

CONTROL POSTURAL EN ADULTOS. INFLUENCIA DE LA EDAD Y DEL ENTRENAMIENTO AERÓBICO

Pilar Catalán Edo (1,3), Enrique Serrano Ostariz (2,3), Marina Sánchez Latorre (2) y Adoración Villarroya Aparicio (2)

(1) Hospital Obispo Polanco. Teruel. España.

(2) Universidad de Zaragoza. Zaragoza. España.

(3) Grupo de Investigación UNEVAF de la Universidad de Zaragoza. Zaragoza. España.

Los autores declaran que no existe ningún conflicto de interés.

RESUMEN

Fundamentos: La capacidad de controlar el equilibrio postural es fundamental para realizar la mayoría de las actividades de la vida diaria, permitiendo mantener un estilo de vida activo y evitando las caídas. No obstante, los cambios relacionados con el envejecimiento en los sistemas sensoriales, en el procesamiento neuronal, en la conducción de la información y en la mecánica musculoesquelética dificultan el control postural en los adultos mayores. En la evaluación de los parámetros posturo-gráficos se observan alteraciones tras la realización de ejercicio físico. El objetivo de este estudio se centró en analizar la posible influencia de la edad en el control postural de una población de adultos y comparar las diferencias en el control postural debidas a la práctica regular de actividad física aeróbica.

Métodos: Se realizó un estudio transversal en 116 adultos sanos, diferenciándolos entre sedentarios y deportistas (ciclistas y corredores), así como en dos grupos de edad (con edad menor y mayor o igual a 65 años). Se recogieron los datos de la amplitud RMS (*root-mean-square* o media cuadrática del centro de presión) en AP (antero-posterior) y ML (medio-lateral), y de la velocidad RMS, obtenidos a través de una plataforma de fuerza en diferentes condiciones de apoyo y visión. El tratamiento estadístico se realizó con el *software* SPSS 15.0 con un nivel de significación del 5%. Para comparar las variables dependientes entre los diferentes grupos de actividad se aplicó la prueba t-test y la Mann-Witney ($p < 0,05$), mientras que para estudiar la relación de la edad en los parámetros posturales se aplicó el análisis de correlación mediante la p de Pearson y la prueba de Spearman dependiendo de la distribución de los datos.

Resultados: Los valores obtenidos reafirmaron la influencia negativa del envejecimiento fisiológico sobre los mecanismos de control postural en el grupo de sedentarios, así como una influencia positiva de la práctica de ejercicio aeróbico con independencia de la edad, con una mejora del equilibrio. Más de la mitad de los parámetros posturo-gráficos (PP) estaban alterados en los sujetos sedentarios frente a los deportistas, que no mostraron alteraciones ($p < 0,05$). El RMS-Velocity (mm/s) o distribución de desplazamientos en bipedestación a lo largo del tiempo, es el parámetro con mayor alteración en todas las condiciones analizadas ($p < 0,01$) en sujetos sedentarios independientemente de la edad, no sufriendo variaciones en los deportistas. En relación con el tipo de deporte, observamos mejores resultados en los ciclistas frente al grupo de sedentarios, con una menor alteración de los PP (RMS-ROM en AP, ML y RMS-Velocity), en apoyo monopodal en superficie dura tanto con los ojos abiertos como cerrados.

Conclusiones: Podemos concluir que la práctica de ejercicio aeróbico regular es una actividad beneficiosa para mejorar el control postural, preservar el deterioro del equilibrio y prevenir las caídas.

Palabras clave: Control postural, Equilibrio, Prevención, Caídas, Envejecimiento, Ejercicio, Ciclismo, Sedentarismo.

ABSTRACT

Postural control in adults.

Influence of age and aerobic training

Background: The ability to control postural balance is essential to perform most of the activities of daily life, allowing you to maintain an active lifestyle, avoiding falls. However, aging-related changes in sensory systems, neural processing, information conduction, and musculoskeletal mechanics make postural control difficult in older adults. In the evaluation of posturo-graphic parameters, alterations are observed after physical exercise. The objective of this study focused on analyzing the possible influence of age on postural control in an adult population and comparing the differences in postural control due to the regular practice of aerobic physical activity.

Methods: A cross-sectional study was carried out in 116 healthy adults, differentiating them between sedentary and sportsmen (cyclists and runners) and in two age groups ($<$ and \geq 65 years). Data were collected on the RMS amplitude (root-mean-square) in AP (antero-posterior) and ML (medio-lateral) and the RMS velocity obtained through a force platform in different support and vision conditions. SPSS 15.0 Software was used for the statistical treatment with a significance level of 5%. To compare the dependent variables between the different activity groups, the t-test and the Mann-Witney were applied ($p < 0,05$), while correlation analysis was applied to study the relationship of age in the postural parameters using p Pearson and Spearman test depending on the distribution of the data.

Results: The results reaffirmed the negative influence of physiological aging on postural control mechanisms in the sedentary group, as well as a positive influence of the practice of aerobic exercise regardless of age, with an improvement in balance. More than half of the posturographic parameters (PP) were altered in sedentary subjects compared to athletes, who did not show alterations ($p < 0,05$). The RMS-Velocity (mm/s) or distribution of displacement in standing over time, is the parameter with the greatest alteration in all the conditions analyzed ($p < 0,01$), among sedentary subjects regardless of age, not suffering variations among athletes. In relation to the type of sport, we observed better results in cyclists compared to the sedentary group, with less alterations in all PP (RMS-ROM in AP, ML and RMS-Velocity) mainly for single-leg support on a hard surface and with eyes open as well as closed.

Conclusions: We can conclude that the practice of regular aerobic exercise is a beneficial activity to improve postural control, preserve the deterioration of balance and prevent falls.

Key words: Postural control, Postural balance, Primary prevention, Accidental falls, Aging, Exercise, Bicycling, Sedentary lifestyle.

Correspondencia:

Pilar Catalán Edo

Urbanización San Cristobal, nº 8 - 4E

44002 Teruel, España

mpcatalane@gmail.com

Cita sugerida: Catalán Edo P, Serrano Ostariz E, Sánchez Latorre M, Villarroya Aparicio A. Control postural en adultos. Influencia de la edad y del entrenamiento aeróbico. Rev Esp Salud Pública. 2021; 95: 27 de enero e202101025.

INTRODUCCIÓN

El control del equilibrio a menudo se considera parte del control postural. Sin embargo, cada vez se hacen más evidentes las diferencias entre ambos conceptos, ya que el sistema de control postural es el encargado de mantener una adecuada distribución de la actividad muscular tónica (postura), hecho que precisa de una síntesis compleja de múltiples informaciones sensoriales (propioceptivas, exteroceptivas plantares, vestibulares o laberínticas y visuales), las cuales no sólo están en función del entorno sino de los movimientos voluntarios o automáticos regulados por el sistema de control del equilibrio^(1,2).

Así, definimos equilibrio postural como el estado en el que las fuerzas que actúan sobre el cuerpo están igualadas, manteniendo el centro de gravedad corporal dentro de la base de sustentación sin caerse (equilibrio estático) o cuando éste es capaz de realizar un movimiento deseado sin perder el equilibrio (equilibrio dinámico). Es fundamental para realizar la mayoría de las actividades de la vida diaria y permite mantener un estilo de vida independiente y evitar las caídas. No obstante, los cambios relacionados con el envejecimiento en los sistemas sensoriales, en el procesamiento neuronal y conducción de la información, y en la mecánica musculoesquelética dificultan el control postural en los adultos mayores⁽³⁾.

En relación a los cambios producidos por el envejecimiento corporal fisiológico, numerosos estudios comparan y analizan el control del equilibrio en las diferentes etapas de la vida. En 1963, Shaldon⁽⁴⁾ estudió los cambios que se produjeron en la estabilidad de los individuos conforme aumentaba la edad, llegando a la conclusión de que el control óptimo de la postura se logra durante la adolescencia tardía, manteniéndose hasta aproximadamente los 60

años. Siguiendo esta línea, Era *et al*⁽⁵⁾ midieron el equilibrio postural en sujetos mayores de 30 años y observaron que el deterioro en la función del equilibrio comenzó a una edad relativamente joven, acelerándose a partir de los 60 años en adelante.

De manera análoga, se han documentado mayores desplazamientos y velocidad de balanceo del centro de presión (COP) en adultos mayores con respecto a adultos jóvenes. Estas medidas se observan en el desplazamiento del COP en los pies, lo que refleja la generación de “respuestas posturales automáticas” y estrategias de flexión-extensión del tobillo y la cadera^(6,7). A su vez, estos desajustes se han asociado a un mayor riesgo de caídas, el cual aumenta pasados los 60 años⁽⁸⁾. Del mismo modo, se descubrió que el aumento de amplitud en el desplazamiento medio-lateral del COP -en diversas medidas de equilibrio estático y dinámico durante las posturas con los ojos cerrados- es el mejor pronosticador de riesgo de caída futura⁽⁹⁾. En consecuencia, los efectos a corto y largo plazo de lesiones graves relacionadas con caídas, como limitaciones de movilidad y deterioro funcional, reducen significativamente la calidad de vida y aumentan el riesgo de muerte prematura⁽¹⁰⁾.

La práctica de ejercicio físico presenta un claro beneficio en la prevención de patologías cardiovasculares, endocrinas, osteoporosis, dependencia funcional y caídas en ancianos. Dicho beneficio se manifiesta en ambos sexos, siendo más significativo cuanto mayor es el volumen o la intensidad del ejercicio⁽¹¹⁾. En los análisis realizados por Sherrington *et al*^(12,13) se confirma la importancia del entrenamiento del equilibrio para la prevención de caídas. Revisiones posteriores han demostrado que el equilibrio en los adultos mayores se puede mejorar mediante el entrenamiento⁽¹⁴⁾, y ejercicios de ciertos deportes como el yoga o el Tai Chi son efectivos al respecto⁽¹⁵⁾.

Cabe señalar que los individuos jóvenes que practicaban deportes como judo, baile o gimnasia obtuvieron mejores resultados en el control postural (por ejemplo, pararse sobre una pierna)⁽¹⁶⁾. La práctica de ciertas especialidades de ciclismo puede influir sobre el control del equilibrio. De esta manera, la organización neurosensorial de los ciclistas de montaña se basa en la información propioceptiva, que les permite generar respuestas rápidas frente a la inestabilidad inducida por el medio. En el caso de los ciclistas de carretera, al presentar menores perturbaciones en el medio, su equilibrio se basa en la anticipación de movimientos gracias a la visión⁽¹⁷⁾. El ciclismo mejora el tono muscular en las extremidades inferiores mediante el fortalecimiento de los músculos centrales, la espalda y el abdomen, lo que contribuye al sostén de la columna vertebral y aumenta la estabilidad del cuerpo. Los ciclistas de carretera presentan una mayor flexión lumbar, inclinación pélvica y capacidad de inclinación del tronco, con mayor extensibilidad de los músculos isquiotibiales⁽¹⁸⁾. Howe *et al*⁽¹⁹⁾ observaron en 2011 mejoras significativas en el equilibrio mediante el ciclismo gracias al fortalecimiento muscular, si bien no encontraron evidencia de que los efectos fueran duraderos.

Los parámetros posturo-gráficos no sólo se muestran modificados tras largos periodos de práctica de un deporte, sino que también pueden alterarse significativamente tras la realización de un ejercicio⁽²⁰⁾. Para la obtención de estos, y evaluar el equilibrio, las plataformas de fuerza permiten una evaluación indirecta de los cambios en el balanceo postural mediante el registro de las fuerzas de reacción del suelo proyectadas desde el cuerpo, a partir de las cuales se calcula el centro de presión.

El objetivo de este estudio se centró en analizar la posible influencia de la edad en el control postural de una población de adultos y

comparar las diferencias en el control postural debidas a la práctica regular de actividad física aeróbica.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se llevó a cabo un estudio descriptivo transversal en una población de 116 hombres con edades comprendidas entre los 40 y 80 años, a los que se les completó una exploración médica con la intención de eliminar a los que presentasen signos de enfermedades ortopédicas, neurológicas, con alteraciones incorregibles en las funciones auditiva, visual o vestibular, así como enfermedades que afectaran al equilibrio o presencia de consumo de fármacos que contribuyesen a aumentar las caídas (hipnóticos, antidepresivos, diuréticos, hipotensores, anticolinérgicos...).

Los participantes se disgregaron en dos grupos dependiendo de la práctica de actividad física: un grupo de sujetos sedentarios como grupo de control (n=51) y un segundo grupo de sujetos deportistas como grupo experimental (n=65). Dentro del grupo experimental se diferenció entre los participantes que practicaban ciclismo (n=33) y los participantes que ejecutaban carrera a pie de larga distancia (n=32). Como requisito se exigió la práctica deportiva documentada con una trayectoria superior a los 15 años, continuando en la actualidad con una frecuencia de al menos tres días por semana. A su vez, la muestra se dividió en dos grupos en función de la edad: menor de 65 años y mayor o igual a 65 años. Se registró el nº de caídas en el último año para poder evaluar el efecto del ejercicio en la incidencia de caídas.

Los sujetos fueron informados sobre los objetivos y procedimientos, así como sobre los posibles riesgos y beneficios del estudio. Todos ellos dieron su consentimiento informado antes de participar en él. Además, el estudio

se realizó de acuerdo con la Declaración de Helsinki de 1961 (revisada en Edimburgo, 2000) y fue aprobado por el Comité de Ética en Investigación del Gobierno de Aragón (CEICA, España).

Los datos sobre parámetros posturo-gráficos se recogieron en el Laboratorio de Biomecánica y Análisis del Movimiento de la Facultad de Medicina de la Universidad de Zaragoza, por medio de una plataforma de distribución de presión (*Loran Engineering SrL*, Italia. Software “*FootChecker*” 3.2) con 2.304 sensores y una frecuencia de muestreo de 30 Hz.

Los parámetros a estudio fueron: la media cuadrática de las oscilaciones del COP o centro de presión (RMS-ROM; mm) en las direcciones A/P (anterior-posterior) y M/L (medio-lateral); la media cuadrática de la velocidad del COP (RMS-velocidad, mm/s), medidas fiables que mostraran suficiente consistencia intrasujeto. La amplitud RMS representaba la derivación estándar del desplazamiento del COP, y la velocidad RMS se definió como la distribución de desplazamientos del COP a lo largo del tiempo. Una disminución de estos parámetros se tradujo en una mayor capacidad para conservar una postura erguida, y un valor aumentado sugirió una disminución de la capacidad para mantener el control postural^(21,22).

A todos los sujetos se les midió talla y peso, y se les valoraron los desplazamientos anterior-posterior y medio-lateral del COP en bipedestación y en apoyo monopodal derecho en cuatro condiciones diferentes⁽²¹⁾:

- C1: Apoyo en superficie dura con ojos abiertos (61 s).
- C2: Apoyo en superficie dura con ojos cerrados (61 s).

– C3: Apoyo en superficie blanda con ojos abiertos (10 s).

– C4: Apoyo en superficie blanda con ojos cerrados (10 s).

Durante la postura bipodal, los sujetos fueron instruidos para mantener una posición erguida sobre la plataforma de presión, con los brazos colgando a ambos lados del cuerpo y los pies descalzos formando un ángulo de 30° uno con respecto al otro, con los talones separados 5 cm. Por otro lado, durante el apoyo monopodal derecho, la pierna izquierda se encontraba flexionada por la rodilla y los brazos relajados a ambos lados. Cabe señalar que, en las pruebas realizadas con los ojos abiertos, los sujetos miraban a un punto fijo a distancia. La disposición de los ensayos con ojos abiertos y cerrados fue distribuida entre los sujetos siguiendo un mismo orden. Las pruebas se llevaron a cabo en una sala silenciosa para limitar las influencias externas y se permitieron breves espacios de recuperación entre los diferentes tests de equilibrio.

Con la intención de evitar la influencia de la altura de los participantes en el análisis de las variables posturo-gráficas, todos los parámetros posturales se normalizaron con la talla del sujeto.

Los datos se analizaron con el software SPSS 15.0 para Windows (SPSS Inc., Chicago, IL) y el nivel de significación obtenido fue del 5%. Para describir las variables dependientes se calcularon la media y la desviación estándar (SD). La normalidad de la distribución se examinó utilizando la prueba de Kolmogorov-Smirnov ($p > 0,05$). Cuando los parámetros analizados se distribuyeron normalmente, se utilizó la prueba t-test para comparar las variables dependientes entre los diferentes grupos de actividad.

En cambio, cuando no se distribuyeron normalmente, se utilizó la prueba no paramétrica de Mann-Witney ($p > 0,05$). Por último, para estudiar la relación de la edad en los parámetros posturales se aplicó análisis de correlación mediante la p de Pearson y la prueba de Spearman dependiendo de la distribución de los datos.

RESULTADOS

En la **tabla 1** se presentan las características generales de los participantes. El peso y el Índice de Masa Corporal mostraron diferencias significativas entre sedentarios y deportistas.

En el análisis realizado en bipedestación se observó que en el grupo de sedentarios la mitad de los parámetros posturo-gráficos (PP) estaban relacionados con la edad; en cambio, en el grupo de deportistas y en el subgrupo de deportistas-corredores solo uno de los doce parámetros analizados presentaron correlación con la edad, no encontrando relación en ningún área en el subgrupo de deportistas-ciclistas (**tabla 2**). En el análisis en apoyo monopodal, observamos correlación en siete de los doce PP evaluados en el grupo sedentario, y tres de doce en el

grupo de deportistas. Además, se observó que la influencia de la edad se manifestaba en el grupo de corredores prácticamente de igual manera que en el grupo de sedentarios, no observándose esta relación en el grupo de ciclistas.

En el análisis comparativo entre el grupo de sedentarios y deportistas encontramos diferencias estadísticamente significativas en la mayoría de los parámetros estudiados, tanto para los ojos abiertos como cerrados (**tabla 3**).

De igual forma, al llevar a cabo un análisis por separado entre el grupo de sedentarios con el subgrupo de deportistas-corredores y con el subgrupo de deportistas-ciclistas observamos diferencias en los PP, principalmente en apoyo monopodal, existiendo una mayor relación en el subgrupo de deportistas-ciclistas (**tablas 4 y 5**) tanto con los ojos abiertos como cerrados.

Si comparamos los parámetros estudiados en los dos grupos en función de su edad, menores de 65 años y mayores o iguales de 65 años, encontramos diferencias estadísticamente significativas en el grupo de sedentarios para la distribución de desplazamientos a lo largo del

Tabla 1
Características generales de los participantes de ambos grupos.

Variables	Sedentarios (n=51)		Deportistas (n=65)		<i>p</i>
	Media	DS	Media	DS	
Edad (años)	60,16	8,11	57,48	8,58	0,090
Peso (kg)	79,16	9,20	73,13	9,17	0,003
Altura (m)	1,72	0,059	1,72	0,063	0,539
IMC (kg/m ²)	26,72	2,99	24,73	2,58	0,0001

DS, Desviación estándar; IMC, Índice de Masa Corporal.

Tabla 2
Correlación de la edad con los diferentes parámetros posturo-gráficos estudiados en bipedestación y monopodal.

Variables		Sedentarios (n=51)		Deportistas (n=65)		Corredores (n=32)		Ciclistas (n=33)		
		Bipedes-patación	Monopodal	Bipedes-patación	Monopodal	Bipedes-patación	Monopodal	Bipedes-patación	Monopodal	
C1: FIX-SUP/OE	RMS-ROM AP (mm)	r	0,272	0,343	-0,185	0,128	-0,172	-0,037	-0,237	0,117
		p	0,049	0,014	0,192	0,311	0,348	0,842	0,185	0,518
	RMS-ROM ML (mm)	r	0,108	0,417	-0,047	0,229	0,074	0,428	-0,059	0,024
		p	0,452	0,002	0,709	0,065	0,686	0,014	0,746	0,892
	RMS-Velocity (mm/s)	r	0,383	0,478	0,087	0,320	0,200	0,537	0,150	0,044
		p	0,006	0,0001	0,489	0,009	0,272	0,002	0,403	0,807
C2: FIX-SUP/CE	RMS-ROM AP (mm)	r	0,144	0,293	0,296	0,264	0,410	0,336	0,262	0,239
		p	0,314	0,037	0,017	0,034	0,020	0,060	0,141	0,180
	RMS-ROM ML (mm)	r	0,173	0,220	0,063	0,105	0,197	0,178	0,103	0,081
		p	0,226	0,121	0,618	0,405	0,279	0,329	0,568	0,655
	RMS-Velocity (mm/s)	r	0,378	0,029	0,239	0,062	0,233	0,307	0,301	-0,094
		p	0,006	0,838	0,055	0,622	0,199	0,087	0,089	0,601
C3: COMPLIANT-SUP/OE	RMS-ROM AP (mm)	r	0,062	0,365	0,072	-0,007	0,209	0,345	0,206	-0,081
		p	0,664	0,011	0,587	0,956	0,262	0,053	0,250	0,735
	RMS-ROM ML (mm)	r	0,133	0,452	-0,046	0,041	0,129	0,403	-0,100	-0,101
		p	0,352	0,001	0,716	0,744	0,483	0,022	0,579	0,575
	RMS-Velocity (mm/s)	r	0,556	0,500	-0,014	0,259	-0,009	0,505	0,071	0,076
		p	0,0001	0,0001	0,910	0,037	0,962	0,003	0,696	0,676
C4: COMPLIANT-SUP/CE	RMS-ROM AP (mm)	r	0,336	0,079	0,053	0,120	0,245	0,037	0,090	0,050
		p	0,016	0,590	0,678	0,341	0,177	0,841	0,619	0,782
	RMS-ROM ML (mm)	r	0,138	0,049	-0,099	0,069	0,037	0,191	-0,158	0,062
		p	0,334	0,733	0,432	0,588	0,840	0,323	0,390	0,730
	RMS-Velocity (mm/s)	r	0,448	-0,042	-0,089	-0,165	0,097	-0,042	-0,118	-0,217
		p	0,001	0,768	0,483	0,190	0,598	0,820	0,511	0,225

p: Significación entre grupos; los valores de p en negrita expresan significación estadística. (FIX-SUP, base de apoyo dura; COMPLIANT-SUP, base de apoyo blanda; OE, ojos abiertos; CE, ojos cerrados; RMS-ROM, raíz cuadrática de la amplitud del COP; AP, antero-posterior; ML, medio-lateral; RMS-Velocity, raíz cuadrática de la velocidad del COP).

Tabla 3
Comparación de los parámetros posturo-gráficos estudiados en bipedestación y monopodal entre el grupo de sedentarios y deportistas.

Variables		Sedentarios (n=51)				Deportistas (n=65)				Bipe		Mono	
		Bipedestación		Monopodal		Bipedestación		Monopodal					
		Media	DS	Media	DS	Media	DS	Media	DS	<i>p</i>			
C1: FIX-SUP/OE	RMS-ROM AP (mm)	2,89	2,28	6,48	4,04	1,95	1,43	4,10	2,48	0,008	0,0001		
	RMS-ROM ML (mm)	3,78	2,35	11,78	7,11	4,01	2,19	9,33	5,76	0,089	0,043		
	RMS-Velocity (mm/s)	1,56	0,75	29,77	16,80	1,68	0,87	21,94	10,14	0,441	0,002		
C2: FIX-SUP/CE	RMS-ROM AP (mm)	2,24	1,53	13,34	6,69	1,60	1,11	10,30	4,14	0,011	0,003		
	RMS-ROM ML (mm)	4,48	3,84	22,52	10,77	3,60	2,62	19,63	10,81	0,147	0,155		
	RMS-Velocity (mm/s)	1,99	0,85	62,46	23,32	1,68	0,71	52,46	21,91	0,035	0,019		
C3: COMPLIANT-SUP/OE	RMS-ROM AP (mm)	4,17	2,80	7,59	4,65	3,84	2,23	5,62	3,88	0,482	0,015		
	RMS-ROM ML (mm)	7,04	5,09	13,43	9,77	6,84	4,03	9,09	5,99	0,814	0,004		
	RMS-Velocity (mm/s)	2,68	0,85	37,05	17,43	2,82	1,27	20,31	9,94	0,501	0,0001		
C4: COMPLIANT-SUP/CE	RMS-ROM AP (mm)	4,98	3,72	15,61	10,80	3,57	2,60	14,28	5,09	0,018	0,384		
	RMS-ROM ML (mm)	7,89	5,23	27,74	14,79	7,01	5,49	25,19	12,49	0,383	0,315		
	RMS-Velocity (mm/s)	3,59	1,22	69,61	29,02	3,50	1,47	59,59	24,18	0,728	0,045		

p: Significación de la comparación entre grupos; los valores de *p* en negrita expresan significación estadística. (FIX-SUP, base de apoyo dura; COMPLIANT-SUP, base de apoyo blanda; OE, ojos abiertos; CE, ojos cerrados; RMS-ROM, raíz cuadrática de la amplitud del COP; AP, antero-posterior; ML, medio-lateral; RMS-Velocity, raíz cuadrática de la velocidad del COP).

Tabla 4
Comparación de los parámetros posturo-gráficos estudiados en bipedestación y monopodal entre el grupo de sedentarios y deportistas-corredores.

Variables		Sedentarios (n=51)				Deportistas-corredores (n=32)				Bipe		Mono	
		Bipedestación		Monopodal		Bipedestación		Monopodal					
		Media	DS	Media	DS	Media	DS	Media	DS				
C1: FIX-SUP/OE	RMS-ROM AP (mm)	1,68	1,32	3,76	2,34	1,06	0,90	2,81	1,77	0,022	0,052		
	RMS-ROM ML (mm)	2,20	1,38	6,85	4,18	2,17	1,17	5,77	3,82	0,927	0,238		
	RMS-Velocity (mm/s)	1,56	0,75	29,77	16,80	1,70	1,02	23,91	12,27	0,484	0,092		
C2: FIX-SUP/CE	RMS-ROM AP (mm)	1,30	0,89	7,73	3,83	0,90	0,54	5,88	2,12	0,025	0,015		
	RMS-ROM ML (mm)	2,60	2,21	13,04	6,12	1,96	1,14	12,04	7,19	0,133	0,502		
	RMS-Velocity (mm/s)	1,99	0,85	62,46	23,32	1,67	0,69	55,75	22,98	0,072	0,203		
C3: COMPLIANT-SUP/OE	RMS-ROM AP (mm)	2,43	1,62	4,43	2,76	2,22	1,59	2,85	1,21	0,574	0,003		
	RMS-ROM ML (mm)	4,08	2,97	7,85	5,77	3,86	2,66	5,19	2,47	0,736	0,016		
	RMS-Velocity (mm/s)	2,68	0,85	37,05	17,43	2,91	1,62	21,57	9,36	0,412	0,0001		
C4: COMPLIANT-SUP/CE	RMS-ROM AP (mm)	2,90	2,20	9,07	6,31	2,04	1,63	8,37	3,53	0,060	0,566		
	RMS-ROM ML (mm)	4,57	3,01	16,07	8,34	4,29	4,13	15,70	7,44	0,719	0,837		
	RMS-Velocity (mm/s)	3,59	1,22	69,61	29,02	3,38	1,64	61,54	25,35	0,516	0,200		

p: Significación de la comparación entre grupos; los valores de p en negrita expresan significación estadística. (FIX-SUP, base de apoyo dura; COMPLIANT-SUP, base de apoyo blanda; OE, ojos abiertos; CE, ojos cerrados; RMS-ROM, raíz cuadrática de la amplitud del COP; AP, antero-posterior; ML, medio-lateral; RMS-Velocity, raíz cuadrática de la velocidad del COP).

Tabla 5
Comparación de los parámetros posturo-gráficos estudiados en bipedestación y monopodal entre el grupo sedentarios y deportistas-ciclistas.

Variables		Sedentarios (n=51)				Deportistas-ciclistas (n=33)				Bipe		Mono
		Bipedestación		Monopodal		Bipedestación		Monopodal				
		Media	DS	Media	DS	Media	DS	Media	DS	<i>p</i>		
C1: FIX-SUP/OE	RMS-ROM AP (mm)	1,68	1,32	376	2,34	1,19	0,72	1,96	0,97	0,054	0,0001	
	RMS-ROM ML (mm)	2,20	1,38	6,85	4,18	2,46	1,34	5,06	2,91	0,401	0,035	
	RMS-Velocity (mm/s)	1,56	0,75	29,77	16,80	1,67	0,70	20,03	7,23	0,541	0,002	
C2: FIX-SUP/CE	RMS-ROM AP (mm)	1,30	0,89	7,73	3,83	0,95	0,74	6,04	2,71	0,069	0,030	
	RMS-ROM ML (mm)	2,60	2,21	13,04	6,12	2,22	1,85	10,66	5,43	0,413	0,072	
	RMS-Velocity (mm/s)	1,99	0,85	62,46	23,32	1,70	0,74	49,28	20,66	0,109	0,010	
C3: COMPLIANT-SUP/OE	RMS-ROM AP (mm)	2,43	1,62	4,43	2,76	2,23	0,93	3,65	2,92	0,524	0,222	
	RMS-ROM ML (mm)	4,08	2,97	7,85	5,77	4,02	1,96	5,33	4,30	0,909	0,035	
	RMS-Velocity (mm/s)	2,68	0,85	37,05	17,43	2,74	0,82	19,10	10,46	0,758	0,0001	
C4: COMPLIANT-SUP/CE	RMS-ROM AP (mm)	2,90	2,20	9,07	6,31	2,08	1,35	8,18	2,51	0,058	0,442	
	RMS-ROM ML (mm)	4,57	3,01	16,07	8,34	3,82	1,88	13,44	6,77	0,206	0,133	
	RMS-Velocity (mm/s)	3,59	1,22	69,61	29,02	3,61	1,30	57,70	23,22	0,933	0,051	

p: Significación de la comparación entre grupos; los valores de *p* en negrita expresan significación estadística. (FIX-SUP, base de apoyo dura; COMPLIANT-SUP, base de apoyo blanda; OE, ojos abiertos; CE, ojos cerrados; RMS-ROM, raíz cuadrática de la amplitud del COP; AP, antero-posterior; ML, medio-lateral; RMS-Velocity, raíz cuadrática de la velocidad del COP).

tiempo en bipedestación, no apareciendo entre los deportistas, lo que indicó que en sedentarios se asociaba a la edad, mientras que los deportistas de ambos grupos de edad presentarían una mayor estabilidad y capacidad para conservar

la postura erguida, manteniendo así un mejor control postural (tabla 6). De los resultados sobre una pierna (monopodal), observamos peores puntuaciones para todos los parámetros en el grupo de sedentarios mayores o iguales

Tabla 6
Comparación de los parámetros posturo-gráficos en bipedestación en función de la edad y según la práctica de actividad física.

Variables		Sedentarios					Deportistas				
		Grupo Edad <65 años (n=30)		Grupo Edad ≥65 años (n=31)		p	Grupo Edad <65 años (n=39)		Grupo Edad ≥65 años (n=27)		p
		Media	DS	Media	DS		Media	DS	Media	DS	
C1: FIX-SUP/OE	RMS-ROM AP (mm)	2,55	2,17	3,57	3,06	0,138	2,05	1,29	1,92	1,70	0,722
	RMS-ROM ML (mm)	3,55	1,99	4,37	2,75	0,190	4,09	2,29	3,88	2,05	0,704
	RMS-Velocity (mm/s)	1,72	0,90	2,51	1,07	0,003	2,26	1,58	2,21	1,14	0,878
C2: FIX-SUP/CE	RMS-ROM AP (mm)	2,07	1,57	2,85	2,01	0,097	1,49	0,89	2,11	1,64	0,054
	RMS-ROM ML (mm)	4,79	4,47	4,68	3,52	0,921	3,37	2,59	3,89	2,65	0,439
	RMS-Velocity (mm/s)	2,21	0,94	3,48	1,68	0,001	2,06	0,96	2,24	0,93	0,443
C3: COMPLIANT-SUP/OE	RMS-ROM AP (mm)	4,22	3,19	4,41	2,28	0,788	3,99	2,64	3,56	1,43	0,438
	RMS-ROM ML (mm)	6,47	4,31	8,16	5,70	0,197	6,64	3,62	7,07	4,55	0,392
	RMS-Velocity (mm/s)	3,00	1,07	4,22	1,20	0,0001	3,57	1,81	3,50	1,53	0,662
C4: COMPLIANT-SUP/CE	RMS-ROM AP (mm)	4,13	2,74	5,61	4,06	0,103	3,58	2,83	3,48	2,26	0,863
	RMS-ROM ML (mm)	7,18	4,48	9,70	8,19	0,143	7,81	6,36	5,79	3,57	0,142
	RMS-Velocity (mm/s)	4,16	1,41	5,45	1,94	0,005	4,48	1,69	4,11	1,94	0,418

p: Significación de la comparación entre grupos; los valores de p en negrita expresan significación estadística. (FIX-SUP, base de apoyo dura; COMPLIANT-SUP, base de apoyo blanda; OE, ojos abiertos; CE, ojos cerrados; RMS-ROM, raíz cuadrática de la amplitud del COP; AP, antero-posterior; ML, medio-lateral; RMS-Velocity, raíz cuadrática de la velocidad del COP).

de 65 años, si bien las diferencias solo eran significativas en las pruebas que se realizaron con los ojos abiertos. En el grupo de deportistas estas diferencias solo fueron estadísticamente

significativas para la raíz cuadrática de la velocidad del COP, y observamos mejores puntuaciones para algunas determinaciones en el grupo de mayor edad (tabla 7).

Tabla 7
Comparación de los parámetros posturo-gráficos en monopodal en función de la edad y según la práctica de actividad física.

Variables		Sedentarios					Deportistas				
		Grupo Edad <65 años (n=30)		Grupo Edad ≥65 años (n=31)		p	Grupo Edad <65 años (n=39)		Grupo Edad ≥65 años (n=27)		p
		Media	DS	Media	DS		Media	DS	Media	DS	
C1: FIX-SUP/OE	RMS-ROM AP (mm)	3,28	1,94	4,92	3,26	0,021	2,37	1,38	2,51	1,72	0,702
	RMS-ROM ML (mm)	5,47	2,86	10,69	6,70	0,0001	4,86	2,85	6,18	3,89	0,117
	RMS-Velocity (mm/s)	31,68	17,15	61,83	38,39	0,0001	25,02	12,47	34,22	14,38	0,007
C2: FIX-SUP/CE	RMS-ROM AP (mm)	12,18	4,79	14,86	10,12	0,194	9,40	3,87	11,68	4,14	0,026
	RMS-ROM ML (mm)	21,08	9,39	26,57	13,02	0,065	18,36	8,36	21,23	13,49	0,290
	RMS-Velocity (mm/s)	83,99	37,40	95,59	32,20	0,199	65,18	28,76	79,50	37,44	0,084
C3: COMPLIANT-SUP/OE	RMS-ROM AP (mm)	6,49	4,30	18,09	26,70	0,022	5,49	2,88	6,06	5,15	0,571
	RMS-ROM ML (mm)	9,90	5,90	22,05	13,24	0,0001	8,93	6,90	9,33	4,33	0,787
	RMS-Velocity (mm/s)	35,88	14,45	79,52	52,57	0,0001	22,16	10,66	30,06	15,80	0,018
C4: COMPLIANT-SUP/CE	RMS-ROM AP (mm)	14,93	10,83	17,43	13,60	0,430	14,25	4,21	14,19	6,20	0,965
	RMS-ROM ML (mm)	27,49	17,84	31,05	12,19	0,365	24,37	13,19	26,30	11,28	0,538
	RMS-Velocity (mm/s)	93,86	45,59	97,53	34,94	0,726	80,89	39,27	75,95	29,50	0,581

p: Significación de la comparación entre grupos; los valores de p en negrita expresan significación estadística. (FIX-SUP, base de apoyo dura; COMPLIANT-SUP, base de apoyo blanda; OE, ojos abiertos; CE, ojos cerrados; RMS-ROM, raíz cuadrática de la amplitud del COP; AP, antero-posterior; ML, medio-lateral; RMS-Velocity, raíz cuadrática de la velocidad del COP).

Se registraron las caídas sufridas en el último año, apareciendo una mayor incidencia en el grupo de sedentarios mayores de 65 años, si bien estas diferencias no fueron estadísticamente significativas.

DISCUSIÓN

El control postural es una función muy compleja y no del todo comprendida aún en la actualidad, por lo que la mayoría de los trabajos que lo analizan refieren necesitar más datos al respecto^(23,24).

Este estudio evita la influencia de la altura de los participantes en el análisis de las variables, y todos los parámetros posturo-gráficos (PP) se normalizan con la talla del sujeto. Sin embargo, no se conoce con exactitud si la amplitud del COP debe ser normalizada con la talla o según las diferentes fases de desarrollo corporal⁽²³⁾. Estas dudas surgen de la hipótesis que refiere un control postural no lineal⁽²⁵⁾. No obstante, aunque por simplicidad apliquemos cálculos lineales^(1,7), no debemos despreciar la no linealidad en el control neuromuscular de la postura.

Comparación de las características generales en sedentarios y deportistas. Los datos de peso y talla siguen la misma línea que los resultados publicados en numerosos estudios, en los que se muestra la práctica de ejercicio físico como un factor que reduce la grasa corporal, disminuyendo el sobrepeso y la obesidad, pero manteniendo o aumentando la masa magra^(11,26,27). Además, no se observan diferencias entre los grupos de ciclistas y corredores en relación a las características somatomorfológicas.

Relación de la edad en el control postural. En la **tabla 2**, que muestra el análisis de correlación entre la edad y el equilibrio, observamos que la influencia de la edad en el control postural se hace más evidente en el caso de los sedentarios, acentuándose en las situaciones de análisis

desfavorables. Sin embargo, los resultados obtenidos en nuestro estudio no coinciden exactamente con los datos presentados en el análisis de Abrahamová y Hlavačka⁽²⁸⁾, donde los sujetos ancianos presentan mayores desplazamientos en situaciones de información sensorial reducida o conflictiva, más específicamente en la condición de ojos cerrados y superficie blanda. Estas discrepancias podrían explicarse debido a la diferencia de edad entre muestras, ya que en nuestro estudio la media de edad es de 60 años, mientras en aquel la muestra senior se considera a partir de los 60 años, momento en el cual comienza a deteriorarse significativamente el equilibrio⁽⁵⁾.

Por otro lado, hay que matizar que la velocidad media del balanceo del cuerpo es el mejor parámetro para evaluar el equilibrio estático, ya que muestra consistencia entre las diferentes situaciones de prueba, los rangos de edad y las condiciones de salud⁽²⁹⁾. Así, nuestros resultados muestran la variable RMS-Velocity en el grupo de sedentarios como la más comúnmente afectada, siendo el único PP alterado en todas las condiciones estudiadas, estando más afectada en el grupo de mayor edad.

Otro aspecto a señalar es la correlación existente entre el envejecimiento y la alteración de los PP en las condiciones con ojos abiertos, afectando especialmente al equilibrio monopodal y, fundamentalmente, al grupo de sedentarios. La visión afecta tanto al control del equilibrio estático como al dinámico, y en la mayoría de situaciones ejerce un papel dominante sobre la entrada de información propioceptiva obtenida de los músculos posturales^(30,31). Estudios previos documentan mayores alteraciones en el equilibrio de personas de edad avanzada frente a los adultos jóvenes, especialmente cuando se someten a condiciones sensoriales más complejas. Sin embargo, en nuestros datos observamos que los deportistas presentan mejores resultados

independientemente de la edad. Los ancianos presentan alteraciones en los mecanismos centrales encargados de integrar la información del área sensorial, como es la existencia de un déficit para regular el efecto estabilizador de la visión⁽³²⁾. Estos déficits mejorarían con la práctica habitual de actividad física.

Comparación de los parámetros posturográficos (PP) entre sedentarios y deportistas. Encontramos valores numéricos más elevados en la medición del grupo sedentario, aunque no en todas las condiciones se muestren diferencias significativas. Nuestros resultados siguen una línea similar a los obtenidos en el estudio de Laughton *et al*⁽³⁴⁾, donde se evaluaron los desplazamientos del COP y los datos electromiográficos del tibial anterior, el sóleo, el vasto lateral y el bíceps femoral, recogidos en personas mayores con riesgo de caerse, adultos sin riesgo y sujetos jóvenes sanos. Los resultados muestran que los adultos con riesgo de caídas tienen una cantidad significativamente mayor de balanceo en dirección AP, con mayor actividad muscular en reposo en comparación con los sujetos jóvenes, mientras que los adultos sin riesgo no muestran mayor activación muscular en comparación con los sujetos jóvenes. No está claro si los aumentos en la actividad muscular impiden una mayor inestabilidad postural o si el aumento de la actividad muscular es una respuesta compensatoria a los aumentos en el balanceo postural.

El análisis de la literatura realizado por Zemková y Hamar⁽²⁴⁾ identifica lagunas en los métodos de evaluación del equilibrio en condiciones estáticas debido a su baja sensibilidad para discriminar entre atletas de distintas edades y diferentes niveles de rendimiento, así como falta de especificidad para analizar deportes en particular. La experiencia demuestra que la posturografía dinámica es una alternativa más sensible y específica para la mayoría

de los atletas que los sistemas que monitorean la COP en condiciones estáticas. Además, las condiciones dinámicas también pueden revelar mejor los cambios adaptativos en las funciones sensoriomotoras después del entrenamiento.

Ningún estudio ha examinado las habilidades de equilibrio estático de los ciclistas o corredores frente a la población sedentaria, ya que la poca literatura disponible muestra únicamente manifestaciones entre diferentes tipos de deportes, por lo que sería necesario realizar más estudios siguiendo esta línea.

Beneficios del ejercicio en el control postural. Los deportistas-ciclistas de nuestro estudio no muestran influencia de la edad en ninguna de las condiciones estudiadas con los ojos abiertos. Esto podría explicarse en el estudio de Lion *et al*⁽¹⁷⁾, donde se muestra que en el ciclismo de carretera la visión es la principal fuente de información sensorial, manteniendo el equilibrio mediante el uso de puntos de referencia externos y la estimación de los desplazamientos del sujeto y/o del entorno. En cuanto a los artículos publicados en relación al equilibrio en ciclistas, para el equilibrio dinámico se describe que los sujetos mayores tienen que realizar un mayor esfuerzo para mantener el equilibrio en la bicicleta⁽³³⁾, mientras que en un ciclo estático se relaciona con mejoría en el equilibrio⁽¹⁹⁾.

Un metanálisis⁽³⁵⁾ observó mejoras significativas en la capacidad de mantener el equilibrio tras realizar intervenciones de ejercicio en comparación con la actividad habitual. Éstas incluían ejercicios funcionales, de fortalecimiento muscular, coordinación y marcha, es decir, mostró que múltiples tipos de ejercicios podrían tener mayor impacto en las medidas indirectas de equilibrio. Siguiendo esta línea, nuestros datos describen que la práctica de ejercicio habitual a lo largo de los años influye de manera significativa en la mejora de los PP analizados, reduciendo el efecto ocasionado

por la edad. Estos datos están en consonancia con los publicados por Lee *et al*⁽³⁵⁾, que indica que el entrenamiento del equilibrio y los ejercicios propioceptivos deberían ser una parte regular del ejercicio en todos los adultos mayores para prevenir las caídas, especialmente en personas de riesgo.

En conclusión, la preservación del equilibrio en los adultos es fundamental para mantener una buena independencia funcional, ya que el deterioro del equilibrio tiene un tremendo impacto en los costos de atención médica y en la calidad de vida. Por ello, es sumamente importante realizar estudios sobre el tema que permitan establecer el efecto de los programas de ejercicio específicos sobre el control postural, para poder desarrollar así planes de prevención. Los resultados del presente estudio reafirman la influencia que ejerce la edad sobre los mecanismos de control postural, mostrando mayor deterioro del equilibrio en los adultos sedentarios frente a los físicamente activos. Cabe resaltar los datos obtenidos al respecto en el grupo de ciclistas, donde se puede observar una influencia positiva de la práctica de esta actividad sobre el deterioro de los mecanismos de regulación postural. Así, podemos postular que las mejoras supuestamente alcanzadas por los ciclistas realizando su deporte o actividad, según recogemos en nuestros resultados, se transfieren a la mejora de los PP analizados de manera estática en apoyo bipodal y monopodal. Aunque el ejercicio aeróbico se prescribe en el ámbito sanitario con la intención fundamental de obtener beneficios a nivel cardiovascular, metabólico, musculoesquelético, etc., encontramos que la práctica regular de ejercicio aeróbico, como son la carrera a pie y la práctica de ciclismo, realizada por adultos o ancianos, preserva en alguna medida el deterioro del equilibrio, previniendo además las caídas.

La principal limitación de este trabajo, fue la dificultad para conseguir una amplia muestra a

estudio, debido a la edad de los sujetos y al requerimiento de práctica continua de actividad física en un periodo tan largo de tiempo, continuando en la actualidad.

BIBLIOGRAFÍA

1. Assländer L, Peterka RJ. Sensory reweighting dynamics in human postural control. *J Neurophysiol.* 2014; 111(9):1852-64.
2. Chiba R, Takakusaki K, Ota J, Yozu A, Haga N. Human upright posture control models based on multisensory inputs; in fast and slow dynamics. *Neurosci Res.* 2016; 104:96-104.
3. Du Pasquier RA, Blanc Y, Sinnreich M, Landis T, Burkhard P, Vingerhoets FJ. The effect of aging on postural stability: a cross sectional and longitudinal study. *Neurophysiol Clin.* 2003; 33(5):213-8.
4. Liaw MY, Chen CL, Pei YC, Leong CP, Lau YC. Comparison of the static and dynamic balance performance in young, middle-aged, and elderly healthy people. *Chang Gung Med J.* 2009; 32(3):297-304.
5. Era P, Sainio P, Koskinen S, Haavisto P, Vaara M, Aromaa A. Postural balance in random sample of 7979 subjects aged 30 years and over. *Gerontology.* 2006; 52(4):204-13.
6. Mergner T. Modeling sensorimotor control of human upright stance. *Prog Brain Res.* 2007; 165:283-97.
7. Kiemel T, Elahi AJ, Jeka JJ. Identification of the plant for upright stance in humans: multiple movement patterns from a single neural strategy. *J Neurophysiol.* 2008; 100(6):3394-406.
8. Tanaka T, Takeda H, Izumi T, Ino S, Ifukube T. Age-related changes in postural control associated with location of the center of gravity and foot pressure. *Phys Occup Ther Geriatr.* 1997; 15(2):1-14.
9. Maki BE, McIlroy WE. Postural control in the older adult. *Clin Geriatr Med.* 1996; 12(4):635-58.

10. Lesinski M, Hortobágyi T, Muehlbauer T, Gollhofer A, Granacher U. Effects of balance training on balance performance in healthy older adults: a systematic review and meta-analysis. *Sports Med.* 2015; 45(12):1721-38. [cited 2020 Oct 2];37(1):43–9. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26509372/>
11. Chodzko-Zajko WJ, Proctor DN, Fiatarone-Singh MA, Minson CT, Nigg CR, Salem GJ, Skinner JS. American College of Sports Medicine position stand. Exercise and physical activity for older adults. *Med Sci Sports Exerc.* 2009; 41(7):1510-30.
12. Sherrington C, Whitney JC, Lord SR, Herbert RD, Cumming RG, Close JC. Effective exercise for the prevention of falls: a systematic review and meta-analysis. *J Am Geriatr Soc.* 2008; 56(12):2234-43.
13. Sherrington C, Tiedemann A, Fairhall N, Close JC, Lord SR. Exercise to prevent falls in older adults: an updated meta-analysis and best practice recommendations. *N S W Public Health Bull.* 2011; 22(3-4):78-83.
14. Low DC, Walsh GS, Arkesteijn M. Effectiveness of exercise interventions to improve postural control in older adults: a systematic review and meta-analyses of centre of pressure Measurements. *Sports Med.* 2017; 47(1):101-112.
15. Ni M, Mooney K, Richards L, Balachandran A, Sun M, Harriell K, Potiampai M, Signorile JF. Comparative impacts of Tai Chi, balance training, and a specially-designed yoga program on balance in older fallers. *Arch Phys Med Rehabil.* 2014; 95(9):1620-1628.
16. Vuillerme N, Danion F, Marin L, Boyadjian A, Prieur JM, Weise I, Nougier V. The effect of expertise in gymnastics on postural control. *Neurosci Lett.* 2001a; 303(2):83-6.
17. Lion A, Gauchard GC, Deviterne D, Perrin PP. Differentiated influence of off-road and on-road cycling practice on balance control and the related-neurosensory organization. *J Electromyogr Kinesiol.* 200; 19(4):623-30.
18. Muyor JM, Zabala M. Road Cycling and Mountain Biking Produces Adaptations on the Spine and Hamstring Extensibility. *Int J Sports Med [Internet].* 2015 Oct 28
19. Howe TE, Rochester L, Jackson A, Banks PMH, Blair VA. Exercise for improving balance in older people [Internet]. *Cochrane Database of Systematic Reviews.* John Wiley and Sons Ltd; 2007 [cited 2020 Oct 2]. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17943831/>
20. Degache F, Van Zaen J, Oehen L, Guex K, Trabucchi P, Millet G. Alterations in postural control during the world's most challenging mountain ultra-marathon. *PLoS One.* 2014; 9(1):e84554.
21. Wrisley DM, Whitney SL. The effect of foot position on the modified clinical test of sensory interaction and balance. *Arch Phys Med Rehabil.* 2004; 85(2):335-8.
22. Palmieri RM, Ingersoll CD, Stone MB, Krause BA. Center-of-pressure parameters used in the assessment of postural control. *J Sport Rehabil.* 2002; 11:51-66.
23. Ivanenko Y, Gurfinkel VS. Human postural control. *Front Neurosci.* 2018; 12:171.
24. Zemková E, Hamar D. Sport-specific assessment of the effectiveness of neuromuscular training in young athletes. *Front Physiol.* 2018; 9:264.
25. Funato T, Aoi S, Tomita N, Tsuchiya K. Smooth enlargement of human standing sway by instability due to weak reaction floor and noise. *R. Soc. Open. Sci.* 2016; 3(1):150570.
26. Varo Cenarruzabeitia JJ, Martínez Hernández JA, Martínez-González MA. Benefits of physical activity and harms of inactivity. *Med Clin (Barc).* 2003; 121(17):665-72.
27. Subirats Bayego E, Subirats Vila G, Soteras Martínez I. Prescripción de ejercicio físico: indicaciones, posología y efectos adversos. *Med Clin (Barc).* 2012; 138(1):18-24.
28. Abrahamová D, Hlavacka F. Age-related changes of human balance during quiet stance. *Physiol Res.* 2008; 57(6):957-64.

29. Raymakers JA, Samson MM, Verhaar HJ. The assessment of body sway and the choice of the stability parameter(s). *Gait Posture*. 2005; 21(1):48-58.
30. Carpenter MG, Murnaghan CD, Inglis JT. Shifting the balance: evidence of an exploratory role for postural sway. *Neuroscience*. 2010; 171(1):196-204.
31. Murnaghan CD, Horslen BC, Inglis JC, Carpenter MG. Exploratory behavior during stance persists with visual feedback. *Neuroscience*. 2011; 195:54-9.
32. Jeka JJ, Allison LK, Kiemel T. The dynamics of visual reweighting in healthy and fall-prone older adults. *J Mot Behav*. 2010; 42(4):197-208.
33. Bultmann VE, Kiewiet H, van de Belt D, Bonnema GM, Koopman B. Cycling strategies of young and older cyclists. *Hum Mov Sci*. 2016; 46:184-95.
34. Laughton CA, Slavin M, Katdare K, Nolan L, Bean JF, Kerrigan DC, Phillips E, Lipsitz LA, Collins JJ. Aging, muscle activity, and balance control: physiologic changes associated with balance impairment. *Gait Posture*. 2003; 18(2):101-8.
35. Lee PG, Jackson EA, Richardson CR. Exercise Prescriptions in Older Adults [Internet]. Vol. 95, *American Family Physician*. 2017 Apr [cited 2020 Oct 3]. Available from: www.aafp.org/afp