
CENTRO DE PRESIÓN PLANTAR Y BALANCE POSTURAL EN FUNCIÓN DE LA ANTEPOSICIÓN DE CRÁNEO¹

PLANTAR CENTER OF PRESSURE AND POSTURAL BALANCE ACCORDING TO HEAD ANTEPOSITION¹

PAMELA LEÓN MOLINA², PATRICIO PINCHEIRA-BARBÉ², ALFREDO GARY-BUFADEL³,

EDWIN CONTRERAS-ACEVEDO³, RAÚL FRUGONE-ZAMBRA³

RESUMEN. Introducción: el balance postural se evidencia en las variaciones que pueda sufrir el centro de presión plantar (COP) debido a disturbios internos o externos. El objetivo del presente trabajo consistió en determinar el límite de anteposición de cráneo, en un sentido antero-posterior, a que puede estar sometido un sujeto sin que se modifique significativamente el centro de presión plantar y el balance postural, para lo cual se realizó un estudio preexperimental. **Métodos:** se obtuvo una muestra por conveniencia conformada por 30 hombres sanos, posturalmente alineados, entre 20 y 25 años de edad ($22,6 \pm 1,88$). Se excluyeron los sujetos consumidores de medicamentos que afectan la postura y el balance, que practicaron actividad física intensa las 24 horas previas al estudio o que sufrían patologías de columna y miembros inferiores. Se siguió la declaración de Helsinki y se firmó un consentimiento informado. Para determinar el COP en posición ortostática se utilizó una plataforma de fuerza Kistler® modelo 9286BA. Se les solicitó a los sujetos adoptar una posición bípeda sobre la plataforma. Se ubicó una plomada por sobre el tragus, entre el sujeto y el observador, y se grabó la oscilación durante 30 segundos. El experimento se repitió al inducir progresivamente una anteposición de cráneo hasta alcanzar los 5 centímetros. Para contrastar la hipótesis nula se utilizó el test de Wilcoxon. **Resultados:** el promedio del desplazamiento del centro de presión plantar en posición ortostática, según la raíz media cuadrática en el eje x, fue de 0,25170 y en el eje y fue de 0,34987. Con 1 cm de anteposición de cabeza inducida, el centro de presión plantar varió significativamente a 0,23031 en el eje x y a 0,36576 en el eje y. **Conclusión:** el mínimo desplazamiento anterior de cráneo desde el cual se modifica significativamente el centro de presión plantar y el balance postural corresponde a 1 cm.

Palabras clave: equilibrio postural, balance postural, postura.

León-Molina P, Pincheira-Barbé P, Gary-Bufadel A, Contreras-Acevedo E, Frugone-Zambra R. Centro de presión plantar y balance postural en función de la anteposición de cráneo. Rev Fac Odontol Univ Antioq 2016; 28(1): 112-122. DOI: <http://dx.doi.org/10.17533/udea.rfo.v28n1a6>

ABSTRACT. Introduction: balance posture is noticeable in the variations occurring on the plantar center of pressure (COP) due to internal or external disorders. The objective of this study was to determine the limit of head anteposition in an antero-posterior direction to which a subject may be exposed to without significant modifications to plantar center of pressure and postural balance, conducting a pre-experimental study. **Methods:** a convenience sample of 30 healthy male subjects with aligned posture aged 20 to 25 years (22.6 ± 1.88) was selected. The following subjects were excluded: individuals taking drugs that affect posture and balance, who practiced intense physical activity 24 hours prior to the study or who suffered any disease of spine and lower extremities. The study complied with the Declaration of Helsinki and an informed consent was signed. To determine COP in orthostatic position, a force plate (Kistler model 9286BA) was used. Subjects were requested to take a bipedal position on the plate. A plumb line was placed over the tragus, in between subject and observer, recording oscillations for 30 seconds. The experiment was repeated by gradually inducing a head anteposition until reaching 5 centimeters. The Wilcoxon test was used to prove the null hypothesis. **Results:** the average displacement from the plantar center of pressure in orthostatic position per root mean square on the x-axis was 0,25170 and on the y-axis was 0,34987. With 1 cm of induced head anteposition, the plantar center of pressure varied significantly to 0,23031 on the x-axis and 0,36576 on the y-axis. **Conclusion:** the minimum anterior displacement of skull significantly modifying the plantar center of pressure and postural balance is 1 cm.

Key words: postural equilibrium, postural balance, posture.

León-Molina P, Pincheira-Barbé P, Gary-Bufadel A, Contreras-Acevedo E, Frugone-Zambra R. Plantar center of pressure and postural balance according to head anteposition. Rev Fac Odontol Univ Antioq 2016; 28 (1): 112-122. DOI: <http://dx.doi.org/10.17533/udea.rfo.v28n1a6>

1 Trabajo presentado como requisito para optar al grado de licenciado en odontología.

2 Universidad del Desarrollo, Concepción, Chile.

3 Universidad de La Serena, Chile.

1 Paper submitted as a requirement to apply to the degree of Bachelor in Dentistry

2 Universidad del Desarrollo, Concepción, Chile

3 Universidad de La Serena, Chile

INTRODUCCIÓN

La anteposición y la flexo extensión de la cabeza pueden generar cambios posturales a nivel mandibular y postural general,¹⁻⁶ con el consecuente cambio en la actividad muscular para mantener el balance.⁷ Todo movimiento corporal produce actividad músculo-esquelética, y también obedece a ella, para lo cual debe existir un equilibrio muscular en posición estática (la actividad es dinámica pero la medición se realiza en un momento que es estático), a partir del cual se genera el desplazamiento de los elementos anatómicos (dinámica) involucrados en él, como respuesta ya sea a la volición o a la percepción inconsciente del estímulo que lo demande.⁸ Hernández, en 1995,⁹ argumenta que “la bipedestación no es un equilibrio en el sentido físico del término, sino un desequilibrio permanente constantemente compensado. Este equilibrio relativamente estable representa la solución personal que el sujeto ha encontrado a su problema de estabilidad”. El balance postural es un proceso complejo que requiere de la integración de diversas fuentes de información sensorial y motora a nivel central. Hernández considera que es necesario reflexionar sobre los procesos de equilibrio desde cuatro perspectivas:⁹ la biomecánica, la biológica, la psicológica y la de la estructura motriz. Es decir, para mantener una postura bípeda balanceada, la línea bipupilar debe encontrarse paralela al piso. En los seres humanos actúa el sentido del equilibrio, que está regido por receptores posturales ubicados en el sistema vestibular, visual y propioceptivo.¹⁰⁻¹³ Estos entregan información aferente y eferente a las cadenas musculares cinéticas: una anterior de predominio flexora y una posterior de predominio extensora.¹⁴ Moreno¹⁵ explica que los pies representan el primer eslabón de las cadenas cinéticas, siendo esta la unidad funcional que estabiliza el resto del aparato locomotor. Además, constituye la base de sustentación, lo cual permite evaluar el balance postural mediante el análisis del centro de presión plantar.¹⁵

Al evaluar el balance postural¹⁶ se observa que la extensión de la cabeza aumenta la oscilación postural en sujetos normales, en función de una serie de situaciones o condiciones neuro-anatómicas.

INTRODUCTION

Anteponition and flexion-extension of the head can create postural changes of the mandible and postural changes in general,¹⁻⁶ with subsequent changes in muscle activity to keep balance.⁷ All body movements produce muscle-skeletal activity, and at the same time respond to it, and therefore there should exist muscle balance in static position (the activity is dynamic but the measurement is performed at a static moment), producing the displacement of the involved anatomical elements (dynamics), as a response to either volition or to the unconscious perception of the stimulus requiring it.⁸ In 1995, Hernández⁹ argued that “bipedalism is not balance in the physical sense of the term, but a constant imbalance constantly compensated. This relatively stable balance represents the subject’s solution to his problem of stability”. Postural balance is a complex process requiring the participation of various sources of central sensory and motor information. Hernández claims that the process of balance needs to be considered from four perspectives:⁹ biomechanical, biological, psychological, and motor structure. This means that, to maintain a balanced bipedal posture, the bilateral pupil line should be parallel to the floor. In humans, there is the sense of balance, which is governed by postural receptors located in the vestibular, visual, and proprioceptive systems.¹⁰⁻¹³ These provide afferent and efferent information to the kinetic muscle chains: an anterior chain with flexion predominance and a posterior chain with extension predominance.¹⁴ Moreno¹⁵ explains that feet represent the first link of the kinetic chains, being the functional unit that stabilizes the rest of the locomotive apparatus. It is also the base of lift, which allows evaluating postural balance through the analysis of the plantar center of pressure.¹⁵

In evaluating postural balance,¹⁶ one may note that the extension of the head increases postural oscillation in normal subjects, in connection to several situations or neuro-anatomical conditions.

Los músculos cervicales contienen 5 a 80 veces un mayor número de husos musculares que los músculos de las extremidades inferiores¹⁷ y están bien equipados propioceptivamente para detectar ligeros cambios en la posición de la cabeza.¹¹ La propiocepción forma parte de una de las cuatro modalidades de la sensibilidad somática,¹⁸ todas ellas mediadas por un sistema de receptores y unas vías de transmisión al cerebro. El término propiocepción fue acuñado por Sherrington en 1906 al denominar como propioceptivas aquellas señales sensitivas generadas por los propios movimientos del cuerpo al activar los receptores localizados en músculos, tendones, articulaciones y piel.¹⁹ Por otro lado, esos receptores no solo informan de los movimientos en sí, sino de la tensión muscular, la posición y la orientación de las distintas articulaciones y segmentos corporales.

Este estudio busca evaluar si en sujetos sanos, frente a cambios de posición del cráneo, se produce una modificación significativa del centro de presión plantar y del balance postural.

MATERIALES Y MÉTODOS

Con el fin de evaluar las variaciones en el centro de presión plantar y el consecuente balance postural frente a la inducción de anteposición de cráneo, se realizó un estudio preexperimental de corte transversal en 30 sujetos de sexo masculino, entre 20 y 25 años de edad, sin anteposición de cráneo, de una altura no menor a 1,65 m y no mayor a 1,85 m. Se siguieron los acuerdos de Helsinki y los protocolos de bioseguridad y sanitarios correspondientes. El tamaño muestral se obtuvo utilizando una desviación estándar estimada de 0,22 cm,²⁰ con un 95% de confianza. Todos los sujetos participaron de forma voluntaria en el estudio y se les entregó información verbal sobre su participación, la cual ellos aprobaron firmando un consentimiento informado donde afirmaban entender completamente las características del estudio. Una vez firmado, se procedió a la toma de datos. Un investigador del área excluyó a los sujetos que por alguna condición no eran capaces de mantener su cuerpo en una posición ortostática balanceada, es decir:

The neck muscles contain 5 to 80 times more muscle spindles than the muscles of the lower extremities¹⁷ and are proprioceptively well equipped for detecting light changes in the position of the head.¹¹ Proprioception is part of one of the four modes of somatic sensitivity,¹⁸ which are all mediated by a system of receptors and some routes of transmission to the brain. The term proprioception was coined by Sherrington in 1906 by defining as proprioceptive all those sensory signals generated by body movements in activating the receptors located in muscles, tendons, joints and skin.¹⁹ On the other hand, those receptors not only report on the movement itself, but on muscle tension, posture, and orientation of joints and body segments.

This study seeks to evaluate whether healthy subjects facing changes in skull position experience a significant modification in plantar center of pressure and postural balance.

MATERIALS AND METHODS

To evaluate variations in plantar center of pressure and the subsequent postural balance in the presence of induced head anteposition, a pre-experimental cross-sectional study was conducted in 30 male subjects aged 20 to 25 years, with no head anteposition, measuring 1.65 m to 1.85 m in height. This study followed the Helsinki Declaration and the corresponding protocols of biosecurity and health standards. The sample size was obtained using an estimated standard deviation of 0.22 cm,²⁰ with 95% confidence interval. All subjects voluntarily participated in the study and were provided oral information on their participation, which they approved by signing an informed consent stating that they completely understood the characteristics of the study. Once they signed the consent, data were collected. One researcher excluded subjects who due to any conditions were unable to keep their bodies in a balanced orthostatic position, that is to say,

con rotación anterior de hombros y manos en prono. También se excluyeron las siguientes personas: pacientes con patología muscular, presencia de enfermedad degenerativa muscular, alteraciones de la alineación de la columna cervical, sujetos con genu valgo y genu varo, sujetos con pie plano y cavo, o con respirador bucal y personas del sexo femenino o con sobrepeso.

Se invitó a participar a alumnos de la Universidad del Desarrollo, Concepción, Chile, utilizando las redes sociales de internet. Los sujetos interesados en participar fueron evaluados según los criterios de inclusión y exclusión para conformar la muestra. La posición ortostática de la cabeza se determinó por la coincidencia del tragus y el acromion frente a una plomada y se aceptó una anteposición de cráneo cuyo límite se estableció por la coincidencia entre el borde posterior del pabellón auricular y el acromion.

Se seleccionaron 30 sujetos de modo consecutivo. A cada sujeto seleccionado se le invitó a subir descalzo a la plataforma de fuerza Kistler® modelo 9286BA (Figura 1) para tomar los datos correspondientes a su centro de presión plantar y las variaciones de este al inducir una anteposición gradual de la cabeza. Se utilizó el software Bioware para recolectar los datos.

with anterior rotation of shoulders and hands in prone position. The following individuals were also excluded: patients with muscle pathology, presence of degenerative muscle disease, alterations in cervical spine alignment, genu valgus and genu varus subjects, flat foot and cavo foot subjects, and individuals with oral respirators, females, and overweight persons.

Students from Universidad del Desarrollo, in Concepción, Chile, were invited to participate via online social networks. Interested subjects were evaluated according to the inclusion and exclusion criteria. The orthostatic position of the head was determined by matching the tragus and the acromion with a plumb line, accepting a head anteposition with a limit established by the coincidence between the posterior edge of the pinna and the acromion.

30 subjects were selected consecutively. Each selected subject was asked to step barefoot to the model 9286BA Kistler® force plate (Figure 1) in order to collect the data corresponding to their plantar center of pressure and their variations by inducing a gradual anteposition of the head. The Bioware software was used to collect data.



Figura 1. Plataforma de fuerza Kistler® modelo 9286BA

Figure 1. Kistler® force plate, model 9286BA

El protocolo utilizado fue el siguiente:

- Se determinó un tiempo de exposición para recolección de datos de 30 segundos por muestra, de los cuales se utilizaron los 20 segundos intermedios. No hubo un proceso de aprendizaje previo.
- Se ubicó al sujeto sobre la plataforma de fuerza, con los pies descalzos en un ángulo de 30° entre ellos²¹ y con una distancia entre los talones de 5 cm, haciéndolos coincidir con unas huellas marcadas sobre la plataforma, y con los brazos extendidos y pegados al cuerpo.²² Se le pidió al sujeto que mantuviera la mirada sobre un punto fijo de color amarillo situado a un metro por delante y a la altura de sus ojos. Esto se determinó como postura inicial (PI). Se marcó un punto a nivel del tragus, el cual sirvió de referencia, y se instaló una plomada (0 cm) sobrepuesta a este para verificar la posición inicial, observándola desde dos metros de distancia. Posteriormente se realizó el primer registro (0 cm). Para la segunda medición se ubicó una segunda plomada 1 cm por delante de la plomada anterior y se le pidió al sujeto retomar la PI en relación a la plomada 0 y desde esa posición generar una anteposición de cabeza hasta que el punto marcado en el tragus coincidiera con la plomada a 1 cm. En esa posición se tomó el registro 2 (1 cm). El mismo procedimiento se efectuó para tomar los registros a 2, 3, 4 y 5 cm de anteposición del cráneo sobre la columna. De los datos obtenidos entre los 5 y 25 segundos de la prueba para cada muestra se utilizó la raíz media cuadrática calculada automáticamente por el software Bioware, para el desplazamiento del COP tanto en el eje x como en el eje y.
- Los datos se tabularon en una planilla de Microsoft Excel® y se exportaron al programa SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) para analizar el supuesto de normalidad de los datos mediante el test de Shapiro-Wilk. Para contrastar la hipótesis nula “no existe diferencia significativa en el desplazamiento de COP en sujetos sanos en posición ortostática y con

The following protocol was used:

- An exposure time of 30 seconds per sample was set for data collection, but only the 20 intermediate seconds were used. There was no process of prior learning.
- Subjects were asked to stand barefoot on the force plate with both feet at an angle of 30° to each other²¹ and 5 cm between the heels, having the feet match a couple of footprints marked on the plate with their arms down and tightly close to the body.²² They were asked to stare at a fixed yellow dot just one meter in front of them and at the height of their eyes. This was considered the initial posture (IP). A point was marked at the level of the tragus, serving as reference, and a plumb line was installed (0 cm) overlying this point to verify the initial posture, observing it at a distance of two meters. The first measurement (0 cm) was recorded. For the second measurement, a second plumb line was located 1 cm ahead of the previous plumb line, asking the subject to return to IP in relation to plumb line 0 and from that position produce a head anteposition until the point marked on the tragus coincided with the plumb line to 1 cm. That position served as the second recorded measurement (1 cm). The same procedure was followed to record measurements to 2, 3, 4 and 5 cm of anteposition of skull to vertebral column. From data obtained between 5 and 25 seconds of the test on each sample, we used the root mean square automatically calculated by the Bioware software, for COP displacement in both the x-axis and the y-axis.
- The data were tabulated in a Microsoft Excel® sheet and exported to SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) to analyze the assumption of normality of data by means of the Shapiro-Wilk test. To contrast the null hypothesis “there is no significant difference in COP displacement of healthy subjects in orthostatic position with

diferentes grados de anteposición de cabeza”, se utilizó el test de Wilcoxon para el contraste no paramétrico de dos muestras relacionadas.

RESULTADOS

En los sujetos estudiados (n = 30), el promedio de desplazamiento del COP en el eje x, para posición ortostática según la raíz media cuadrática, fue de 0,25 (+/- 0,11); para una anteposición de 1 cm fue de 0,23 (+/- 0,16); para una anteposición de 2 cm fue de 0,18 (+/- 0,08); para una anteposición de 3 cm fue de 0,22 (+/- 0,13); para una anteposición de 4 cm fue de 0,21 (+/- 0,08); y para una anteposición de 5 cm fue de 0,20 (+/- 0,09) (tabla 1). La diferencia de los promedios de la raíz media cuadrática entre las mediciones con respecto a la posición 0 del cráneo se expresan en la tabla 1.

Tabla 1. Desplazamiento del COP en el eje x (sentido lateral)

	Desplazamiento en el eje x					
	Anteposición del cráneo					
	0 cm	1 cm	2 cm	3 cm	4 cm	5 cm
Prom	0,25170	0,23031	0,18346	0,22388	0,21622	0,20954
DS	0,11819	0,16363	0,08154	0,13830	0,08722	0,09403
Dif Ctr/APcab		0,08812	0,09402	0,09016	0,10527	0,07831

Prom: Promedio, DS: Desviación estándar, Dif Ctr/APcab: Diferencia del promedio en valor absoluto del control y anteposición. El valor p para todas las relaciones entre el control (0 cm) y cada nivel de anteposición del cráneo fue de 0,000001.

El promedio de desplazamiento del COP en el eje y para posición ortostática fue de 0,34 (+/- 0,11); para una anteposición de 1 cm fue de 0,36 (+/- 0,19); para una anteposición de 2 cm fue de 0,39 (+/- 0,19); para una anteposición de 3 cm fue de 0,38 (+/- 0,17); para una anteposición de 4 cm fue de 0,37 (+/- 0,14); y para anteposición de 5 cm fue de 0,34 (+/- 0,12) (Tabla 2). La diferencia de los promedios de la raíz media cuadrática entre las mediciones con respecto a la posición 0 del cráneo se expresan en la tabla 2.

various degrees of head anteposition”, the Wilcoxon test was used for the non-parametric contrast of two related samples.

RESULTS

In the study subjects (n = 30), the average COP displacement on the x-axis for orthostatic posture by root mean square was 0.25 (+/- 0.11). The other results were: 0.23 (+/- 0.16) for 1 cm anteposition; 0.18 (+/- 0.08) for 2 cm anteposition; 0.22 (+/- 0.13) for 3 cm anteposition; 0.21 (+/- 0.08) for 4 cm anteposition, and 0.20 (+/- 0.09) for 5 cm anteposition (table 1). The difference of root mean square averages among the measurements in comparison to position 0 of the skull is shown in table 1.

Table 1. COP displacement on the x-axis (lateral direction)

	Displacement on the x-axis					
	Skull anteposition					
	0 cm	1 cm	2 cm	3 cm	4 cm	5 cm
Avg	0.25170	0.23031	0.18346	0.22388	0.21622	0.20954
SD	0.11819	0.16363	0.08154	0.13830	0.08722	0.09403
Dif Ctr/APhead		0.08812	0.09402	0.09016	0.10527	0.07831

Avg: average, SD: standard deviation, Dif Ctr/APcab: difference of the average in absolute value of control and anteposition. The p value for all the relationships between control (0 cm) and each level of skull anteposition was 0.000001.

The average COP displacement on the y-axis for orthostatic posture was 0.34 (+/- 0.11). The other results were: 0.36 (+/- 0.19) for 1 cm anteposition; 0.39 (+/- 0.19) 2 cm anteposition; 0.38 (+/- 0.17) for 3 cm anteposition; 0.37 (+/- 0.14) for 4 cm anteposition, and 0.34 (+/- 0.12) for 5 cm anteposition (Table 2). The difference of root mean square averages among the measurements in comparison to position 0 of the skull is shown in table 2.

Tabla 2: Desplazamiento del COP en el eje y (sentido antero-posterior)

	Desplazamiento en el eje y					
	Anteposición del cráneo					
	0 cm	1 cm	2 cm	3 cm	4 cm	5 cm
Prom	0,34987	0,36576	0,39175	0,38422	0,37026	0,34361
DS	0,11159	0,12658	0,19536	0,17108	0,14763	0,12717
Dif Ctr/APcab		0,11335	0,15222	0,12035	0,13601	0,13768

Prom: Promedio, DS: Desviación estándar, Dif Ctr/APcab: Diferencia del promedio en valor absoluto del control y anteposición. El valor *p* para todas las relaciones entre el control (0 cm) y cada nivel de anteposición del cráneo fue de 0,000001.

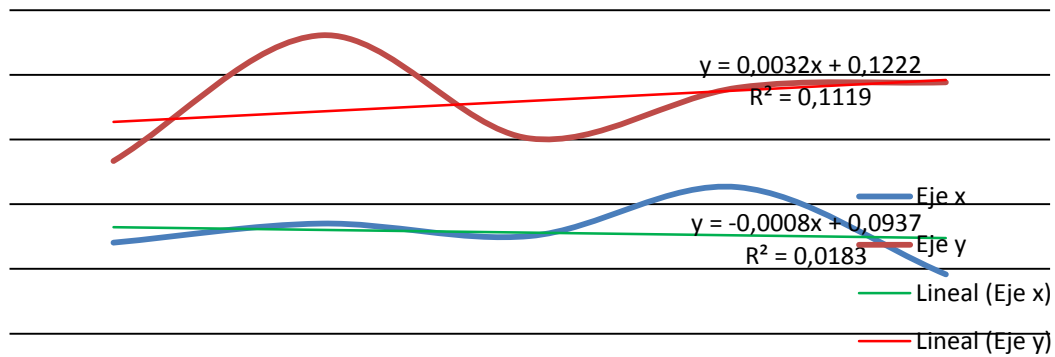
La tendencia lineal de la diferencia del desplazamiento entre el COP control y cada uno de los COP entregados por los distintos niveles de anteposición a los que fue expuesto el sujeto fue disminuyendo para el eje x, mientras que en el eje y la tendencia presentó un aumento de esta diferencia (Figura 2).

Table 2: COP displacement on the y-axis (antero-posterior direction)

	Displacement on the y-axis					
	Skull anteposition					
	0 cm	1 cm	2 cm	3 cm	4 cm	5 cm
Avg	0.34987	0.36576	0.39175	0.38422	0.37026	0.34361
SD	0.11159	0.12658	0.19536	0.17108	0.14763	0.12717
Dif Ctr/APhead		0.11335	0.15222	0.12035	0.13601	0.13768

Avg: average, SD: standard deviation, Dif Ctr/APcab: difference of the average in absolute value of control and anteposition. The *p* value for all the relationships between control (0 cm) and each level of skull anteposition was 0.000001.

The linear tendency of the difference in displacement between COP control and each COP yielded by the various levels of anteposition to which subjects were exposed was in decrease for the x-axis, while on the y-axis the tendency was in the increase in this difference (Figure 2).



1: Diferencia entre control y anteposición de 1 cm, 2: Diferencia entre control y anteposición de 2 cm, 3: Diferencia entre control y anteposición de 3 cm, 4: Diferencia entre control y anteposición de 4 cm, 5: Diferencia entre control y anteposición de 5 cm.

1: Difference between control and 1 cm anteposition, 2: Difference between control and 2 cm anteposition, 3: difference between control and 3 cm anteposition, 4: difference between control and 4 cm anteposition, 5: difference between control and 5 cm anteposition.

Figura 2: Desplazamiento promedio del COP en los ejes x y y

Figure 2: Average COP displacement on axis x and y

El desplazamiento del COP tanto en el eje x como en el eje y fue estadísticamente significativo al comparar cada nivel de inducción de anteposición del cráneo con su control, arrojando un valor de $p < 0,000001$ para cada uno de ellos (Tabla 3).

Tabla 3: Valor de p

	Control-1 cm	Control-2 cm	Control-3 cm	Control-4 cm	Control-5 cm
Eje x	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001
Eje y	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001

DISCUSIÓN

El desplazamiento del COP en el eje x, mientras los sujetos mantenían una posición ortostática, correspondió a 0,25 (+/- 0,11), mientras que en el eje y correspondió a 0,34 (+/- 0,11). Esto quiere decir que, como ha sido demostrado, existe una actividad neuromuscular constante para mantener el equilibrio postural.²³ Cuando el cráneo se desplaza de su centro hacia ventral (por ejemplo, frente a una extensión), se induce a una oscilación postural.²⁴ En dicho caso no se verificó si existían variaciones de tipo anatómicas relacionadas, como la altura, situación que en este estudio fue controlada, obteniéndose los mismos resultados. Esto permite establecer que la altura de los sujetos no condiciona el desplazamiento del centro de presión plantar inducido por la anteposición del cráneo.

Por otra parte, se ha demostrado que los aferentes propioceptivos de la columna cervical inferior son los que se estimulan frente a una flexión cervical.²⁵ Kogler y colaboradores, en 2000,²⁶ demostraron que la extensión de la cabeza altera la información propioceptiva y contribuye a una mayor oscilación postural en los sujetos sanos. Resulta interesante observar, en este estudio, que el COP en el eje x tendió a la disminución en todas las pruebas en que se sometió al sujeto a una anteposición de cráneo. Esto pudo deberse a que, con una anteposición de la cabeza, el reflejo producido a nivel vestibulo-cervical no requería producir mayor estabilización.²⁷ Por otra parte, el COP

COP displacement on the x-axis and the y-axis was statistically significant when comparing each level of induction of head anteposition with its control, yielding a p -value of < 0.000001 for each (Table 3).

Table 3: p -value

	Control - 1 cm	Control-2 cm	Control-3 cm	Control-4 cm	Control - 5 cm
x-axis	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001
y-axis	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001

DISCUSSION

COP displacement on the x-axis while the subjects were in an orthostatic position was 0.25 (+/-0.11), while on the y-axis was 0.34 (+/- 0.11). This means that, as has been shown, there is constant neuromuscular activity to keep postural balance.²³ When the skull is displaced from its center towards ventral (as in an extension), a swing posture is induced.²⁴ In this case, no verification was conducted to confirm whether there were related anatomical variations, such as height, which in this study was controlled, obtaining the same results. This allows to establish that subjects' height does not condition the displacement of the plantar center of pressure induced by anteposition of the skull.

On the other hand, it has been shown that proprioceptive afferents of the lower cervical spine are the ones that produce a stimulus during a cervical flexion.²⁵ In 2000, Kogler et al²⁶ showed that an extension of the head alters the proprioceptive information and contributes to a greater swing posture in healthy subjects. Interestingly enough, in this study the COP on the x-axis tended to decrease in all the tests in which subjects were exposed to head anteposition. This could be explained because, in the presence of head anteposition, the reflection produced on vestibular-cervical did not require greater stabilization.²⁷ On the other hand, the COP

en el eje y tendió a elevarse, generándose un mayor balanceo antero-posterior. Considerando que el cráneo representa el segmento más distal del cuerpo respecto al punto de apoyo, un desplazamiento de él hacia anterior genera un mayor momento flexor anterior corporal total, el cual debe ser contrarrestado por la musculatura erectora espinal, requiriendo ajustes finos.⁷

Brodie, en 1950,²⁸ señaló que la postura erguida de la cabeza debe ser balanceada por la columna vertebral, atribuyéndose a una equivalente tensión de los músculos anteriores y posteriores relacionados con la articulación occipito-atloidea.²⁹ El hecho de que los músculos estén organizados y relacionados mediante la fascia, obliga a considerar la mecánica corporal de forma global y simultánea, lo que justifica el compromiso de toda la postura corporal cuando existen alteraciones craneofaciales. En este estudio se observó una diferencia estadísticamente significativa en el desplazamiento del COP con 1 cm de anteposición de cráneo, independientemente del eje. Se debe recalcar que esta diferencia también es clínicamente significativa, ya que el mantenimiento del equilibrio postural es fundamental y la desorganización de un segmento del cuerpo implicará una nueva organización de todos los otros, asumiendo así una postura compensatoria.³⁰ Esto significa un inmediato aumento de la actividad propioceptiva y de su consecuente respuesta muscular para mantener el equilibrio.⁸ Este equilibrio relativamente estable representa la solución personal que el sujeto ha encontrado a su problema de estabilidad.⁹ A su vez, autores como Patla y colaboradores, en 1990,³¹ afirmaron que las mayores frecuencias de oscilaciones del COP incrementan la información sobre el equilibrio desde los sistemas sensoriales, y así logran permanecer dentro de los límites de estabilidad.

Este estudio abre las puertas a futuras investigaciones sobre la dinámica y las actividades funcionales que traten de resolver la incógnita del punto límite del cambio del COP frente a alteraciones de la posición del cráneo con respecto al patrón postural. A su vez, abre el campo del estudio de la influencia neuromuscular recíproca de las regiones masticatoria y cervical.³²

on the y-axis tended to increase, creating a higher anteroposterior balancing. Considering that the skull is the most distal segment of the body with respect to a point of support, its displacement towards anterior produces greater total body anterior flexion, which must be countered by erector spinae muscles, requiring slight adjustments.⁷

In 1950, Brodie²⁸ stated that the upright posture of the head must be balanced by the vertebral column due to an equivalent tension of anterior and posterior muscles connected to the atlanto-occipital joint.²⁹ The fact that the muscles are organized and related through the fascia forces to consider body mechanisms in a global and simultaneous manner, validating the compromise of all body posture in the presence of craniofacial alterations. This study showed a statistically significant difference in COP displacement with 1 cm of head ante-position, regardless of the axis. It must be emphasized that this difference is also clinically significant, since maintaining postural balance is essential and the disruption of a segment of the body implies a new organization of all the others, thus taking a compensatory posture.³⁰ This means an immediate increase of the proprioceptive activity and the consequent muscle response to keep balance.⁸ This relatively stable balance represents the subject's personal solution to his problem of stability.⁹ In turn, authors such as Patla et al, in 1990,³¹ stated that the higher frequencies of COP oscillations increase information on balance from the sensory systems, and thus manage to stay within the limits of stability.

This study opens the doors to future research on the dynamics and the functional activities that try of resolve the mystery of the limit point of COP change in the presence of alterations of the position of the skull with respect to postural pattern. It also opens the field of the study of reciprocal neuromuscular influence of the masticatory and cervical regions.³²

CONCLUSIÓN

En sujetos sanos, existe una diferencia clínica y estadísticamente significativa, en términos del COP y el balance postural, al inducir 1 cm de anteposición del cráneo. Clínicamente, esto se traduce en que basta 1 cm de anteposición del cráneo para generar respuestas musculares adaptativas para controlar los desplazamientos del COP y el respectivo balance postural, ratificando como relación límite aceptable el borde posterior del pabellón auricular con el acromion en un sujeto sin anteproyección de hombros.

CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

CORRESPONDENCIA

Pamela León Molina
(+56 9) 958582580
pleonm@live.com
Linares, Chile

Raúl Frugone Zambra
(+56 9) 98840218
raulfrugone@gmail.com
Linares, Chile

CONCLUSION

In healthy subjects, there is a clinically and statistically significant difference in terms of COP and postural balance when inducing 1 cm of head anteposition. Clinically, this means that just 1 cm of head anteposition is enough to generate adaptive muscle responses to control COP displacement and the respective postural balance, ratifying the back edge of the ear with the acromion in a subject without anteposition shoulders as acceptable limit.

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare not having any conflict of interest.

CORRESPONDING AUTHOR

Pamela León Molina
(+56 9) 958582580
pleonm@live.com
Linares, Chile

Raúl Frugone Zambra
(+56 9) 98840218
raulfrugone@gmail.com
Linares, Chile

REFERENCIAS / REFERENCES

1. Arellano JCV. Relações entre postura corporal e sistema estomatognático. *J Bras Oclus ATM Dor Orofac* 2002; 2(6): 155-164.
2. Bracco P, Deregibus A, Piscetta R. Effects of different jaw relations on postural stability in human subjects. *Neurosci Lett* 2004; 356(3): 228-230.
3. Brill N, Lammie GA, Osborne J, Perry HT. Mandibular positions and mandibular movements. *Br Dent J* 1959; 106: 391-400.
4. Mohl N. El rol de la posición de la cabeza en la función mandibular y mecánica maxilar anormal. Chicago: Quintaessence Book; 1984.
5. Preiskel HW. Some observations on the postural position of the mandible. *J Prosthet Dent* 1965; 15: 625-633.
6. Braccialli LMP, Vilarta R. Postura corporal: reflexões teóricas. *Fisioter Mov* 2001; 14(1): 65-71.
7. Huggare JA, Raustia AM. Head posture and cervicovertebral and craniofacial morphology in patients

- with craniomandibular dysfunction. *Cranio* 1992; 10(3): 173-179.
8. Barreto JF. Sistema estomatognático y esquema corporal. *Colomb Méd* 1999; 30(4): 171-178.
 9. Hernández J. Torpeza motriz. Barcelona: EUB; 1995.
 10. Brandt Th, Krafczyk S, Malsbenden I. Postural imbalance with head extension: improvement by training as a model for ataxia therapy. *Ann NY Acad Sci* 1981; 374(1): 636-649.
 11. Jackson RT, Epstein CM. Effect of head extension on equilibrium in normal subjects. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1991; 100(1): 63-67.
 12. Paulus WM, Straube A, Brandt T. Visual stabilization of posture. Physiological stimulus characteristics and clinical aspects. *Brain* 1984; 107(Pt 4): 1143-1163.
 13. Pinsault N, Vuillerme N. Differential postural effects of plantar-flexor muscle fatigue under normal, altered and improved vestibular and neck somatosensory conditions. *Exp Brain Res* 2008; 191(1), 99-107.
 14. Ohaniam M. Fundamentos y principios de la ortopedia dento-maxilo-facial. Caracas: Amolca; 2000.
 15. Moreno J. Podología general y biomecánica. Madrid: Masson; 2003.
 16. Barin K, Jefferson GD, Sparto PJ, Parnianpour M. Effect of aging on human postural control during cognitive tasks. *Biomed Sci Instrum* 1997; 33: 388-393.
 17. Richmond FJ, Abrahams VC. Morphology and distribution of muscle spindles in dorsal muscles of the cat neck. *J Neurophysiol* 1975; 38(6): 1322-1339.
 18. Adrian ED. Afferent areas in the cerebellum connected with the limbs. *Brain* 1943; 66(4): 289-315.
 19. Sherrington CS. Flexion-reflex of the limb, crossed extension-reflex and reflex stepping and standing. *J Physiology* 1910; 40(1): 28-121.
 20. Spichiger M, Frugone-Zambra R, Pincheira-Barbé P, Bittner V. Pressure center displacement in subjects with inclination of occlusal plane. IADR/AADR/CADR General Session & Exhibition. March 20-23, 2013. Seattle, Washington). Poster Session. Poster #3466.
 21. Okubo J, Watanabe Y, Takeya T, Baron JB. Influence of foot position and visual field condition in the examination for equilibrium function and sway of the center of gravity in normal persons. *Agressologie* 1979; 20(2): 127-132.
 22. Nashner LM, Black FO, Wall C 3rd. Adaptation to altered support surface and visual conditions during stance: patients with vestibular deficits. *J Neurosci* 1982; 2(5): 536-544.
 23. Gagey PM, Bonnier L, Gentaz R, Guillaume P, Marucchi C, Villeneuve P. Huit leçons de posturologie. Paris; Editées par l'Association Francaise de Posturologie; 1994.
 24. Adamo DE, Pociaska FD, Goldberga A. The contribution of head position, standing surface and vision to postural control in young adults. *J Vestib Res* 2013; 23(1): 33-40.
 25. Ricard F. Tratamiento osteopático de las algias del raquis torácico. Madrid: Ed Médica Panamericana; 2007.
 26. Kogler A, Lindfors J, Odkvist LM, Ledin T. Postural stability using different neck positions in normal subjects and patients with neck trauma. *Acta Otolaryngol* 2000; 120(2): 151-155.
 27. Spinelli D, Antonucci G, Daini R, Fanzon D, Zoccolotti P. Modulation of the rod-and-frame illusion by additional external stimuli. *Perception* 1995; 24(10): 1105-1118.
 28. Brodie AG. Anatomy and physiology of the head and neck musculature. *Am J Orthod* 1950; 36(11): 831-844.
 29. Vig PS, Showfety KJ, Phillips C. Experimental manipulation of head posture. *Am J Orthod* 1980; 77(3): 258-268.
 30. Souchard PE. Reeducação postural global. São Paulo: Editora Ícone; 1986.
 31. Patla AE, Winter DA, Frank JS, Prasad S. Identification of age-related changes in the balance-control system. En: Duncan PW (ed). *Balance: proceedings of the APTA forum*. Alexandria, VA: American Physical Therapy Association; 1990. p 43-55.
 32. Goldstein DF, Kraus SL, William WB, Glasheen-Wray M. Influence of cervical posture on mandibular movement. *J Prosthet Dent* 1984; 52(3): 421-426.