

OR 1821

Relación del nivel de actividad física y de la composición corporal en el control postural en adultos varones

Relationship of physical activity level and body composition on postural control in male adults

José Manuel Delfa-de-la-Morena, Miguel Ángel Rojo-Tirado², Eliane Aparecida-de-Castro², Alexander Gil Arias³, Juan Carlos Miangolarra-Page¹ y Pedro José Benito Peinado²

¹Departamento de Fisioterapia, Terapia Ocupacional, Rehabilitación y Medicina Física. Universidad Rey Juan Carlos. Alcorcón, Madrid. ²Departamento de Salud y Rendimiento Humano. Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid. ³Centro de Estudios del Deporte. Universidad Rey Juan Carlos. Alcorcón, Madrid

Recibido: 01/02/2018

Aceptado: 23/05/2018

Correspondencia: José Manuel Delfa de la Morena. Departamento de Fisioterapia, Terapia Ocupacional, Rehabilitación y Medicina Física. Universidad Rey Juan Carlos. Av. de Atenas, s/n. 28922 Alcorcón, Madrid

e-mail: jose.delfa@urjc.es

DOI: 10.20960/nh.1821

RESUMEN

Introducción: el equilibrio es crucial para el desempeño de actividades de la vida diaria como la bipedestación o la marcha. La actividad física y la composición corporal son algunos de los factores intrínsecos modificables más importantes que influyen en el equilibrio.

Objetivo: analizar la influencia del nivel de actividad física (PAL) y de diferentes variables corporales sobre el control postural de adultos varones.

Métodos: estudio observacional, transversal, con 63 varones de entre 25 y 60 años, con índice de masa corporal (IMC) entre 18 y 35 kg/m². Se midieron variables antropométricas (i.e., peso, IMC, perímetro de cintura), de composición corporal y de su distribución (i.e., porcentaje de masa grasa de piernas: %MGP, androide: %MGA y total: %MGT), de actividad física (PAL) y de control postural (i.e., ratio somatosensorial: SOT-SOM). Se utilizó una regresión lineal múltiple para evaluar la relación de todas las variables con la SOT-SOM.

Resultados: los resultados de este estudio muestran una correlación entre %MGT ($r = -0,384$, $p = 0,002$), %MGA ($r = -0,421$, $p = 0,001$) y PAL ($r = 0,291$, $p = 0,021$) con la SOT-SOM. Además, los individuos clasificados como obesos ($\%MGT \geq 28$) obtuvieron peores puntuaciones en la SOT-SOM que los individuos no obesos ($97,33 \pm 2,52$ vs. $96,37 \pm 1,54$; $p = 0,013$) y los individuos clasificados como activos ($PAL \geq 1,4$) obtuvieron mejores puntuaciones en la SOT-SOM que los individuos sedentarios ($97,13 \pm 2,33$ vs. $96,18 \pm 1,38$; $p = 0,035$).

Conclusiones: la masa grasa y el PAL parecen influir a nivel propioceptivo en el control postural, siendo el perímetro de cintura la variable que más predice la SOT-SOM.

Palabras clave: Estilo de vida sedentario. Actividad física. Distribución grasa corporal. Índice de masa corporal.

ABSTRACT

Introduction: balance is very important in order to perform daily physical activities as standing or walking. Both physical activity and body composition are some of the most important adjustable intrinsic factors influencing balance.

Objective: to analyze the influence of physical activity level and different body variables on the postural control of male adults.

Methods: observational, cross-sectional study with 63 men between 25 and 60 years of age, with body mass index (BMI) between 18 and 35 kg/m². Anthropometric variables (e.g., weight, BMI, waist circumference), body composition and its distribution (e.g., percentage of total fat mass: TFM%, of the legs: LFM%, and android: AFM%), physical activity (PAL) and postural control (e.g., SOM ratio) were measured. Multiple linear regression was used to evaluate the relationship of all variables with the SOM ratio.

Results: the results of this study show a correlation between TFM% ($r = -0.384$, $p = 0.002$), AFM% ($r = -0.421$, $p = 0.001$) and PAL ($r = 0.291$, $p = 0.021$) with the SOM ratio. In addition, individuals classified as obese (TFM% ≥ 28) scored worse on SOM ratio than non-obese individuals (97.33 ± 2.52 vs 96.37 ± 1.54 , $p = 0.013$), and individuals classified as active (PAL ≥ 1.4) scored higher on SOM ratio than sedentary individuals (97.13 ± 2.33 vs 96.18 ± 1.38 ; $p = 0.035$).

Conclusions: the fat mass and PAL seem to influence proprioceptively on postural control, being the waist circumference the variable that predicts SOM ratio the most.

Key words: Sedentary lifestyle. Physical activity. Body fat distribution. Body mass index.

INTRODUCCIÓN

El equilibrio o estabilidad postural es crucial para el desempeño de actividades de la vida diaria como la bipedestación o la marcha (1). Para que un cuerpo se mantenga en equilibrio y no caiga, su centro de gravedad, que es la proyección vertical de su centro de masas sobre la superficie terrestre, debe encontrarse dentro de su base de sustentación, entendida esta como el área comprendida entre las partes de ese cuerpo que se encuentra en apoyo con la superficie (2).

La tarea de equilibrar el cuerpo humano en posición bípeda debe ser vista como equilibrar un péndulo invertido de gran peso en lo alto. El segmento superior, el cual contiene sobre el 60% del total de la masa corporal, es equilibrado sobre dos segmentos mucho más ligeros, los miembros inferiores (MM.II.). Esto hace que el ser humano sea un sistema inestable salvo que un sistema de control postural esté actuando constantemente. Además, la capacidad de controlar nuestro cuerpo en el espacio emerge de una compleja interacción de los sistemas musculoesquelético y neural, colectivamente referido como “sistema de control postural” (3). Cualquier factor, problema o enfermedad que afecte la integridad o el correcto funcionamiento de este sistema de control postural (4,5) provocará alteraciones del equilibrio y la postura, lo que puede aumentar el riesgo de caídas (8).

La actividad física (6,7), el IMC (9,10), la composición corporal (11,12) y su distribución (13,14) son algunos de los factores intrínsecos modificables más importantes que influyen en

el equilibrio. Estudios previos muestran cómo un estilo de vida activo mejora parámetros de control postural (15,16) y cómo un mayor IMC y un mayor porcentaje de masa grasa, así como su distribución, afectan negativamente a la estabilidad postural (1). Sin embargo, no se han encontrado estudios que describan la relación de las variables antropométricas y de composición corporal y su distribución con el control postural en sujetos varones, teniendo en cuenta el nivel de actividad física.

Por lo tanto, el objetivo principal de este trabajo es analizar la influencia del nivel de actividad física y de las variables antropométricas, de composición corporal y de distribución de grasa corporal sobre el control postural de adultos varones.

MATERIAL Y MÉTODOS

Diseño

El presente estudio es de carácter observacional, transversal, con inclusión consecutiva no probabilística de casos. Todos los participantes recibieron información por escrito concerniente a la naturaleza y propósito del estudio y firmaron el consentimiento informado previo al comienzo de la investigación. El protocolo, en concordancia con la Declaración de Helsinki sobre Investigación con Seres Humanos, fue aprobado por el Comité de Ética de la Universidad Rey Juan Carlos.

Participantes

Los participantes fueron 63 varones de entre 25 y 60 años, con un índice de masa corporal (IMC) entre 18 y 35 kg/m² y peso corporal estable (no ganancia o pérdida de 2 kg en los últimos tres meses). Los criterios de exclusión fueron padecer enfermedad grave, ser fumador o ex fumador reciente (menos de seis meses), consumir alcohol, tener diagnosticado algún trastorno del equilibrio, haber sido intervenido de prótesis de rodilla o cadera, haber sufrido un traumatismo en los miembros inferiores en los últimos seis meses, y tener artritis u otra enfermedad inflamatoria severa en los miembros inferiores.

Se difundió un correo electrónico solicitando voluntarios para la realización del estudio a la lista de participantes del estudio PRONAF (Programa Nutricional y de Actividad Física para el Control de la Obesidad) (17). Dicha difusión se envió a 325 individuos que habían indicado

interés en formar parte del programa PRONAF. De las 131 personas que mostraron interés en formar parte de este estudio, solamente 67 cumplían los criterios de inclusión para este estudio. Durante la toma de datos, cuatro causaron baja por motivos personales, por lo que finalmente la muestra fue de 63 sujetos.

Variables

Las variables antropométricas comprendieron el peso, la talla y perímetros de cintura y cadera. Para la medición de las variables antropométricas se siguieron las recomendaciones de la International Society for the Advancement of Kinanthropometry (ISAK) (18), por lo que los perímetros de cintura y cadera se midieron en el nivel del punto más estrecho entre el último arco costal y la cresta iliaca y el nivel del máximo relieve de los músculos glúteos, respectivamente. Se recogió la media de tres mediciones en cada una de las variables obtenidas. Para las medidas de peso y talla fueron utilizados una báscula Tanita® BC-420MA (Bio Lógica Tecnología Médica S.L, Barcelona) y un tallímetro Seca® (rango 80-200 cm, Valencia). Los perímetros de cintura y cadera fueron realizados mediante una cinta Seca® 201 *steel tape* (Quirumed, Valencia). A partir de las medidas, fueron calculadas la ratio cintura-cadera (RCC) y el IMC. Individuos con $IMC \geq 30 \text{ kg/m}^2$ fueron clasificados como obesos, aquellos con IMC entre 25 y $29,9 \text{ kg/m}^2$ fueron clasificados de sobrepeso y los individuos con $IMC < 25 \text{ kg/m}^2$ se catalogaron como peso normal.

Las variables de composición corporal fueron medidas por densitometría ósea (DEXA), (11,14) mediante un densitómetro GE Lunar Prodigy™ (GE Healthcare, Madison, Wisconsin, Estados Unidos). Los parámetros de composición corporal fueron masa grasa (kg y %), masa magra (kg y %) y densidad mineral ósea (g/cm^2), y se obtuvieron los porcentajes y la cantidad tanto de piernas, como androide y total, así como también la densidad mineral ósea de piernas y total.

Se categorizó a los sujetos en obesos o no obesos en función de la grasa corporal total, acorde a la clasificación de Gallagher (19). Sujetos cuyo porcentaje de masa grasa total era igual o superior a 28 fueron agrupados como “obesos” y sujetos con valores inferiores a 28 fueron agrupados como “no obesos”. También se obtuvieron las medianas del porcentaje de masa grasa de piernas, androide y total para clasificar a los sujetos en bajo o alto porcentaje

y comparar así resultados en función de la distribución de la grasa corporal. Para el porcentaje de masa grasa de piernas fue considerado el valor de 24,5; para el porcentaje masa grasa androide, el valor de 37,4; y para el porcentaje de masa grasa total, el valor de 27,4. Los hombres con valores superiores a la mediana eran agrupados en la categoría alto y los hombres con valores inferiores o igual eran clasificados como bajo.

La actividad física fue medida por acelerometría mediante SenseWear® Armband (SWA), un aparato multisensorial objetivo, válido y fiable a la hora de valorar la actividad física (20,21). Se utilizó el test Physical Activity Level (PAL) (22) para clasificar a los sujetos en sedentarios o activos para comparar resultados. Los sujetos que presentaron un nivel de actividad física catalogado como poco activo, activo o muy activo ($PAL \geq 1,4$) fueron agrupados como “activos” y los sujetos con un valor de $PAL < 1,4$ fueron agrupados como “sedentarios”.

El control postural fue medido mediante posturografía (9,13). El equilibrio fue valorado mediante posturografía dinámica con el Equi Test (Equi Test: Neurocom International, Clackamas, Oregón, Estados Unidos). Se realizó el test de organización sensorial (SOT). Equi Test consiste en una plataforma de fuerzas y un entorno visual que puede ser fijo o móvil (el sistema rota alrededor de las articulaciones del tobillo en respuesta a los ajustes posturales del individuo) y, combinándolas con ojos abiertos o cerrados, proporciona información del individuo a nivel somatosensorial, visual y vestibular. Las condiciones de la prueba fueron seis: a) ojos abiertos, entorno visual y soporte fijo; b) ojos cerrados, soporte fijo; c) entorno visual móvil y soporte fijo; d) entorno visual fijo y soporte móvil; e) ojos cerrados, soporte móvil; y f) ojos abiertos, entorno visual y soporte móvil. Se realizaron tres mediciones de 20 segundos en cada condición (23). A partir de estas seis condiciones se obtuvieron los valores de ratio somatosensorial (SOT-SOM): capacidad del sujeto para utilizar los estímulos somatosensoriales para mantener el equilibrio; de ratio visual (SOT-VIS): capacidad del sujeto para utilizar los estímulos visuales para mantener el equilibrio; de organización ratio vestibular (SOT-VEST): capacidad del sujeto para utilizar los estímulos vestibulares para mantener el equilibrio; de ratio preferencial (SOT-PREF): grado en que los sujetos se basan en la información visual para mantener el equilibrio, incluso cuando la información es incorrecta; y de organización sensorial compuesta (SOT-COMP): la capacidad global del sujeto para mantener el equilibrio (Fig. 1).

Análisis de datos

Los datos fueron analizados utilizando SPSS (SPSS Inc., Chicago, Illinois, USA) versión 21. El análisis descriptivo (media \pm desviación estándar) fue realizado para las variables de caracterización. Los datos de control postural no presentaron distribución normal según el test de Shapiro-Wilk, con lo cual se utilizaron pruebas no paramétricas para analizar esta variable. La correlación de Spearman fue utilizada para evaluar la relación de las variables antropométricas, de composición corporal, de actividad física y de edad con las de control postural. Para la comparación de medias de los test de equilibrio entre individuos agrupados en bajo o alto porcentaje de masa grasa de piernas, androide y total, entre individuos sedentarios y activos según el PAL y entre individuos obesos y no obesos según la clasificación de Gallagher, se utilizó el test de la U de Mann-Whitney. Para la comparación de medias de los test de equilibrio entre individuos agrupados según el IMC (tres grupos), se utilizó el test de Kruskal-Wallis, siendo las diferencias entre grupos verificadas a través del test de la U de Mann-Whitney, corregido por el procedimiento de Bonferroni. El nivel de significación se estableció en $p < 0,05$. Acorde a las correlaciones, se realizó una regresión lineal con el fin de verificar la influencia de las variables sobre el control postural. En cada caso, la variable dependiente fue la SOT-SOM y las variables independientes fueron peso, IMC, perímetro de cintura, RCC, porcentaje de masa grasa androide (%MGA) y total (%MGT), porcentaje de masa magra piernas (%MMP) y total (%MMT), masa total de piernas, densidad mineral ósea (DMO) de piernas y total y nivel de actividad física (PAL). Si el valor de p de la variable independiente no fue estadísticamente significativo ($p > 0,05$), esa variable era excluida del modelo. Se obtuvieron los coeficientes estandarizados de cada variable con un intervalo de confianza del 95%.

RESULTADOS

Estadísticos descriptivos

La muestra del estudio, a la que se le evaluó el control postural mediante posturografía, fue de 63 varones españoles con una edad de $42,21 \pm 5,72$ años, con valores entre 28 y 54 años,

con un peso corporal de $83,80 \pm 12,98$ kg, una talla de $1,74 \pm 0,06$ metros y un IMC de $27,53 \pm 3,70$ kg/m² (Tabla I).

Análisis correlacional

En la tabla II se muestran los valores de la correlación entre la edad, las variables antropométricas, de composición corporal y de actividad física con las de control postural (SOT-COMP, SOT-SOM, SOT-VIS, SOT-VEST y SOT-PREF). Concretamente, la SOT-SOM se correlacionó con 20 de las 25 variables independientes estudiadas. Las variables peso ($r = -0,457$, $p < 0,001$), IMC ($r = -0,412$, $p = 0,001$), perímetro de cintura ($r = -0,477$, $p < 0,001$), ratio cintura cadera ($r = -0,409$, $p = 0,001$), masa grasa de piernas ($r = -0,279$, $p = 0,027$), masa grasa androide ($r = -0,421$, $p = 0,001$), masa grasa total ($r = -0,384$, $p = 0,002$), porcentaje de masa grasa androide ($r = -0,375$, $p = 0,002$), porcentaje de masa grasa total ($r = -0,336$, $p = 0,007$), masa magra de piernas ($r = -0,435$, $p < 0,001$), masa magra androide ($r = -0,329$, $p = 0,009$), masa magra total ($r = -0,374$, $p = 0,003$), masa total de piernas ($r = -0,296$, $p = 0,019$), contenido mineral óseo de piernas ($r = -0,319$, $p = 0,011$), contenido mineral óseo total ($r = -0,329$, $p = 0,008$), densidad mineral ósea de piernas ($r = -0,333$, $p = 0,008$) y densidad mineral ósea total ($r = -0,336$, $p = 0,007$) presentaron correlaciones negativas, mientras que las variables porcentaje de masa magra de piernas ($r = 0,292$, $p = 0,020$), porcentaje de masa magra total ($r = 0,331$, $p = 0,008$) y nivel de actividad física ($r = 0,291$, $p = 0,021$) presentaron correlaciones positivas. La variable SOT-COMP presentó correlación negativa con la edad ($r = -0,281$, $p = 0,026$) y la variable SOT-VIS se correlacionó negativamente con la ratio cintura cadera ($r = -0,280$, $p = 0,027$). La SOT-VEST y la SOT-PREF no mostraron correlación con ninguna de las variables analizadas ($p > 0,05$).

Análisis de diferencias de medias

La figura 2 presenta la comparación de medias de los test de control postural según el IMC. Sujetos en normopeso obtuvieron puntuaciones significativamente mejores que sujetos obesos en la SOT-SOM ($97,95 \pm 1,57$ vs. $96,06 \pm 1,66$; $p = 0,001$), con un tamaño del efecto de $-0,52$.

La figura 3 presenta la comparación de medias de los test de control postural según la clasificación de Gallagher. Los sujetos no obesos obtuvieron mejores valores en la SOT-SOM que los obesos ($97,33 \pm 2,52$ vs. $96,37 \pm 1,54$; $p = 0,013$), siendo el tamaño del efecto de $-0,31$.

La figura 4 presenta la comparación de medias de los test de control postural según el nivel de actividad física (PAL). Los individuos clasificados como activos obtuvieron mejores puntuaciones en la SOT-SOM que los individuos sedentarios ($97,13 \pm 2,33$ vs. $96,18 \pm 1,38$; $p = 0,035$), siendo el tamaño del efecto de estas diferencias de $-0,26$.

Análisis de regresión

Modelos de regresión fueron creados para estimar la SOT-SOM, debido a que únicamente esta variable de control postural presentó altas correlaciones con el nivel de actividad física y con las variables antropométricas y de composición corporal. La variable dependiente fue el valor de la SOT-SOM y la única variable independiente incluida en el modelo final fue el perímetro de cintura. La tabla III muestra los coeficientes estandarizados y los valores de p de la regresión lineal múltiple. La ecuación del modelo queda así:

Modelo ($R^2 = 0,155$, $SEM = 0,198$): $SOT-SOM = 1,041 - 0,001 \times \text{perímetro de cintura (cm)}$.

DISCUSIÓN

El objetivo de este estudio fue analizar la influencia del nivel de actividad física y de las variables antropométricas, de composición corporal y de su distribución sobre el control postural de adultos varones.

Nuestros resultados muestran que la mayoría de las variables se correlacionan con la variable SOT-SOM, siendo asimismo esta última donde se observaron diferencias significativas en la comparación de medias entre diferentes grupos de nuestra muestra.

Son muchos los autores que coinciden en afirmar que un estilo de vida activo mejora el control postural (24,25), informando de mejores resultados de equilibrio en sujetos activos comparado con sujetos sedentarios (6,7,15). Nuestros resultados muestran una correlación positiva entre el nivel de actividad física y la SOT-SOM de nuestros sujetos, así como mejores puntuaciones de la SOT-SOM de los individuos activos respecto a los sedentarios. Dejar de

hacer actividad física y adoptar un estilo de vida sedentario reduce la estimulación sensorial, en particular de los receptores somato estáticos y vestibulares (6), lo cual podría explicar las mejores puntuaciones en la SOT-SOM de nuestros sujetos activos.

Por otro lado, numerosos autores coinciden en afirmar que los sujetos con mayor peso (26,27), mayor IMC (9) y mayor perímetro de cintura (28) tienen un peor control postural. Esto mismo ocurre con nuestros resultados, ya que estas tres variables mostraron una correlación significativa con la SOT-SOM. Además, las puntuaciones de la SOT-SOM de los sujetos en normopeso de nuestra muestra según su IMC fueron significativamente más altas que las de los sujetos con obesidad, mostrando así mayor balanceo postural los individuos obesos.

Respecto a la composición corporal y su distribución, también la literatura asocia peor control postural con mayor porcentaje y cantidad de masa grasa androide y total (14), así como mayor cantidad de masa grasa de piernas (12), y mejor control postural con mayor porcentaje de masa magra de piernas (11) y total (29). Esto mismo sucede también con nuestros resultados. Además, las puntuaciones de la SOT-SOM de los sujetos obesos de nuestra muestra según su porcentaje de grasa total (19) fueron significativamente más bajas que las de los sujetos en normopeso, mostrando así mayor balanceo postural los obesos cuando la información sensorial para mantener el equilibrio depende fundamentalmente del sistema somatosensorial.

La relación de las variables antropométricas y de composición corporal, citadas hasta ahora en nuestro estudio, con el control postural, así como la peor capacidad de nuestros sujetos varones adultos obesos de utilizar su sistema somatosensorial para mantener el equilibrio se pueden deber a que, en la edad adulta, la masa muscular disminuye y un mayor IMC se asocia fundamentalmente a un aumento de peso, casi siempre relacionado con un aumento de masa grasa (10), lo cual es refrendado con nuestros resultados. Un mayor perímetro de cintura también se asocia a un aumento de masa grasa sobre todo a nivel abdominal (30). La obesidad se define como exceso de grasa corporal, por tanto, un elevado IMC, peso y perímetro de cintura en la edad adulta se consideran indicadores de obesidad. El hecho de que los sujetos obesos de nuestro estudio hayan obtenido peores resultados en la SOT-SOM que los no obesos puede deberse a que la obesidad pudiera provocar una desensibilización

en los receptores cutáneos de la planta del pie, debido al aumento de presión por el mayor peso (31). Estos resultados pueden ser debidos también a que la obesidad está asociada con un deterioro de la calidad de los músculos (exceso de adipocitos, reducción del número de células musculares) y de las articulaciones, provocando un deterioro en la eficiencia del sistema somatosensorial y en la respuesta motora (32,33).

De manera más específica, numerosos autores han valorado la influencia de diferentes variables antropométricas, de actividad física y de composición corporal en el control postural. Brach y cols. (34), en su estudio longitudinal de 17 años, informaron que resultó ser más importante la actividad física que el peso en predecir la capacidad funcional de los 297 sujetos que conformaron su muestra. También Buatois y su equipo (6) informaron en un estudio con 130 participantes que ser físicamente activo resultó ser más importante en los resultados del SOT, que el IMC, la edad, el sexo o haber realizado actividad física en el pasado. Sin embargo, para Valentine y cols. (11) ni la actividad física, ni la condición física, ni la masa grasa se relacionaron con los resultados del SOT de los 134 sujetos que formaron parte de su estudio. Tan solo la masa magra de piernas se relacionó con el SOT y únicamente en el sexo femenino. Para Misic y su equipo (12), además de la masa magra de piernas, también la condición física y la calidad muscular resultaron predictores del SOT, aunque no la masa grasa total, que fue excluida de su modelo de regresión lineal. Sin embargo, Winters y Snow (35), en una muestra de 61 participantes, sí encontraron la masa grasa total como el principal predictor de la estabilidad postural en plataforma inestable, resultando predecir el equilibrio unas cuatro veces más que la masa magra total. En base a los estudios mencionados anteriormente, no existe consenso en cuanto a qué variables son las más importantes a la hora de predecir los resultados de control postural. En lo que respecta a nuestro estudio, que la edad no resultara una variable predictora de la SOT-SOM en nuestra muestra podría deberse a que la varianza fuera baja y la media de edad, no elevada. Nuestros sujetos eran 63 varones españoles con una media de edad de $42,21 \pm 5,72$ con valores entre 28 y 54 años. Se sabe que la edad empieza a influir en el control postural entre los 30 y los 40 años de edad (36), pero el declive es mucho más pronunciado a partir de los 60 años (37), rango de edad que no formó parte de nuestro estudio.

El hecho de que el nivel de actividad física haya sido excluido de nuestro modelo de regresión lineal podría deberse a la poca varianza de esta variable en nuestros sujetos (desviación estándar $\pm 0,21$) en comparación con las variables antropométricas y de composición corporal, siendo además casi el 75% de nuestros sujetos sedentarios o poco activos (PAL < 1,6) (22).

La única variable predictora para la SOT-SOM incluida en nuestro modelo de regresión lineal ha sido el perímetro de cintura, el cual, como hemos dicho anteriormente, es un indicador de obesidad (30), por lo que podríamos afirmar que un aumento de peso, sobre todo de grasa corporal, influye en la eficiencia del sistema somatosensorial (38). Además, el mayor perímetro de cintura es también un indicador específico de aumento de grasa androide (30). De manera general, los hombres obesos acumulan la grasa en la zona abdominal, mientras que las mujeres lo hacen en caderas y piernas. Todos los sujetos de nuestro estudio son varones y aquellos agrupados en bajo porcentaje de masa grasa androide obtuvieron mejores resultados en la SOT-SOM que aquellos agrupados en alto porcentaje de grasa abdominal, denotando estos últimos peor equilibrio. En este sentido, Corbeil y cols. (39), mediante la creación de un modelo matemático, ya sugirieron que las personas obesas, sobre todo las que poseen una distribución anormal de grasa corporal en el área abdominal (mayor perímetro de cintura), podían tener mayor dificultad en mantener el equilibrio que aquellos individuos en normopeso, ya que el centro de masas en los sujetos obesos está más anteriorizado y, por tanto, necesitan mayor fuerza y rapidez para situarlo en la base de sustentación. Esto podría explicar por qué el perímetro de cintura ha sido la variable que mejor predice la estabilidad postural en nuestra muestra con varones adultos.

Dentro de las limitaciones del estudio se encuentra la ausencia de un tamaño muestral mayor, que no se ha tenido en cuenta el posible deterioro del sistema de control postural relacionado con la edad y no poder extrapolar los resultados al sexo femenino al no haber mujeres en nuestra muestra. Se requiere de futuras investigaciones que, además de incluir la edad y el sexo, arrojen más información sobre qué otros factores (tipo de actividad física, fuerza muscular, etc.) influyen en el control postural.

Para concluir, este estudio muestra que el nivel de actividad física y la composición corporal y su distribución influyen en la eficacia del sistema somatosensorial en el control postural de

los varones adultos de nuestro estudio. Además, el perímetro de cintura es la variable que más predice los resultados de la SOT-SOM de nuestros sujetos, de manera que a mayor perímetro de cintura, peor capacidad del sistema somatosensorial de mantener el equilibrio. Esta conclusión podría ser útil para la aplicación de programas de actividad física y reducción de masa grasa en personas con sobrepeso u obesidad con el fin de preservar su sistema somatosensorial para el mantenimiento del equilibrio.

REFERENCIAS

1. Ku P, Osman NA, Yusof A, Abas WW. Biomechanical evaluation of the relationship between postural control and body mass index. *J Biomech* 2012;45(9):1638-42.
2. Pollock AS, Durward BR, Rowe PJ, Paul JP. What is balance? *Clin Rehabil* 2000;14(4):402-6.
3. Shumway-Cook A, Woollacott MH. *Motor control: translating research in clinical practice*. Baltimore: Williams & Wilkins; 2007.
4. Chien H-L, Lu T-W, Liu M-W. Effects of long-term wearing of high-heeled shoes on the control of the body's center of mass motion in relation to the center of pressure during walking. *Gait Posture* 2014;39(4):1045-50.
5. Aguiar SA, Barela JA. Sleep deprivation affects sensorimotor coupling in postural control of young adults. *Neurosci Lett* 2014;574:47-52.
6. Buatois S, Gauchard GC, Aubry C, Benetos A, Perrin P. Current physical activity improves balance control during sensory conflicting conditions in older adults. *Int J Sports Med* 2007;28(1):53-8.
7. Daly RM, Ahlborg HG, Ringsberg K, Gardsell P, Sernbo I, Karlsson MK. Association between changes in habitual physical activity and changes in bone density, muscle strength, and functional performance in elderly men and women. *J Am Geriatr Soc* 2008;56(12):2252-60.
8. Papa EV, Garg H, Dibble LE. Acute effects of muscle fatigue on anticipatory and reactive postural control in older individuals: a systematic review of the evidence. *J Geriatr Phys Ther* 2015;38(1):40-8.

9. Kejonen P, Kauranen K, Vanharanta H. The relationship between anthropometric factors and body-balancing movements in postural balance. *Arch Phys Med Rehabil* 2003;84(1):17-22.
10. Strobel J, Spengler C, Stefanski M, Friemert B, Palm HG. Influence of bodily constitution and physical activity on postural stability. *Sportverletz Sportschaden* 2011;25(3):159-66.
11. Valentine RJ, Misic MM, Rosengren KS, Woods JA, Evans EM. Sex impacts the relation between body composition and physical function in older adults. *Menopause (NY)* 2009;16(3):518-23.
12. Misic MM, Rosengren KS, Woods JA, Evans EM. Muscle quality, aerobic fitness and fat mass predict lower-extremity physical function in community-dwelling older adults. *Gerontology* 2007;53(5):260-6.
13. Alonso AC, Luna NM, Mochizuki L, Barbieri F, Santos S, Greve JM. The influence of anthropometric factors on postural balance: the relationship between body composition and posturographic measurements in young adults. *Clinics (Sao Paulo)* 2012;67(12):1433-41.
14. Hita-Contreras F, Martínez-Amat A, Lomas-Vega R, Álvarez P, Mendoza N, Romero-Franco N, et al. Relationship of body mass index and body fat distribution with postural balance and risk of falls in Spanish postmenopausal women. *Menopause (NY)* 2013;20(2):202-8.
15. Lamoth CJ, Van Heuvelen MJ. Sports activities are reflected in the local stability and regularity of body sway: older ice-skaters have better postural control than inactive elderly. *Gait Posture* 2012;35(3):489-93.
16. Sundstrup E, Jakobsen MD, Andersen J, Randers MB, Petersen J, Suetta C, et al. Muscle function and postural balance in lifelong trained male footballers compared with sedentary elderly men and youngsters. *Scand J Med Sci Sports* 2010;20(s1):90-7.
17. Zapico AG, Benito PJ, González-Gross M, Peinado AB, Morencos E, Romero B, et al. Nutrition and physical activity programs for obesity treatment (PRONAF study): methodological approach of the project. *BMC Public Health* 2012;12:1100.
18. Stewart A, Marfell-Jones M, Olds T, De Ridder H. International standards for anthropometric assessment. New Zealand: ISAK; 2011.

19. Gallagher D, Heymsfield SB, Heo M, Jebb SA, Murgatroyd PR, Sakamoto Y. Healthy percentage body fat ranges: an approach for developing guidelines based on body mass index. *Am J Clin Nutr* 2000;72(3):694-701.
20. Rousset S, Fardet A, Lacomme P, Normand S, Montaurier C, Boirie Y, et al. Comparison of total energy expenditure assessed by two devices in controlled and free-living conditions. *Eur J Sport Sci* 2015;15(5):391-9.
21. Johannsen DL, Calabro MA, Stewart J, Franke W, Rood JC, Welk GJ. Accuracy of armband monitors for measuring daily energy expenditure in healthy adults. *Med Sci Sports Exerc* 2010;42(11):2134-40.
22. Institute of Medicine (US). Dietary Reference Intakes for Energy, Carbohydrate, Fiber, Fat, Fatty Acids, Cholesterol, Protein and Amino Acids. Panel on Macronutrients Panel on the Definition of Dietary Fiber, Subcommittee on Upper Reference Levels of Nutrients, Subcommittee on Interpretation and Uses of Dietary Reference Intakes, and the Standing Committee on the Scientific Evaluation of Dietary Reference Intakes, Food and Nutrition Board. National Academies Press; 2005.
23. Nashner LM, Shupert CL, Horak FB, Black FO. Organization of posture controls: an analysis of sensory and mechanical constraints. *Prog Brain Res* 1989;80:411-8;discussion 395-7.
24. Granacher U, Wick C, Rueck N, Esposito C, Roth R, Zahner L. Promoting balance and strength in the middle-aged workforce. *Int J Sports Med* 2011;32(1):35.
25. Garatachea N, Molinero O, Martínez-García R, Jiménez-Jiménez R, González-Gallego J, Márquez S. Feelings of well being in elderly people: relationship to physical activity and physical function. *Arch Gerontol Geriatr* 2009;48(3):306-12.
26. Menegoni F, Galli M, Tacchini E, Vismara L, Caviglioli M, Capodaglio P. Gender-specific effect of obesity on balance. *Obesity (Silver Spring)* 2009;17(10):1951-6.
27. Hue O, Simoneau M, Marcotte J, Berrigan F, Dore J, Marceau P, et al. Body weight is a strong predictor of postural stability. *Gait Posture* 2007;26(1):32-8.
28. Mainenti MRM, Rodrigues ÉdC, Oliveira JFd, Ferreira AdS, Dias CM, Silva ALdS. Adiposity and postural balance control: correlations between bioelectrical impedance and stabilometric signals in elderly Brazilian women. *Clinics* 2011;66(9):1513-8.

29. Pereira CL, Baptista F, Infante P. Men older than 50 yrs are more likely to fall than women under similar conditions of health, body composition, and balance. *Am J Phys Med Rehabil* 2013;92(12):1095-103.
30. Wang J, Thornton JC, Bari S, Williamson B, Gallagher D, Heymsfield SB, et al. Comparisons of waist circumferences measured at 4 sites. *Am J Clin Nutr* 2003;77(2):379-84.
31. Maki BE, Perry SD, Norrie RG, McIlroy WE. Effect of facilitation of sensation from plantar foot-surface boundaries on postural stabilization in young and older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 1999;54(6):M281-M7.
32. Villareal DT, Apovian CM, Kushner RF, Klein S. Obesity in older adults: technical review and position statement of the American Society for Nutrition and NAASO, The Obesity Society. *Obes Res* 2005;13(11):1849-63.
33. Jensen GL. Obesity and functional decline: epidemiology and geriatric consequences. *Clin Geriatr Med* 2005;21(4):677-87.
34. Brach JS, VanSwearingen JM, FitzGerald SJ, Storti KL, Kriska AM. The relationship among physical activity, obesity, and physical function in community-dwelling older women. *Prev Med* 2004;39(1):74-80.
35. Winters KM, Snow CM. Body composition predicts bone mineral density and balance in premenopausal women. *J Womens Health Gend Based Med* 2000;9(8):865-72.
36. Balogun JA, Akindele KA, Nihinlola JO, Marzouk DK. Age-related changes in balance performance. *Disabil Rehabil* 1994;16(2):58-62.
37. Era P, Sainio P, Koskinen S, Haavisto P, Vaara M, Aromaa A. Postural balance in a random sample of 7,979 subjects aged 30 years and over. *Gerontology* 2006;52(4):204-13.
38. Vereeck L, Wuyts F, Truijten S, Van de Heyning P. Clinical assessment of balance: normative data, and gender and age effects. *Int J Audiol* 2008;47(2):67-75.
39. Corbeil P, Simoneau M, Rancourt D, Tremblay A, Teasdale N. Increased risk for falling associated with obesity: mathematical modeling of postural control. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng* 2001;9(2):126-36.

Tabla I. Características de la población del estudio (n = 63)

<i>Variables</i>	<i>Media ± DE</i>	<i>Percentiles</i>
<i>Antropométricas</i>		
Peso (kg)	83,80 ± 12,98	74,60-93,10
Altura (m)	1,74 ± 0,06	1,70-1,79
IMC (kg/m ²)	27,53 ± 3,70	24,44-30,64
Perímetro cintura (cm)	93,04 ± 11,37	84,75-102,75
RCC	0,89 ± 0,07	0,84-0,94
<i>Composición corporal</i>		
Masa grasa piernas (kg)	6,60 ± 2,65	4,57-8,54
Masa grasa androide (kg)	2,44 ± 1,19	1,55-3,34
Masa grasa total (kg)	22,81 ± 9,65	14,59-31,72
Masa grasa piernas (%)	24,49 ± 7,39	19,30-30,50
Masa grasa androide (%)	36,16 ± 10,94	27,10-45,80
Masa grasa total (%)	27,20 ± 8,57	20,10-34,20
Masa magra piernas (kg)	19,65 ± 2,36	17,69-21,22
Masa magra androide (kg)	3,92 ± 0,47	3,61-4,17
Masa magra total (kg)	58,03 ± 5,76	53,94-63,10
Masa magra piernas (%)	23,77 ± 3,07	21,40-26,28
Masa magra androide (%)	4,73 ± 0,47	4,39-5,06
Masa magra total (%)	70,23 ± 8,36	63,12-77,60
Masa total piernas (kg)	26,25 ± 3,90	23,59-28,73
CMO piernas (kg)	1,27 ± 0,18	1,16-1,42
CMO androide (kg)	0,06 ± 0,01	0,05-0,06
CMO total (kg)	3,28 ± 0,49	2,92-3,74
DMO piernas (g/cm ²)	1,44 ± 0,11	1,35-1,53
DMO total (g/cm ²)	1,28 ± 0,09	1,21-1,41
<i>Control postural</i>		
SOT COMP	77,76 ± 6,11	74,00-82,00
SOT SOM	96,87 ± 2,15	95,00-98,00
SOT VIS	91,46 ± 4,60	90,00-94,00
SOT VEST	63,29 ± 16,62	49,00-76,00
SOT PREF	101,30 ± 15,19	92,00-110,00
<i>Actividad física</i>		
PAL	1,53 ± 0,21	1,38-1,65

DE: desviación estándar; IMC: índice de masa corporal; RCC: ratio cintura cadera; CMO: contenido mineral óseo; DMO: densidad mineral ósea; SOT COMP: puntuación global de

equilibrio; SOT SOM: ratio somatosensorial; SOT VIS: ratio visual; SOT VEST: ratio vestibular; SOT PREF: ratio preferencial; PAL: nivel de actividad física.



Tabla II. Correlación de Spearman (r) entre edad, variables antropométricas, de composición corporal y de actividad física con el control postural

	SOT COMP		SOT SOM		SOT VIS		SOT VEST		SOT PREF	
	r	p	r	p	r	p	r	p	r	p
Edad	-	0,026	-0,071	0,581	-0,166	0,1	-0,172	0,177	-	0,716
Peso (kg)	-	0,366	-0,457	< 0,001	-0,121	0,3	-0,083	0,520	-	0,898
Altura (m)	0,175	0,171	-0,204	0,108	0,041	0,7	0,128	0,319	-	0,759
IMC (kg/m ²)	-	0,181	-0,412	0,001	-0,163	0,2	-0,111	0,385	-	0,908
Perímetro cintura (cm)	-	0,215	-0,477	< 0,001	-0,225	0,0	-0,066	0,609	-	0,533
RCC	-	0,140	-0,409	0,001	-0,280	0,0	-0,079	0,540	-	0,428
Masa grasa piernas (kg)	-	0,791	-0,279	0,027	0,036	0,7	0,051	0,690	-	0,385
Masa grasa androide (kg)	-	0,358	-0,421	0,001	-0,116	0,3	-0,017	0,898	-	0,396
Masa grasa total (kg)	-	0,417	-0,384	0,002	-0,087	0,4	-0,001	0,993	-	0,381
Masa grasa piernas (%)	-	0,717	-0,215	0,091	0,055	0,6	0,070	0,588	-	0,288
Masa grasa androide (%)	-	0,365	-0,375	0,002	-0,127	0,3	-0,003	0,983	-	0,380
Masa grasa total (%)	-	0,323	-0,336	0,007	-0,079	0,5	0,022	0,867	-	0,238
Masa magra piernas (kg)	0,061	0,637	-0,435	< 0,001	-0,023	0,8	-0,019	0,882	0,052	0,686
Masa magra androide (kg)	0,055	0,668	-0,329	0,009	-0,124	0,3	-0,070	0,588	0,124	0,335
Masa magra total (kg)	-	0,770	-0,374	0,003	-0,048	0,7	-0,046	0,718	0,017	0,893
Masa magra piernas (%)	0,067	0,604	0,292	0,020	0,055	0,6	-0,081	0,528	0,155	0,225
Masa magra androide (%)	0,169	0,186	0,197	0,122	0,132	0,3	0,013	0,921	0,101	0,431
Masa magra total (%)	0,138	0,280	0,331	0,008	0,076	0,5	-0,014	0,912	0,150	0,241
Masa total piernas (kg)	0,012	0,923	-0,296	0,019	-0,139	0,2	-0,124	0,332	0,135	0,292
CMO piernas (kg)	-	0,742	-0,319	0,011	-0,073	0,5	0,047	0,717	-	0,278
CMO androide (kg)	0,047	0,713	-0,112	0,384	0,025	0,8	0,130	0,311	-	0,151
CMO total (kg)	-	0,714	-0,329	0,008	-0,110	0,3	0,028	0,825	-	0,470
DMO piernas (g/cm ²)	-	0,667	-0,333	0,008	-0,113	0,3	0,042	0,744	-	0,387
DMO total (g/cm ²)	-	0,533	-0,336	0,007	-0,101	0,4	0,019	0,883	-	0,390
PAL	-	0,947	0,291	0,021	-0,001	0,9	-0,105	0,415	0,122	0,340

SOT COMP: puntuación global de equilibrio; SOT SOM: ratio somatosensorial; SOT VIS: ratio visual; SOT VEST: ratio vestibular; SOT PREF: ratio preferencial; IMC: índice de masa corporal; RCC: ratio cintura cadera; CMO: contenido mineral óseo; DMO: densidad mineral ósea; PAL: nivel de actividad física.

Tabla III. Coeficientes estandarizados del modelo de regresión lineal multivariable

	Coeficiente estandarizado	p
Edad (años)	-0,002	0,988
Peso (kg)	-0,107	0,673
IMC (kg/m ²)	0,121	0,693
Perímetro cintura (cm)	-0,001	0,001
RCC	0,042	0,871
Masa grasa androide (%)	0,364	0,176
Masa grasa total (%)	0,447	0,067
Masa magra piernas (%)	-0,355	0,083
Masa magra total (%)	-0,416	0,076
Masa total piernas (kg)	-0,035	0,825
DMO piernas (g/cm ²)	-0,156	0,208
DMO total (g/cm ²)	-0,148	0,223
PAL	-0,113	0,466

IMC: índice de masa corporal; RCC: ratio cintura cadera; DMO: densidad mineral ósea; PAL: nivel de actividad física.







		VISIÓN		
		Presente	Ausente	Distorsionada
SOPORTE	Fijo	 1	 2	 3
	Oscilante	 4	 5	 6

Fig. 1. Condiciones del SOT. Seis condiciones combinando el sistema visual (presente, ausente o distorsionado) y la base de soporte (fija u oscilante).

Nutrición Hospitalaria

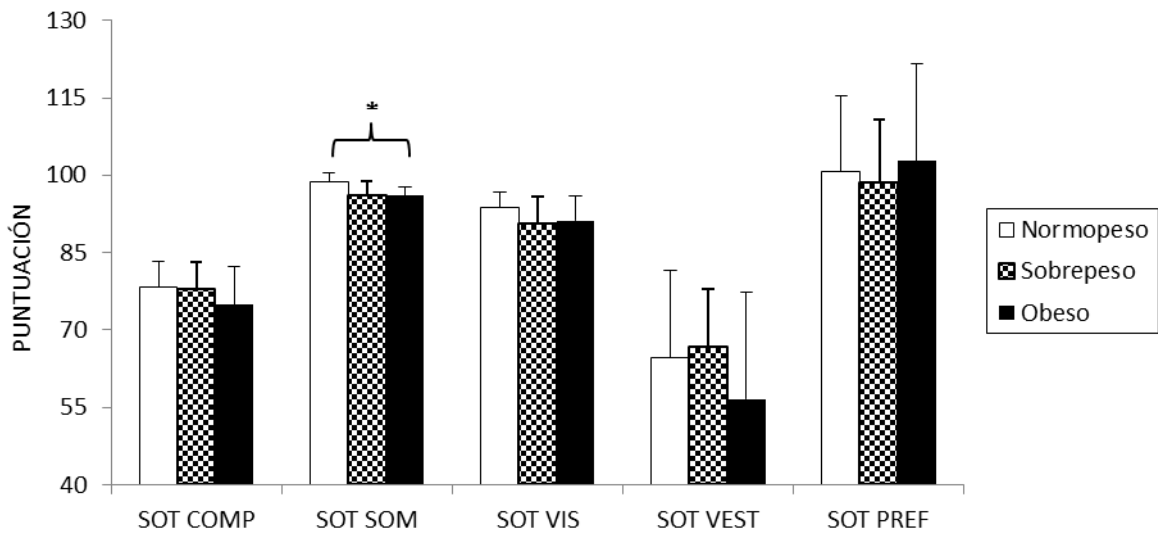


Fig. 2. Comparación de medias de los test de control postural entre individuos en normopeso, en sobrepeso y obesos según la clasificación del IMC. Las barras indican desviaciones estándar. SOT COMP: puntuación global de equilibrio; SOT SOM: ratio somatosensorial; SOT VIS: ratio visual; SOT VEST: ratio vestibular; SOT PREF: ratio preferencial. *p = 0,001.

Nutrición
Hospitalaria

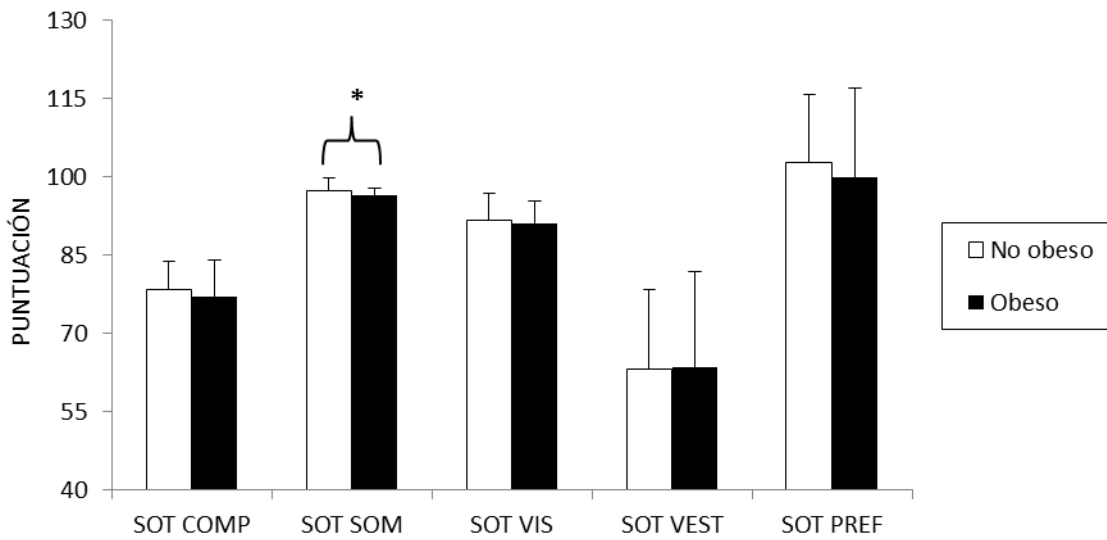


Fig. 3. Comparación de medias de los test de control postural entre individuos no obesos y obesos según la clasificación de Gallagher. Las barras indican desviaciones estándar. SOT COMP: puntuación global de equilibrio; SOT SOM: ratio somatosensorial; SOT VIS: ratio visual; SOT VEST: ratio vestibular; SOT PREF: ratio preferencial. * $p = 0,013$.

Nutrición
Hospitalaria

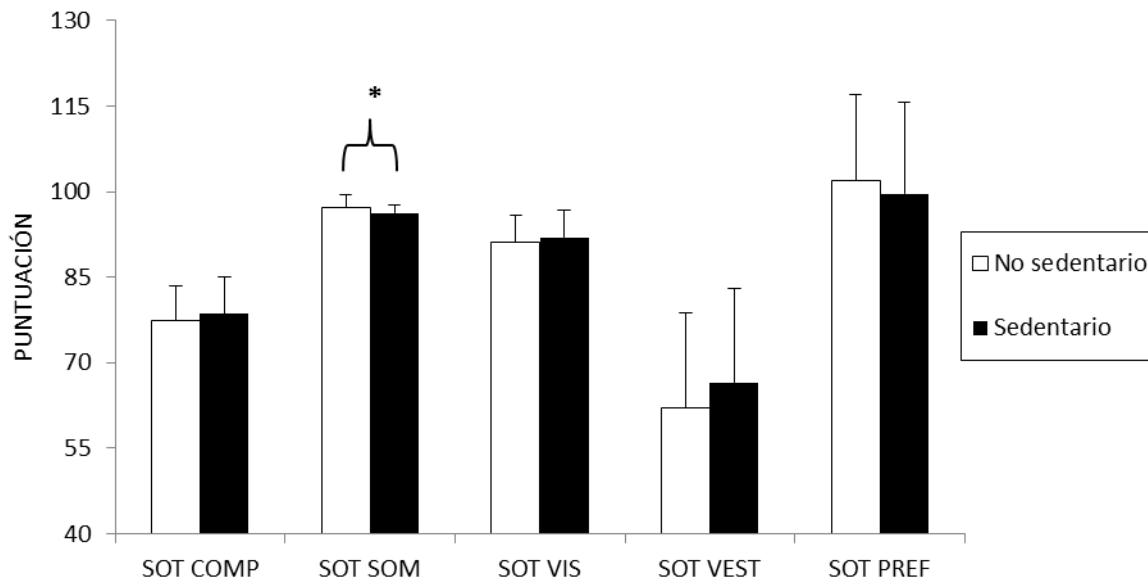


Fig. 4. Comparación de medias de los test de control postural entre individuos no sedentarios y sedentarios según el nivel de actividad física (PAL). Las barras indican desviaciones estándar. SOT COMP: puntuación global de equilibrio; SOT SOM: ratio somatosensorial; SOT VIS: ratio visual; SOT VEST: ratio vestibular; SOT PREF: ratio preferencial. * $p = 0,035$.

Nutrición Hospitalaria