

Quantificación del balance en la posición de pie en una población de adultos mayores y niños chilenos

Valeska Fabiola Gatica Rojas¹, Guillermo Andrés Méndez Rebolledo²,
Álex Eduardo Soto Poblete³, Edith Lorena Elgueta Cancino⁴

RESUMEN

Objetivo: cuantificar las diferencias en la excursión del centro de presión (COP) en una población de adultos mayores y una de niños.

Materiales y métodos: el diseño del estudio fue un corte transversal. Se obtuvo una muestra por conveniencia de 38 adultos mayores y 20 niños. Los parámetros obtenidos desde la plataforma de fuerza fueron: área y velocidad promedio del COP, y las bandas de frecuencia (0,0625; 0,125; 0,25; 0,5; 1; 2 y 4 Hz).

Resultados: la evaluación del balance de pie en ausencia del sistema visual evidenció diferencias significativas en las variables área y velocidad promedio de desplazamiento del COP. El grupo de niños genera una mayor área del COP durante la prueba que el de adultos mayores ($p = 0,009$). Sin embargo, los ajustes posturales en los niños son mucho más rápidos que en el grupo de edad más viejo ($p = 0,002$).

Conclusiones: en ausencia del sistema visual, el grupo de adultos mayores presentó una menor área y velocidad de ajuste postural que el grupo más joven. Este último grupo utilizó los sistemas somatosensorial y vestibular para mantener el balance de pie.

PALABRAS CLAVE

Adulto Mayor; Balance Postural; Centro de Presión; Niños

SUMMARY

Quantification of standing balance in an elderly population and in children in Chile

Objective: To quantify the differences in the trajectory of the center of pressure (COP) in an elderly population and a group of children.

¹ Kinesióloga, Magíster en Ciencias mención en Fisiología, © PhD. Profesora Asistente de la Escuela de Kinesiología. Directora del Laboratorio de Control Motor Humano, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad de Talca, Chile.

² Kinesiólogo, Académico de la Escuela de Kinesiología, Laboratorio de Control Motor Humano, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad de Talca, Chile.

³ Magíster en Estadística, Académico del Instituto de Matemática y Física, Universidad de Talca, Chile.

⁴ RHD Student, Research Assistant. NHMRC Centre of Clinical Research Excellence in Spinal Pain, Injury and Health, School of Health and Rehabilitation Sciences, The University of Queensland, Australia.

Correspondencia: Valeska Fabiola Gatica Rojas; vgatica@utalca.cl

Recibido: agosto 01 de 2012

Aceptado: octubre 04 de 2012

Methods: This was a cross-section study for which a convenience sample of 38 elderly adults and 20 children was obtained. The parameters studied were: area and average speed of excursion of the COP, and the frequency bands (0.0625; 0.125; 0.25; 0.5; 1, 2 y 4 Hz).

Results: During the standing balance evaluation in the absence of the visual system, there are significant differences in the area and average velocity of the COP. The group of children generates much more area of COP during the test than the elder group ($p = 0.009$). However, postural adjustments in children are faster than those of the older group ($p = 0.002$).

Conclusions: In the absence of the visual system, the elderly group had lower area and speed of postural adjustment than the younger group. The latter group used the vestibular and somatosensory systems to maintain standing balance.

KEY WORDS

Centrer of Pressure; Children; Elderly Population; Postural Balance

INTRODUCCIÓN

Se considera que mantener el balance de pie es una actividad motora simple, pero esencial para conservar un grado importante de funcionalidad e independencia (1). Se ha observado deterioro del balance durante el envejecimiento con aumento de la incidencia de caídas que frecuentemente dan por resultado fracturas de cadera y otras lesiones traumatológicas (2). Por el contrario, durante la infancia y la adolescencia, el balance postural busca dinámicamente alcanzar su calibración junto con la madurez neural de los diferentes sistemas sensoriales (somatosensorial, visual y vestibular) encargados de la postura humana (3-5).

El mantenimiento del balance postural es dependiente de los sistemas sensoriales y de su capacidad de integrar la información en el sistema nervioso central para generar una respuesta motora adecuada a las necesidades del ambiente (6). Se ha mostrado que los estímulos provenientes de los sistemas visual, vestibular y somatosensorial (incluyendo los mecanorreceptores y propioceptores) son sensibles al envejecimiento (7-9) y dependientes de la maduración neural en el caso de las poblaciones juveniles (5). Al respecto, no existen reportes científicos en Latinoamérica que permitan

conocer y comparar los aportes de los sistemas sensoriales al control del balance en estos grupos de edad.

Un factor importante para evaluar en las mediciones del balance postural es el dominio o excursión del centro de presión (COP por la sigla en inglés de *center of pressure*) el cual se define como la localización del vector de fuerzas verticales de reacción del suelo (1). El COP se cuantifica por medio de las plataformas de fuerzas que hacen varias mediciones que reflejan la estabilidad postural, tales como la cantidad de oscilación postural durante la posición de pie tranquila (10,11). Las variables, tales como el área y la velocidad, se obtienen de una secuencia de registros de la trayectoria del COP en la plataforma de fuerza. Otras variables que se pueden obtener son el componente en los ejes medio-lateral y antero-posterior del COP y las bandas de frecuencia.

Investigaciones muestran que el balance se pierde cuando el COP cae por fuera de los límites de estabilidad (12). La literatura señala una variedad de mediciones del COP para detectar diferencias entre los grupos de estudio (13,14). Se ha podido establecer que en los adultos mayores los componentes rápidos de la oscilación postural, tales como la velocidad del COP y la aceleración total del cuerpo son mayores que los de poblaciones más jóvenes no suramericanas (11,15). En Chile se ha publicado escasa información sobre el comportamiento del COP en adultos mayores (16) y es nula para grupos juveniles. Además, no existe en Suramérica, incluido Chile, información sobre las diferencias de la excursión del COP entre estos grupos.

Según estos antecedentes, es relevante cuantificar las diferencias en el balance postural de pie por medio de la excursión del COP entre ambos grupos (población adulta mayor y juvenil), además de establecer cuál sistema sensorial (visual, vestibular o somatosensorial) es más utilizado por cada grupo de edad. La información obtenida podrá contribuir a futuras investigaciones sobre el balance en diferentes poblaciones.

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño

Este fue un estudio de corte transversal con muestreo no probabilístico por conveniencia. Se seleccionó a los adultos mayores en tres centros comunitarios y a

los niños, en una escuela pública. Ambas poblaciones pertenecen a la zona central de Chile y son representativas en cuanto a la distribución geográfica de la zona urbana. La muestra total fue de 58 participantes: 38 adultos mayores entre 62 y 75 años y 20 niños entre 7 y 11 años.

Criterios de selección de la muestra

Para el caso de los adultos mayores, se excluyó a quienes tenían en el Miniexamen de Estado Mental (MEM) versión abreviada un puntaje de 12 o menos (17), trastornos neurológicos, musculares o cardiovasculares, o cualquier condición que pudiera afectar la estabilidad postural, la fuerza muscular o la sensación cutánea; también a aquellos con enfermedad vestibular. Para el caso de los niños, no debían tener afectaciones vestibulares, visuales o de la sensación cutánea que pudiesen afectar la estabilidad postural.

Las evaluaciones del balance de pie se llevaron a cabo en las comunidades de los adultos mayores y en la escuela, en las mismas circunstancias en que llevan a cabo sus actividades habituales. Todas las mediciones se hicieron en la mañana, entre las 9:00 y 11:00 horas. El tiempo total requerido para evaluar a las cincuenta y ocho personas fue de dos semanas. Se obtuvo un consentimiento por escrito de todos los participantes, que fue aprobado por el Comité de Bioética de la Universidad de Talca.

Mediciones clínicas

En la primera sesión, un profesional de la salud evaluó a todos los participantes y registró sus historias clínicas. El estado cognitivo de los adultos mayores se estudió mediante el MEM (17).

Mediciones del balance

El balance de pie se evaluó mediante una plataforma de fuerza posturográfica. Desde este equipo se obtiene una señal análoga, que es convertida en una señal digital por un convertidor análogo-digital de 16 bits con frecuencia de muestreo de 40 Hz. Los datos finalmente se transfieren hacia un computador convencional en el cual se obtienen las variables del COP, por medio del *software* Igor Pro versión 5.01.

La prueba consistió en que cada participante se ubicara de pie (apoyo bipodal) en posición relajada con los brazos a los lados del tronco. La evaluación sobre

la plataforma de fuerza posturográfica constaba de dos fases: una primera de vista al frente (VF) en la que cada participante fijaba la mirada en un blanco ubicado al frente a un metro y medio de distancia, y una segunda, con los ojos cerrados (OC). Cada fase duró 30 segundos.

Definición de las variables

Se analizaron las siguientes variables a partir de la excursión del COP: el área, la velocidad promedio de desplazamiento del COP y las bandas de frecuencia. Estas últimas (0,0625; 0,125; 0,25; 0,5; 1; 2 y 4 Hz) se relacionan con los sistemas sensoriales encargados del balance postural. La banda de frecuencia de 0,0625 Hz se relaciona con los sistemas visual y vestibular otolítico; las de 0,125 Hz y 0,25 Hz, con el sistema vestibular otolítico; las de 0,5 Hz y 1 Hz, con el sistema vestibular de los canales semicirculares y las de 2 Hz y 4 Hz con el sistema somatosensorial que incluye mecanorreceptores cutáneos y propioceptores que se activan en la posición de pie (18,19).

Análisis estadístico

Los datos se analizaron con el *software* SPSS 14.0 (Inc., 233 South Wacker Drive, Chicago, IL 60606-6412, EE.UU) para Windows. Se aplicó estadística inferencial a las variables que representan las características basales o demográficas de ambos grupos expresadas en promedios y desviación estándar.

El análisis de los parámetros del COP para el área, la velocidad promedio y las bandas de frecuencia se llevó a cabo con el test U Mann Whitney, dado que los datos tuvieron una distribución no paramétrica según el test Shapiro-Wilks. El área, la velocidad promedio del COP y las bandas de frecuencia se expresaron en medianas. Se consideró significativo un valor de $p < 0,05$.

RESULTADOS

El grupo de mayor edad (31 mujeres y siete hombres), tenía en promedio 70,1 años. El promedio de edad del grupo juvenil (10 hombres y 10 mujeres) era de 9,3 años.

Todos los adultos mayores y los niños mantuvieron el balance de pie durante el tiempo que requirió la prueba. Los cálculos y diferencias de dicho balance se presentan en la tabla 1, para ambos grupos.

Estado cognitivo de los adultos mayores

Los resultados de la versión abreviada del MEM fueron de 18 puntos en promedio y ningún adulto mayor presentó una puntuación inferior a 14 puntos.

Balance durante la fase de vista al frente

No se hallaron diferencias significativas en las variables área y velocidad promedio del COP entre los

grupos de estudio (tabla 1). Tanto los adultos mayores como los niños presentaron un balance similar durante la fase de vista al frente. La figura 1 (A y B), muestra un ejemplo del trazado del COP a partir de un individuo de cada grupo. La banda de frecuencia 1 Hz relacionada con los canales semicirculares, y las bandas 2 Hz y 4 Hz relacionadas con el sistema somatosensorial muestran diferencias significativas (tabla 1).

Tabla 1. Cuantificación del balance en niños y adultos mayores

Variables	Medianas y percentiles (25%/75%)*				p [†]	
	VF		OC		VF	OC
	N	AM	N	AM		
A (mm ²)	9,6 (5,8/15,4)	8,5 (4,9/15,3)	12,8 (7,3/19,0)	7,3 (5,5/11,0)	0,65	0,009
V (mm/s)	242,3 (231,2/249,0)	235,1 (226,6/243,0)	264,3 (243,6/286,2)	239,4 (233,1/251,3)	0,10	0,002
B 0,0625	0,066 (0,0/ 0,1)	0,051 (0,0/0,1)	0,10 (0,0/0,1)	0,00 (0,0/0,0)	0,19	0,027
B 0,125	0,025 (0,0/0,0)	0,027 (0,0/0,0)	0,00 (0,0/0,0)	0,00 (0,0/0,0)	0,64	0,58
B 0,25	0,027 (0,0/0,0)	0,025 (0,0/0,0)	0,00 (0,0/0,0)	0,00 (0,0/0,0)	0,50	0,88
B 0,5	0,036 (0,0/0,0)	0,033 (0,0/0,0)	0,04 (0,0/0,1)	0,01 (0,0/0,0)	0,47	0,001
B 1	0,022 (0,0/0,0)	0,016 (0,0/0,0)	0,02 (0,0/0,0)	0,00 (0,0/0,0)	0,008	<0,001
B 2	0,010 (0,0/0,0)	0,007 (0,0/0,0)	0,02 (0,0/0,0)	0,00 (0,0/0,0)	0,007	0,015
B 4	0,003 (0,0/0,0)	0,003 (0,0/0,0)	0,00 (0,0/0,0)	0,00 (0,0/0,0)	0,007	0,10

A: Área del COP (mm²); AM: adultos mayores; B: Bandas de frecuencia; N: niños; V: Velocidad promedio del COP (mm/s)

*Valores de medianas y percentiles 25/75 en ambos grupos de edad estudiados para la fase de vista al frente y fase de ojos cerrados

†La significancia estadística fue determinada mediante el test U Mann Whitney con un p<0,05

Balance durante la fase de ojos cerrados

Los adultos mayores registraron un área de desplazamiento del COP significativamente menor que los niños. La velocidad promedio del COP fue significativamente menor en el grupo de mayor edad con respecto al juvenil (tabla 1). La figura 1 (C y D)

muestra las diferencias en el trazado del COP entre los grupos de estudio. Hubo diferencias significativas en la banda de frecuencia 0,0625 Hz relacionada con el sistema vestibular otolítico, en las bandas 0,5 Hz y 1 Hz relacionadas con los canales semicirculares y en la banda 2 Hz relacionada con el sistema somatosensorial (tabla 1).

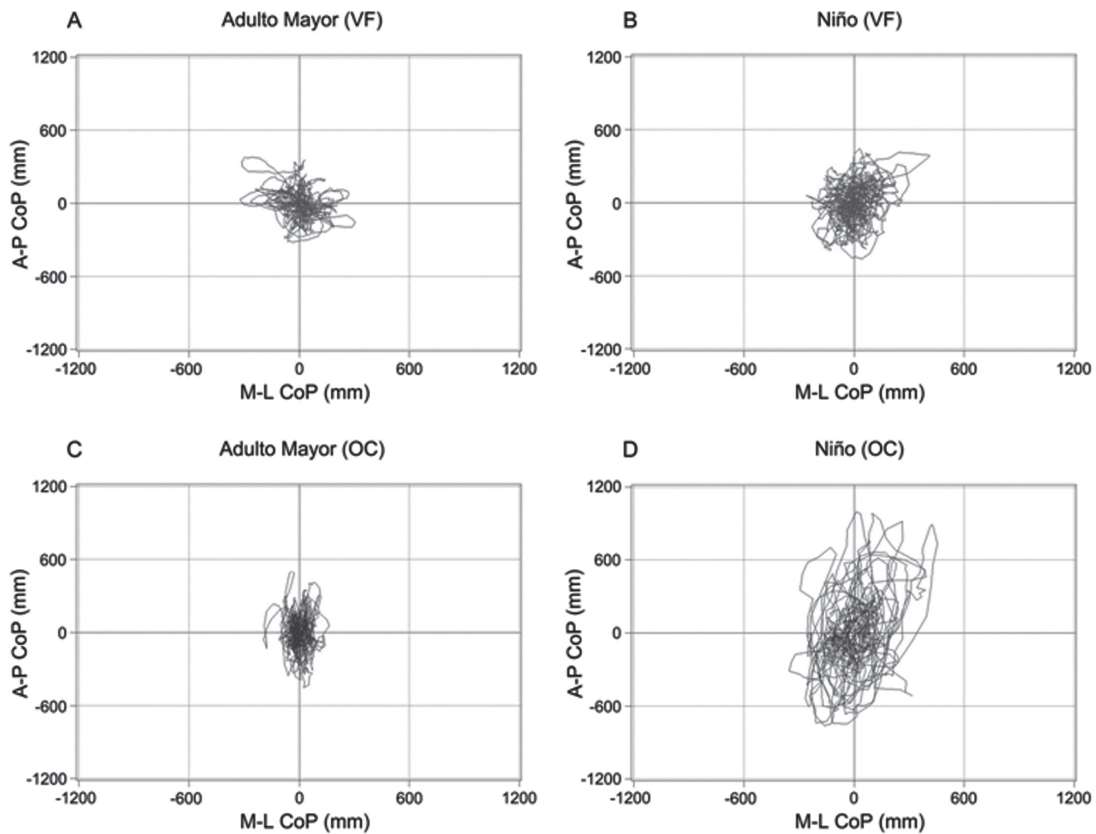


Figura 1. Ejemplos del trazado del COP de un participante de 71 años (A y C) y de uno de 9 años (B y D) escogidos al azar dentro de la muestra estudiada. Valores del COP normalizados y a escala

DISCUSIÓN

En este estudio los adultos mayores presentaron valores más bajos en las variables área y velocidad promedio del COP con respecto al grupo más joven, con diferencias significativas en la fase de ojos cerrados.

Durante la evaluación del balance de pie en la fase de vista al frente, el sistema visual de los niños actuó con un alto grado de dependencia. Esta dependencia visual o mayor uso de este sistema (banda de frecuencia 0,0625 Hz) (18) contribuye de manera positiva a la variable área de desplazamiento del COP, la cual presentó una tendencia al aumento, pero que no fue significativa con respecto al grupo de adultos mayores. Diversos autores han señalado que el sistema visual

contribuye de manera importante al control del balance en especial en los niños (20-23) y que alcanza su madurez fisiológica a los 15 años de edad aproximadamente (24). La literatura señala que en los niños, a diferencia de los adultos, se utiliza más la información aferente visual que la somatosensorial para el control del balance postural (25,26). Ciertas hipótesis han propuesto una restricción de la información somatosensorial cuando están disponibles fuertemente los estímulos visuales en los niños (26). Sin embargo, para el caso de los niños de esta investigación se observó lo opuesto, es decir, una dependencia del sistema somatosensorial (bandas 2 y 4 Hz) y parte del vestibular (banda 1 Hz). Por el contrario, los adultos mayores presentaron una disminución significativa

en las bandas de frecuencia 2 y 4 Hz con respecto a los niños, indicando su utilización eficiente sobre el balance. Este aspecto contribuiría directamente a las variables área y velocidad promedio del COP, las cuales presentaron un menor valor -no significativo- en los adultos mayores.

Durante la fase de ojos cerrados, el área y la velocidad de desplazamiento del COP fueron significativamente menores en el grupo de adultos mayores. Los sistemas vestibular y somatosensorial (mecanorreceptores cutáneos de la planta de los pies y propioceptores) fueron los que presentaron diferencias significativas en esta fase de la evaluación del balance. Se ha establecido que la madurez fisiológica de los sistemas visual y vestibular del ser humano encargados de controlar el balance postural se alcanza a la edad de 15 a 16 años (24). El sistema vestibular (bandas 0,0625, 0,5 y 1 Hz), que es altamente solicitado en ausencia de retroalimentación (*feedback*) visual (OC), estaría en proceso de maduración en nuestro grupo más joven cuyo promedio de edad era de 9,3 años. Además, se ha establecido que el sistema somatosensorial en la posición de pie se activa por estímulos mayores de 1 Hz (18). En este sentido, los niños demandan significativamente este sistema con respecto a los adultos mayores. Por el contrario, los sistemas vestibular y somatosensorial (bandas 2 y 4 Hz) en los adultos mayores actuaron de manera eficiente, es decir, sin un grado de dependencia como se observó en el grupo más joven. Estos antecedentes son los que permitieron observar una menor área y velocidad del COP en los adultos mayores sanos.

Finalmente, los datos obtenidos en este estudio en niños y adultos mayores sanos se podrán utilizar para orientar futuras investigaciones del balance postural en Chile y en el ámbito suramericano.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Onambele GL, Narici M V, Maganaris CN. Calf muscle-tendon properties and postural balance in old age. *J Appl Physiol*. 2006 Jun;100(6):2048–56.
2. Rodríguez JA, Borzutzky A, Barnett C, Marín PP [Misused diagnosis of osteoporosis and failure to treat adults with hip fracture in Chile]. *Rev Med Chil*. 2003 Jul;131(7):773–8.
3. Fujita T, Nakamura S, Ohue M, Fujii Y, Miyauchi A, Takagi Y, et al. Effect of age on body sway assessed by computerized posturography. *J Bone Miner Metab*. 2005 Jan;23(2):152–6.
4. Hatzitaki V, Zisi V, Kollias I, Kioumourtoglou E. Perceptual-motor contributions to static and dynamic balance control in children. *Rev Med Chil*. 2002 Jun;34(2):161–70.
5. Hirabayashi S, Iwasaki Y. Developmental perspective of sensory organization on postural control. *Brain Dev*. 1995;17(2):111–3.
6. Westlake K, Culham E. Influence of testing position and age on measures of ankle proprioception. *Advances in Physiotherapy*. 2006;8(1):41–8.
7. Shaffer SW, Harrison AL. Aging of the somatosensory system: a translational perspective. *Phys Ther*. 2007 Feb;87(2):193–207.
8. Judge JO, Lindsey C, Underwood M, Winsemius D. Balance improvements in older women: effects of exercise training. *Phys Ther*. 1993 Apr;73(4):254–62; discussion 263–5.
9. Tinetti ME, Speechley M, Ginter SF. Risk factors for falls among elderly persons living in the community. *N Engl J Med*. 1988 Dec 29;319(26):1701–7.
10. Kouzaki M, Masani K. Postural sway during quiet standing is related to physiological tremor and muscle volume in young and elderly adults. *Gait Posture*. 2012 Jan;35(1):11–7.
11. Kouzaki M, Shinohara M. Steadiness in plantar flexor muscles and its relation to postural sway in young and elderly adults. *Muscle Nerve*. 2010 Jul;42(1):78–87.
12. Gage WH, Winter DA, Frank JS, Adkin AL. Kinematic and kinetic validity of the inverted pendulum model in quiet standing. *Gait Posture*. 2004 Apr;19(2):124–32.
13. Baloh RW, Fife TD, Zwerling L, Socotch T, Jacobson K, Bell T, et al. Comparison of static and dynamic posturography in young and older normal people. *J Am Soc Geriatr*. 1994 Apr;42(4):405–12.
14. Moghadam M, Ashayeri H, Salavati M, Sarafzadeh J, Taghipoor KD, Saeedi A, et al. Reliability of center of pressure measures of postural stability in healthy older adults: effects of postural task difficulty and cognitive load. *Gait Posture*. 2011 Apr;33(4):651–5.

15. Masani K, Vette AH, Kouzaki M, Kanehisa H, Fukunaga T, Popovic MR. Larger center of pressure minus center of gravity in the elderly induces larger body acceleration during quiet standing. *Neurosci Lett*. 2007 Jul 18;422(3):202–6.
16. Guzmán RA, Prado HE, Porcel Melián H, Cordier B. [Differences in momentum development when standing up from a chair between elderly with and without frequent falls history]. *Rev Esp Geriatr Gerontol*. 2009;44(4):200–4.
17. Icaza MG, Albala C. Minimental State Examination (MMSE) del estudio de demencia en Chile: análisis estadístico. Washington, D.C.: OPS; 1999. p. 1–18.
18. Redfern MS, Yardley L, Bronstein AM. Visual influences on balance. *J Anxiety Disord*. 2001;15(1-2): 81–94.
19. Greffou S, Bertone A, Hanssens J-M, Faubert J. Development of visually driven postural reactivity: a fully immersive virtual reality study. *J Vis*. 2008 Jan;8(11):15.1–10.
20. Riach CL, Hayes KC. Anticipatory postural control in children. *J Mot Behav*. 1990 Jun;22(2):250–66.
21. Yardley L, Lerwill H, Hall M, Gresty M. Visual destabilisation of posture in normal subjects. *Acta Otolaryngol*. 1992 Jan;112(1):14–21.
22. Grasso R, Assaiante C, Prévost P, Berthoz A. Development of anticipatory orienting strategies during locomotor tasks in children. *Neurosci Biobehav Rev*. 1998 Jul;22(4):533–9.
23. Rosander K, von Hofsten C. Visual-vestibular interaction in early infancy. *Res Exp cerebro*. 2000 Aug;133(3):321–33.
24. Steindl R, Kunz K, Schrott-Fischer A, Scholtz AW. Effect of age and sex on maturation of sensory systems and balance control. *Dev. Med Child Neurol*. 2006 Jun;48(6):477–82.
25. Foudriat BA, Di Fabio RP, Anderson JH. Sensory organization of balance responses in children 3-6 years of age: a normative study with diagnostic implications. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*. 1993 Oct;27(3):255–71.
26. Cherng RJ, Chen JJ, Su FC. Vestibular system in performance of standing balance of children and young adults under altered sensory conditions. *Percept Mot Skills*. 2001 Jun;92(3 Pt 2):1167–79.

