valor compuesto patológico es menor que los pacientes con un compuesto normal, siendo esta relación estadísticamente significativa ( $p < 0,05$ ). Los pacientes con mayor afectación de los límites de estabilidad son aquellos que no hacen un buen uso de la información vestibular y visual. Conclusiones: Es importante analizar qué tipo de información (vestibular, visual y/o

somatosensorial) utilizan los pacientes para mantener el equilibrio, destacando qué si el paciente no usa correctamente la información vestibular para mantener el equilibrio, se pueden promover estrategias de rehabilitación para reducir el riesgo de caídas.

**PALABRAS CLAVE:** posturografía dinámica computadorizada; rehabilitación vestibular; equilibrio.

**SUMMARY:** Introduction and objective: The development of computerized dynamometric platforms has meant a transcendental evolution in the measurement of balance in static standing. The main objective of our study is to determine the relationship between stability limits and the type of information used by these patients to maintain balance. Method: Retrospective cohort study of a sample of 70 patients based on the analysis of the results obtained in computerized dynamic posturography (CDP) performed in the Otoneurology Unit of the Otorhinolaryngology and Head and Neck Surgery Service of the University Assistance Complex of Salamanca. Results: There is no type of deficit in 28 of the 70 patients who underwent DTCA. The mean of the stability limits in patients with a pathological compound value is lower than in patients with a normal compound, this relationship being statistically significant ( $p < 0.05$ ). The patients with greater involvement of the limits of stability are those who do not make good use of vestibular and visual information. Conclusions: It is important to analyze what type of information (vestibular, visual and/or somatosensory) patients use to maintain balance, highlighting that if the patient does not correctly use vestibular information to maintain balance, rehabilitation strategies can be promoted to reduce the risk of falls.

**KEYWORDS:** Computerized Dynamic Posturography; vestibular rehabilitation; balance.

## INTRODUCCIÓN

El sistema vestibular consta de unos receptores vestibulares: las máculas del utrículo y del sáculo (detectan aceleraciones lineales) y las crestas ampulares de los conductos semicirculares (detectan aceleraciones angulares) [1]. Las células ciliadas de estos receptores se unen con la prolongación periférica de las neuronas ganglionares, cuyo soma se encuentra en el ganglio vestibular o de Scarpa. Las prolongaciones centrales de dichas neuronas ganglionares forman parte del nervio vestibulococlear u VIII par craneal y acceden al tronco del encéfalo por el ángulo pontocerebeloso, conectándose con los núcleos vestibulares, que también reciben aferencias del cerebelo y de los sistemas sensitivos visual y somático [2]. Salvo el núcleo vestibular lateral, el resto de núcleos vestibulares están conectados con los núcleos contralaterales mediante fibras comisurales mutuamente inhibitorias y con el tronco del encéfalo de forma ipsilateral,

lo que permite poner en marcha el mecanismo de estimulación-inhibición de los conductos semicirculares. Este hecho demuestra la importancia del sistema vestibular en la integración de la información para el mantenimiento del equilibrio y la postura corporal [3, 4].

Para poder mantener el equilibrio estático, el centro de gravedad corporal (CGC) debe colocarse dentro de la base de sustentación del individuo, que se define como el área contenida dentro del perímetro de contacto entre la superficie y ambos pies. Si el CGC sale del perímetro de la base de sustentación, se sobrepasan los límites de estabilidad y para evitar la caída es necesario modificar la base de sustentación [5, 6]. Se conocen como límites de estabilidad (LDE) a la zona en el espacio a través de la cual una persona puede mover su CGC sin alterar su base de sustentación. Dichos límites están relacionados de forma directa con el riesgo de caída. Los LDE dependen de la posición de los pies y de la base de sustentación y, aunque la altura del

CGC con respecto a la superficie y la longitud de los pies afecta a los LDE anteroposteriores, ambas características se compensan [7]. Además, los LDE están influenciados por la frecuencia del balanceo del CGC. Cuando el balanceo del CGC es lento, la gravedad es la única fuerza desestabilizadora que debe ser superada y el CGC puede ser movido en todo el rango de los LDE. Por el contrario, cuando el CGC se desplaza rápidamente, la inercia del cuerpo (velocidad adquirida) actúa como una fuerza desestabilizadora adicional [8].

Cuando una perturbación externa altera el equilibrio, disponemos de varias estrategias para recuperar la posición de equilibrio del CGC. Si el CGC sale fuera del perímetro de los LDE la única estrategia efectiva es mover el pie para evitar la caída. Si el CGC permanece dentro de los LDE existen dos patrones de movimiento que pueden usarse independientemente o de forma conjunta para modificar el CGC sin mover los pies: la estrategia de tobillos y la estrategia de cadera [8].

La estrategia de tobillos consiste en mantener estable la posición de los pies y modificar el CGC rotando el cuerpo como si fuese una masa rígida sobre la articulación de torque de tobillos. Esta estrategia es más efectiva en la ejecución de movimientos lentos del CGC, con una base de sustentación firme y el CGC dentro de los límites del perímetro de los LDE.

Los movimientos organizados en la estrategia de cadera se centran sobre las articulaciones de la cadera, con menor rotación opositora de la articulación del tobillo. Es eficaz cuando el CGC está situado cerca del perímetro de los LDE, cuando los LDE están definidos por una estrecha base de sustentación, para superficies blandas y para magnitudes de perturbación intensas [8].

El desarrollo de las plataformas dinamométricas computadorizadas (PDC) ha significado una evolución trascendental en la medición del equilibrio en bipedestación estática. La posturografía es un método cuantitativo para la valoración del equilibrio en bipedestación en

situaciones que pretenden imitar las de la vida diaria. Se aíslan los componentes sensoriales, motores y biomecánicos, para estudiarlos independientemente y/o en conjunto. El posturografo de Nashner dispone de una plataforma dinamométrica móvil con un entorno visual también móvil que puede moverse de forma paralela a los movimientos del CGC, neutralizando o alterando la información propioceptiva de las articulaciones de los tobillos y la información visual, y también dispone de una pantalla a la altura de los ojos que permite al paciente monitorizar la posición de su CGC y realizar desplazamientos volitivos a objetivos situados en la pantalla según un patrón definido por el programa informático. En la PDC, el test de organización sensorial (SOT) valora la contribución relativa de la información somatosensorial, visual y vestibular en la estabilidad global del paciente, así como la capacidad del individuo para mantener el equilibrio con informaciones sensoriales alteradas, mediante la medición del balanceo postural en dichas condiciones. La prueba consta de seis situaciones de dificultad progresiva, puntuadas de 0 a 100, donde 100 es la estabilidad perfecta y se analizan el porcentaje de estabilidad para cada uno de los tres registros realizados en cada una de las seis condiciones y el equilibrio global medio o compuesto, que es la media aritmética de las puntuaciones obtenidas en los 18 registros anteriormente enunciados. El valor de preferencia visual es la capacidad de asumir informaciones visuales erróneas [9, 10].

El objetivo principal de nuestro estudio es determinar la relación entre los límites de estabilidad de una población de pacientes con distintos problemas de equilibrio y el tipo de información que utilizan para mantener dicho equilibrio. Consideramos objetivos secundarios, conocer qué sistema implicado en el equilibrio es más importante para conseguir mantener los límites de estabilidad y comparar las poblaciones de pacientes con sujetos normales.

## MATERIAL Y MÉTODO

**Población.** Estudio de cohortes retrospectivo de una muestra de 70 pacientes consecutivos a partir del análisis de las posturografías realizadas en la Unidad de Otoneurología del Servicio de Otorrinolaringología y Cirugía de Cabeza y Cuello del Complejo Asistencial Universitario de Salamanca. Los criterios de inclusión fueron pacientes mayores de 16 años con función vestibular normal que presentaban inestabilidad, excluyéndose aquellos con discapacidad cognitiva, daño visual y/o trastornos de la movilidad. A todos los pacientes se les realizó una exploración otoneurológica completa (otoscopia, existencia o no de nistagmo espontáneo con y sin fijación de la mirada, seguimiento y convergencia de la mirada, sacadas, maniobra oculocéfálica, Skew test y Cover test, maniobra de agitación cefálica, índices vestibuloespinales (Barany, Romberg y Unterberger) y maniobras posicionales) y una posturografía dinámica computarizada (PDC).

**Variables.** Para el estudio se analizaron la edad y el sexo como variables demográficas, los límites de estabilidad, el patrón de preferencia visual y el valor compuesto del test de organización sensorial (SOT).

**Análisis estadístico.** Fue realizado con el programa SPSS versión 25. Tras comprobar que todas las variables siguieron una distribución normal (prueba de Kolmogorov-Smirnov), las variables cuantitativas se presentaron como la media y su desviación estándar (DE). Las variables cualitativas se describieron en valor absoluto. Para conocer la significación estadística, se utilizó la prueba T de Student para muestras independientes.

**Ética.** Se cumplieron estrictamente las normas de la Declaración de Helsinki y se mantuvo la confidencialidad de los datos de los pacientes.

## RESULTADOS

Nuestra muestra de estudio se compuso de 70 pacientes con una edad media de 62,89 años (mínimo 17, máximo 89, rango 72 años, desviación

estándar de 15,509). De los 70 pacientes de la muestra, el 51,43 % son hombres ( $n = 36$ ) y el 48,57% son mujeres ( $n = 34$ ) (Figura 1). La media de los límites de estabilidad del conjunto se sitúa en 77,37 con una desviación estándar de 19,426. Distribuyendo la muestra según el equilibrio general obtenido por el valor compuesto del test de organización sensorial, el 42,90 % ( $n = 30$ ) fue normal, siendo patológico el 57,10% ( $n = 40$ ). En la Tabla 1 comparamos los límites de estabilidad según el valor compuesto. Si relacionamos el compuesto y los límites de estabilidad, objetivamos que la media de los límites de estabilidad en los pacientes con compuesto patológico es menor que los pacientes con un compuesto normal, siendo esta relación estadísticamente significativa ( $p < 0,05$ ). En 42 pacientes de la muestra (60%) se objetivó en la prueba del test de organización sensorial algún tipo de déficit a la hora de integrar la información relacionada con el equilibrio. (Figura 2). Atendiendo al patrón de preferencia visual, en el 17,4% ( $n = 12$ ) de los pacientes se objetivó un déficit en este sentido, siendo los límites de estabilidad mayores en este grupo, sin ser esta relación estadísticamente significativa. (Figura 3).

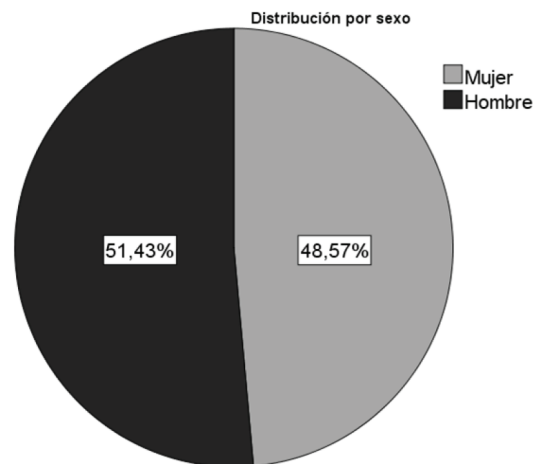


Figura 1. Distribución de mujeres y hombres del estudio.

Tabla 1. Relación entre el compuesto y la media de los límites de estabilidad.

Compuesto	Límites estabilidad (media)	N	Dev. Desviación
Normal	83,3143	30	15,96146
Patológico	72,9084	40	20,75046
Total	77,3681	70	19,42553

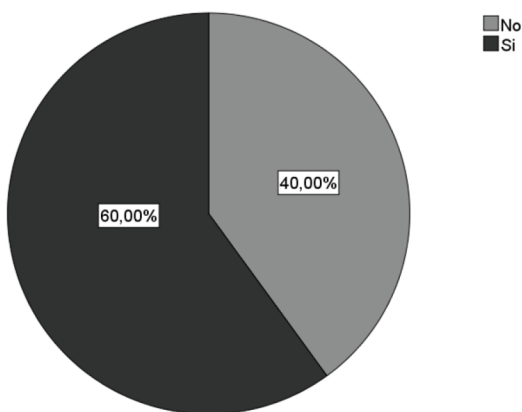


Figura 2. Distribución de la muestra según el déficit.

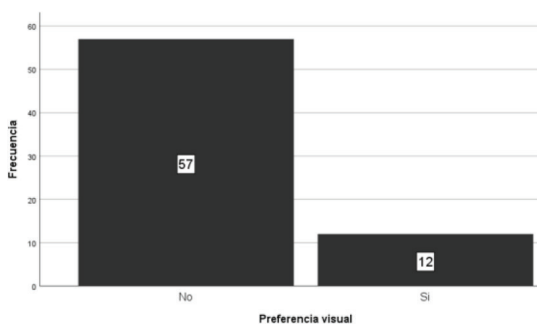


Figura 3. Distribución de la muestra según el patrón de preferencia visual.

Según el tipo de déficit del paciente, la media de los límites de estabilidad varía como se aprecia en la Tabla 2. No hay ningún tipo de déficit en 28 de los 70 pacientes analizados cuya edad media es de 56,29 años. Lógicamente, estos tienen límites de estabilidad normales (82,91%). En 36 pacientes con una edad media de 67,89 años, encontramos

un déficit vestibular, ya sea único o asociado a otro déficit, teniendo una media de límites de estabilidad de 72,02%. Existe un déficit vestibular y visual en 12 pacientes que tienen una media de 71,33 años y cuyos límites de estabilidad son del 63,92%, siendo el subgrupo de la muestra que menos estabilidad presenta. Además, cabe mencionar que los pacientes con un déficit vestibular y visual conjunto, es el grupo con mayor media de edad de nuestra cohorte. Encontramos un déficit somatosensorial en 2 pacientes de 61,50 años y un porcentaje del 100,380% de límites de estabilidad. Por ello, cuando el déficit es somatosensorial, los límites de estabilidad se acercan a los valores de normalidad.

## DISCUSIÓN

La visión, la propiocepción y el sistema vestibular sufren un proceso de deterioro y envejecimiento a lo largo de los años y el equilibrio se debilita por esos cambios [9]. Los dos parámetros del equilibrio con más repercusión son los límites de estabilidad, que determinan en gran medida que podamos movilizarnos sin caernos, y la organización sensorial, que determina qué sistema utilizamos en cada momento para mantener el equilibrio: la visión, la propiocepción o el sistema vestibular [10]. Un problema fundamental que se desencadena ante un mal equilibrio o una falta de este, son las caídas. Este fenómeno, tiene una gran transcendencia y es uno de los parámetros más utilizados para valorar la calidad de vida, sobre todo en los grupos de edad más avanzada [11]. Se conoce la relación entre la probabilidad de caída y los límites de estabilidad: cuanto menores son los límites de estabilidad, mayores son las posibilidades de sufrir una caída.

Nuestro trabajo incide en ello. Hemos dado a conocer que de todos los sistemas que participan en que una persona mantenga el equilibrio y tenga unos buenos límites de estabilidad, el más relevante y que tiene una relación más directa, es el sistema vestibular, afirmación apoyada por la literatura previa [12].

Tabla 2. Distribución de la muestra según la existencia y el tipo de déficit.

	N	Media de límites de estabilidad	Desviación estándar	Media de edad del grupo
No déficit	28	82,91	16,44	56,29
Déficit	42	73,67	20,55	67,29
Déficit vestibular	36	72,02	20,71	67,89
Déficit visual	21	68,90	19,36	68,81
Déficit somatosensorial	13	76,75	25,22	64,69
Déficit vestibular + visual	12	63,92	20,19	71,33
Déficit vestibular + somatosensorial	5	66,89	33,27	64,40
Déficit vestibular + somatosensorial + visual	5	75,90	19,72	66
Déficit visual + somatosensorial	1	83,13	-	66
Déficit únicamente vestibular	14	79,43	14,63	66,86
Déficit únicamente visual	3	72,46	18,30	64,33
Déficit únicamente somatosensorial	2	100,38	2,121	61,50

Aquellos pacientes en los que más se ven afectados los límites de estabilidad son aquellos que no hacen un buen uso de la información vestibular, sea cual sea la causa que origina ese déficit.

En ocasiones no es necesario que haya un problema vestibular como tal para que un paciente no haga uso de esa información para mantener el equilibrio. En ocasiones, los pacientes padecieron un vértigo en el pasado, necesitaron utilizar por un tiempo la información visual y propioceptiva para mantener el equilibrio y, una vez rehabilitados, no vuelven a hacer uso de la información vestibular a pesar de haberla recuperado. En esos pacientes la función vestibular es normal pero no hacen uso de ella, por lo que también tienen disminuidos los límites de estabilidad [13].

La importancia de nuestro trabajo radica en un aspecto fundamental de la medicina, la prevención de las caídas en el anciano [14]. Los resultados obtenidos en este estudio refuerzan la noción de que hay que prestar atención a aquellos pacientes que no usan la información vestibular para mantener el equilibrio y rehabilitarlos para que lo hagan, ya que si no lo hacen su riesgo de caída será mayor, al tener reducidos los límites de estabilidad.

Nuestro trabajo se diferencia de otros estudios en que no hemos considerado que el paciente

tuviera un daño vestibular crónico, sino que no hiciera uso de la información vestibular aunque ya se hubiera recuperado de ese daño. Se ha demostrado que se pueden mejorar los límites de estabilidad en las personas de edad avanzada realizando una adecuada rehabilitación del equilibrio y, por ello, existen protocolos de rehabilitación tanto domiciliarios como asistidos con posturografía dinámica [15], al igual que hay ejercicios de rehabilitación vestibular encaminados a mejorar el uso de la información vestibular de pacientes que no la utilizan de forma adecuada [16]. En términos de salud, los beneficios de la detección de pacientes con alto riesgo de caída son indiscutibles, tanto por el sufrimiento del paciente como por el gasto sanitario secundario a las consecuencias de la caída. Por tanto, es de gran relevancia saber que aquellos pacientes que acuden a la consulta por cualquier tipo de desequilibrio y no utilizan de forma adecuada la información vestibular, pueden tener un alto riesgo de caída [17-19].

## CONCLUSIONES

Los dos parámetros del equilibrio con más repercusión son los límites de estabilidad y la organización sensorial.

Los pacientes con mayor afectación de los límites de estabilidad son aquellos que no hacen un buen uso de la información vestibular y visual, sea cual sea la causa que origina ese déficit.

La importancia de nuestro trabajo radica en la relación entre el riesgo de caída y los límites de estabilidad.

Los resultados obtenidos nos muestran que hay que prestar atención a pacientes que no usan correctamente la información vestibular para mantener el equilibrio y promover su rehabilitación para intentar reducir el riesgo de caídas.

#### BIBLIOGRAFÍA

1. Bartual Pastor J. Anatomía y fisiología del sistema vestibular periférico. En: Bartual J, Pérez N, editores. *El sistema vestibular y sus alteraciones*. Barcelona: Masson; 1998. p. 21-52.
2. Guyton AC, Hall JE. Cortical and Brain Stem Control of Motor Function. En: Guyton AC, Hall JE, editores. *Textbook of medical physiology*. 11ª Ed. Filadelfia: Elsevier; 2006. p. 685-697.
3. Baloh RW, Honrubia V. The central vestibular system. En: Baloh RW, Honrubia V, editores. *Clinical neurophysiology of the vestibular system*. 3ª Ed. Nueva York: Oxford University Press; 2001. p. 53-107.
4. Brodal A. The cranial nerves. En: Brodal A, editor. *Neurological anatomy in relation to clinical medicine*. 3ª Ed. Nueva York: Oxford Press; 1981. p. 448-577.
5. Gurfinkel VS, Osevetz M. Dynamics of the vertical posture in man. *Biophysics* 1972; 17:496-506.
6. Nashner LM. Analysis of stance posture in humans. En: Towe AL, Luschei ES, editores. *Handbook of Behavioral Neurobiology*. Vol 5. Nueva York: Plenum Press; 1981. p. 527-565.
7. Duncal PW, Weiner DK, Chandler, Studenski S. Functional reach: a new clinical measure of balance. *J Gerontol* 1990; 45: 192-197.
8. Nashner LM, Schupert CL, Horak FB, Black FO. Organization of posture controls: an analysis of sensory and mechanical constraints. *Prog Brain Res* 1989; 80: 411-418.
9. NeuroCom International Inc. Smart balance master system operator's manual. Clackamas. Oregon 2006.
10. Sanz Fernández R. Posturografía dinámica. En: Ramírez R, editor. *Trastornos del equilibrio*. Madrid: McGraw Hill; 2003. p. 49-57.
11. Faraldo García A, Santos Pérez S, Crujeiras R et al. Postural changes associated with ageing on the sensory organization test and the limits of stability in healthy subjects. *Auris nasus Larynx*. 2016; 43: 149-154.
12. Viswanathan A, Sudarsky L. Balance and gait problems in the elderly. *Handb Clin Neurol*. 2012; 103: 623-634.
13. Johansson J, Jarocka E, Westling G, Nordström A, Nordström P. Predicting incident falls: relationship between postural sway and limits of stability in older adults. *Hum Mov Sci*. 2019; 66: 117-123.
14. Cuevas Trisan R. Balance problems and fall risks in the elderly. *Phys Med Rehabil clin N Am*. 2017; 28: 727-737.
15. Alvarez-Otero R, Perez-Fernandez N. The limits of stability in patients with unilateral vestibulopathy. *Acta otolaryngol*. 2017; 137: 1051-1056.
16. Sprenger A, Wojak JF, Jandl NM, Helmchen C. Postural Control in Bilateral Vestibular Failure: Its Relation to Visual, Proprioceptive, Vestibular, and Cognitive Input. *Front Neurol*. 2017; 8: 444.
17. Lapteva ES, Tsutsunava MR, Podoprigrora GM, Diachkova-Gertseva DS. Falls in the elderly and senior age prevention perspectives. *Adv Gerontol*. 2019; 32: 469-476.
18. Rossi-Izquierdo M, Gayoso-Diz P, Santos-Pérez S, Del-Río-Valeiras M, Faraldo-García A, Vaamonde-Sánchez-Andrade I, Lirola-Delgado A, Soto-Varela A. Prognostic factors that modify outcomes of vestibular rehabilitation in elderly patients with falls. *Aging Clin Exp Res*. 2019 (ahead of print).
19. Rossi-Izquierdo M, Gayoso-Diz P, Santos-Pérez S, Del-Río-Valeiras M, Faraldo-García A, Vaamonde-Sánchez-Andrade I, Lirola-Delgado A, Soto-Varela A. Vestibular rehabilitation in elderly patients with postural instability: reducing the number of falls-a randomized clinical trial. *Aging Clin Exp Res*. 2018;30:1353-1361.