

**UNIVERSIDAD REY JUAN CARLOS
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD**

DEPARTAMENTO DE ANATOMÍA Y EMBRIOLOGÍA HUMANA

**INFLUENCIA DE LA PRÁCTICA DEPORTIVA EN LA
INTEGRACIÓN SENSORIAL EN NIÑOS: EVALUACIÓN
ESTABILOMÉTRICA**

TESIS DOCTORAL

**STELLA MARIS GÓMEZ SÁNCHEZ
2013**

D. Rafael Linares García-Valdecasas, Director del Departamento de Anatomía y Embriología Humana, de la Universidad Rey Juan Carlos.

HACE CONSTAR:

Que el trabajo de investigación realizado por la Diplomada D^a Stella Maris Gómez Sánchez titulado "*INFLUENCIA DE LA PRÁCTICA DEPORTIVA EN LA INTEGRACIÓN SENSORIAL EN NIÑOS: EVALUACIÓN ESTABILOMÉTRICA*", reúne los requisitos exigidos por Norma y Ley para optar al grado de Doctor.

Alcorcón, a uno de marzo de dos mil trece

Fdo.: Dr. D. Rafael Linares García-Valdecasas

**D. RAFAEL LINARES GARCÍA-VALDECASAS Y D. ANTONIO GIL CRUJERA PROFESORES DEL
DEPARTAMENTO DE ANATOMIA Y EMBRIOLOGIA HUMANA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS
DE LA SALUD DE LA UNIVERSIDAD REY JUAN CARLOS**

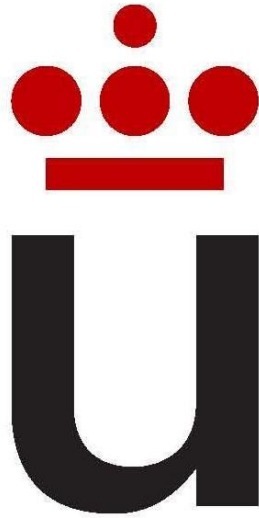
C E R T I F I C A N:

Que el proyecto de tesis doctoral titulado *“Influencia de la práctica deportiva en la integración sensorial en niños: evaluación estabilométrica”*, ha sido realizado bajo nuestra dirección por la diplomada en Fisioterapia, Dña. Stella Maris Gómez Sánchez, y reúne todos los requisitos científicos y formales para ser presentado y defendido ante el tribunal correspondiente.

Y para que así conste a todos los efectos, firmamos el presente certificado en Madrid, a uno de marzo de dos mil trece.

***Fdo.: Dr. D. Rafael Linares García-
Valdecasas***

Fdo.: Dr. Antonio Gil Crujera



**Influencia de la práctica deportiva en la
integración sensorial en niños: evaluación
estabilométrica**

Tesis doctoral

Stella Maris Gómez Sánchez

Departamento de Anatomía y Embriología Humana.

Facultad de Ciencias de la Salud. Universidad Rey Juan Carlos

Directores de Tesis:

Dr. Rafael Linares García - Valdecasas

Dr. Antonio Gil Crujera

Agradecimientos

Una tesis doctoral es un proyecto arduo y lleno de dificultades. Al llegar a su término es inevitable la sensación de júbilo y éxito pero no me gustaría finalizar este trabajo sin expresar mis agradecimientos a todas aquellas personas que han contribuido en su desarrollo.

En primer lugar quiero agradecer a mis dos directores de tesis, el Dr. Rafael Linares, por aceptar realizar esta tesis doctoral bajo su dirección así como por ofrecerme sus consejos y amplia experiencia no sólo en el desarrollo de esta investigación, sino en el día a día. Y al Dr. Antonio Gil, quien ha corregido minuciosamente este trabajo y cuyas sugerencias y correcciones han contribuido a mejorarlo.

Debo de agradecer de manera especial a la Dra. M^a Angustias Palomar y al Dr. Rafael Linares por brindarme su confianza y ofrecerme la oportunidad de dedicarme a la docencia e investigación.

Quiero expresar también mi agradecimiento a los doctores José Delcán, Antonio Gil y Silvia Ambite, por su contribución y participación activa en las valoraciones.

A la Dra. Inés Rivas por sus sugerencias y correcciones en la redacción del trabajo.

A los doctores César Fernández y Ricardo Ortega por su asesoramiento sobre estadística.

A todos los que son y han sido mis compañeros del departamento de Anatomía y Embriología Humana con quienes he pasado muy buenos momentos. Con todos tengo una buena relación pero quiero destacar a la Dra. Silvia Ambite y al Dr. Antonio Gil por su incansable disposición a ayudarme.

Agradecer de igual manera a los profesores y directivos de los colegios que han participado en el proyecto por su paciencia e inmensa colaboración durante la realización de las valoraciones.

A toda mi familia, en especial a mis padres, Juan Antonio y Stella, quienes se han esforzado siempre en ofrecerme lo mejor y me han enseñado que con perseverancia y constancia se logra cualquier objetivo; y a mi hermana Sandra, por su apoyo y ánimo en todos los momentos de mi vida.

A César, por estar siempre a mi lado con su incondicional apoyo.

Y finalmente no me puedo olvidar de todas aquellas personas que de una manera u otra han aportado su granito de arena en mi desarrollo tanto profesional como personal.

***A veces sentimos que lo que hacemos es tan solo una gota
en el mar, pero el mar sería menos si le faltara una gota***

Madre Teresa de Calcuta (1910 – 1997)

Resumen

Objetivo: Evaluar la influencia de la actividad física en las oscilaciones posturales en niños y niñas sanos, así como los factores que pueden influir en el mantenimiento de la estabilidad postural.

Métodos: Se incluyeron 39 niños y niñas que no realizaban deporte de manera regular y 44 niños y niñas que realizaban deporte al menos dos horas a la semana. En ambos grupos se evaluó la estabilidad postural mediante estabilometría. Dicha evaluación se realizó en condiciones normales (sobre el suelo de la plataforma) y en condiciones alteradas mediante la interposición de una gomaespuma entre la plataforma y los pies.

Resultados: Los niños/as que realizaban deporte mostraron: (a) mejores puntuaciones en la estabilometría con ojos abiertos en condiciones normales ($p < 0,05$) y en condiciones alteradas ($p < 0,05$); (b) mayor visuo-dependencia para el mantenimiento de la estabilidad postural en condiciones alteradas ($p < 0,05$). En la evaluación por sexos las niñas mostraron: (a) mejores resultados estabilométricos y menores oscilaciones posturales que los niños en condiciones alteradas ($p < 0,05$) independientemente de la realización de actividad física; (b) menores oscilaciones posturales que los niños en ambos grupos en condiciones alteradas ($p < 0,05$); (c) menor dependencia visual que los niños para el mantenimiento de la estabilidad en el grupo que realizaba deporte en condiciones alteradas ($p < 0,05$). La comparación de los datos obtenidos con ojos abiertos y cerrados mostró: (a) menores oscilaciones posturales con los ojos abiertos en ambos grupos y en condiciones normales ($p < 0,05$); (b) menores oscilaciones posturales con los ojos abiertos en ambos grupos y en condiciones alteradas ($p < 0,001$).

Conclusión: Nuestros resultados sugieren que la actividad física no sólo permite una mejor integración de las aferencias sensoriales encargadas de mantener la estabilidad postural en los niños y niñas, sino que además aceleraría el proceso de maduración sensorial. En el sexo femenino se observa una maduración más temprana de dichos sistemas. A su vez, el captor visual parece ejercer un rol primordial en el mantenimiento de la estabilidad postural tanto en niños/as deportistas como en niños/as no deportistas.

Contenidos

1. INTRODUCCIÓN.....	17
1.1. Postura y equilibrio	
1.1.1. Definición y estudio de la postura	
1.1.2. Mecánica del movimiento. Estabilidad y equilibrio	
1.1.3. Variables que determinan el equilibrio y la estabilidad	
1.1.3.1. Centro y línea de gravedad	
1.1.3.2. Centro de masas	
1.1.3.3. Base de sustentación, límite de estabilidad y centro de presiones	
1.1.4. Control postural y estabilidad postural	
1.1.5. Control neurológico	
1.1.6. Organización y control del movimiento	
1.1.7. Aferencias sensoriales	
1.1.7.1. Aferencia visual	
1.1.7.2. Aferencia vestibular	
1.1.7.3. Aferencia cutánea	
1.1.7.4. Aferencia muscular	
1.1.7.5. Aferencia estomatognática	
1.2. Equilibrio en los niños	
1.2.1. Evolución y maduración del equilibrio	
1.3. Equilibrio en el deporte	
1.4. Plataformas de estabilometría	
2. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO.....	53
3. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS DE TRABAJO.....	57
3.1. Hipótesis de trabajo	
3.2. Objetivos del trabajo	
4. MATERIAL Y MÉTODOS.....	61
4.1. Población	
4.1.1. Criterios clínicos	
4.1.2. Criterios de exclusión	
4.1.3. Grupo control	
4.2. Procedimientos éticos	
4.3. Equipos de valoración	
4.3.1. Análisis estabilométrico	

4.4. Variables de estudio	
4.4.1. Variables independientes o descriptoras	
4.4.2. Variables dependientes o de resultado	
4.5. Protocolo de actuación y recogida de datos	
4.6. Análisis estadístico	
5. RESULTADOS.....	75
5.1. Características de la muestra	
5.2. Homogeneidad de los grupos	
5.3. Variables estabilométricas (de resultado) Vs grupos (control y estudio)	
5.3.1. Prueba con ojos abiertos y cerrados	
5.3.2. Prueba con gomaespuma: ojos abiertos y cerrados	
5.3.3. Índice de Romberg	
5.4. Variables estabilométricas Vs sexo	
5.4.1. Prueba con ojos abiertos y cerrados	
5.4.2. Prueba con gomaespuma: ojos abiertos y cerrados	
5.4.3. Índice de Romberg	
5.5. Niños Vs grupos (control y estudio). Niñas Vs grupos	
5.5.1. Prueba con ojos abiertos y cerrados	
5.5.2. Prueba con gomaespuma: ojos abiertos y cerrados	
5.5.3. Índice de Romberg	
5.6. Grupos Vs sexo	
5.6.1. Prueba con ojos abiertos y cerrados	
5.6.2. Prueba con gomaespuma: ojos abiertos y cerrados	
5.6.3. Índice de Romberg	
5.7. Ojos abiertos Vs Ojos cerrados	
5.7.1. Grupo a estudio (deporte) Vs grupo control (no deporte)	
5.7.1.1. Prueba sin gomaespuma	
5.7.1.2. Prueba con gomaespuma	
5.7.2. Sexo	
5.7.2.1. Prueba sin gomaespuma	
5.7.2.2. Prueba con gomaespuma	
5.7.3. Grupos y sexo	
5.7.3.1. Prueba sin gomaespuma	
5.7.3.2. Prueba con gomaespuma	
5.8. Tablas de resultados	

6. DISCUSIÓN.....	129
6.1. Factores que pueden modificar los registros estabilométricos	
6.2. Valores en función de la actividad física	
6.3. Valores en función del género	
6.4. Valores en función de la apertura de ojos y la presencia de gomaespuma	
6.5. Limitaciones y líneas de investigación futuras	
7. CONCLUSIONES.....	143
8. BIBLIOGRAFÍA.....	147
9. ANEXOS.....	165

INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Postura y equilibrio

1.1.1 *Definición y estudio de la postura*

La postura ha sido definida desde múltiples campos y perspectivas, siendo objeto de numerosos estudios dentro de diversas disciplinas como la biomecánica, la teología, la antropología o la patología.

La Real Academia de la Lengua, define postura como: “planta, acción, figura, situación o modo en que está puesta una persona, animal o cosa” (RAE, 2001). Son muchos los autores que, en las últimas décadas, se han interesado acerca de la postura bípeda característica del ser humano y sus repercusiones, dando lugar a infinidad de definiciones. De este modo, desde un punto de vista físico, Caturla (2001) define la postura como una actitud del cuerpo que es mantenida, o puede mantenerse, porque se crea una situación de equilibrio entre la fuerza de la gravedad y las propias fuerzas de soporte. En esta misma línea, Miralles (2005), la define como la posición de todo el cuerpo o de un segmento del cuerpo en relación con la gravedad; Humphreys (2008) como la configuración del sistema musculoesquelético en el logro de las actividades de la vida diaria en contra de las fuerza de la gravedad y Geoffrey (2001) como la posición relativa de los diferentes segmentos corporales respecto a sí mismos (sistema coordinado egocéntrico), el ambiente (sistema coordinado exocéntrico), o al campo gravitatorio (sistema coordinado geocéntrico).

De estas definiciones se desprende que para mantener la posición de los segmentos corporales en relación con la gravedad, es necesario un equilibrio entre las fuerzas musculares antigraavitatorias y la gravedad. Esta descripción conlleva entonces un concepto dinámico de la postura en donde se hace imprescindible el control de la actividad neuromuscular (Miralles, 2005).

El sistema postural va a asegurar principalmente dos funciones (Massion et al., 1997):

- El mantenimiento de una posición constante (equilibrio) en presencia de la gravedad.
- Relación del cuerpo con su entorno: la posición y la orientación de los segmentos corporales son imprescindibles para calcular la posición del cuerpo en relación al mundo exterior.

La postura, por tanto, permite al individuo afianzarse en el medio en que se desenvuelve para poder actuar (Hernández, 1987), manteniéndose en una posición erecta y oponiéndose a las fuerzas exteriores como la gravedad (Bricot, 2008). Referirse a la postura no debería hacernos

pensar en un concepto estático o de no actividad, ya que la postura se relaciona más con una acción motriz que con la actitud o mantenimiento de una posición determinada (Lázaro, 2000).

El estudio de la postura viene de lejos, de hecho, cómo el hombre se mantiene de pie, se estudia desde hace más de cien años. Se encuentran referencias desde la época de Hipócrates y Galeno (Flórez-Tascón, 1996) hasta en libros de estudios sobre salud del siglo XVI en España como el publicado en 1553 por Cristóbal Méndez en donde se escribió sobre la importancia del ejercicio para la salud, incluyendo la salud postural (Méndez, 1998). Ya en 1853, Romberg analizó la influencia de la visión y aportó sus conocimientos sobre la propiocepción en el mantenimiento de la postura. Años más tarde, Babinsky, 1899, analizaba las relaciones existentes entre los componentes articulares de tronco, caderas y piernas en la función del mantenimiento del equilibrio. Asimismo, en 1907 y 1910, Sherrington aportaba datos sobre el tono muscular y su influencia en el equilibrio. Ya en 1940, Sherrington establece que “la postura erecta es un reflejo postural amplio y compuesto de una serie de acciones, en las que el elemento fundamental es la contracción muscular contra la aceleración de la gravedad...”.

En sus estudios, Thomas y Ajuriaguerra (1948), comienzan a relacionar el tono postural con el movimiento pero es en la década de los cincuenta donde se plantean los principios de la primera plataforma posturográfica recogiendo las oscilaciones de los sujetos en bipedestación. Así, en 1955, Baron et al., describieron las desviaciones del eje corporal mediante la utilización de un estatocinesiómetro, y sus relaciones con la actividad tónica postural. Además, mencionan la posibilidad de tratamiento de ciertas inestabilidades mediante prismas que modificaban la percepción óculo-motriz, evidenciando la importancia del sistema visual como aferencia y su estrecha relación con la propiocepción.

Posteriormente aparecen autores como Fukuda (1959 a y b; 1961), que estudió la posición erguida y estática del hombre como postura de referencia para la preparación del gesto y elaboró el test de Fukuda o “del pisoteo”, demostrando un aumento de tono muscular del lado del giro de la cabeza.

Sin embargo, no es hasta los años ochenta donde se observa un cambio significativo de las publicaciones sobre posturología, creándose distintas corrientes: por un lado el Modelo Neurofisiológico, basado en el estudio del tono postural y la idea de la existencia de un “sistema postural fino” que se encarga de la regulación de pequeñas descargas de la actividad muscular fásica que controlan los desplazamientos del centro de Gravedad, típico de la Escuela Francesa (Gagey & Weber, 2001). Por otro lado, el Modelo Mecánico Neurocom de Nashner (Nashner et al., 1982) quien ideó y desarrolló el sistema de posturografía computerizada para

conocer la habilidad que tiene el sujeto para utilizar las informaciones vestibular, visual y somatosensorial, y la contribución relativa de cada una de éstas al equilibrio global. Realizó estudios clínicos junto a Black (1984) y fundó su propia compañía (NeuroCom) en 1986 para comercializarla.

Además, también se ha introducido el modelo Psicosomático, el cual introduce en la valoración aspectos emotivos y aspectos psicológicos de la postura, sosteniendo, desde el campo de los estilos cognitivos (McWhinnie, 1970) que la vida emotiva y la postura se encuentran íntimamente relacionadas.

En los últimos tiempos, son múltiples los estudios que han demostrado que la postura no puede considerarse como una alineación estática de los diferentes segmentos corporales (Da Cunha, 2001), considerándola inestable por sí misma (Miralles, 2005), requiriendo una regulación neuronal continua.

No hay que olvidar que somos sistemas físicos, oscilantes y dependientes de la fuerza de la gravedad, por eso, en el mantenimiento postural se van a ver implicados diferentes parámetros relacionados con la mecánica de los cuerpos.

1.1.2 Mecánica del movimiento. Estabilidad y equilibrio

Las oscilaciones corporales y las ejecuciones de movimientos suponen dos de los factores más importantes a tener en cuenta cuando se realizan estudios sobre las condiciones de equilibrio, cobrando también gran relevancia en el área deportiva (Chapman et al., 2008).

La mecánica es la ciencia encargada del estudio y análisis de los movimientos de los cuerpos bajo la acción de las diferentes fuerzas que actúan sobre ellos. Se considera al cuerpo humano como una máquina, por lo que cada uno de sus movimientos se va a regir por las leyes de la mecánica, en la que nos basaremos para las descripciones de los conceptos básicos relacionados con el mantenimiento del equilibrio.

Las fuerzas que determinan los movimientos humanos son de origen interno o externo. De las fuerzas internas, la acción muscular es la más relevante, mientras que entre las fuerzas externas destaca la fuerza de la gravedad por su constancia, uniformidad y dirección invariable (Guillén, 2002).

La estabilidad y el equilibrio son dos conceptos que se suelen usar indistintamente aunque tienen significados diferentes.

En términos mecánicos, un cuerpo se encuentra en equilibrio cuando, como lo manifiesta la primera ley de Newton, permanece en reposo o con velocidad constante y uniforme (Le Veau, 1991). Podemos entonces definir el equilibrio como la capacidad para asumir y sostener cualquier posición corporal en contra de la acción de la gravedad (Guillén, 2002). Desde el punto de vista de la Física, el equilibrio está relacionado con las fuerzas que actúan sobre un cuerpo (Izquierdo, 2008), considerando dos tipos principales de equilibrio (Izquierdo, 2008; Trew, 2006; Guillén, 2002): equilibrio estático, si la resultante de todas las fuerzas que actúan sobre el cuerpo es igual a cero; y equilibrio dinámico, si el cuerpo se desplaza con velocidad lineal constante.

Para determinar si un cuerpo se encuentra equilibrado, se tienen que cumplir dos premisas (Izquierdo, 2008): todas las fuerzas que actúan sobre el cuerpo se deben anular entre sí para que la resultante sea cero; y todos los momentos de fuerza que actúan sobre el cuerpo deben sumar cero. Según estas condiciones, el equilibrio admite dos posibilidades: un cuerpo sólo puede encontrarse en una situación de equilibrio o de desequilibrio. Ya que es un concepto que no permite discriminar de forma sensible, no resulta útil para analizar las posturas corporales. Sin embargo, el concepto de estabilidad sí que nos permite una mayor discriminación. Entendemos por estabilidad a la capacidad de los cuerpos de mantener el equilibrio (Izquierdo, 2008); considerando que un cuerpo se encuentra en equilibrio estable si tras aplicarle una fuerza y desviarse de su posición de equilibrio, regresa a ella; si después de ser desplazado y desviarse de su posición de equilibrio, no vuelve a ella, el equilibrio es inestable; y si mantiene el equilibrio en cualquier posición, será un equilibrio indiferente o neutro (Trew & Everett, 2006; Le Veau, 1991).

El concepto de estabilidad implica movimiento, tal y como demostraron autores como Hellebrandt (1944) o Winter (1997), quienes concluyeron que la posición de bipedestación es en realidad un movimiento sobre una base fija, existiendo una oscilación como fruto del control postural. Estas oscilaciones posturales constantes muestran que no existe un estado de estabilidad, sino que estamos ante una constante actividad de estabilización para compensar el desequilibrio anterior al que estamos sometidos en bipedestación debido a la ubicación anterior de la línea de gravedad y el predominio de la masa corporal en los dos tercios superiores del cuerpo (Gagey & Weber, 2001). Para entender este constante mecanismo compensatorio se ha descrito durante muchos años el modelo de péndulo invertido (Nashner, 1971; Winter et al, 1997; Pilat, 2003) cuyo eje de rotación sería el tobillo (Figura 1).

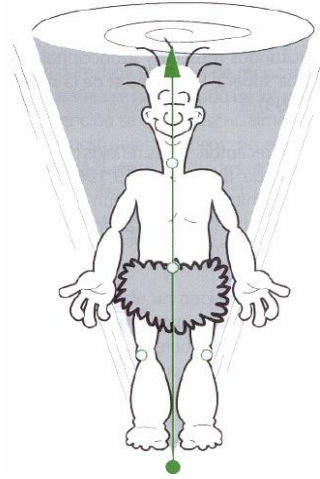


Figura 1. Representación de péndulo invertido (Pilat A. Terapias miofasciales: Inducción miofascial. Madrid. Mc Graw Hill, 2003).

La estabilidad de un cuerpo va a estar condicionada por diferentes variables que se describirán a continuación y entre las que destaca la localización de la fuerza de la gravedad con respecto a su base de apoyo, ya que para que un objeto o cuerpo sea estable, la línea de gravedad debe ubicarse dentro de la base de apoyo dado que en caso contrario, el cuerpo tendería a desequilibrarse (Izquierdo, 2008; Trew & Everett, 2006; Le Veau, 1991).

1.1.3 Variables que determinan el equilibrio y la estabilidad.

1.1.3.1 Centro y línea de gravedad

Se considera centro de Gravedad, CDG (COG según sus siglas en inglés, Centre of Gravity) al punto en el que se concentra todo el peso de un cuerpo. Esta definición implica que, partiendo desde el CDG, tenemos la misma cantidad de peso hacia craneal que hacia caudal, hacia un lado que hacia otro, hacia ventral que hacia dorsal. Y por tanto, se puede considerar al CDG como un punto de equilibrio (Izquierdo, 2008).

La mayoría de los autores coinciden en que el CDG se sitúa, en posición anatómica, a la altura de la segunda vértebra sacra (Trew & Everett, 2006; Pilat, 2003; Genot et al., 2000). Sin embargo, ante cualquier cambio de esta posición o movimiento, el CDG sufrirá modificaciones (Frankel & Nordin, 1980), e incluso podría desplazarse fuera del cuerpo (Figura 2).

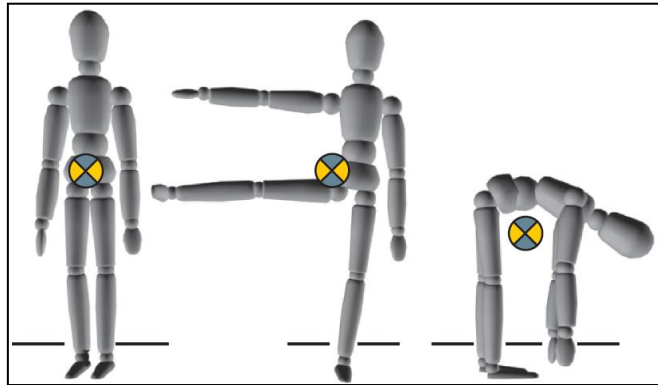


Figura 2. El centro de Gravedad es el punto medio del peso. Desplazando los segmentos corporales, se modifica el centro de Gravedad (Izquierdo M. Biomecánica y Bases Neuromusculares de la Actividad Física y el Deporte. Madrid: Médica Panamericana, 2008).

Además, se ha demostrado que la propia localización del CDG varía en función de la estructura corporal, la edad y el sexo. Autores como Guillén (Guillén & Linares, 2002) afirman que el CDG de un varón adulto se localiza aproximadamente a un 56-57% de su altura total, mientras que el de la mujer se localiza a un 55%, coincidiendo con autores que realizaron experimentos anteriores relacionados con el CDG como Hellenbrandt (Hellenbrandt, 1944; Hellenbrandt & Franseen, 1943) o Croskey et al., 1992. Otros autores como Zatsiorsky (2002), calcularon la altura del CDG en diferentes deportistas, concluyendo que en patinadores de velocidad se localizaba al 55,8% de la altura de los sujetos, mientras que en remeros al 56,9% de su estatura.

En niños y adolescentes, Guillén indica que el CDG se encuentra más alto que en los adultos por el tamaño desproporcionado de su cabeza y tórax, así como por la relativa brevedad de sus miembros inferiores.

Resulta obvio e imprescindible, por tanto, tener en cuenta el CDG y sus modificaciones en los estudios de estabilidad y equilibrio posturales.

Un concepto muy relacionado con el CDG, es la línea de Gravedad (LDG), conocida como la proyección del CDG sobre el suelo y descrita mediante una línea perpendicular al suelo que discurre a través del CDG (Trew & Everett, 2006). En bipedestación, esta línea se proyecta aproximadamente cinco centímetros por delante de la articulación del tobillo (Guillén, 2002) (Figura 3).

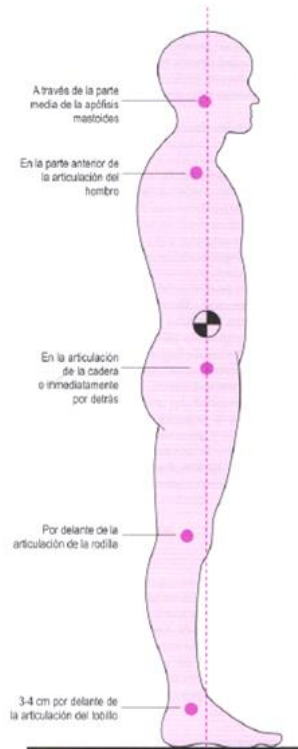


Figura 3: LDG correspondiente a una persona en bipedestación (Trew M, Everett T. Fundamentos del movimiento humano. 5ª ed. Barcelona, Masson; 2006).

La LDG resulta determinante para la estabilidad ya que una persona en bipedestación está en equilibrio mientras la LDG (y por consiguiente, el CDG) se encuentre dentro de la base de sustentación (Izquierdo, 2008; Miralles, 2005; Bienfait, 2001).

1.1.3.2 Centro de masas

El concepto de centro de masas (CM) está muy relacionado con el CDG puesto que se considera CM al punto medio en donde se localiza toda la masa del cuerpo. El CDG depende de cómo se reparte el peso, mientras que el CM depende de cómo se reparte la masa. La masa es una magnitud invariable mientras que la gravedad sí que varía dependiendo de dónde se mida (por ejemplo en la Tierra o en Luna) y afectará al peso. Sin embargo, habitualmente estos dos conceptos se usan indistintamente debido a que, en condiciones normales, la aceleración de la gravedad es constante y por consiguiente, el CM y el CDG coinciden en el mismo punto (Izquierdo, 2008) (Figura 4).

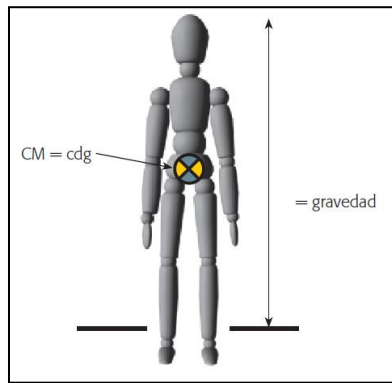


Figura 4. La gravedad afecta al cuerpo humano por igual en todos sus segmentos coincidiendo con el CM (Izquierdo M. Biomecánica y Bases Neuromusculares de la Actividad Física y el Deporte. Madrid: Médica Panamericana, 2008).

1.1.3.3 Base de sustentación, límite de estabilidad y centro de presiones

Se considera base de sustentación (BS) o base de apoyo (BDA), al área encerrada al unir los puntos de apoyo más externos, que en el caso del cuerpo humano lo constituye el apoyo de los pies (Izquierdo, 2008). Modificando la posición de los pies o usando apoyos externos (como por ejemplo unas muletas), cambiaremos la forma y el tamaño de la base de sustentación (Figura 5).

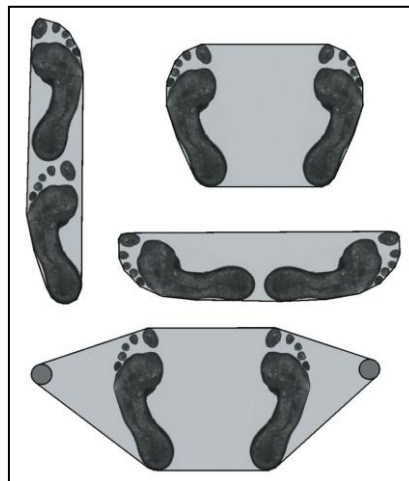


Figura 5. Modificaciones en la base de sustentación dependiendo de la posición de los pies (extraído de Izquierdo M. Biomecánica y Bases Neuromusculares de la Actividad Física y el Deporte. Madrid: Médica Panamericana, 2008).

Teóricamente, podríamos ser capaces de desplazar la LDG hasta el borde de la BS y continuar siendo estables, sin embargo, es un hecho muy complejo dado que se requiere una fuerza muscular muy intensa a nivel de los tobillos. Por este motivo, surge el concepto de límite de estabilidad (Trew & Everett, 2006), que corresponde al área limitada en la que los sujetos pueden desplazar la LDG en unos márgenes seguros sin comprometer la estabilidad (Figura 6).

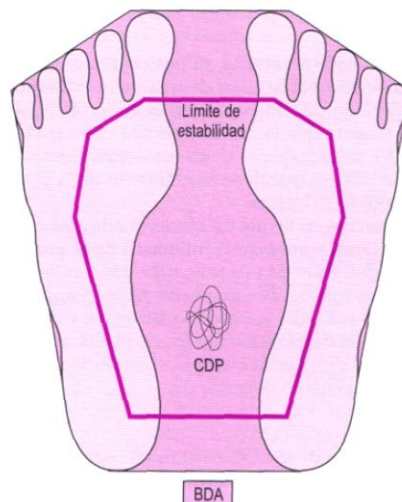


Figura 6. Representación de la BS, límite de estabilidad y centro de presiones (Trew M, Everett T. Fundamentos del movimiento humano. 5ª ed. Barcelona, Masson; 2006).

Esta BS va tener una relación primordial con el CDG, estabilidad y el equilibrio (Izquierdo, 2008) debido a que, como ya se ha comentado anteriormente, la clave para evitar desequilibrarse radica en mantener la proyección del CDG (línea de gravedad) dentro de la BS, siendo más inestables cuanto más nos acerquemos al límite de estabilidad. En el instante en el que nos salgamos de la BS nos desequilibraremos. (Figura 7). En este sentido, autores como Shumway-Cook et al, (2007) definen la estabilidad o equilibrio postural como el control de la proyección del CDG en relación a la BS.

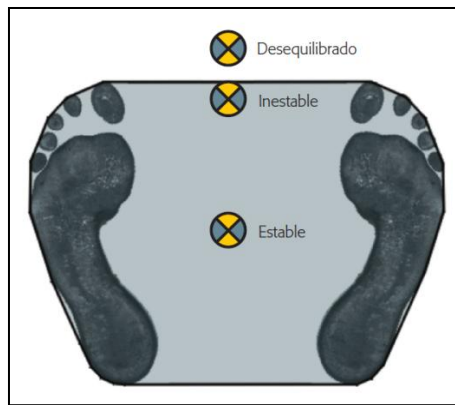


Figura 7. Relación de la BS y línea de gravedad (Izquierdo M. Biomecánica y Bases Neuromusculares de la Actividad Física y el Deporte. Madrid: Médica Panamericana,

Un concepto muy ligado a los anteriores es el centro de presión, CDP (COP según sus siglas en inglés, Centre of Pressure) que se define como la zona donde confluyen el total de fuerzas aplicadas a la superficie de soporte, es decir, el punto de aplicación de la fuerza de reacción del suelo.

Manteniendo una posición de bipedestación y de manera estática, el CDP se localiza en el interior de la BS y del límite de estabilidad, localizándose a unos pocos centímetros por delante de la articulación del tobillo y variando con diferentes amplitudes dependiendo de la oscilación de la persona (Trew & Everett, 2006) (Figura 6).

1.1.4 Control postural y estabilidad postural

El concepto de control postural abarca diversos aspectos, como la estabilidad en posiciones estáticas, la percepción de la orientación espacial y el alineamiento corporal, el control del equilibrio en anticipación y durante el movimiento (locomoción o cambios en la postura) y la respuesta a perturbaciones de origen sensorial o mecánico (Horak, 1997). El control postural entonces implica una interacción del individuo con las tareas y el entorno, controlando la posición del cuerpo en el espacio con el doble propósito de proporcionar orientación postural y estabilidad postural (Deliagina et al., 2007).

La orientación postural es la habilidad para mantener una correcta relación entre los segmentos corporales, el cuerpo y el entorno, así como mantener una determinada actividad sirviéndose de las múltiples referencias sensoriales disponibles (gravedad, superficie de apoyo, entorno visual, etc). Se basa en la interpretación de la información proveniente de los sistemas somatosensorial, vestibular y visual (Granit & Burke, 1973; Horak, 2006; Deliagina et al., 2007).

Por otro lado, la estabilidad postural se define como la habilidad para mantener la posición corporal, en concreto el centro de masa corporal (equivalente al CDG), dentro de los límites de seguridad. Implica la coordinación de las estrategias sensoriomotrices para estabilizar el CDG durante los movimientos corporales y los desequilibrios ocasionados por las fuerzas externas (Deliagina et al., 2007).

Ahora bien, el objetivo final del control postural es mantener el equilibrio ortostático disponiendo de diferentes tácticas para mantener la estabilidad que variarán en función del tipo de aferencias disponibles (Guidetti, 1989), de las condiciones externas y de la edad de los sujetos (Nashner & Cordo, 1981). Se ha demostrado en pacientes con lesiones cerebelosas (Nashner, 1971) que éstos eran incapaces de realizar cambios adaptativos en el proceso de control postural, por lo que se asume que es adaptativo y requiere un control cerebeloso.

El mantenimiento postural se lleva a cabo por la interacción de un sistema continuo de aferencias y eferencias mediante un control fino que recoge las variaciones más insignificantes de las diferentes posiciones del cuerpo en relación a su entorno. Para dicho mantenimiento, este sistema de control postural, necesita la presencia de exocaptadores (como el ojo, oído y pie) y endocaptadores (propiocepción de los músculos del raquis, miembros inferiores, músculos oculomotores y/o articulación temporomandibular).

Para mantener nuestro control postural en cualquier situación, estos sistemas deben integrarse y coordinarse de manera meticulosa (Ying-Shuo et al., 2009).

1.1.5 Control neurológico

La forma en la que el sistema nervioso central (SNC) se organiza dentro del ajuste postural queda definida clásicamente por la regla del desvío de Magnus (Granit & Burke, 1973): “en todo momento, y ante cualquier cambio postural o movimiento, el SNC responde organizando una respuesta de ajuste postural o motora según la alineación de los componentes musculoesqueléticos”.

En el control postural van a intervenir múltiples estructuras del SNC (Pompeiano, 1994), aunque el tronco cerebral, el cerebelo, los ganglios de la base y los hemisferios cerebrales a nivel del área motora suplementaria y del lóbulo parietal derecho van a constituir los centros principales (Figura 8).

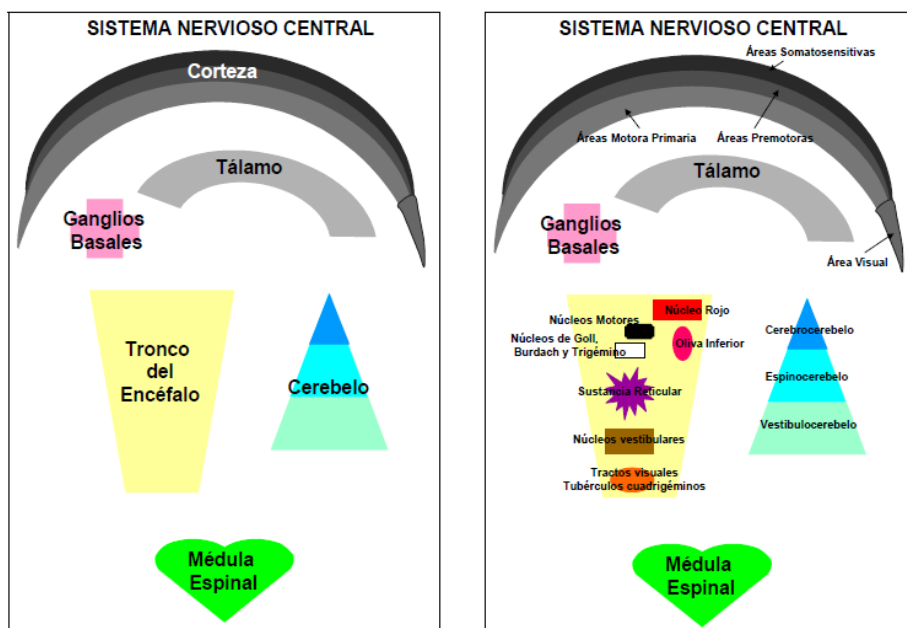


Figura 8: SNC y núcleos del SNC (Martín AM. Prevención de las caídas en personas mayores a partir del tratamiento fisioterápico del desequilibrio postural. Tesis Doctoral, Universidad de Salamanca, 2007).

La corteza cerebral constituye el principal centro para el control del movimiento humano siendo su principal acción la planificación y ejecución de actividades motoras complejas (Trew & Everett, 2006). Jacobs & Horak, 2007, sugieren que el córtex cerebral también se encuentra implicado en el cambio de las respuestas posturales influidas por alteraciones cognitivas, condiciones iniciales sensoriales y motrices así como la experiencia previa.

Los ganglios (o núcleos) basales están constituidos por un conjunto de núcleos (putamen, núcleo caudado, núcleo pálido, núcleos subtalámicos, sustancia negra, núcleo rojo, núcleo intersticial de Cajal y oliva bulbar) que se encuentran en la profundidad del encéfalo (Trew & Everett, 2006). Reciben información sensitiva y motora desde toda la corteza cerebral así como del tronco de encéfalo y de la médula espinal (Crossman & Neary, 2007), por lo que van a estar estrechamente asociados a la corteza cerebral y al sistema corticoespinal (Acebes et al., 1996). Los núcleos basales facilitan la conducta y el movimiento voluntario además de inhibir los movimientos no deseados (Crossman & Neary, 2007) desempeñando un papel esencial en el inicio selectivo de la mayoría de las actividades corporales (Trew & Everett, 2006). Así, la vía ganglios basales-córtex se va a encargar de preseleccionar y optimizar las respuestas posturales basadas en el contexto del desequilibrio (Visser & Bloem, 2005).

El cerebelo va a ser indispensable en la regulación del movimiento ya que controla el mantenimiento del equilibrio, postura y tono muscular para coordinar el movimiento de manera inconsciente (Crossman & Neary, 2007). El cerebelo no inicia las actividades motoras pero es imprescindible en la planificación, intermediación, corrección, coordinación y predicción de las actividades motoras, especialmente en lo que se refiere a los movimientos rápidos o aprendidos teniendo una importancia clave en el control postural y equilibrio actuando conjuntamente con el tronco encefálico (Trew & Everett, 2006). En el proceso de aprendizaje y adquisición de habilidades motoras el cerebelo también es relevante (Houk et al., 1997).

Las funciones del tronco encefálico relacionadas con el sistema motor están en relación con el soporte del cuerpo frente a la gravedad, la generación de movimientos groseros y estereotipados del cuerpo, así como el mantenimiento del equilibrio. Todas estas funciones se consiguen gracias a la asociación entre la sustancia reticular, el cerebelo, los ganglios basales y las regiones corticales.

La médula espinal (y los nervios espinales asociados) tienen una gran importancia funcional. El área de integración de los reflejos espinales y de otras funciones motoras automáticas corresponde al área gris de la médula. Además, también contiene los circuitos necesarios para la realización de movimientos más sofisticados y de ajustes posturales (Trew & Everett, 2006). En definitiva, en la médula espinal se encuentran programados los patrones locales de movimiento para todas las áreas musculares del cuerpo (Acebes et al., 1996).

1.1.6 Organización y control del movimiento

Los sistemas motores poseen tres niveles principales de control (Kandel et al., 2001): la médula espinal, el tronco encefálico y el prosencéfalo (Figura 9).

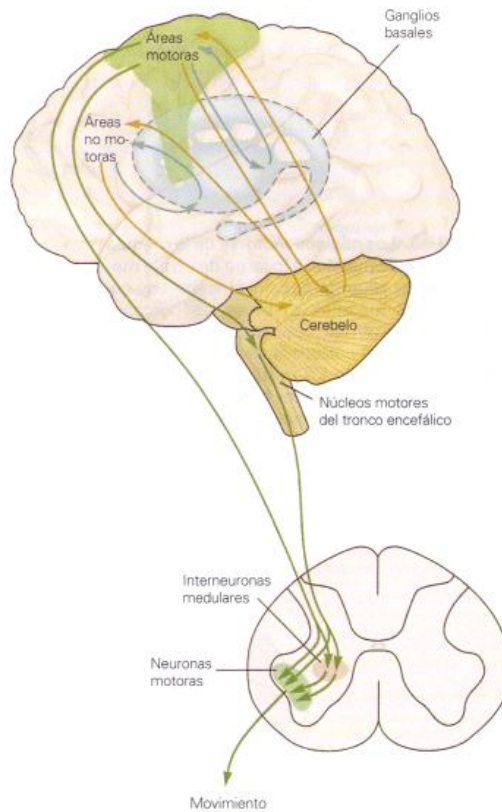


Figura 9: Niveles de control motor (Kandel ER, Schwartz JH, Jessel TM. Principios de neurociencia. 4ª edición, Madrid: McGraw-Hill Interamericana, 2001).

Las áreas motoras de la corteza cerebral pueden influir en la médula directamente o a través de los sistemas descendentes del tronco encefálico. Estos tres niveles de control reciben aferencias sensitivas además de ser influenciados por los dos sistemas subcorticales independientes: los ganglios basales y el cerebelo (los ganglios basales y el cerebelo actúan sobre la corteza cerebral mediante núcleos de relevo ubicados en el tálamo).

Para realizar un movimiento voluntario todas estas estructuras tienen que trabajar en común para obtener un resultado óptimo por lo que van a ser necesarios una serie de complejos procesos que se resumen en la figura 10 (Trew & Everett, 2006).

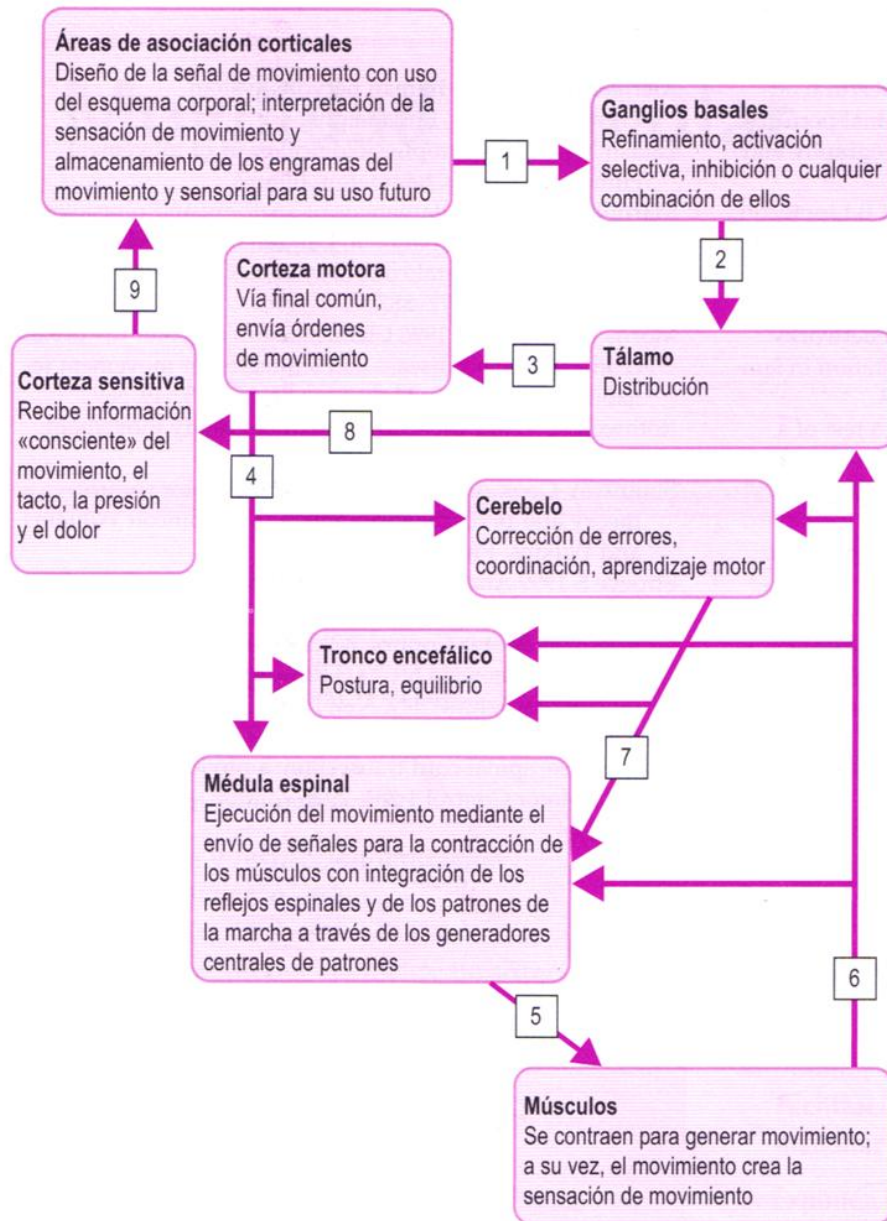


Figura 10: Procesos de control para el movimiento voluntario (Trew M, Everett T. Fundamentos del movimiento humano. 5ª ed. Barcelona, Masson; 2006).

Tal y como se puede observar en el esquema, las áreas de asociación corticales desempeñan un papel primordial en el diseño y la planificación de los movimientos voluntarios. Las señales procedentes de las áreas corticales se dirigen hacia los ganglios basales para los procesos de refinamiento y activación selectiva de los movimientos o inhibición de movimientos inadecuados (o ambos). A su vez, el tálamo forma parte de los circuitos de los ganglios basales que envía impulsos hacia la corteza motora (considerada como la vía final común). De manera simultánea, la corteza motora envía impulsos al cerebelo, tronco de encéfalo y médula espinal.

El cerebelo compara esta información con la proveniente de la periferia (aferecias sensoriales); el tronco encefálico mantiene el control postural y los impulsos que llegan a la médula espinal activan la musculatura de manera individual o grupal según las necesidades. La sensación de movimiento junto con el resto de aferencias sensoriales se envía entonces al SNC de tal manera que esta información sensitiva se utiliza por las diferentes estructuras nerviosas: la médula espinal integra los reflejos medulares y el control de la marcha, el tronco encefálico controla la postura y el equilibrio y el cerebelo compara el movimiento. Una vez que las aferencias llegan al tálamo, se distribuyen hacia la corteza. Las experiencias sensitivas entonces se interpretan por las diferentes áreas de asociación corticales y los movimientos memorizados se almacenan para el diseño y planificación de otros movimientos futuros.

1.1.7 Aferencias sensoriales

En la estabilización postural van a intervenir diferentes sistemas que tienen que conducir la información procedente del medio interno o externo al SNC mediante vías aferentes que discurren por los nervios craneales y espinales, el SNC integra la información y efectúa una respuesta adecuada mediante efectores somáticos (Crossman & Neary, 2007).

La estabilidad postural en ortostatismo principalmente va a requerir el procesamiento cerebral de estímulos del sistema visual, vestibular y somatosensorial (Figura 11).

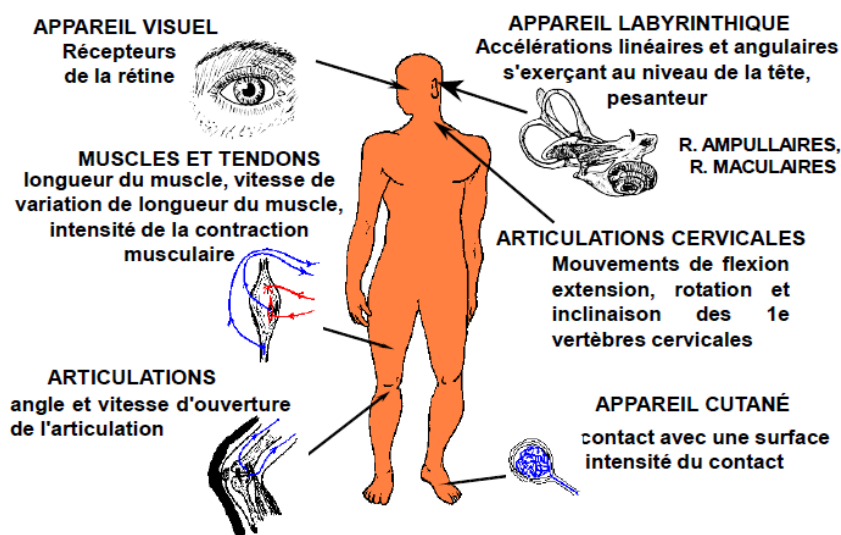


Figura 11: Sistemas sensoriales implicados en la estabilización postural (Dupui PH, Montoya R. Approche physiologique des analyses posturographiques statiques et dynamiques, Physiologie, Techniques, Pathologies. In: Dupui Ph, Montoya R, Lacour M (ED). Posture et Equilibre, Solal, Marseille, 2003. Pp 13-29).

1.1.7.1 Aferencia visual

Se considera a la visión como la más desarrollada y versátil de todas las modalidades sensoriales hasta tal punto que podría afirmarse que es de la que más depende el ser humano (Crossman & Neary, 2007). Los receptores sensoriales visuales se pueden dividir en dos categorías: receptores visuales de la retina (Figura 12) y propioceptores visuales (Figura 13).

Los fotorreceptores de la retina (los conos y los bastones) recogen las informaciones visuales que a través de la vía óptica se proyectan en la corteza visual primaria del lóbulo occipital, donde se produce la percepción visual (Dupuy & Montoya, 2003; Crossman & Neary, 2007). En la fóvea (o retina central) sólo se encuentran conos proporcionando información sobre la forma de los objetos fijados y sobre su movimiento en relación al entorno. En la periferia (retina periférica) predominan los bastones (Crossman & Neary, 2007). La visión periférica funciona en estrecha relación con el sistema vestibular para dar información sobre los movimientos cefálicos y los movimientos del cuerpo en relación al entorno (Horak, 2006; Snell, 2007).

Estas informaciones provenientes de los receptores de la retina permiten la orientación en el espacio mediante referencias visuales de verticalidad y gracias a la retina periférica se percibe el movimiento en el espacio tridimensional (siendo informados de la posición de los diferentes segmentos corporales y de la posición del cuerpo en el espacio). (Dupuy & Montoya, 2003).

A esta modalidad sensorial puramente visual hay que añadir la información propioceptiva de los músculos oculomotores (Figura 13). Estos músculos, cuya misión principal es la de movilizar los globos oculares, contienen propioceptores (husos neuromusculares y órgano tendinoso de Golgi) que informan al SNC de la posición exacta del globo ocular dentro de la órbita. Estos receptores poseen un importante papel en los movimientos combinados ojos-cabeza-cuello de tal forma que existe una estrecha relación entre la visión y la propiocepción muscular del cuello para el mantenimiento postural (Bove et al, 2009).

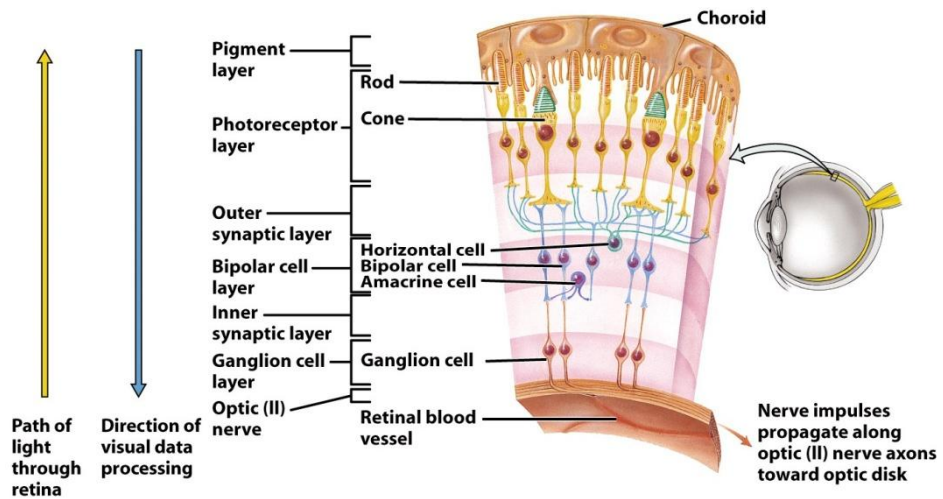


Figura 12: Estructura microscópica de la retina (Principles of Anatomy and Physiology. 11ª ed, 2006. John Wiley & Sons).

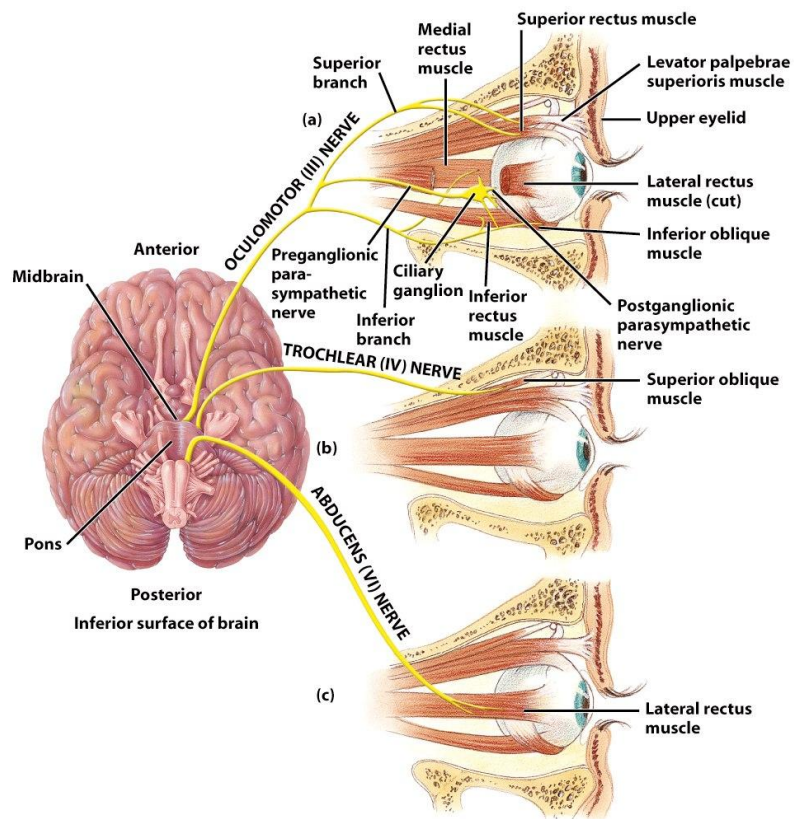


Figura 13: Musculatura oculomotora (Principles of Anatomy and Physiology. 11ª ed, 2006. John Wiley & Sons).

En algunos movimientos no se requiere la participación de la visión para su ejecución y control pero en todos los movimientos que exigen una gran precisión, su papel es determinante. Cuando se produce la anulación del sistema visual, la precisión y coordinación de los movimientos disminuye (Calderón & Legido, 2002).

Las informaciones visuales por tanto, juegan un papel indispensable en la orientación y en el equilibrio postural (Amblard & Carblanc, 1980; Straube et al., 1994; Rougier et al., 2003) siendo indispensable también en el deporte, en donde se ha demostrado la dependencia del sistema visual para el mantenimiento postural independientemente de la disciplina deportiva practicada (Calavalle et al., 2008). Existen, además, evidencias de que pueden desarrollarse alteraciones del ortostatismo en casos de estrabismo (Oie et al., 2002; Lakie & Loram, 2006).

1.1.7.2 Aferencia vestibular

Los órganos sensoriales implicados en el equilibrio se localizan en el vestíbulo y en los conductos semicirculares. El aparato vestibular está situado en el oído interno (figura 14) y posee dos tipos de receptores: los órganos otolíticos (utrículo y sáculo, situados en el vestíbulo) que son sensibles a los cambios de posición de la cabeza y a las aceleraciones lineales por lo que están implicados en el equilibrio estático (Thibodeau & Patton, 2007) (Figura 15); y los canales semicirculares, orientados en los tres planos del espacio (uno sagital, uno frontal y otro horizontal). Estos últimos, son sensibles a la aceleración angular y actúan en las rotaciones de la cabeza (Dupui et al., 2003) por lo que están implicados en el equilibrio dinámico (Thibodeau & Patton, 2007). (Figura 16).

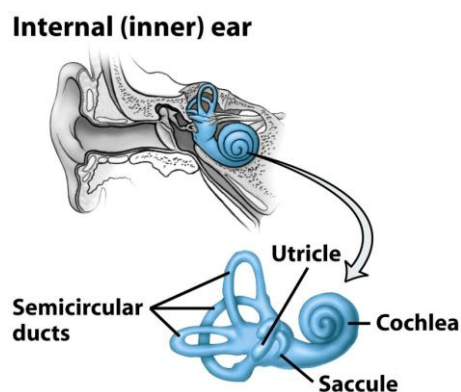


Figura 14: Aparato vestibular (Principles of Anatomy and Physiology. 11ª ed, 2006. John Wiley & Sons).

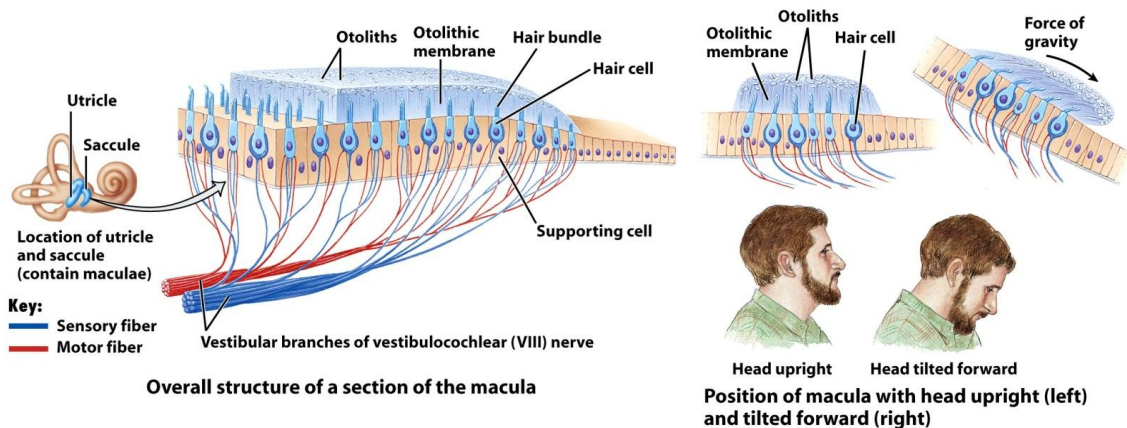


Figura 15: Localización y estructura de los receptores de los órganos otolíticos (Principles of Anatomy and Physiology. 11ª ed, 2006. John Wiley & Sons)

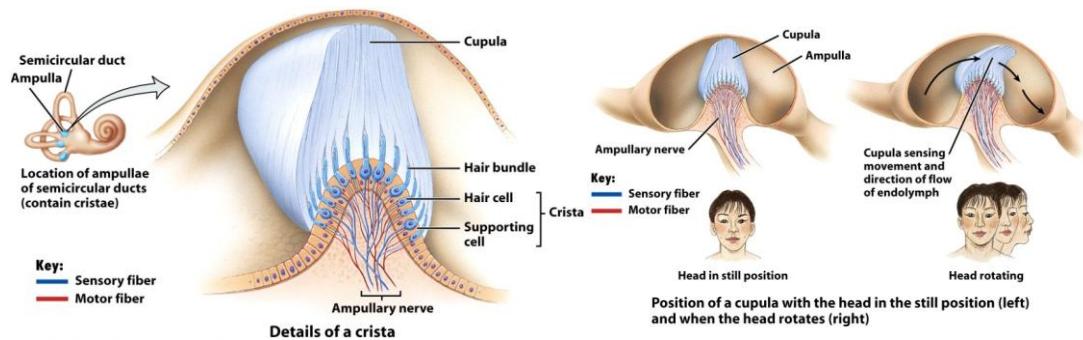


Figura 16: Localización y estructura de los conductos semicirculares (Principles of Anatomy and Physiology. 11ª ed, 2006. John Wiley & Sons)

Las aferencias vestibulares se distribuyen hacia los núcleos vestibulares del tronco de encéfalo y cerebelo, donde van a converger con las informaciones visuales (Vitte et al., 1993), estabilizando la mirada en respuesta a las rotaciones de la cabeza y extremidades ante un desequilibrio (Maurer et al., 2000).

La determinación del umbral perceptivo de estos receptores del sistema vestibular ha sido objeto de estudio. Algunos autores discuten la capacidad de este sistema de informar sobre la orientación vertical del cuerpo en ausencia de movimiento. En particular, Walsh, en 1973 consideraba que ninguno de los dos sistemas son lo suficientemente sensibles como para intervenir en el control de la postura ortostática y más recientemente, Gagey & Weber, 2001, afirmaban que los conductos semicirculares no intervienen en el control de la postura

ortostática debido a que los fenómenos que ocurren para su mantenimiento, se producen por debajo de su umbral de percepción.

Sin embargo, Winter et al., 1990, calcularon las aceleraciones cefálicas ocasionadas por el mantenimiento de la postura ortostática confirmando el supuesto papel de estos receptores en la postura ortostática.

1.1.7.3 Aferencia cutánea

El grupo de la sensibilidad cutánea es heterogéneo debido a la diferente naturaleza de los receptores cutáneos y a las diferentes fibras nerviosas aferentes. A excepción de los nociceptores y los termorreceptores, la mayoría de las aferencias cutáneas corresponden a mecanorreceptores, que responden a la presión y las vibraciones, y se encuentran en relación con fibras aferentes mielínicas (fibras de velocidad de conducción rápidas) (Dupui & Montoya, 2003).

Los mecanorreceptores se pueden clasificar en dos tipos: de adaptación rápida y de adaptación lenta. La piel posee dos tipos de mecanorreceptores de adaptación rápida: los corpúsculos de Meissner y de Paccini (Figura 17). A los primeros también se les denomina táctiles y son de localización superficial (interviniendo en el tacto superficial y respondiendo a vibraciones de baja frecuencia). Por otro lado, los corpúsculos de Paccini se encuentran en la dermis profunda de la piel y responden rápidamente a sensaciones de presión profunda, vibración de alta frecuencia y estiramiento.

Asimismo encontramos dos tipos de mecanorreceptores de adaptación lenta: los discos de Merkel y los corpúsculos de Ruffini (figura 17). El disco de Merkel se encuentra superficial en la epidermis de la piel y está implicado en el tacto superficial o discriminativo. A los corpúsculos de Ruffini se les considera una variante de los corpúsculos de Meissner, se localizan más profundamente y median sensaciones de tacto grosero y persistente (Thibodeau & Patton, 2007).

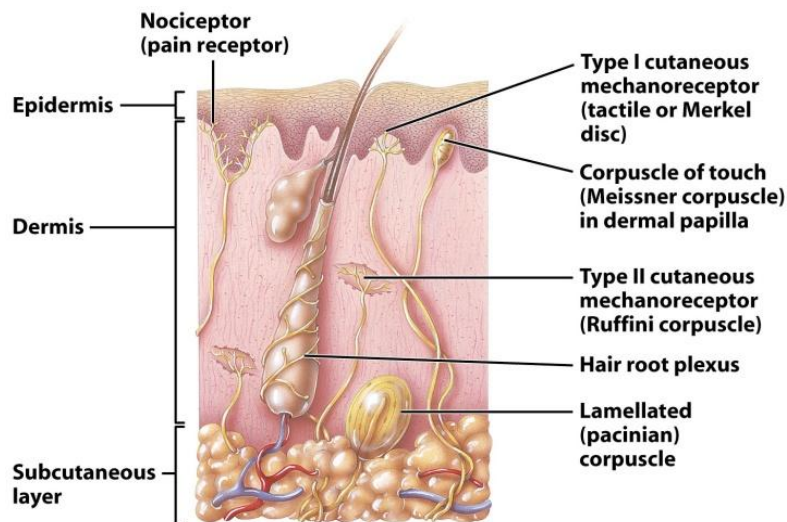


Figura 17: Estructura y localización de los receptores sensitivos de la piel y el tejido celular subcutáneo (Principles of Anatomy and Physiology. 11ª ed, 2006. John Wiley & Sons)

Las informaciones recogidas por los mecanorreceptores se transmiten por el sistema lemniscal medial viajando por las fibras aferentes miélicas que ascienden por el cordón posterior ipsilateral de la médula espinal hasta el bulbo. En el bulbo, los axones de las neuronas bulbares se decusan para terminar en el tálamo del lado opuesto. Una vez en el tálamo, las neuronas sensitivas terciarias conducen la información a la circunvolución parietal ascendente, el área somatosensitiva (figura 18). Algunas fibras sensitivas de la vía lemniscal emiten fibras colaterales a la sustancia gris de la médula, la formación reticular o los núcleos del tronco cerebral, incluyendo los núcleos vestibulares (Dupui & Montoya, 2003; Thibodeau & Patton, 2007).

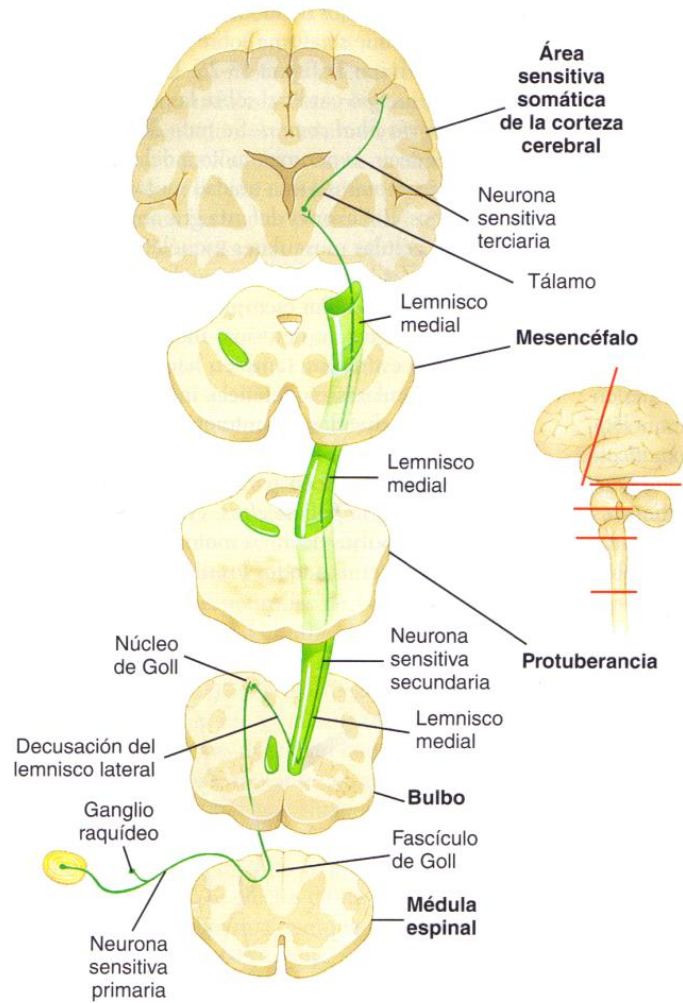


Figura 18: Vía del sistema lemniscal medial (Thibodeau GA, Patton KT. Anatomía y fisiología. 6ª ed. Madrid, Elsevier, 2007).

Los mecanorreceptores plantares, sobre todo los corpúsculos de Paccini, proporcionan información al SNC sobre la posición del cuerpo en relación al soporte y a la fuerza de la gravedad, permitiendo detectar las variaciones de la superficie de soporte y adaptar, en consecuencia, los reflejos de equilibración (Dupui & Montoya, 2003).

1.1.7.4 Aferencia muscular

Las aferencias musculares provienen de los receptores de estiramiento (propioceptores) ubicados en los músculos y tendones. Este tipo de receptores posee un papel primordial en el mantenimiento y regulación del tono muscular (Dupui & Montoya, 2003).

Los dos tipos de receptores que encontramos son los husos neuromusculares y el órgano tendinoso de Golgi (figura 19) que transmiten la información relativa a la longitud y fuerza muscular.

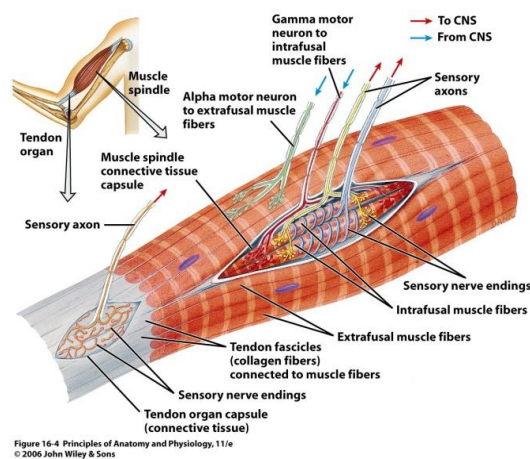


Figura 19: Localización husos neuromusculares y órgano tendinoso de Golgi (Principles of Anatomy and Physiology. 11ª ed, 2006. John Wiley & Sons).

El huso neuromuscular se localiza en el interior de los músculos y es sensible a los cambios de longitud del mismo, siendo el principal responsable del reflejo miotático (Figura 20).

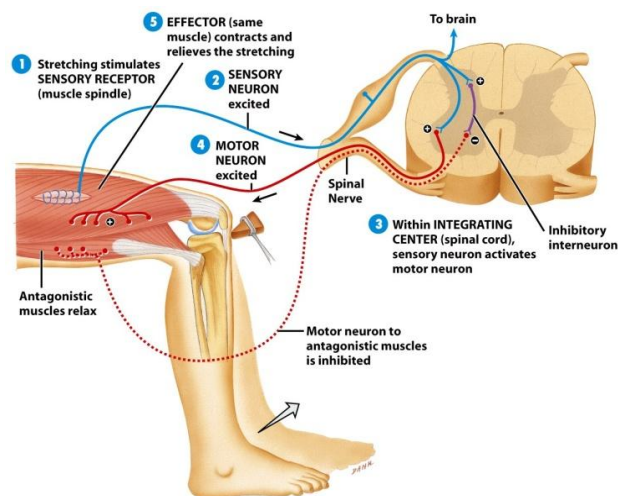


Figura 20: Reflejo miotático (Principles of Anatomy and Physiology. 11ª ed, 2006. John Wiley & Sons)

El órgano tendinoso de Golgi se localiza en el punto de unión entre el tejido muscular y el tendón. Se estimula mediante una contracción o un estiramiento excesivo del músculo, provocando una respuesta de relajación (reflejo miotático inverso o reflejo tendinoso) (Figura 21).

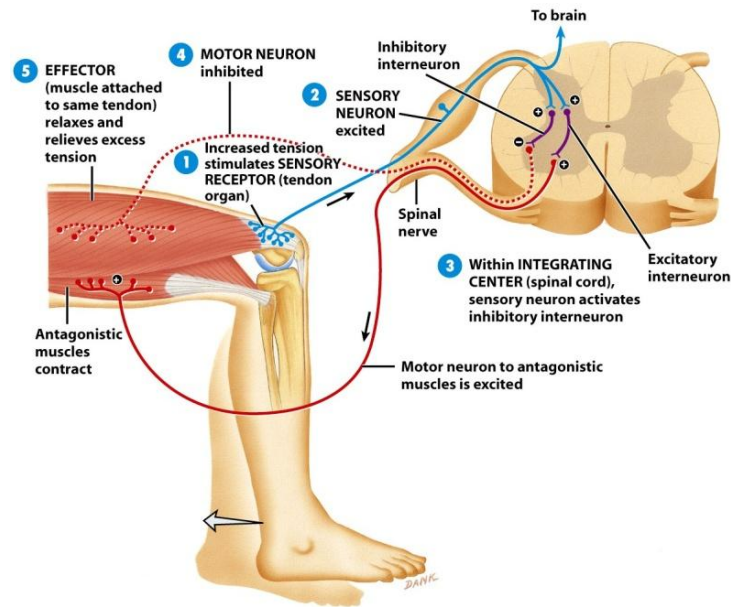


Figura 21: Reflejo miotático inverso (tendinoso) (Principles of Anatomy and Physiology. 11ª ed, 2006. John Wiley & Sons)

Los propioceptores ubicados en el raquis cervical juegan un papel indispensable (Bove et al, 2009) en la regulación de los movimientos ojos-cabeza-cuello debido a su estrecha relación con los propioceptores de la musculatura oculomotora que informan constantemente de la dirección de la mirada.

1.1.7.5 Aferencia estomatognática

En la esfera orofacial existen un gran número de receptores sensoriales que podemos clasificar en varias categorías (Milani et al., 2000): receptores dentales, de la cavidad bucal, de la articulación temporomandibular, de los músculos masticatorios, de la faringe, laringe y cutáneos de la cara.

Estos receptores envían las informaciones al SNC mediante los nervios trigémino y glossofaríngeo (Norton, 2007)(Figuras 22 y 23).

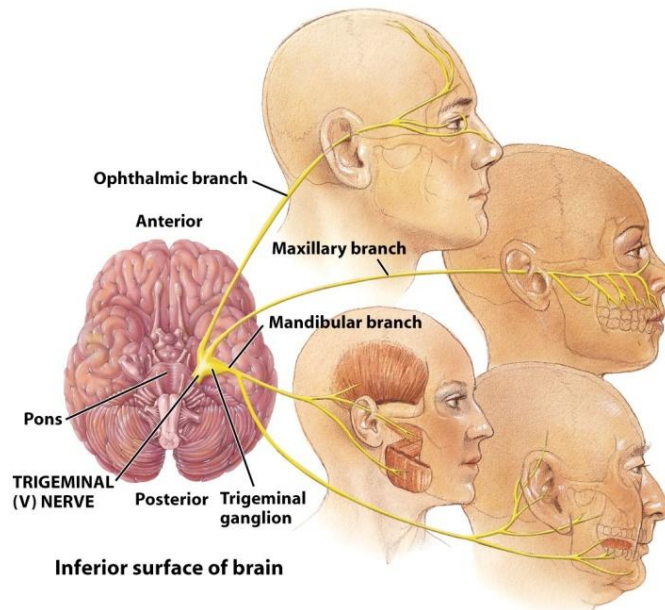


Figura 22: Nervio trigémino (Principles of Anatomy and Physiology. 11ª ed, 2006. John Wiley & Sons)

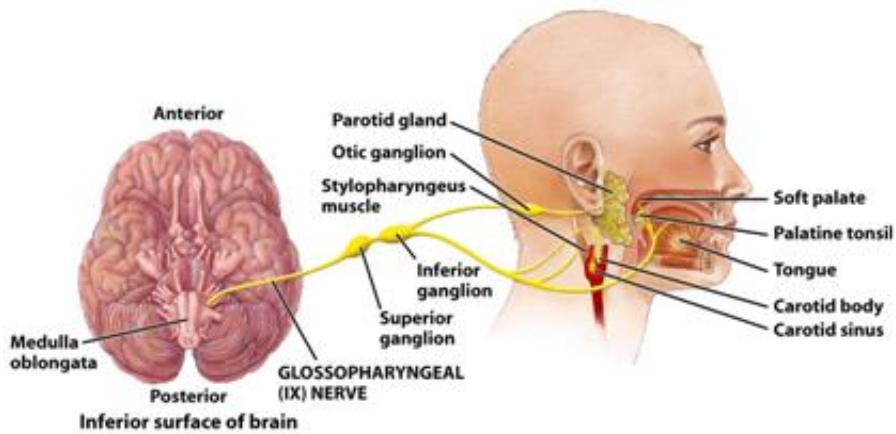


Figura 23: Nervio glossofaríngeo (Principles of Anatomy and Physiology. 11ª ed, 2006. John Wiley & Sons)

Existen numerosas evidencias científicas de la influencia de las alteraciones del sistema estomatognático en el control de la postura y el equilibrio (Palano et al., 1994; Chessa et al., 2001; Monzani et al., 2003; Gil, 2010). En todos ellos se evidencian alteraciones posturales y del equilibrio cuando existe una afectación cráneo-mandibular.

1.2 Equilibrio en los niños

1.2.1 Evolución y maduración del equilibrio

Tal y como expuso Claparède en 1937, el niño no es un adulto en miniatura y su mentalidad es cuantitativa y cualitativamente diferente a la de un adulto, por lo que los niños no son solo más pequeños, sino totalmente diferentes y por eso no podemos extrapolar los datos de los adultos a los niños. Si bien es cierto que tanto los niños como los adultos utilizan las informaciones del sistema visual, vestibular y propioceptivo para mantener su estabilidad postural, se ha demostrado que la manera en la que se integra esta información y las estrategias utilizadas difiere durante la ontogénesis (Assaiante & Amblard, 1995). Al nacer, el hombre es un ser inmaduro, donde su progresiva estructuración estará marcada por un desarrollo de la motricidad y de la sensibilidad, con el fin de adaptarse a las nuevas situaciones requeridas. Desde el período fetal hasta la organización motriz de un adulto, el sistema nervioso se encuentra bajo grandes modificaciones morfológicas y funcionales para conseguir una maduración individual. Esta maduración, específica de cada individuo, es fruto de las transformaciones progresivas moduladas por la experiencia (Mesure & Lamendin, 2001).

El aprendizaje permite la construcción de nuevas redes adaptativas que aseguran el control de la acción teniendo en cuenta el estado del sistema musculoesquelético y el mundo exterior. Nuestra actividad está suscitada, orientada y guiada por las informaciones recogidas de nuestros órganos sensoriales. De hecho, el cerebro y los captos sensitivos se van perfeccionando según se van desarrollando y madurando. Todo esto se concibe gracias a la idea de una construcción sensorial y motriz evolutiva. Esta evolución, por una parte ontogénica y por otra constructiva en función de la experiencia vivida, es el resultado de la elaboración progresiva y apropiada del organismo para satisfacer las diferentes demandas. Desde un punto de vista ontogénico, existe una alternancia en la dominancia sensorial que depende del contexto ambiental (Woollacott et al., 1986). Esta dominancia parece corresponder a los diferentes períodos críticos en la vida del niño. Todas estas etapas ontogénicas, refuerzan la idea del aprendizaje sensorial ligado a fenómenos de entrenamiento y adaptación. (Mesure & Lamendin, 2001).

La transición más significativa en el desarrollo motor ocurre en la primera década de la vida (Roncesvalles et al., 2001; Ferdjallah et al., 2002). En el desarrollo eficiente del control postural en los niños, no sólo va a influir el crecimiento propio de la edad, sino que existe un factor muy importante que es la interacción con el entorno (Roncesvalles et al., 2001).

Los niños, al contrario que los adultos, se encuentran en constante evolución y están sometidos a diferentes tipos de desarrollo (cognitivo, psicomotor y social). Todos estos conceptos y fenómenos son de gran interés ya que afectan al proceso de control motor. Es el aspecto motor el que cobra mayor interés para el clínico ya que las alteraciones posturales pueden estar relacionadas con características antropométricas (Peterson et al., 2006) como el peso o la altura (Balogun et al., 1997). Muchos estudios muestran que el equilibrio parece tener una evolución favorable con la edad puesto que las oscilaciones posturales disminuyen desde la niñez hasta la etapa adulta (Odenrick & Sandstedt, 1984; Riach & Hayes, 1987; Peterka & Black, 1990; Hytonen et al., 1993; Sakaguchi et al., 1994; Kirshenbaum et al., 2001), siendo el control postural en los niños menos eficaz que en los adultos. Estudios sobre el desarrollo del equilibrio muestran la marcada diferencia de los niños respecto a los adultos, especialmente en la estabilización segmentaria que ocurre a nivel de la cabeza, tronco y pelvis (Assaiante & Amblard, 1993 y 1995; Assaiante et al., 2005).

La importancia de las funciones cognitivas en la integración y organización sensorial también han sido muy estudiadas (Shumway-Cook & Woollacott, 2000), de tal manera que la selección de la estrategia apropiada para mantener la estabilidad no depende exclusivamente de las demandas externas sino de la maduración neural y la experiencia.

De los tres sistemas sensoriales que rigen el control postural, se cree que la entrada propioceptiva es la que tiene mayor impacto en las oscilaciones corporales (Fitzpatrick & McCloskey, 1994) mientras que el sistema vestibular parece ser el menos efectivo en el control postural (Ionescu et al., 2006; Ferbert-Viart, 2007). Para Colledge et al., 1994, la propiocepción posee un rol mayor en la estabilización de la postura en cualquier tramo de edad. De hecho, otros muchos estudios (Hytonen et al., 1993; Schmitz et al., 2002; Olivier et al., 2007) recalcan la importancia del sistema propioceptivo en el control postural de los niños. Respecto a la relevancia del sistema visual existe controversia. La mayoría de los autores (Shumway-Cook & Woollacott, 1985; Wiener-Vacher et al., 1996; Bucci et al., 2004; Ionescu et al., 2006; Ferber-Viart et al., 2007), considera que, en el control postural de los niños, predominan las entradas visuales sugiriendo que son las preferidas por éstos para mantener su estabilidad. Como ejemplo, citar a Ferber-Viart et al., 2007, que usando posturografía dinámica computerizada en niños de 6 a 14 años mostraron que los niños a esta edad obtenían unos resultados menores de equilibrio que los adultos de manera más significativa en ausencia de visión (con los ojos cerrados). En concordancia con estos autores Anoh-Tanon et al., 2000, demuestran que los desórdenes oculares en los niños suelen ser los responsables de alteraciones del equilibrio. Sin embargo, hay estudios (Riach & Starkes, 1989) que sugieren que en el plano antero-posterior

los niños (sobre todo los más pequeños) obtienen una menor capacidad para utilizar la información propioceptiva visual para reducir el balanceo debido a una menor habilidad que los adultos para fijar visualmente (sin embargo este hallazgo se reduce con la edad). Y en esta misma línea, Segovia, 2009, obtiene mejores resultados estabilométricos en las pruebas con ojos cerrados frente a las pruebas realizadas con los ojos abiertos en una población infantil.

Respecto a la edad de maduración de los tres sistemas no existe un claro consenso, pero lo que parece evidente es que a la edad de los doce años el equilibrio estático se encuentra aún en desarrollo y no es hasta aproximadamente esta edad cuando se consiguen registros similares a los de los adultos (Steindl et al, 2006; Cumberworth et al., 2006; Ferber-Viart et al., 2007; Ying-Shuo et al., 2009). Charpiot et al., 2010 concluyen que la sensación somestésica es la primera función en madurar mientras que las funciones vestibulares y visuales maduran progresivamente hasta por lo menos los doce años de edad. En este sentido, otros autores como Steindl et al., 2006, también apoyan la idea de la existencia de un progreso en el desarrollo del control del equilibrio en la infancia y la adolescencia de tal forma que concluyen que la función propioceptiva parece madurar a los tres o cuatro años de edad mientras que los sistemas visual y vestibular alcanzaron el nivel de los adultos a los quince-dieciséis años de edad, en concordancia con los resultados obtenidos años antes por Hirabayashi & Iwasaki, 1995, quienes sostienen que el desarrollo y la calibración de los tres subsistemas sensoriales (visual, vestibular y propioceptivo) ocurren de manera secuencial.

En relación a la diferencia por sexos, habitualmente se hipotetiza y asume que entre los niños deben existir diferencias de género respecto a la estabilidad postural debido a la maduración más temprana en las niñas del sistema neurológico: visual, vestibular y propioceptivo (Cratty, 1970). Efectivamente hay autores que encuentran diferencias significativas a favor de un mejor control de la estabilidad por parte de las niñas (Steindl et al., 2006; Mickle et al., 2011), otros encuentran simplemente una tendencia de mejor equilibrio también en las niñas (Riach & Hayes, 1987; Kirshenbaum et al., 2001; Laughton et al., 2003); otros (Siegel et al., 1991) no encontraron diferencias significativas entre ambos sexos u obtuvieron una estabilidad más rápida en los niños aunque partiendo de una inestabilidad inicial mayor (Riach & Hayes, 1987).

Finalmente, el equilibrio es el resultado de un aprendizaje en base a un programa establecido según la especie. Este aprendizaje puede sobrepasar, incluso, las normas de la especie gracias al entrenamiento motor, como es evidente en muchos deportistas o acróbatas (Hadj-Djilani, 1993). Y ante un desequilibrio, el niño tarda más que un adulto en reaccionar de forma adecuada, ya sea por el propio proceso de maduración del sistema del equilibrio como por la

falta de información para poder prever dicha reacción, proyectando un control de la situación que se adquiere con la propia experiencia (Berger et al., 1992).

1.3 Equilibrio en el deporte

El equilibrio tiene una importancia relevante dentro del ámbito deportivo por las múltiples situaciones que requieren esta capacidad y porque de él depende buena parte del éxito para la realización de la técnica específica que requiere cualquiera de los deportes individuales o colectivos. Por ejemplo, un golfista necesita una buena estabilización para mantenerse a una correcta distancia de la bola así como para realizar el golpe (Stem et al., 2001), los tiradores olímpicos necesitan una buena estabilidad para no fallar el blanco (Monone et al., 2007), los gimnastas requieren un gran control de sus estabilidad y de su CDG para trabajar con los diferentes aparatos (Gautier et al., 2008) o un corredor de velocidad debe estabilizarse en cada pisada.

En la bibliografía, son muchos los ejemplos que podemos encontrar acerca de la importancia del equilibrio en el deporte (Tlili et al., 2004; Davlin, 2004; Paillard & Noe, 2006; Gioftsidou et al., 2006; Owen et al., 2006; Paillard et al., 2006; Philippaerts et al., 2006; Hrysomallis 2007; Gerbino et al., 2007; Thorpe, 2008).

El entrenamiento del equilibrio se ha usado clásicamente dentro de los programas de rehabilitación, sobre todo en lesiones de tobillo (Hrysomallis 2007), relacionándose una habilidad del equilibrio escasa con el incremento de sufrir lesiones en esta articulación. En el ámbito deportivo, se utiliza continuamente el entrenamiento del equilibrio con el fin de prevenir lesiones del miembro inferior (Söderman et al., 2000; McGuine & Keene 2006), incluso, considerando al equilibrio como un parámetro predictor de las lesiones deportivas (McGuine et al., 2000; Söderman et al., 2000; Hrysomallis 2007).

Por ello, resulta indispensable la investigación de la estabilidad postural en el deporte no sólo para recuperar o prevenir lesiones, sino también para hacernos una idea del desarrollo de las estrategias posturales específicas de cada deporte (Perrin et al, 2002; Vuillerme & Nougier, 2004; Paillard et al., 2006).

Distintos estudios avalan que las características del equilibrio postural pueden ser medidas mediante el centro de presiones (Perrin et al., 2002; Bizid & Paillard, 2006; Paillard & Noé, 2006; Gerbino et al., 2007), siendo la estabilometría una prueba útil para las investigaciones de la estabilidad postural en diferentes grupos deportivos (Golomer et al., 1998), considerándola como una prueba orientadora en la determinación y clasificación de los talentos deportivos, en

especial, dentro de un mismo deporte (Segovia, 2009). Por ejemplo, Bressel et al., 2007, valoraron jugadoras de baloncesto, futbolistas y gimnastas, observando que las futbolistas y gimnastas tenían el mismo grado de estabilidad estática y dinámica mientras que las jugadoras de baloncesto tenían menor equilibrio estático que las gimnastas y menor equilibrio dinámico que las futbolistas. Asimismo parece evidente que el nivel de entrenamiento y competición puede influir en el control postural. Debu & Woollacott, 1988, estudiaron a gimnastas de diferentes edades y nivel de entrenamiento concluyendo que las respuestas posturales varían según el entrenamiento. Crémieux & Mesure, 1994, encontraron diferencias significativas en las oscilaciones de judokas novatos y más entrenados. En estudios más recientes (Paillard et al., 2002), se ha encontrado una mayor relevancia de la información visual en los judokas internacionales frente a los regionales y nacionales. En el caso de futbolistas, obtuvieron una mejor estabilidad los jugadores de fútbol nacionales frente a los regionales (Paillard et al., 2006), incluso se encontraron diferencias en las actividades posturales entre los jugadores defensores y atacantes (Bizid & Paillard, 2006).

Parece ser que la actividad física contribuiría a desarrollar o mantener la eficiencia de los reflejos neurosensoriales implicados en el control postural generando una respuesta motora más apropiada (Gauchard et al., 2003; Mergner et al., 2003, 2005; Blüme et al., 2006; Maurer et al., 2006).

1.4 Plataformas de estabilometría

El desarrollo del control del equilibrio en humanos en las diferentes etapas de la vida está siendo objeto de interés científico (Shumway-Cook & Woollacott, 1985; Assaiante & Amblard, 1995; Nougier, 1998; Kirshenbaum, 2001; Steindl, 2006; Mallau, 2010). Como ya se ha descrito, se sabe que el control postural comprende una compleja tarea multisensorial basada principalmente en las informaciones vestibulares, visuales y propioceptivas. Tal y como se ha expuesto anteriormente, el ser humano en bipedestación siempre está oscilando para mantener la estabilidad y el registro global de estas oscilaciones sólo se aprecia de manera instrumental.

Las primeras evaluaciones instrumentales para valorar la postura del hombre datan de 1860 con los trabajos de Vierordt (citados por Gagey, 2004), que años más tarde (1890) fundó la primera escuela de posturología en Berlín. La posturología intenta resolver el problema que ya en el siglo XIX se planteaba Charles Bell: “¿Cómo un ser humano mantiene la postura de pie o inclinada contra la fuerza de un viento que le sopla encima?”. Es en este siglo XIX donde el papel de la mayoría de los captos que contribuyen al mantenimiento de la estabilidad

postural estaba ya descubierto por numerosos investigadores del campo de la fisiología, neurología, medicina, etc. Destacar a Romberg, que evidenció la importancia de la visión; Longet la propiocepción de la musculatura paravertebral; Flourens la influencia del sistema vestibular y Sherrington el “sentido” muscular (Bricot, 2008). En esta línea, la estabilometría permite valorar la influencia de estos captosres en la estrategia postural que utiliza el ser humano para el mantenimiento de la postura bípeda mediante el registro de la fuerza resultante del CDP.

Según la American Academy of Neurology (AAN, 1993), la estabilometría tiene como objetivo apreciar la calidad del sistema de regulación postural de los sujetos en posición ortostática.

La plataforma de fuerzas está compuesta por una superficie rígida de tamaño variable (dependiendo del fabricante y del modelo), constituida por varios transductores (o sensores) que transforman las fuerzas aplicadas sobre la superficie en señales eléctricas. El ordenador ofrece de manera instantánea la posición del CDP ya que midiendo la fuerza y los momentos ejercidos en la plataforma, se puede deducir las coordenadas del centro de presión y seguir sus variaciones (Estrade, 2009).

La estabilometría por tanto, mide la estabilidad (no el equilibrio) de los individuos ya que los reduce a un punto, pudiendo definir de manera objetiva la posición media del CDG, así como los movimientos pequeños que pueda sufrir alrededor de esta posición. Se admite que, en las oscilaciones a baja frecuencia (como en el equilibrio estático), las oscilaciones del CDP están correlacionadas con las del CDG (Duarte, 2000).

Los tests realizados en plataformas estabilográficas de forma estática son objetivos y reproducibles (Nordahl, 2000) y debido a que es un método sencillo, no invasivo y de corta duración, se ha introducido no sólo en el uso clínico (Sourdain, 2011), sino también para múltiples investigaciones epidemiológicas (Nishiwaki et al. 1999). La estabilometría muestra una fiabilidad y validez consistente sobre todo para las variables de amplitud y velocidad del desplazamiento de la proyección del CDG en las oscilaciones posturales (Geurts et al., 1993) y son muchos los profesionales que la utilizan como herramienta de evaluación (ya que no es una herramienta que permita realizar diagnóstico) en diferentes áreas de la salud como por ejemplo en traumatología (Fabri et al., 2005; Dauty et al., 2007; Hot et al., 2007; Van Daele et al., 2007), neurología (Bonaiuti et al., 1996; De Waele & Tran Ba Huy, 2005; Guehl et al., 2006; Bensoussan et al., 2007), geriatría (Gauchard et al., 2003; Lin et al., 2008; Qiu et al., 2012), deporte (Perrin et al., 2002; Arkov et al., 2009) u obstetricia (Oliveira et al., 2009).

Las oscilaciones del CDP plantares pueden representarse de tres maneras diferentes (Gagey, 2001):

- De forma lineal mediante el establograma, que representa los componentes vectoriales de las oscilaciones de los sujetos durante el transcurso del examen registrando las coordenadas de las diferentes posiciones sucesivas del CDP (eje de ordenadas) en función del tiempo (eje de abscisas), obteniendo entonces dos gráficos, uno para los movimientos derecha-izquierda (X) y otro para los movimientos adelante-detrás (Y). Constituye la suma de las oscilaciones de frecuencias y amplitudes diferentes (Figura 24).

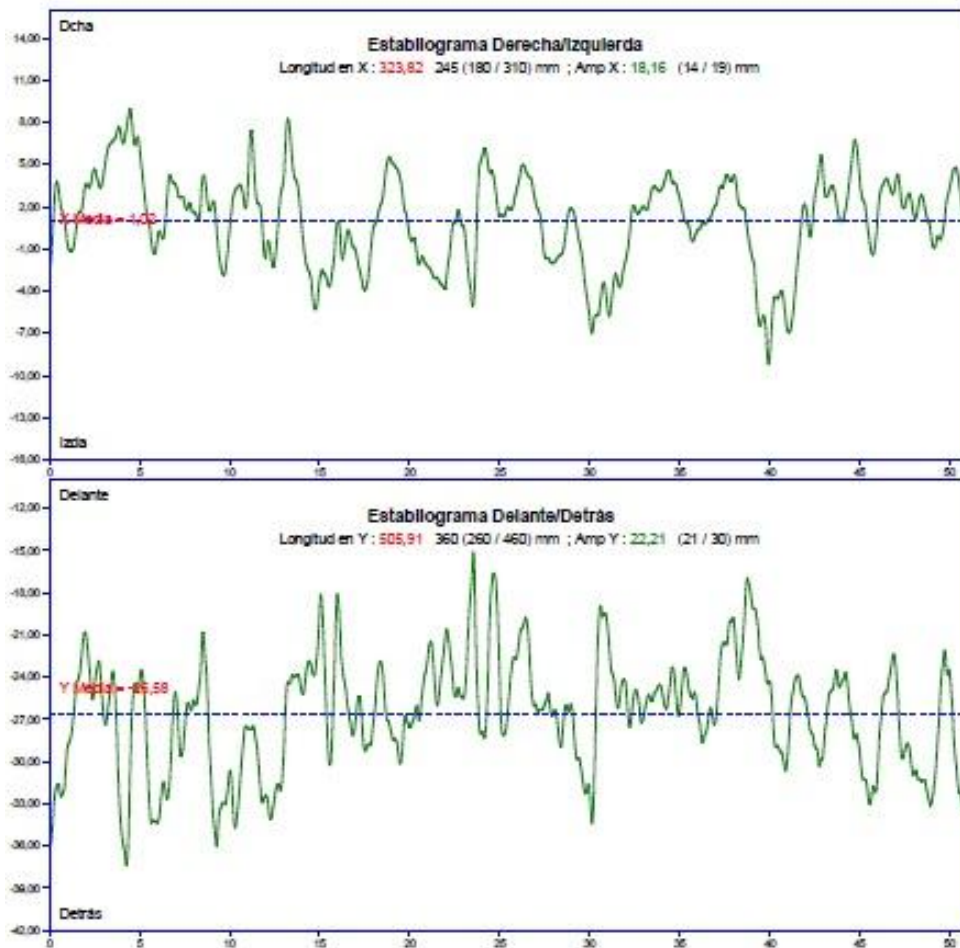


Figura 24. Establograma

- De forma vectorial mediante el estatocinesiograma, que representa las posiciones sucesivas del CDP en relación a una referencia cuyo origen se sitúa en el baricentro del polígono de sustentación (Figura 25).

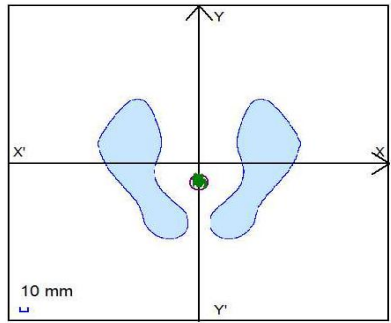


Figura 25. Representación del estatocinesiógrafo. La representación de los pies está en escala con su número de pie.

- De manera espectral, mediante el análisis espectral que permite analizar la frecuencia de oscilación que los sujetos realizan para mantener su equilibrio en condiciones ortostáticas (Figura 26).

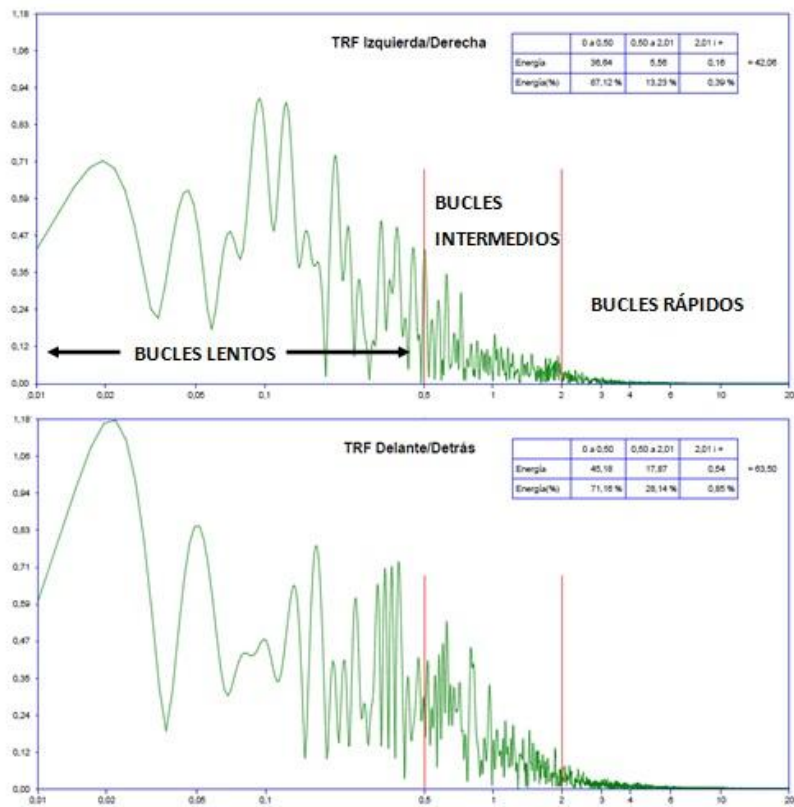


Figura 26: Representación de la energía espectral en base a las diferentes bandas de frecuencia.

JUSTIFICACIÓN

2. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

Es necesario considerar que el desarrollo motor depende de dos factores básicos: la maduración del SNC y la evolución del tono muscular. El estudio de la estabilidad y el equilibrio es considerado como un componente importante dentro de la evaluación del desarrollo en los niños. Se conoce desde hace años, que este sistema de control del equilibrio humano, consiste en la integración multisensorial del sistema visual, vestibular y somatosensorial (Shumway-Cook, 1985). Es evidente, por tanto, la gran importancia en la capacidad de organización sensorial para un buen control del equilibrio en los niños (Zhang et al., 2007). Son muchos los autores que en los últimos años se han preocupado por investigar el desarrollo del equilibrio en la niñez, el desarrollo de la organización sensorial y las etapas de maduración de los sistemas implicados en dicho control (Charpiot, 2010; Ying-Shuo, 2009; Ferber-Viart, 2007; Steindl, 2006). Sin embargo, son escasas las publicaciones que investiguen cómo mejorar estas integraciones sensoriales que se encuentran en un proceso de madurez.

La estabilidad postural se ha investigado en varios grupos poblacionales como atletas (Hansen et al., 2000), niños (Ying-Shuo et al., 2009), adultos sanos (Robbins et al., 1992 y 1994), mayores (Whitney & Wrisley, 2004) o en diferentes patologías (Byl et al., 1997; Ferdjallah et al., 2002; Cobb et al., 2004). A pesar de la importancia del equilibrio en el desarrollo de habilidades motoras, son pocos los estudios que han investigado la estabilidad postural en niños sanos.

Debido a que la selección de la estrategia apropiada para mantener la estabilidad no depende sólo de las demandas externas sino de la maduración neural y de la experiencia (Shumway-Cook & Woollacott, 2000), así como de la interacción con el entorno (Roncesvalles et al., 2001), y dado que parece que el entrenamiento puede mejorar la capacidad o la habilidad de integrar las diferentes aferencias sensoriales para mantener de una forma óptima la estabilidad postural, cabría pensar que el entrenamiento continuado en una determinada disciplina deportiva podría influir en la interacción con el entorno y en la toma de decisiones para el mantenimiento de la estabilidad postural, incrementando y potenciando la capacidad de respuesta en individuos cuyas informaciones neurológicas aún se encuentran en desarrollo.

Es por lo que en el presente estudio se pretende analizar la influencia que tiene la práctica de una actividad física regular (deporte) en la integración de los diferentes sistemas sensoriales implicados en el mantenimiento del control postural, de la estabilidad y del equilibrio, en niños de 8 a 10 años, en donde las aferencias sensoriales aún no se han desarrollado por completo.

HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

3. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS DE TRABAJO

3.1 Hipótesis de trabajo

Hipótesis nula (H0): Realizar deporte de manera regular no mejora la integración sensorial en los niños sanos de 8 a 10 años, no encontrando cambios en los resultados estabilométricos.

Hipótesis (H1): Realizar deporte de manera regular mejora la integración sensorial en los niños sanos de 8 a 10 años, mejorando así sus resultados estabilométricos.

3.2 Objetivos del trabajo

- Comprobar que el deporte realizado de manera regular, en niños de 8 a 10 años, actúa sobre las aferencias sensoriales y el sistema neuromuscular mejorando el control de la estabilidad y el equilibrio en los niños reduciendo así las oscilaciones posturales.
- Valorar los factores que pueden influir en el control de la estabilidad de los niños de 8 a 10 años.
- Cuantificar si existen diferencias respecto al sexo en los resultados estabilométricos.

MATERIAL Y MÉTODOS

4. MATERIAL Y MÉTODOS

4.1 Población

Se incluyeron en el estudio niños y niñas de entre 8 y 10 años (nacidos en el año 2001 y 2002) de dos colegios de la población de Alcorcón (Madrid) mediante un muestreo no probabilístico de casos consecutivos.

4.1.1 Criterios clínicos

Los sujetos que formaban parte del grupo a estudio debían de cumplir los siguientes criterios de inclusión:

- Realizar deporte fuera del horario escolar de manera regular (al menos 2 horas a la semana).
- Haber nacido en el año 2001 o 2002

4.1.2 Criterios de exclusión

Los criterios de exclusión aplicados aseguraron que los sujetos eran sanos en determinadas áreas relacionadas con el equilibrio y de acuerdo a la literatura (Ferber-Viart, 2007). Estos criterios de exclusión, en líneas generales, incluyen: uso de medicación que afecte al sistema nervioso central, equilibrio o coordinación; síntomas que sugieran alteraciones neurológicas o vestibulares; alteraciones psicológicas (depresión, ansiedad, etc) y traumatismos en los últimos seis meses. De manera explícita, estos criterios de exclusión se resumen en el cuadro 1.

- Ingesta de alcohol o café en las últimas 24h.
- Realización de ejercicio intenso en las últimas 24h.
- Alteraciones visuales no corregidas.
- No estar bajo tratamiento protésico u ortodóncico.
- Esguinces de tobillo o rodilla ocurridos en los últimos 6 meses.
- Traumatismos o fracturas recientes (últimos 12 meses).
- Patologías neurológicas.
- Patologías osteoarticulares o nerviosas (ciática, artrosis, artritis,...).
- Ingesta de medicación que afecte al sistema nervioso central.
- Fibromialgia.
- Vértigos.
- Cirugías recientes (últimos 12 meses).
- Ser prematuro

Cuadro 1. Criterios de exclusión

La comprobación de estas características se realizó mediante la cumplimentación por parte de los tutores legales de un formulario realizado al efecto (de manera verbal, se les preguntó también a los niños y niñas justo antes de realizar las mediciones) (Anexo 1).

4.1.3 Grupo control

El grupo control estuvo conformado por aquellos niños y niñas nacidos en los años 2001 y 2002 que no realizaban ningún deporte fuera del horario escolar y que cumplían con los criterios de exclusión anteriormente expuestos.

4.2 Procedimientos éticos

Los procedimientos utilizados para la realización de este estudio han seguido los principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos según se recoge en la Declaración de Helsinki adoptada en la 18ª Asamblea de la Asociación Médica Mundial (AMM) (Helsinki, Finlandia, Junio 1964), en la última versión revisada en la 59ª Asamblea General (Seul, Corea del Sur, Octubre 2008), con nota de clarificación del párrafo 30 (Asamblea General de la AMM, Tokio 2004).

Todos los padres (como tutores legales) de los sujetos del estudio fueron informados por escrito y firmaron el consentimiento informado (Anexo 2).

4.3 Equipos de valoración

4.3.1 Análisis estabilométrico

La evaluación se realizó mediante la plataforma de estabilometría SATEL®, versión 26.2 del software. La comercializa los laboratorios SATEL® y está homologada por la Asociación Francesa de Posturología (Normes 85, Gagey, 1988). Consiste en una plataforma de fuerzas con unas dimensiones de 60 x 60 x 5 cm, un peso de 10Kg y 4 sensores que recogen los desplazamientos del CDP o CDG en las direcciones anteroposterior y lateral, con una sensibilidad del 0,017%. La plataforma se conecta a un ordenador que ejerce de transductor (Figura 27).

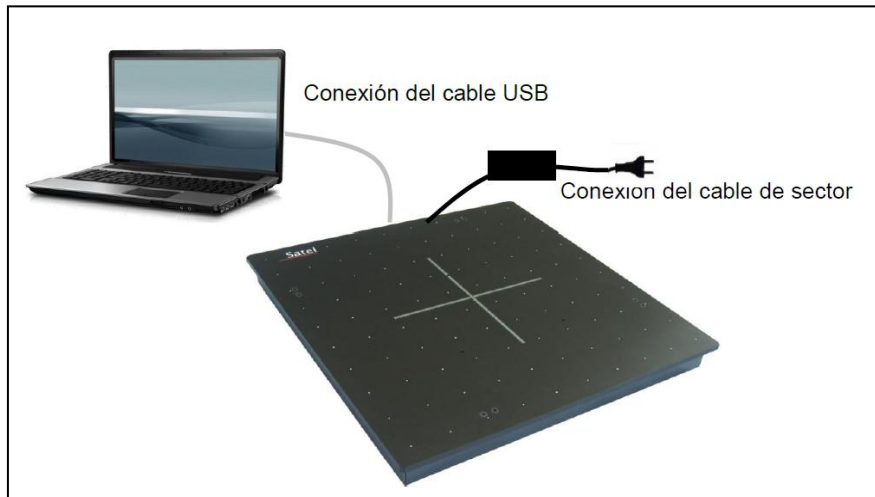


Figura 27. Plataforma Satel®

Los sujetos mantienen la mirada al frente, con una referencia visual a la altura de sus ojos situada a 3 metros de distancia.

Se realizaron un total de cuatro mediciones sucesivas en condiciones estáticas:

- El sujeto se sitúa sobre la plataforma descalzo, recibiendo la consigna de quedarse de pie sobre ella, lo más quieto posible en dos condiciones experimentales: “ojos abiertos” y ojos cerrados”. Cada prueba tiene una duración de 51,2 segundos. Los pies se encuentran simétricos en relación al eje sagital de la plataforma debido a la colocación de una plantilla móvil (figura 28) en base a la recomendación de la AFP (Normas 85, Gagey 1988). De esta forma, los pies quedan separados en un ángulo de 30° con los talones separados 4cm (Nashner, 1976; Nordal et al., 2000; Valade, 2004; Fujiwara et al., 2006).



Figura 28. Colocación de los pies sobre la plataforma de fuerzas



Figura 29. Espuma inestable AIREX®

- Se añade otra condición experimental, en la que colocamos sobre la plataforma una almohadilla de gomaespuma (foam), modelo Balance-pad Elite® de la sociedad AlcanAirex AG (gomaespuma HerexC70.40®, norma Iso 9001), con unas dimensiones de 50 x 41 x 6 cm, un peso de 0,7Kg y una densidad de 55kg/m³, (las propiedades intrínsecas de la gomaespuma son de una densidad nominal de 40Kg/m³, una resistencia a la compresión vertical de 0,45N mm² y una elasticidad en compresión vertical de 34 N mm²), proporcionada por el fabricante (Figura 29). La prueba se realiza también con ojos abiertos y ojos cerrados, con la misma duración, instrucciones y posición de pies que en los dos test precedentes. Para ello, se dibujó sobre la gomaespuma la plantilla de posicionamiento de los pies (figura 30).



Figura 30. Plataforma y Espuma inestable AIREX® con posicionamiento de pies

Con estas cuatro condiciones se pretende eliminar los estímulos sensoriales gradualmente de tal manera que se puede determinar la interacción en el equilibrio de los diferentes estímulos (Ying-Shuo, 2009):

- Ojos abiertos sin gomaespuma: evalúa la interacción en el equilibrio de los estímulos vestibulares, visuales y somatosensoriales.
- Ojos cerrados sin gomaespuma: se elimina el estímulo visual, prevalecen los estímulos vestibulares y somatosensoriales.
- Ojos abiertos con gomaespuma: la gomaespuma produce inestabilidad por alteración de los sensores propioceptivos del tobillo reduciendo la entrada somatosensorial, por lo que los sujetos deben mantener la estabilidad con ayuda del sistema visual y vestibular.
- Ojos cerrados con gomaespuma: domina la aferencia vestibular ya que tanto la entrada visual como la somatosensorial se han eliminado o reducido.

El programa propone por defecto, una frecuencia de muestreo de 40Hz (registro de la posición del centro de presión podal 40 veces por segundo), constituyendo así el estatocinesiógrama, que registra las posiciones sucesivas del CDP con una referencia OXY donde el origen se sitúa en el baricentro del polígono de sustentación (Dupuy & Montoya, 2003). (Figura 25).

A partir de estos registros, podemos objetivar las oscilaciones corporales del sujeto en términos de longitud, amplitud y frecuencia, en cada plano de oscilación (Genthon & Rougier, 2005).

La plataforma ofrece muchos parámetros para evaluar la estabilidad postural. Para el presente estudio se han evaluado los más utilizados en la literatura científica y que han mostrado mayor fiabilidad en diferentes grupos poblacionales (Kitabayashi et al., 2003; Sobera et al., 2011):

- **Superficie del estatocinesiógrama:** determina cuál es la superficie de la elipse formada a partir de los desplazamientos del CDP (contiene el 95% de las sucesivas posiciones del CDP, mostrando la precisión del control postural) (Figura 31).
- **Longitud en el eje X (lateral) e Y (antero-posterior) del estatocinesiógrama:** determina cuál es la longitud del movimiento lateral y antero-posterior respectivamente descrito por los desplazamientos del CDP (Figura 31).

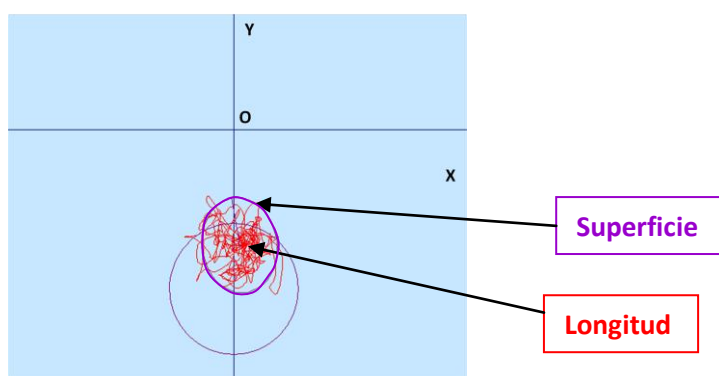


Figura 31. Representación de la superficie y longitud en el estatocinesiógrama.

La obtención de valores bajos en estos dos parámetros (superficie y longitud) está considerado como un indicador de estabilidad de los sujetos (Mesure & Lamendin, 2001).

- **Velocidad media:** determina cuál es la velocidad media con la que se desplaza el CDP. Es considerado como un parámetro correlacionado con la eficacia del control postural (Viguier, 2009).

- Amplitud del estabilograma en los ejes X e Y:** determina cuál es la amplitud máxima lateral y antero-posterior del estabilograma (Figura 32). Se le puede considerar un parámetro sensorial ya que a mayor amplitud, menor es la capacidad de los sistemas sensoriales del sujeto en identificar en qué posición se encuentra. Así, la amplitud en el eje X depende de la sensibilidad del sujeto en el plano frontal (controlado principalmente por núcleos vestibulares de manera ipsilateral sobre la musculatura axial) y en el eje Y depende de la sensibilidad del sujeto en el plano sagital (controlado principalmente por la visión periférica sobre la musculatura distal de los tobillos) (Kitabayashi et al., 2003).

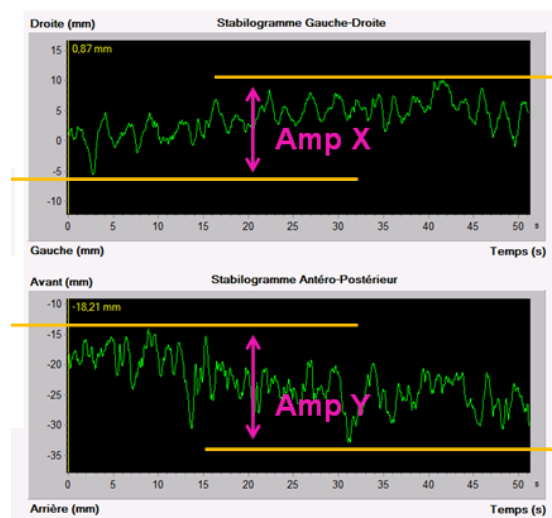


Figura 32. Amplitud del estabilograma.

- Análisis espectral de la señal:** permite analizar las amplitudes de las oscilaciones posturales según su frecuencia a través de las transformaciones rápidas de Fourier o FFT (Fast Fourier Transform). Mediante el espectro frecuencial de los desplazamientos (figura 26) se evidencia la contribución de las ondas o bucles de regulación (cortos o largos) que utilizan los sujetos para mantener el control postural (Gurfinkel, 1973, Dietz, 1980) en las diferentes bandas de frecuencia de regulación sensoriomotriz: bajas: 0 a 0,5 Hz; medias: 0,5 a 2,01 Hz y altas: 2 a 11 Hz (figura 26). En base a estos bucles de regulación se puede interpretar las estrategias individuales que utiliza el sistema nervioso central (SNC) para controlar la postura. La utilización de manera exagerada de los bucles de regulación largos provoca oscilaciones que se registran en las frecuencias bajas. A la inversa ocurre lo mismo, la sobreutilización de un bucle de regulación corta, provoca oscilaciones que se registran

a altas frecuencias (Golomer, Dupui & Bessou, 1994; Golomer et al., 1999; Golomer & Dupui, 2000; Meyer, Oldson & de Luca, 2004 a,b).

El análisis espectral permite evaluar las diferentes aferencias implicadas en el control postural (Nakagawa et al., 1993; Petersen et al., 1994). De este modo, la primera banda de frecuencias (baja) muestra la participación de los bucles de regulación de los reflejos largos, asociado al sistema visuo-vestibular (sensibilidad consciente).

En la segunda banda de frecuencia (media o intermedia), interviene la sensibilidad consciente e inconsciente (cerebelo) en donde las oscilaciones del centro de presión reflejan las contracciones musculares de recuperación de la posición de equilibrio en donde se encuentran implicados el sistema propioceptivo y mioarticular (Gagey, 2001).

La tercera banda (alta) corresponde a los bucles de regulación cortos, generalmente de origen miotático (reflejo miotático) (Dupui & Montoya, 2003) (Figura 26).

Para mantener su estabilidad, los sujetos sanos generan oscilaciones a bajas frecuencias, de tal manera que la banda de frecuencias bajas está representada por el 80-90% de la energía espectral; de 10 a 20% de la energía se registra en la banda de frecuencias medias y menos del 3-5% en la banda de frecuencias alta. Cualquier aumento del porcentaje de energía en alguna de las bandas de frecuencia refleja un aumento del control de los bucles neurofisiológicos que traduciría una cierta ineficacia del control de la estabilidad postural (Dupui et al., 1990; Golomer et al., 1999; Dupui & Montoya, 2001). En la población infantil es preciso analizar estos datos con precaución puesto que, en contraste con los adultos, el aumento del balanceo en frecuencias altas, no se relaciona necesariamente con alguna patología (Riach & Hayes, 1987; Riach & Starkes, 1989; Kirshenbaum et al., 2001).

- **Coefficiente de Romberg:** muestra la relación existente entre la superficie de la elipse con los ojos cerrados y los ojos abiertos pudiendo apreciar en qué medida un individuo utiliza la visión en el control de su postura ortostática evaluando, de este modo, la integración de las aferencias visuales (Gagey 2001, Winter et al. 1996, 1998, Njiokiktjien 1976).

4.4 Variables de estudio

4.4.1 Variables independientes o descriptoras

Edad: variable cuantitativa discreta

Sexo: variable categórica (varón/mujer), cualitativa dicotómica, de escala nominal.

Número de pie: variable cuantitativa discreta.

Talla: variable cuantitativa continua (medida en metros, m).

Peso: variable cuantitativa continua (medida en kilogramos, Kg).

Índice de Masa Corporal (IMC): variable cuantitativa continua (medida en Kg/m^2). Es una medida de asociación entre el peso y la talla.

Realización de deporte: variable categórica (si deporte / no deporte), cualitativa dicotómica, de escala nominal. Identifica al grupo al que pertenece cada sujeto.

4.4.2 Variables dependientes o de resultado

Superficie del estatokinesiograma ojos abiertos / ojos cerrados: Variable cuantitativa continua (medida en milímetros al cuadrado, mm^2).

Longitud en el eje X (lateral) del estatocinesiograma ojos abiertos / ojos cerrados: variable cuantitativa continua (medida en milímetros, mm).

Longitud en el eje Y (antero-posterior) del estatocinesiograma ojos abiertos / ojos cerrados: variable cuantitativa continua (medida en milímetros, mm).

Velocidad media de oscilación ojos abiertos / ojos cerrados: variable cuantitativa continua (medida en milímetros por segundo, mm/s).

Amplitud del estabilograma en el eje X ojos abiertos / ojos cerrados: variable cuantitativa continua (medida en milímetros, mm).

Amplitud del estabilograma en el eje Y ojos abiertos / ojos cerrados: variable cuantitativa continua (medida en milímetros, mm).

Espectro de energía total de las oscilaciones, calculadas mediante las FFT ojos abiertos / ojos cerrados: variable cuantitativa continua, (expresada en milímetros al cuadrado, mm^2).

Coefficiente de Romberg: Variable cuantitativa continua.

4.5 Protocolo de actuación y recogida de datos

Los colegios facilitaron una sala con iluminación artificial y una temperatura constante de entre 20 y 23°C para la realización de las pruebas. Los niños, acudían de uno en uno a la sala, en donde se les explicaba todo el procedimiento. Justo antes de la medición estabilométrica, se les preguntaba el tipo de deporte que practicaban y la frecuencia, para contrastar los datos con los obtenidos en los cuestionarios completados por los tutores legales. Se les pedía que se descalzasen (incluidos los calcetines para no interferir en las aferencias somatosensitivas) y se procedía a medirles para conocer su altura. Los sujetos fueron colocados en la posición de medición antropométrica descrita por ISAK (Internacional Standards for Anthropometric Assessment, 2001), con la cabeza en el plano de Frankfort (línea paralela al suelo que pasa por el borde inferior de la órbita y el conducto auditivo derecho) en bipedestación (Figura 33), con los miembros superiores relajados a ambos lados del cuerpo, palmas de las manos hacia delante, pulgares separados y resto de dedos señalando el suelo, pies juntos con los dedos hacia delante (Lohman et al., 1988; Esparza & Cañadas, 1993).

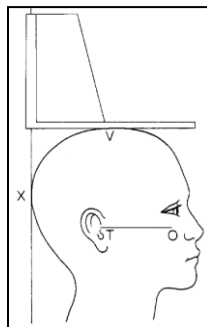


Figura 33. Plano de Frankfort

Posteriormente se procedió a completar los datos personales en la aplicación informática del equipo donde se recogieron:

- Nombre y Apellidos
- Fecha de nacimiento
- Sexo
- Altura
- Número de pie
- Código del paciente

El peso de los sujetos se obtuvo mediante la plataforma de estabilimetría.

Durante el test se mantuvo un ambiente de silencio para no perturbar la atención de los pacientes, ya que se ha demostrado que frente a influencias cognitivas varía el control postural de los sujetos medidos (Wallmann, 2002).

En las pruebas en las que se elimina el captor visual, a los sujetos se les puso un antifaz.

En el caso en el que el sujeto fuese portador de gafas, éste las usó durante todas las pruebas, excepto en aquellas en las que el captor visual fue eliminado.

La secuencia utilizada en el registro estabilométrico fue la siguiente:

- Colocación de la guía posterior y la guía triangular.
- Indicación a los sujetos de subirse a la plataforma advirtiéndoles que debían colocar los talones contra las guías y los bordes internos de los pies pegados al triángulo.
- Retirar las guías indicando a los sujetos que no debían moverse.
- Proceder a los registros, primero con los ojos abiertos y posteriormente con los ojos cerrados (durante la medición se les indicó que permaneciesen de pie, con los brazos a lo largo del cuerpo, mirando la referencia visual colocada a la altura de sus ojos y sin hablar hasta que se indicase el fin de la prueba). Cada registro duró 51,2 segundos.
- Finalizadas estas dos primeras evaluaciones se pidió bajar de la plataforma para colocar la gomaespuma.
- Se procedió a la misma colocación de los pies que en las pruebas precedentes gracias a las marcas realizadas en la gomaespuma.
- Se realizaron otros dos registros (ojos abiertos y ojos cerrados) de 51,2 segundos cada uno.

4.6 Análisis estadístico

Las variables presentadas se analizaron mediante el paquete estadístico SPSS, versión 19.0 (SPSS Inc, IBM Company Headquarters, Chicago, Illinois, USA).

En relación al análisis descriptivo, se calculó para las variables cuantitativas la media y la desviación típica y para las variables cualitativas las frecuencias.

En general, para el análisis inferencial se han realizado pruebas paramétricas dado que en ambos grupos el tamaño de la muestra era mayor de 30 sujetos (aunque en el caso de que existiese diferencias entre los resultados al aplicar pruebas paramétricas y no paramétricas, se hará referencia en el texto). Para ello, se han utilizado las siguientes pruebas estadísticas:

- a) Prueba de homogeneidad de varianzas de Levene.
- b) Prueba t-Student para muestras independientes para la comparación entre ambos grupos, utilizando la t pooled en el caso de asumir homogeneidad de varianzas o la t separate en los casos en los que no se asumió homogeneidad de varianzas.
- c) Prueba t-Student para muestras relacionadas para las comparaciones entre las pruebas realizadas con ojos abiertos y ojos cerrados.
- d) Para comprobar la asociación entre las variables se han utilizado en el caso de variables categóricas, tablas de contingencia y la prueba de chi-cuadrado; y el coeficiente de correlación de Pearson en el caso de las variables cuantitativas.

El análisis estadístico se realizó con un intervalo de confianza del 95%, por lo que la significación estadística se establece en p valor $< 0,05$.

RESULTADOS

5. RESULTADOS

5.1 Características de la muestra

Ciento cuarenta y siete niños y niñas aceptaron participar en el estudio. Sesenta y cuatro (43,5%) fueron excluidos por los siguientes motivos:

- Veinticinco sujetos en tratamiento de ortodoncia (fija o removible).
- Ocho sujetos con medicación para el síndrome de déficit de atención e hiperactividad.
- Siete sujetos con alteraciones visuales no corregidas: cuatro realizaron las valoraciones sin las debidas órtesis y tres presentaban hipoconvergencia ocular.
- Seis sujetos nacidos en el año 2000.
- Dos sujetos no se encontraban en clase el día de las mediciones.
- Dos sujetos con órtesis plantares para corregir problemas de alineación.
- Un sujeto con antecedentes de accidente de tráfico en el último mes.
- Un sujeto con patología osteoarticular (escoliosis).
- Para homogeneizar la muestra, se eliminaron los extremos, de tal manera que se excluyeron seis sujetos que realizaban deporte de manera esporádica, no regular, y otros tres sujetos que participaban en deporte de competición, entrenando todos los días. Se excluyeron además, otros tres sujetos que declaraban realizar deporte de manera regular pero no existía concordancia con la actividad física que declaraban los tutores legales.

Finalmente, quedaron incluidos en el estudio ochenta y tres sujetos que cumplían los criterios de inclusión. Todos ellos recibieron la aceptación por parte de sus padres y/o tutores para participar mediante la firma del consentimiento informado (anexo 2). La muestra se dividió en dos grupos:

- 1) Grupo control (grupo de “no deporte”): formado por 39 sujetos que no realizaban deporte, 17 niños y 22 niñas, con una edad media de 9,08 años \pm 0,66 (IC 95%: 8,86 – 9,29), una altura media de 1,36m \pm 0,06 (IC 95%: 1,34 – 1,38), un peso de 32,89Kg \pm 6,44 (IC 95%: 30,80 – 34,98), un IMC 17,56 Kg/m² \pm 2,45 (IC 95%: 16,77 – 18,36) y número de pie 33,9 \pm 1,2 (IC 95%: 33,25 – 34,54).
- 2) Grupo de estudio (grupo “deporte”): formado por 44 sujetos que realizaban deporte, 23 niños y 21 niñas, con una edad media de 9,34 años \pm 0,61 (IC 95%: 9,16 – 9,53), una altura media de 1,38m \pm 0,64 (IC 95%: 1,36 – 1,40), un peso de 33,64Kg \pm 7,22 (IC 95%: 31,44 – 35,84), un IMC 17,5Kg/m² \pm 2,94 (IC 95%: 16,6 – 18,39) y un número de pie 35 \pm 1,57 (IC 95%: 34,52 – 35,48).

5.2 Homogeneidad de los grupos

Respecto a la distribución de los sexos en cada grupo de trabajo, el grupo control estaba formado por n=17 niños (43,6%) y n=22 niñas (56,4%) y el grupo a estudio n=23 niños (52,3%) y n=21 niñas (47,7%) (Tabla 1).

No se registró ninguna diferencia estadísticamente significativa respecto a esta distribución [Chi cuadrado de Pearson $\chi^2=0,624$; gl=1; p(bilateral)=0,429] (Tabla 2).

Los grupos resultaron homogéneos respecto a la talla, IMC y peso (Tabla 3). En la única variable en la que se registraron diferencias significativas fue en el nº de pie, cuya media en los sujetos que no practicaban deporte fue 33,90 ($\pm 1,99$) y en el grupo a estudio 35 ($\pm 1,57$) [Prueba t-Student para muestras independientes no asumiendo varianzas iguales t= -2,77; gl= 71,95; p(bilateral)= 0,007].

En relación a los sexos dentro de cada grupo, la única variable que resultó significativa fue el nº de pie en el caso de los niños, cuya media en el grupo que no realizaba deporte fue 34,24 ($\pm 1,82$) y en el grupo que realizaba deporte 35,35 ($\pm 1,52$) [Prueba t-Student para muestras independientes asumiendo varianzas iguales t= -2,1; gl= 38; p(bilateral)= 0,042] (Tabla 4).

Para descartar que esa diferencia en los grupos del nº de pie pudiese influir en los resultados de la estadística inferencial, se comprobó mediante el coeficiente correlación de Pearson la asociación entre las variables cuantitativas, obteniendo resultados significativos entre el nº de pie-talla y nº de pie-IMC (Tabla 5). Sin embargo, los gráficos de dispersión (Gráficos 1 y 2) muestran la inexistencia de una asociación lineal entre dichas variables.

Gráfico 1: Nube de puntos entre las variables pie y talla

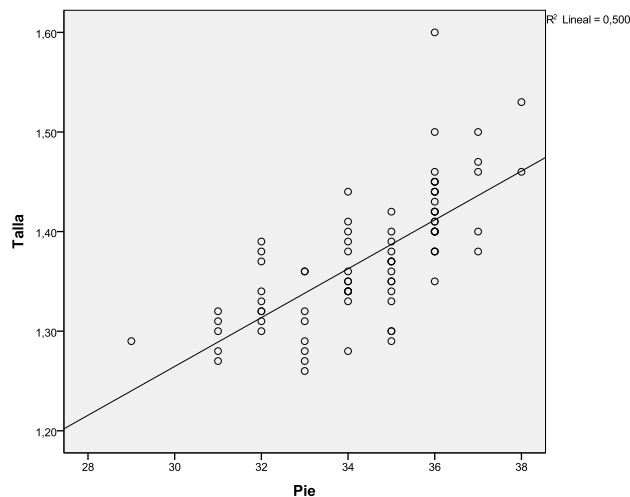
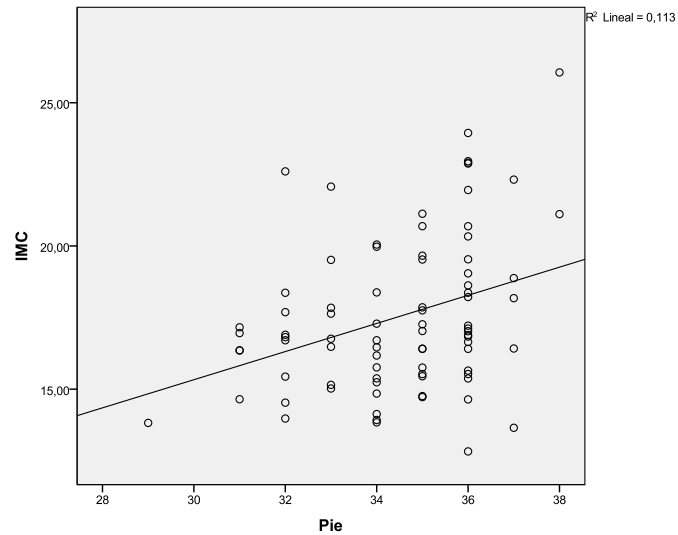


Gráfico 2: Nube de puntos entre las variables pie e IMC



5.3 Variables estabilométricas (de resultado) vs grupos (control y estudio).

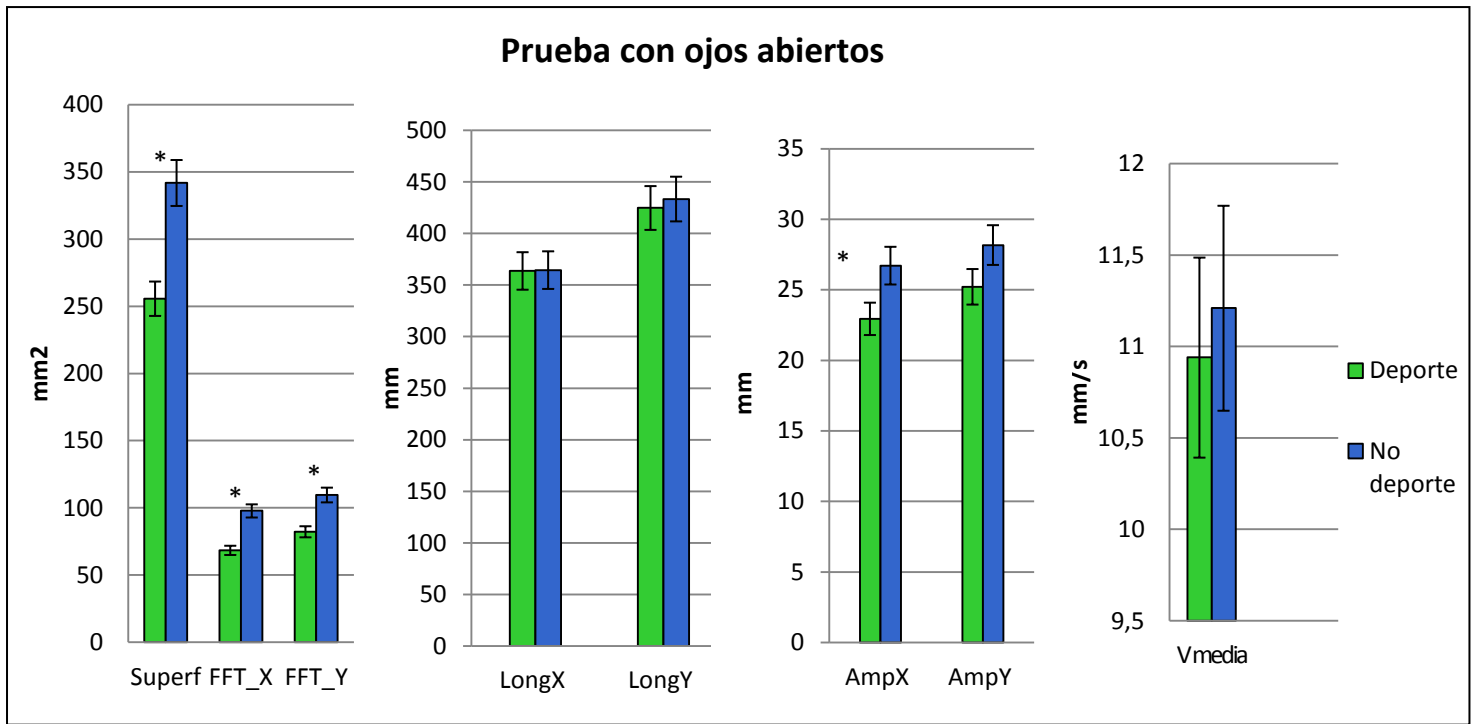
5.3.1 Prueba con ojos abiertos y cerrados

La tabla 6 muestra las medias obtenidas para las diferentes variables estabilométricas estudiadas en ambos grupos con los ojos abiertos (OA) y ojos cerrados (OC). Como se puede observar en el gráfico 3, en la prueba con ojos abiertos el grupo que realizaba deporte obtuvo valores inferiores en las medias de las variables estabilométricas estudiadas, mientras que en la prueba con ojos cerrados (gráfico 4) las medias tienden a igualarse.

La prueba t-Student para muestras independientes reveló diferencias significativas entre ambos grupos sólo en la prueba con ojos abiertos (tabla 6).

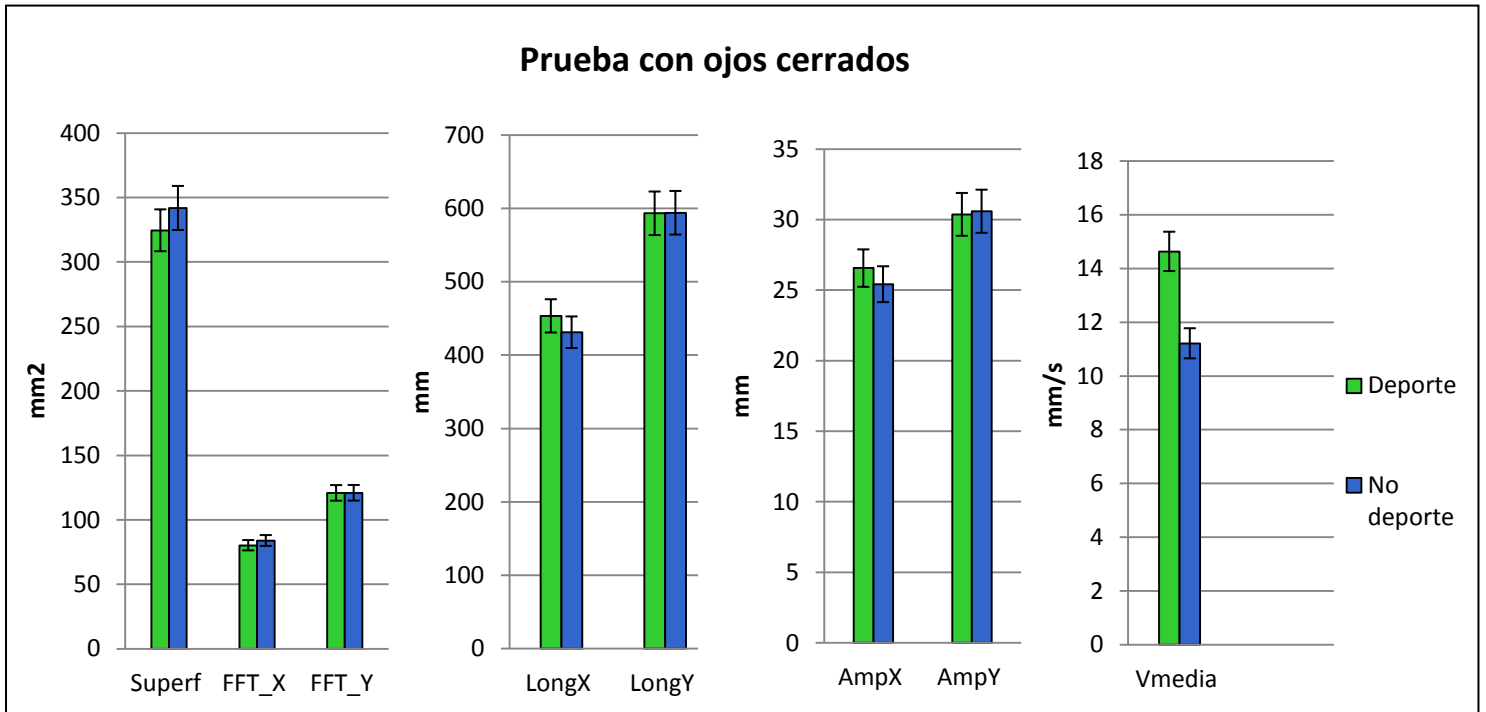
De esta forma, el grupo que realizaba deporte mostró valores significativamente ($p < 0,05$) menores para las variables: superficie (Superf) [Prueba t-Student muestras independientes asumiendo homogeneidad de varianzas, $t=2,35$; $gl=81$; $p(\text{bilateral})=0,021$; IC 95%= 13,34/158,86]; energía total en X (FFT_X) [Prueba t-Student para muestras independientes no asumiendo homogeneidad de varianzas, $t=-2,38$; $gl=51,5$; $p(\text{bilateral})=0,021$; IC 95%= -53,99/ -4,68]; energía total en Y (FFT_Y) [Prueba t-Student para muestras independientes no asumiendo homogeneidad de varianzas, $t=-2,12$; $gl=60,76$; $p(\text{bilateral})=0,038$; IC 95%= -53,16/ -1,56] y amplitud en X (AmpX) [Prueba t-Student para muestras independientes asumiendo homogeneidad de varianzas, $t=0,041$; $gl=81$; $p(\text{bilateral})=0,041$; IC 95%=0,15/7,39].

Gráfico 3. Grupo control vs grupo estudio con ojos abiertos



*Significación $p < 0,05$ t-Student para muestras independientes

Gráfico 4. Grupo control vs grupo estudio con ojos cerrados



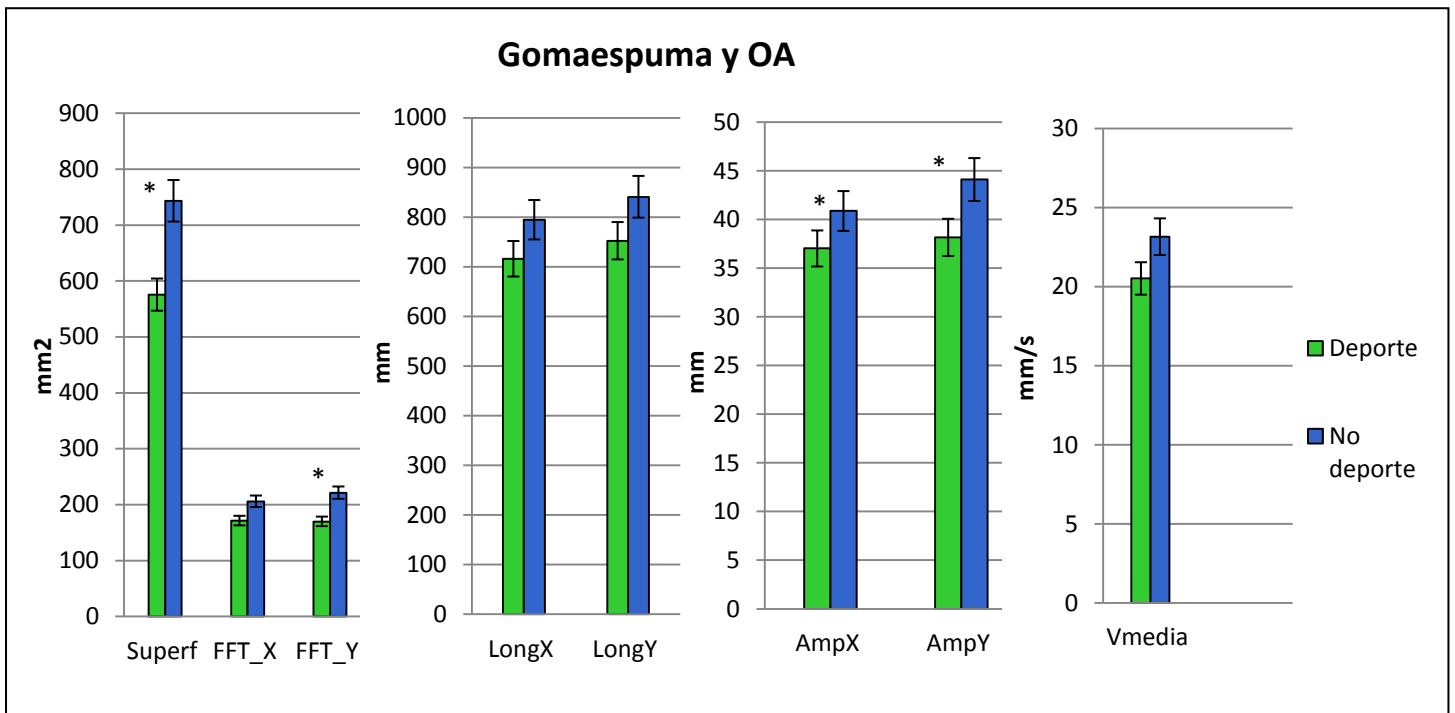
*Significación $p < 0,05$ t-Student para muestras independientes

5.3.2 Prueba con gomaespuma y ojos abiertos

La tabla 7 muestra las medias obtenidas para las diferentes variables estabilométricas estudiadas en ambos grupos en las pruebas con gomaespuma con los ojos abiertos (OA) y ojos cerrados (OC). Al igual que ocurría en las pruebas sin gomaespuma, las medias obtenidas por el grupo que realizaba deporte fueron menores en todas las variables con ojos abiertos mientras que al cerrar los ojos, esa diferencia disminuye (gráficos 5 y 6).

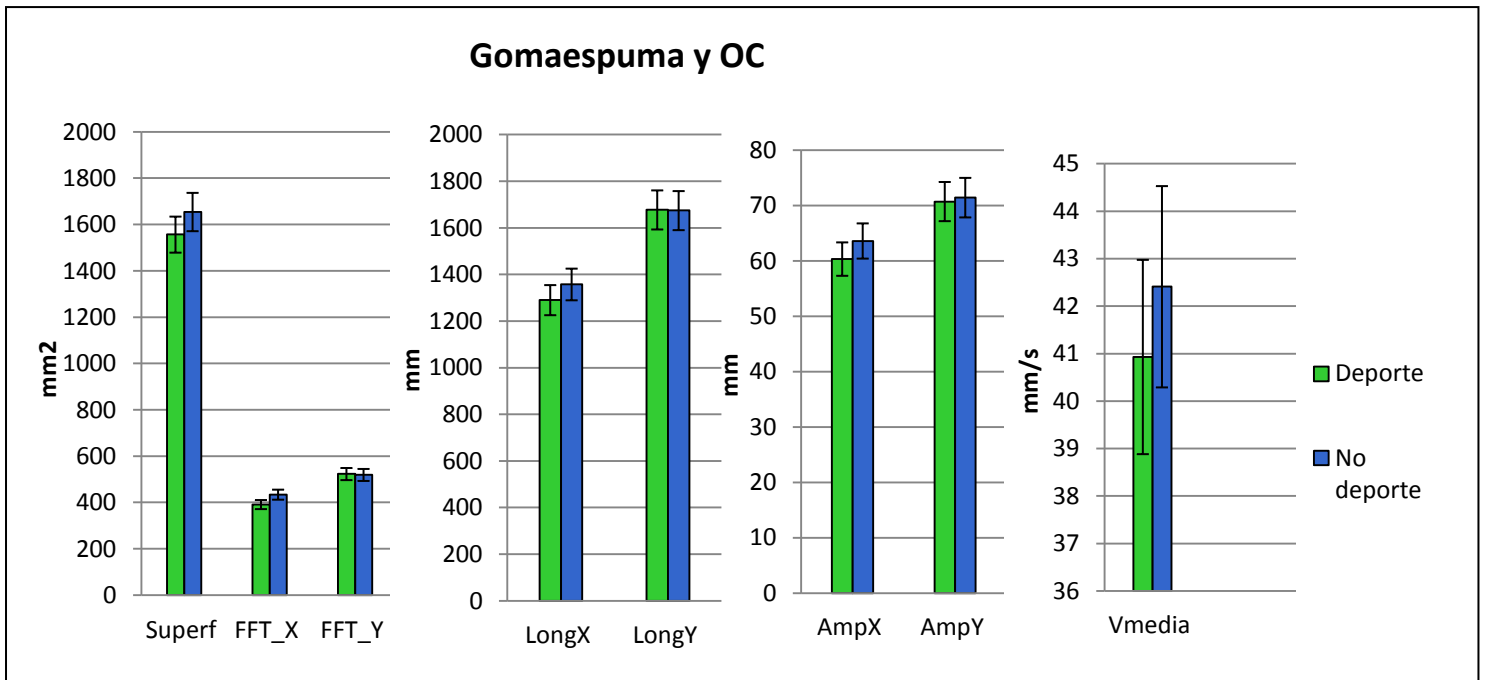
La prueba t-Student para muestras independientes reveló diferencias significativas de nuevo con los ojos abiertos (tabla 7), obteniendo valores significativamente ($p < 0,05$) menores en el grupo que realizaba deporte para las variables: superficie [Prueba t-Student para muestras independientes asumiendo homogeneidad de varianzas, $t=2,54$; $gl=81$; $p(\text{bilateral})=0,013$; IC 95%=36,48/299,13; energía total en Y [Prueba t-Student para muestras independientes asumiendo homogeneidad de varianzas, $t=-2,54$; $gl=81$; $p(\text{bilateral})=0,013$; IC95%=-91,47/-11,15]; amplitud en X [Prueba t-Student para muestras independientes asumiendo homogeneidad de varianzas, $t=2,02$; $gl=81$; $p(\text{bilateral})=0,047$; IC 95%=0,057/7,64] y amplitud en Y [Prueba t-Student para muestras independientes asumiendo homogeneidad de varianzas, $t=2,3$; $gl=81$; $p(\text{bilateral})=0,024$; IC95%=0,81/11,08].

Gráfico 5. Grupo control vs grupo estudio. Prueba con gomaespuma ojos abiertos



*Significación $p < 0,05$ t-Student para muestras independientes

Gráfico 6. Grupo control vs grupo estudio. Prueba con gomaespuma ojos cerrados

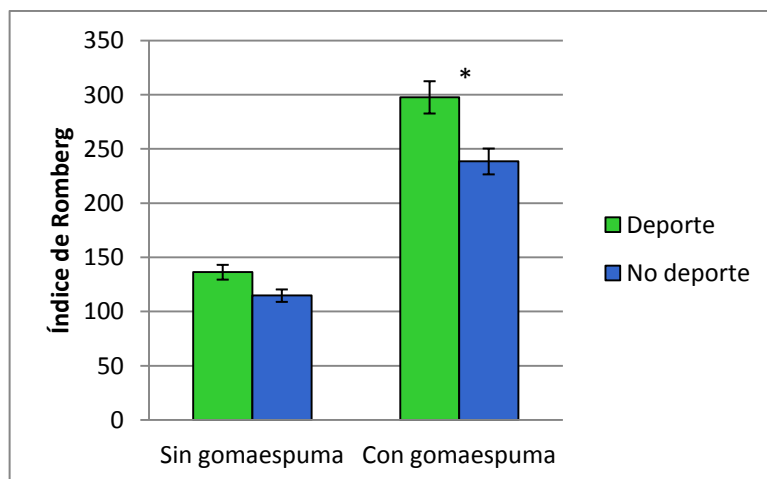


*Significación $p < 0,05$ t-Student para muestras independientes

5.3.3 Índice de Romberg

En relación al Índice de Romberg, sólo se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$) en el caso de las pruebas con gomaespuma [Prueba t-Student muestras independientes no asumiendo varianzas iguales $t = -2,4$; $gl = 62,60$; $p(\text{bilateral}) = 0,019$; IC 95% = $-108,21 / -9,97$]. Tanto en la tabla 8 como en el gráfico 7 podemos observar cómo en este caso, la media del grupo control se situó por debajo de la media obtenida por el grupo a estudio.

Gráfico 7. Índice de Romberg



*Significación $p < 0,05$ t-Student para muestras independientes

5.4 Variables estabilométricas vs sexo.

5.4.1 Prueba con ojos abiertos y cerrados

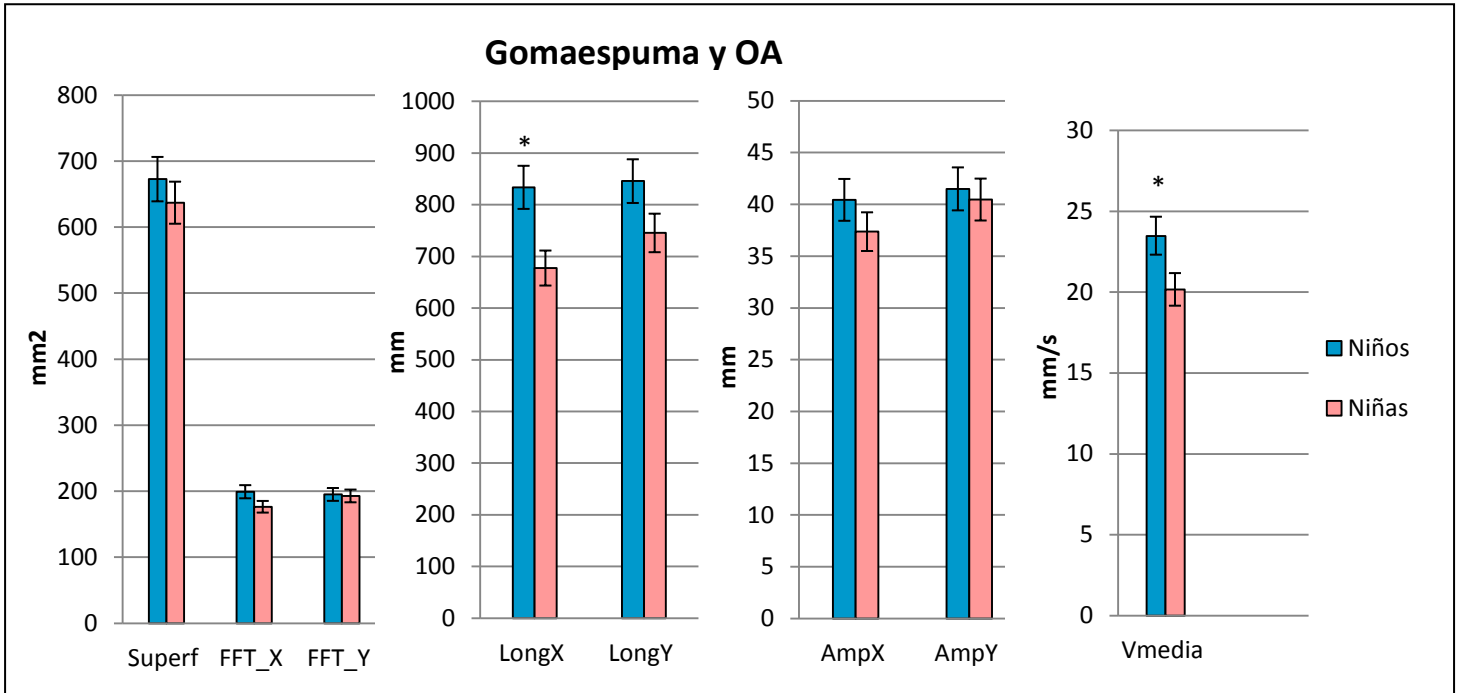
Al comparar ambos sexos sin tener en cuenta el grupo al que pertenecían, la prueba t-Student para muestras independientes (Tabla 9), no reveló diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) en ninguna de las variables estudiadas.

5.4.2 Prueba con gomaespuma, ojos abiertos y cerrados

En el caso de las pruebas con gomaespuma, la prueba t-Student para muestras independientes (Tabla 10) reveló diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) tanto con ojos abiertos como con ojos cerrados. Las niñas obtuvieron valores en las medias inferiores a los niños en todas las variables evaluadas (gráficos 8 y 9), obteniendo las niñas valores significativamente menores ($p < 0,05$) en las variables:

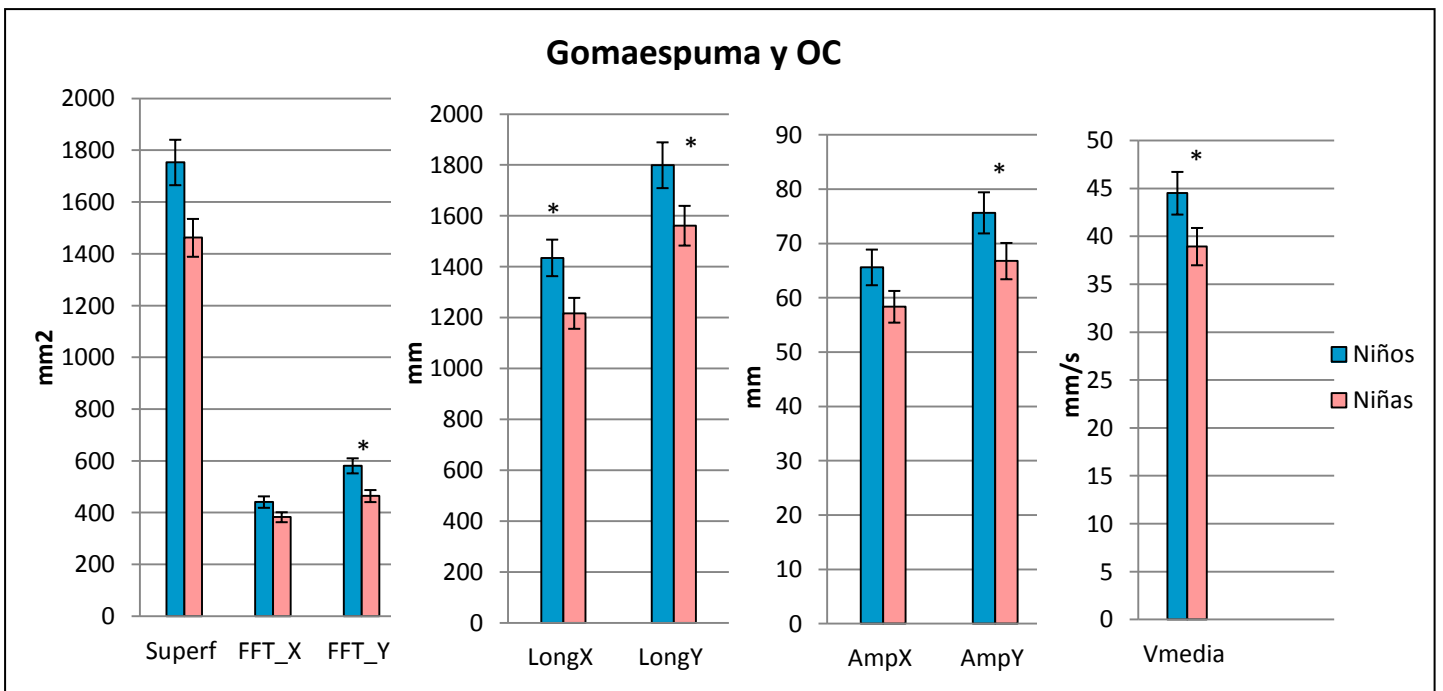
- ✓ Energía Total en Y con ojos cerrados [Prueba t-Student para muestras independientes no asumiendo homogeneidad de varianzas, $t=2,36$; $gl=65,70$; $p(\text{bilateral})=0,021$; IC 95%= 17,92/215,55].
- ✓ Longitud en X con ojos abiertos [Prueba t-Student para muestras independientes asumiendo homogeneidad de varianzas, $t=2,89$; $gl=81$; $p(\text{bilateral})=0,005$; IC 95%= 48,80/263,45] y con ojos cerrados [Prueba t-Student para muestras independientes no asumiendo homogeneidad de varianzas, $t=2,71$; $gl=64,10$; $p(\text{bilateral})=0,009$; IC 95%= 57,22/378,67].
- ✓ Longitud en Y con ojos cerrados [Prueba t-Student para muestras independientes no asumiendo homogeneidad de varianzas, $t=2,24$; $gl=64,13$; $p(\text{bilateral})=0,029$; IC 95%= 25,80/449,70].
- ✓ Amplitud en Y con ojos cerrados [Prueba t-Student para muestras independientes no asumiendo homogeneidad de varianzas, $t=2,10$; $gl=71,53$; $p(\text{bilateral})=0,039$; IC 95%= 0,46/17,30].
- ✓ Velocidad media con ojos abiertos [Prueba t-Student para muestras independientes asumiendo homogeneidad de varianzas, $t=2,26$; $gl=81$; $p(\text{bilateral})=0,026$; IC 95%=0,40/6,22] y con ojos cerrados [Prueba t-Student para muestras independientes no asumiendo homogeneidad de varianzas, $t=2,34$; $gl=65,17$; $p(\text{bilateral})=0,022$; IC 95%=0,81/10,32].

Gráfico 8: Niños vs niñas. Prueba con gomaespuma y ojos abiertos



*Significación $p < 0,05$ t-Student para muestras independientes

Gráfico 9: Niños vs niñas. Prueba con gomaespuma y OC



*Significación $p < 0,05$ t-Student para muestras independientes

5.4.3 Índice de Romberg

Entre sexos, las niñas obtuvieron valores inferiores en las medias tanto en la prueba sin gomaespuma como con ella. La prueba t-Student para muestras independientes (tabla 11) no reveló diferencias significativas ($p > 0,05$) en las pruebas. En los gráficos 10 y 11 podemos observar la mediana y la dispersión de los datos.

Gráfico 10. Índice de Romberg entre sexos. Prueba sin gomaespuma

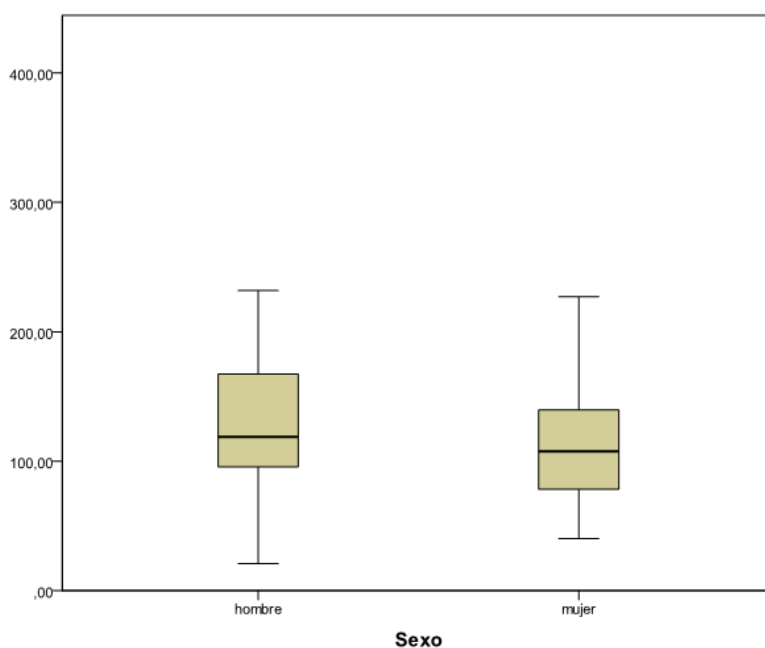
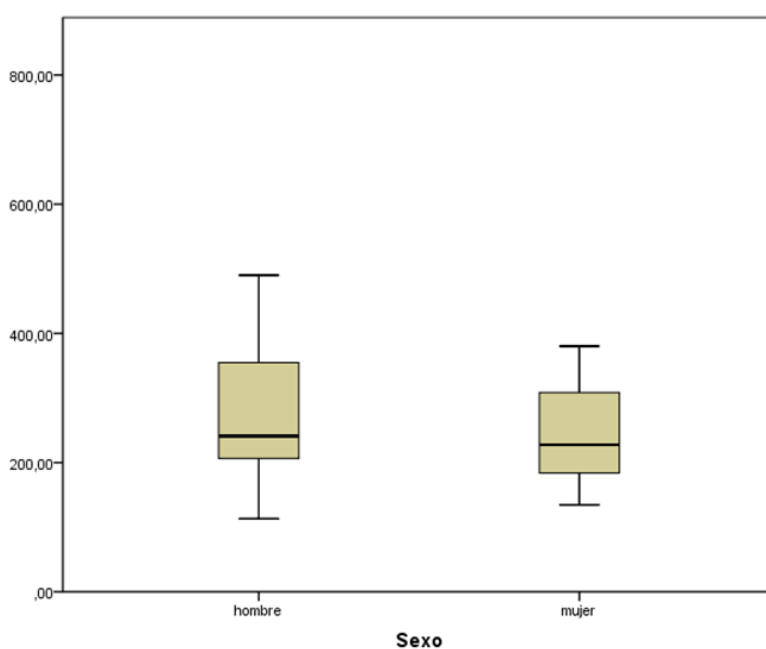


Gráfico 11. Índice de Romberg entre sexos. Prueba con gomaespuma



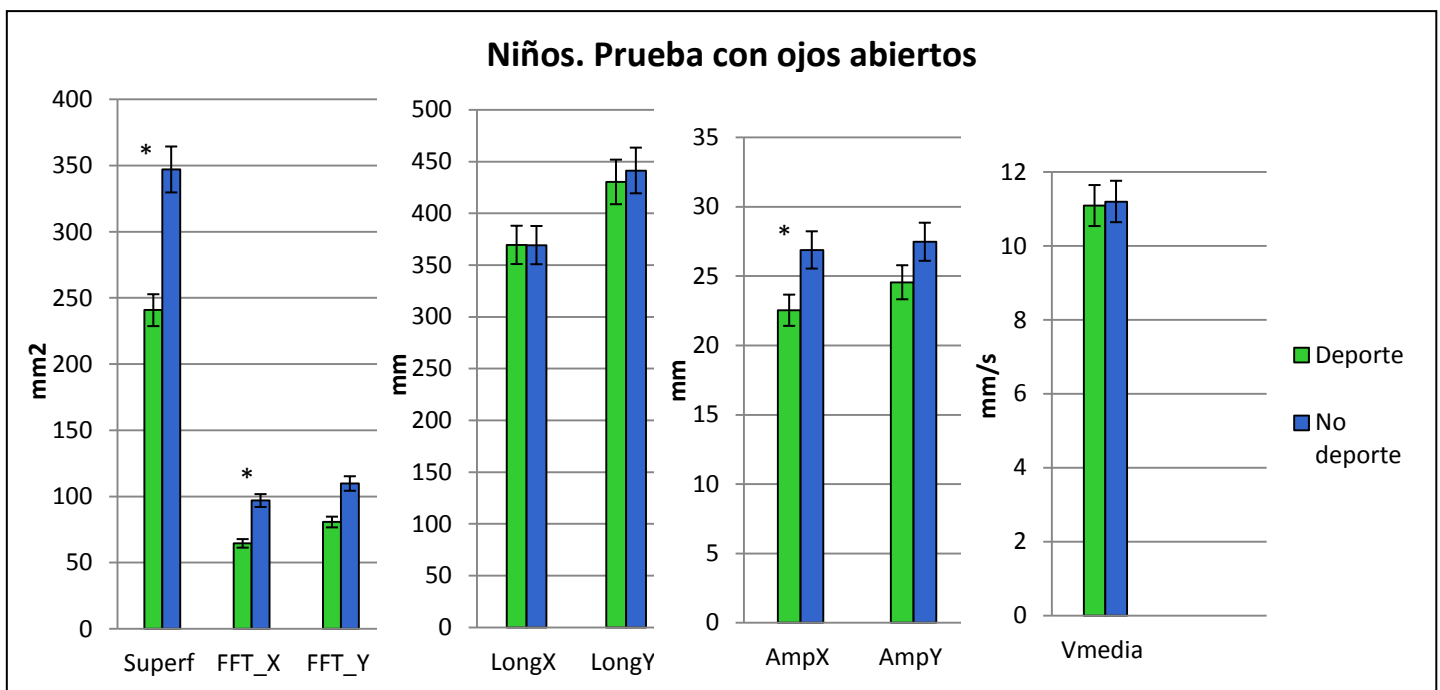
5.5 Niños vs grupos (control y estudio). Niñas vs grupos

5.5.1 Prueba con ojos abiertos y cerrados

En el caso de las niñas, aquellas que realizaban deporte obtuvieron medias inferiores en todas las variables estabilométricas evaluadas en la prueba con ojos abiertos, mientras que en la prueba con ojos cerrados las medias tienden a igualarse o incluso invertirse (inferiores para el grupo que no realizaba deporte). La prueba t-Student para muestras independientes (Tabla 12) no reveló diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) en ninguna variable.

En el caso de los niños, también se obtuvieron medias inferiores en el grupo que realizaba deporte en la prueba con ojos abiertos, no siendo así en la prueba con ojos cerrados. En este caso, la prueba t-Student para muestras independientes (Tabla 13) reveló diferencias significativamente ($p < 0,05$) menores con ojos abiertos en los niños del grupo a estudio en las variables (Gráfico 12): superficie [Prueba t-Student para muestras independientes asumiendo homogeneidad de varianzas, $t=2,37$; $gl=38$; $p(\text{bilateral})=0,023$; IC 95%=15,78/196,79]; energía total en X [Prueba t-Student para muestras independientes asumiendo homogeneidad de varianzas, $t=-2,15$; $gl=21,47$; $p(\text{bilateral})=0,043$; IC95%=-63,57/-1,13] y amplitud en X [Prueba t-Student para muestras independientes asumiendo homogeneidad de varianzas, $t=2,03$; $gl=38$; $p(\text{bilateral})=0,049$; IC 95%=0,02/8,66].

Gráfico 12. Niños vs grupo de deporte. Prueba con ojos abiertos



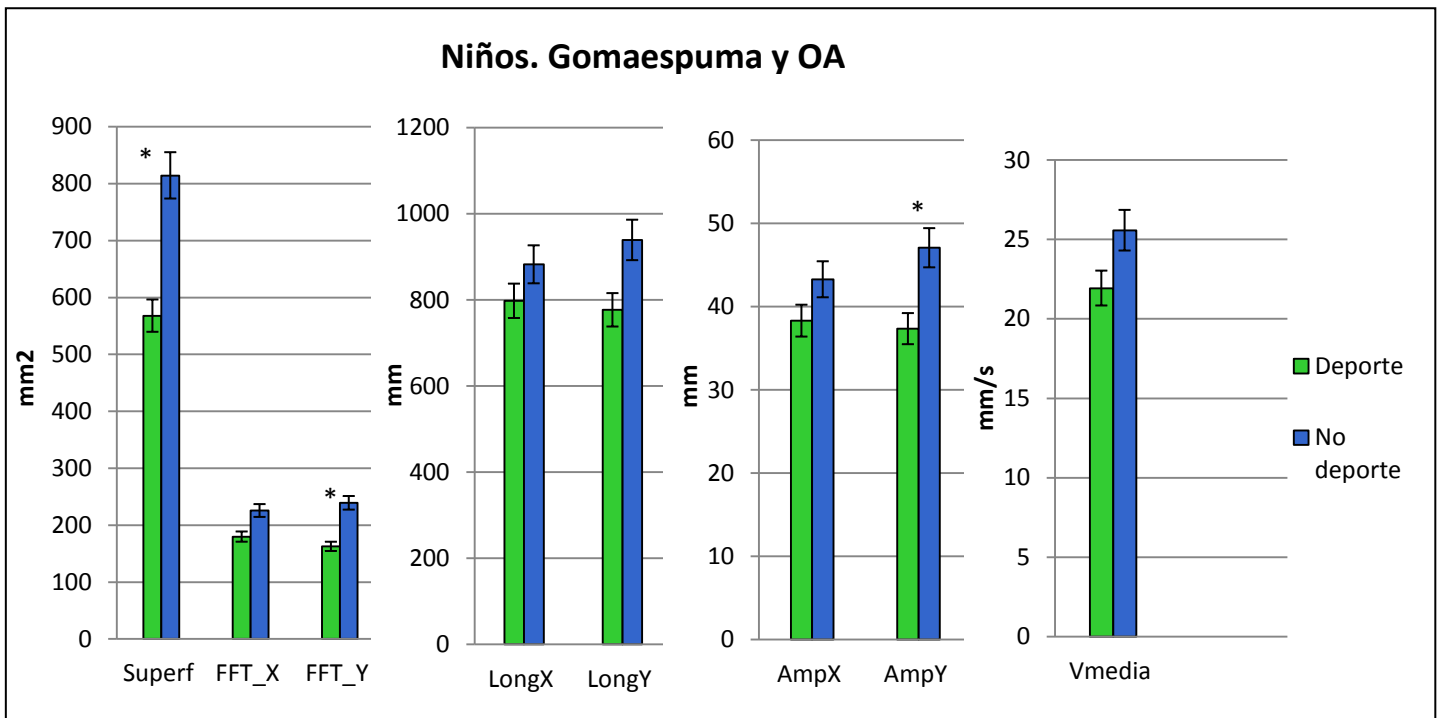
*Significación $p < 0,05$ t-Student para muestras independientes

5.5.2 Prueba con gomaespuma, ojos abiertos y cerrados

En el caso de las niñas, de nuevo obtienen medias inferiores aquellas que realizan deporte, pero tal y como ocurría en las pruebas con ojos abiertos y cerrados, la prueba t-Student para muestras independientes no reveló diferencias significativas ($p > 0,05$) en ninguna de las variables estudiadas (Tabla 14).

En el caso de los niños, se vuelven a obtener valores significativamente ($p < 0,05$) menores en el grupo que realiza deporte en la prueba con gomaespuma y ojos abiertos (Tabla 15) en las variables (Gráfico 13): superficie [Prueba t-Student para muestras independientes asumiendo homogeneidad de varianzas, $t=2,74$; $gl=38$; $p(\text{bilateral})=0,018$; IC 95%=44,89/448,00]; energía total en Y [Prueba t-Student para muestras independientes asumiendo homogeneidad de varianzas, $t=-2,47$; $gl=38$; $p(\text{bilateral})=0,018$; IC 95%=-139,07/-13,92] y amplitud en Y [Prueba t-Student para muestras independientes no asumiendo homogeneidad de varianzas, $t=2,47$; $gl=23,28$; $p(\text{bilateral})=0,021$; IC 95%=1,58/17,85].

Gráfico 13. Niños vs grupo de deporte. Prueba con gomaespuma y ojos abiertos



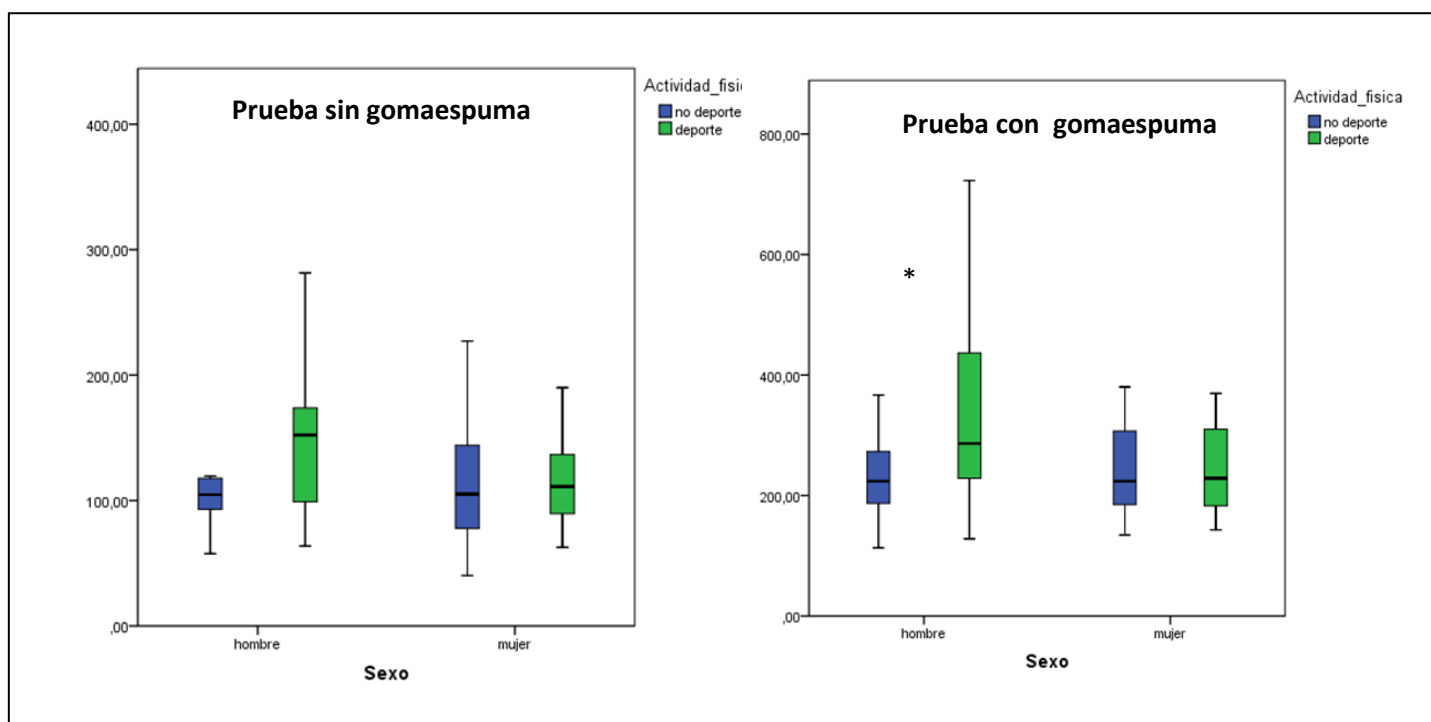
*Significación $p < 0,05$ t-Student para muestras independientes

5.5.3 Índice de Romberg

En las pruebas sin gomaespuma (Gráfico 14) tanto los niños como las niñas que realizaban deporte obtuvieron medias superiores a aquellos niños y niñas que no realizaban deporte no hallándose diferencias significativas ($p > 0,05$) en ninguno de los dos casos (Tabla 16).

En las pruebas con gomaespuma (Gráfico 14), volvemos a encontrar medias superiores en los niños y niñas que realizaban deporte frente a los que no. En este caso, se registraron valores significativamente ($p < 0,05$) menores para los niños que no realizaban deporte (Tabla 16) [Prueba t-Student muestras independientes no asumiendo varianzas iguales, $t = -2,7$; $gl = 29,79$; $p(\text{bilateral}) = 0,011$; IC 95% = $-194,23 / -26,92$].

Gráfico 14. Índice de Romberg. Sexo vs grupos. Prueba sin Gomaespuma y con Gomaespuma



*Significación $p < 0,05$ t-Student para muestras independientes

5.6 Deporte vs sexo. No deporte vs sexo

5.6.1 Prueba con ojos abiertos y cerrados

Tanto en el grupo que realizaba deporte como en el que no, la prueba t-Student para muestras independientes no reveló diferencias significativas ($p > 0,05$) entre niños y niñas en ninguna de las variables estudiadas (Tablas 17 y 18).

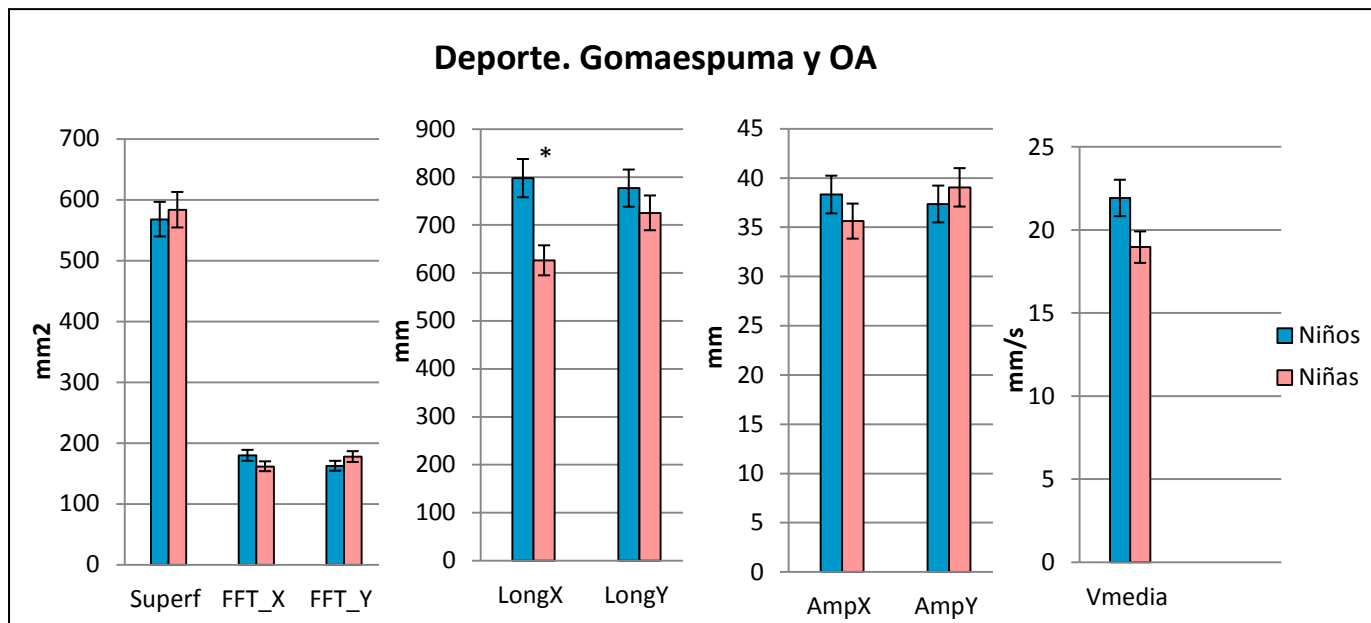
5.6.2 Prueba con gomaespuma, ojos abiertos y cerrados

En el caso de las pruebas con gomaespuma se obtuvieron resultados significativamente menores ($p < 0,05$) en las niñas tanto en el grupo de deporte como en el que no realizaba deporte (Tablas 19 y 20).

En el grupo que realizaba deporte se halló significación en las variables (Gráficos 15 y 16):

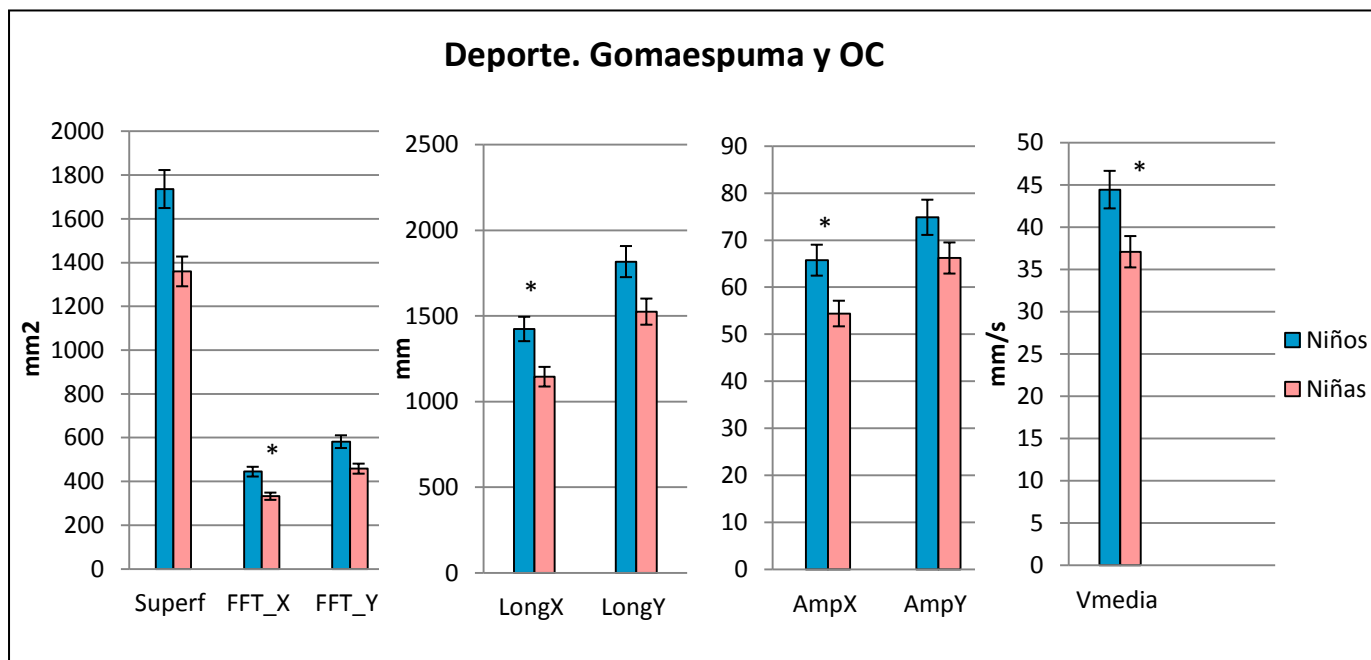
- ✓ Longitud en X con ojos abiertos [Prueba t-Student para muestras independientes asumiendo homogeneidad de varianzas, $t=2,6$; $gl=42$; $p(\text{bilateral})=0,013$; IC 95%=38,17/304,60]; y con ojos cerrados [Prueba t-Student para muestras independientes no asumiendo homogeneidad de varianzas, $t=2,39$; $gl=32,79$; $p(\text{bilateral})=0,023$; IC 95%= 41,81 a 515,26].
- ✓ Energía Total en X con ojos cerrados [Prueba t-Student para muestras independientes no asumiendo homogeneidad de varianzas, $t=2,18$; $gl=30,9$; $p(\text{bilateral})=0,036$; IC 95%=7,58/217,22].
- ✓ Amplitud en X con ojos cerrados [Prueba t-Student para muestras independientes no asumiendo homogeneidad de varianzas, $t=2,21$; $gl=31,44$; $p(\text{bilateral})=0,034$; IC 95%= 0,88/21,79].
- ✓ Velocidad media con ojos cerrados [Prueba t-Student para muestras independientes no asumiendo homogeneidad de varianzas, $t=2,1$; $gl=36,93$; $p(\text{bilateral})=0,043$; IC 95%=0,25/14,45].

Gráfico 15. Deporte y sexo. Prueba con gomaespuma y OA



*Significación $p < 0,05$ t-Student para muestras independientes

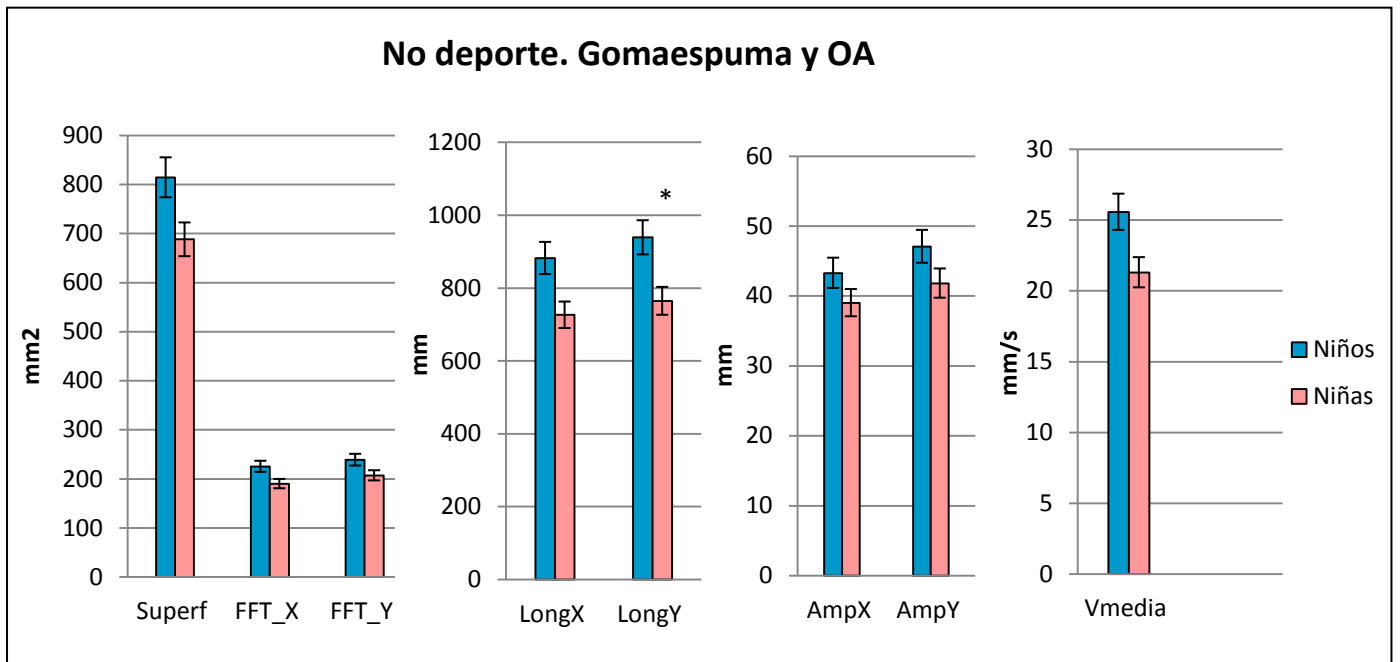
Gráfico 16. Deporte y sexo. Prueba con gomaespuma y ojos cerrados



*Significación $p < 0,05$ t-Student para muestras independientes

En el grupo que no realizaba deporte (Gráfico 17) se obtuvieron valores significativamente menores también en las niñas en la prueba con ojos abiertos para la variable longitud en Y [Prueba t-Student para muestras independientes asumiendo homogeneidad de varianzas, $t=2,136$; $gl=37$; $p(\text{bilateral})=0,039$; IC 95%=8,94/339,56].

Gráfico 17. No deporte y sexo. Prueba con gomaespuma y ojos abiertos

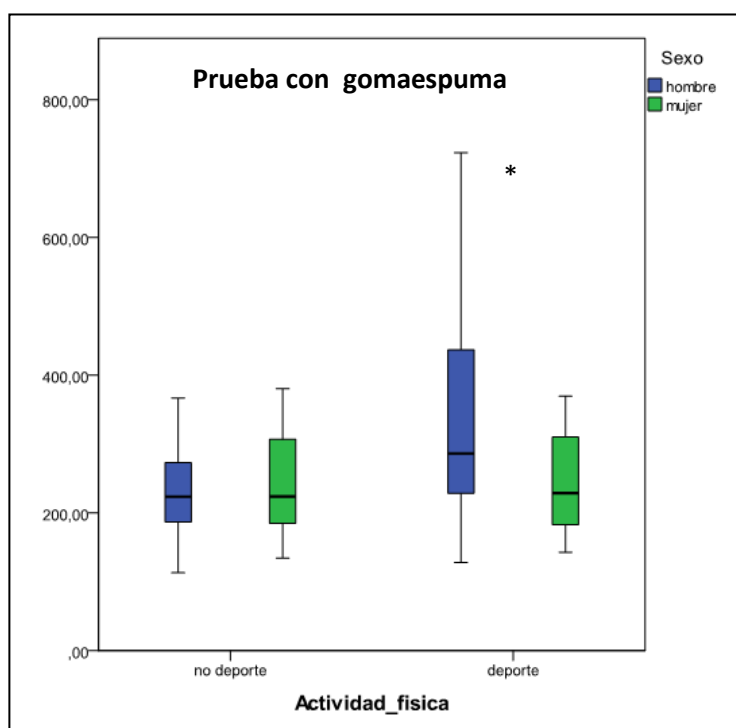


*Significación $p<0,05$ t-Student para muestras independientes

5.6.3 Índice de Romberg

Respecto al índice de Romberg, en este caso, la prueba t-Student para muestras independientes (Tabla 21) reveló diferencias significativas solo en el grupo que realizaba deporte y en la prueba con gomaespuma de tal manera que las niñas que realizaban deporte obtuvieron en dicha prueba valores estadísticamente menores que los niños [Prueba t-Student para muestras independientes no asumiendo homogeneidad de varianzas; $t=2,39$; $gl=29,25$; $p(\text{bilateral})= 0,023$; IC 95%=14,17/180,09] (Gráfico 18).

Gráfico 18. Índice de Romberg. Grupo vs sexo. Prueba con gomaespuma



*Significación $p < 0,05$ t-Student para muestras independientes

5.7 Ojos abiertos vs ojos cerrados.

5.7.1 Grupo estudio (deporte) y grupo control (no deporte)

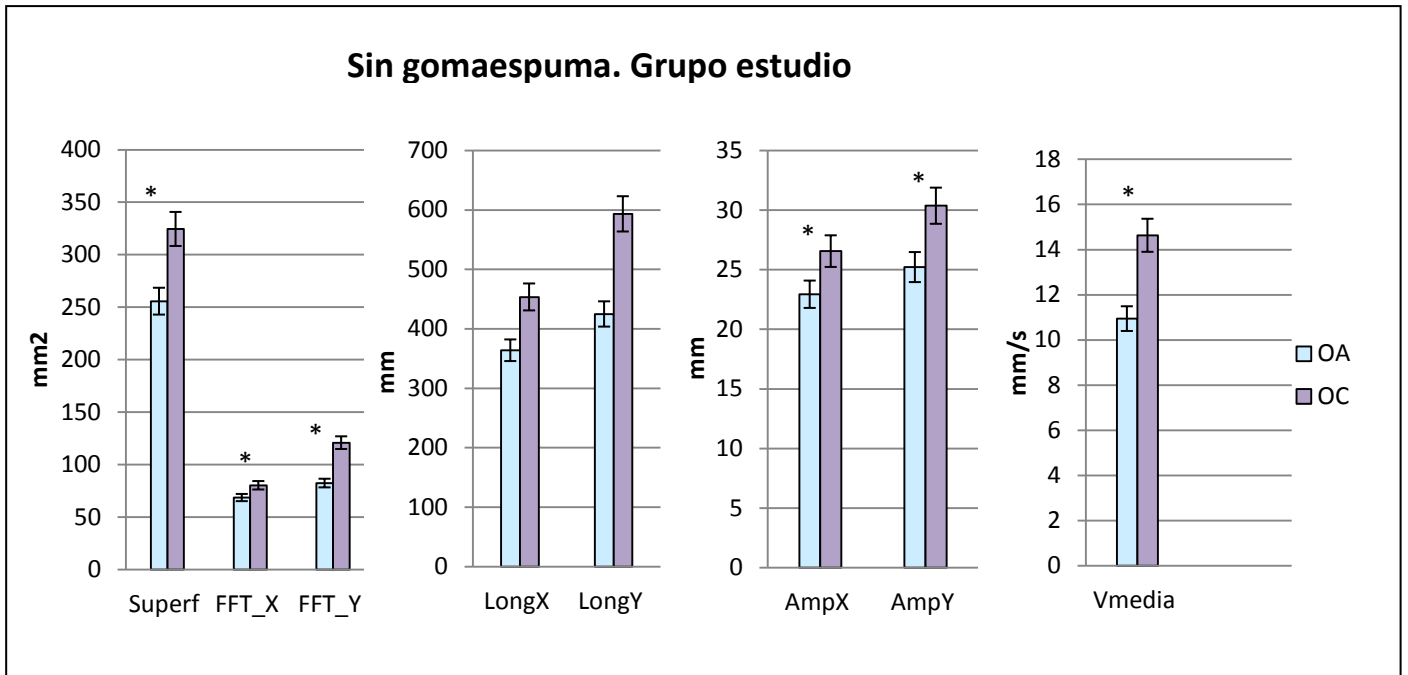
5.7.1.1 Prueba sin gomaespuma

En el grupo a estudio se obtuvieron medias superiores en las pruebas con ojos cerrados frente a las realizadas con ojos abiertos (Gráfico 19). Sin embargo, en el grupo control, aunque en la mayoría de las variables estudiadas también se hallaron medias superiores con los ojos cerrados, en el caso de la amplitud y la energía en X, se registraron medias superiores con los ojos abiertos (Gráfico 20).

En el caso del grupo a estudio, la prueba t-Student para muestras relacionadas reveló diferencias significativamente ($p < 0,05$) menores con los ojos abiertos en todas las variables estudiadas (Tabla 22).

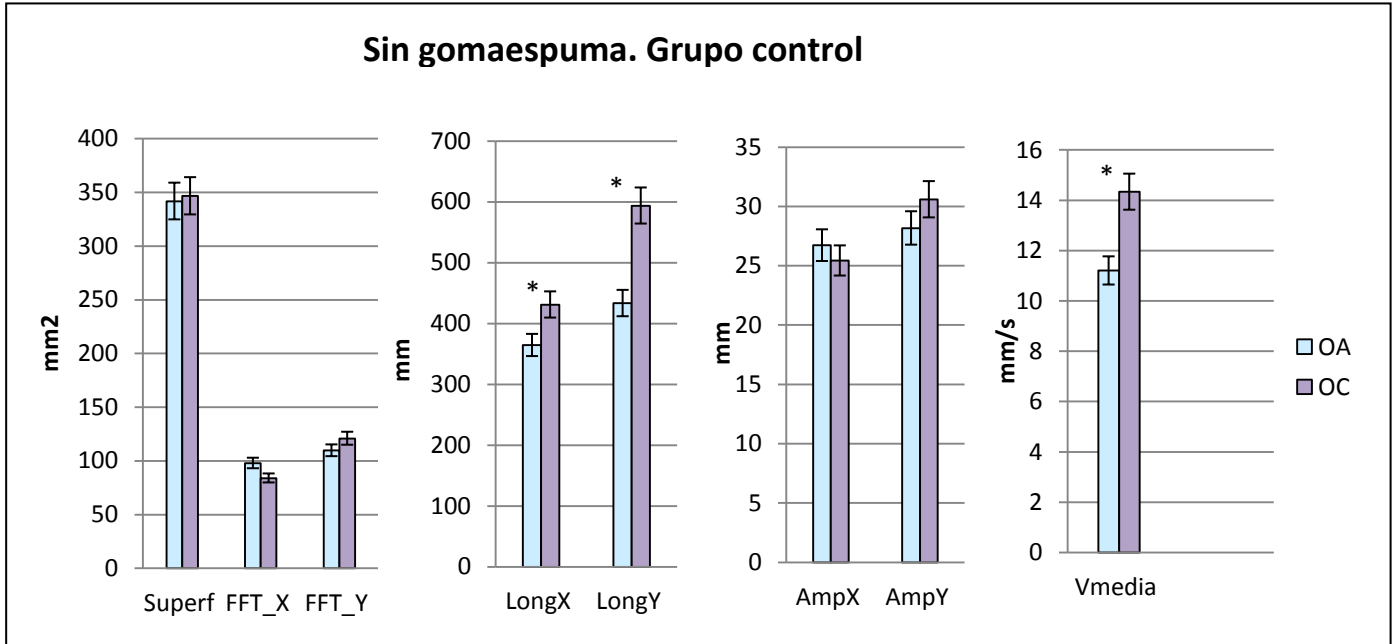
En el grupo control también se obtuvieron valores estadísticamente menores con los ojos abiertos, pero sólo en las variables: velocidad media, longitud en X y longitud en Y con p valores $\leq 0,001$ (Tabla 22).

Gráfico 19. OA vs OC. Prueba sin gomaespuma, grupo estudio.



*Significación p<0,05 t-Student para muestras dependientes

Gráfico 20. OA vs OC. Prueba sin gomaespuma, grupo control.

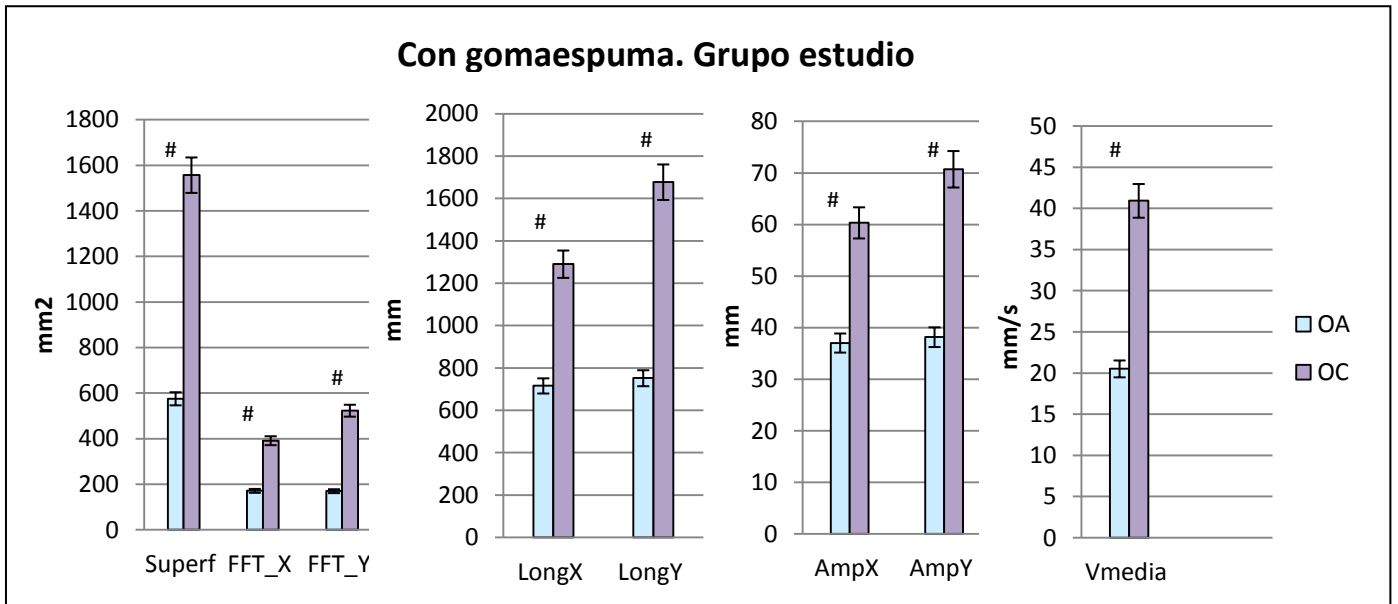


*Significación p<0,05 t-Student para muestras dependientes

5.7.1.2 Prueba con gomaespuma

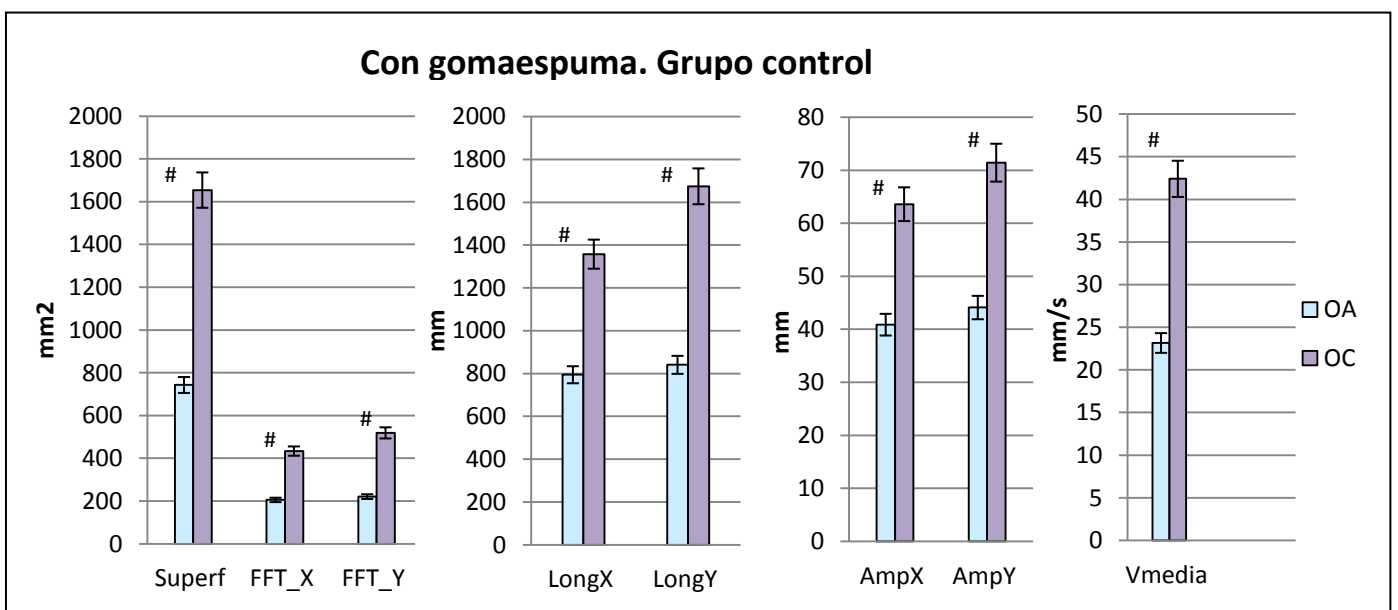
En la prueba con gomaespuma también se obtuvieron valores inferiores con los ojos abiertos frente a los ojos cerrados pero en este caso, tanto en el grupo a estudio (Gráfico 21) como en el grupo control (Gráfico 22), la prueba t-Student para muestras relacionadas (Tabla 23) reveló diferencias estadísticamente significativas en todas las variables con p valores < 0,001.

Gráfico 21. OA vs OC. Prueba con gomaespuma, grupo estudio.



Significación p<0,001 t-Student para muestras dependientes

Gráfico 22. OA vs OC. Prueba con gomaespuma, grupo control.



Significación p<0,001 t-Student para muestras dependientes

5.7.2 Sexo

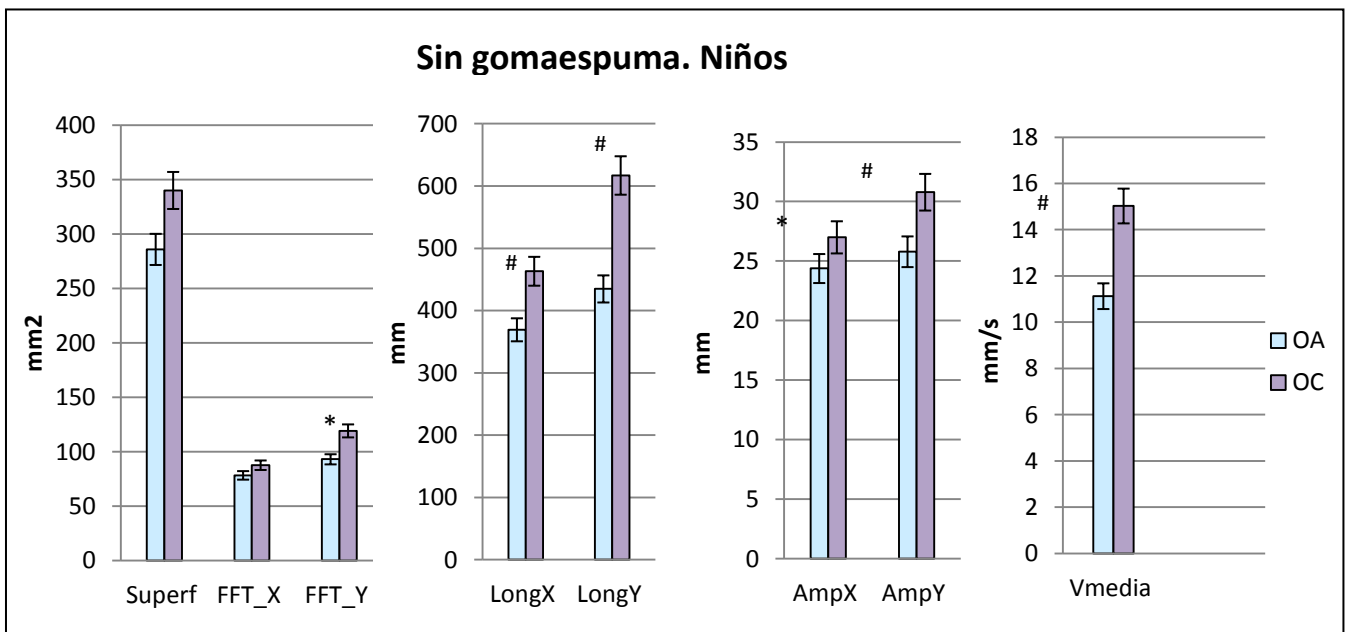
5.7.2.1 Prueba sin gomaespuma

En los niños se registraron medias superiores en todas las variables con ojos cerrados frente a ojos abiertos (Gráfico 23). En el caso de las niñas, se obtuvieron también medias superiores con los ojos cerrados en todas las variables excepto en la energía total en X, en donde la media con ojos abiertos fue superior (Gráfico 24).

En el caso de los niños, la prueba t-Student para muestras relacionadas (Tabla 24) reveló diferencias estadísticamente significativas con p valor $\leq 0,001$ en las variables velocidad media, longitud (en X e Y) y amplitud en Y. Asimismo, se obtuvo significación estadística con p valor $< 0,05$ en las variables amplitud en X y energía total en Y.

En las niñas, la prueba t-student para muestras relacionadas (Tabla 24) reveló diferencias estadísticamente significativas con p valor $\leq 0,001$ en las variables velocidad media y longitud (en X e Y).

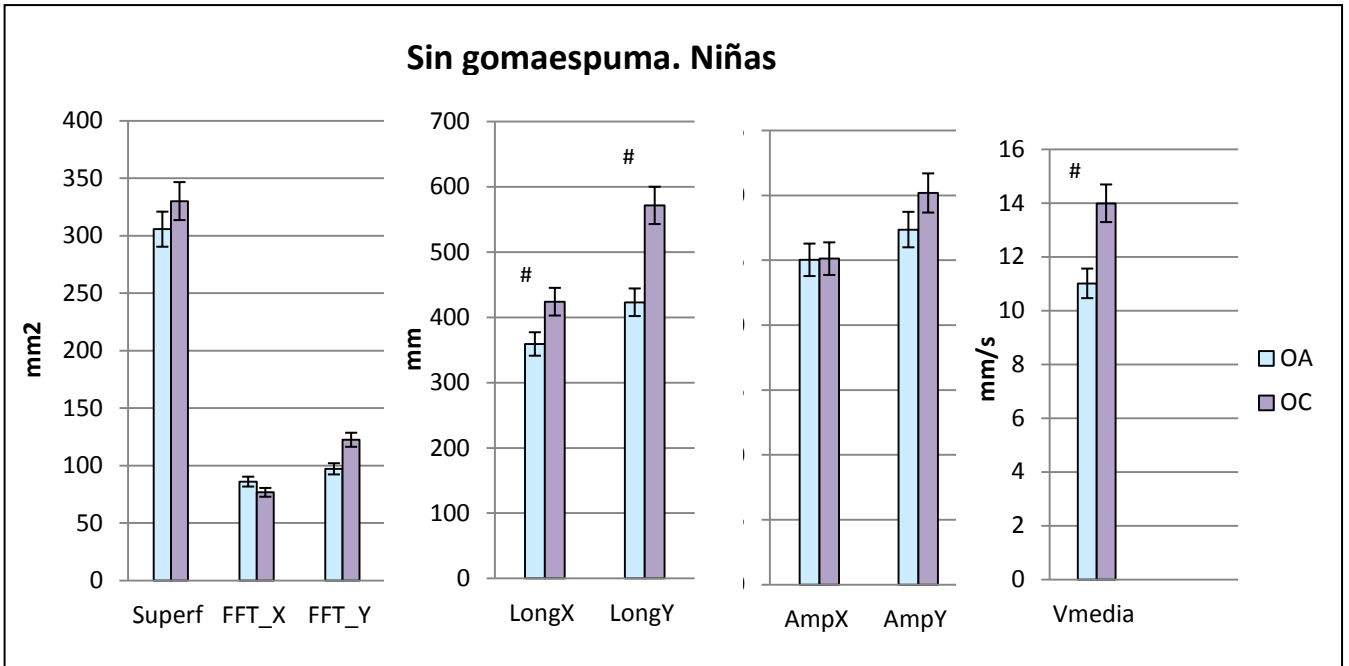
Gráfico 23. OA vs OC. Prueba sin gomaespuma, niños.



*Significación p<0,05 t-Student para muestras dependientes

#Significación p<0,001 t-Student para muestras dependientes

Gráfico 24. OA vs OC. Prueba sin gomaespuma, niñas.

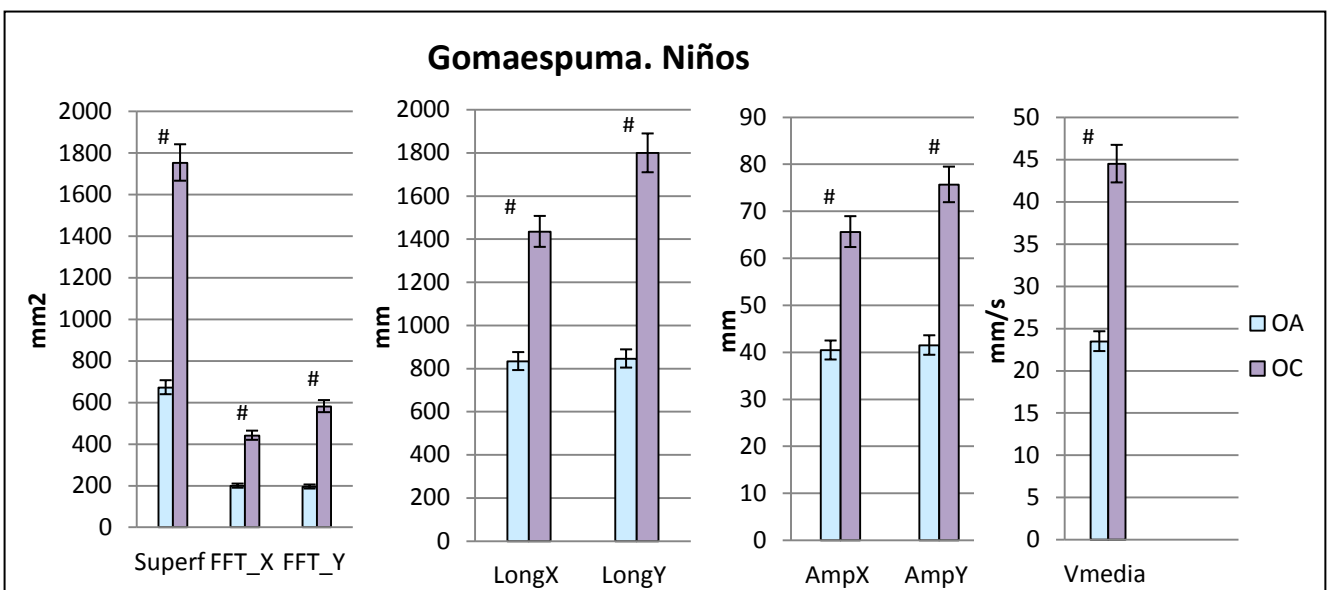


Significación $p \leq 0,001$ t-Student para muestras dependientes

5.7.2.2 Prueba con gomaespuma

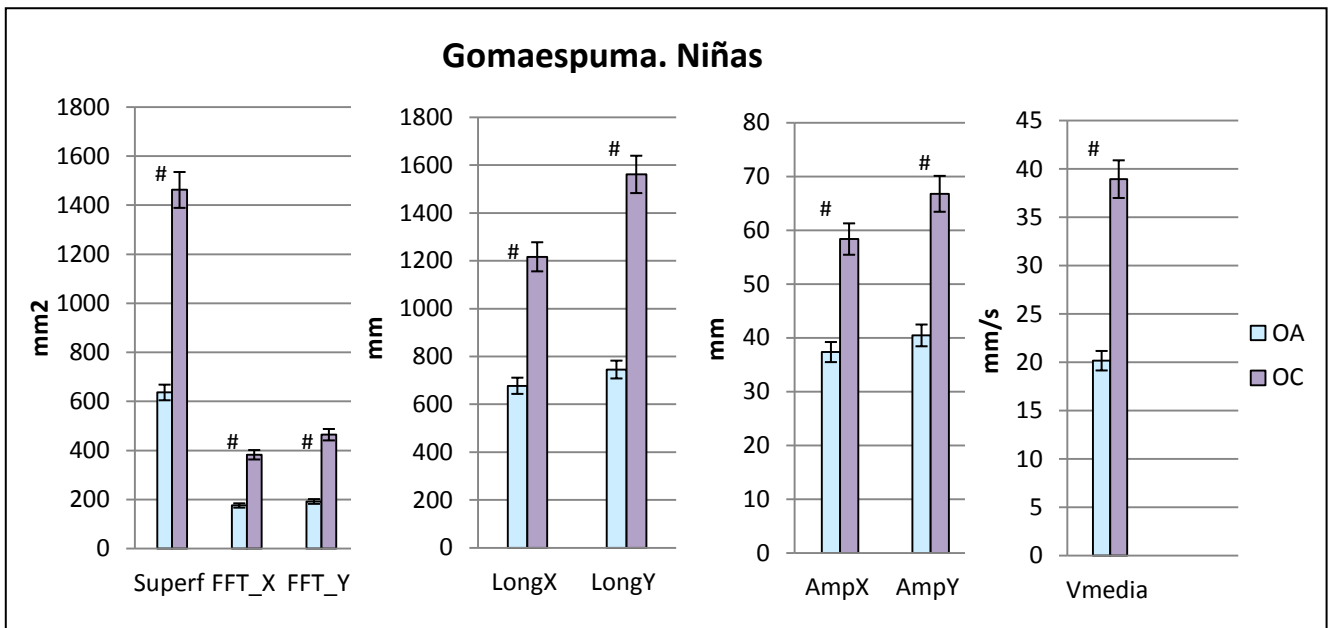
En la prueba con gomaespuma, tanto en niños (Gráfico 25) como en niñas (Gráfico 26) se registraron medias superiores con los ojos cerrados obteniendo significación estadística en todas las variables estudiadas con p valor $< 0,001$ (Tabla 25).

Gráfico 25. OA vs OC. Prueba con gomaespuma, niños.



Significación $p < 0,001$ t-Student para muestras dependientes

Gráfico 26. OA vs OC. Prueba con gomaespuma, niñas.



Significación $p < 0,001$ t-Student para muestras dependientes

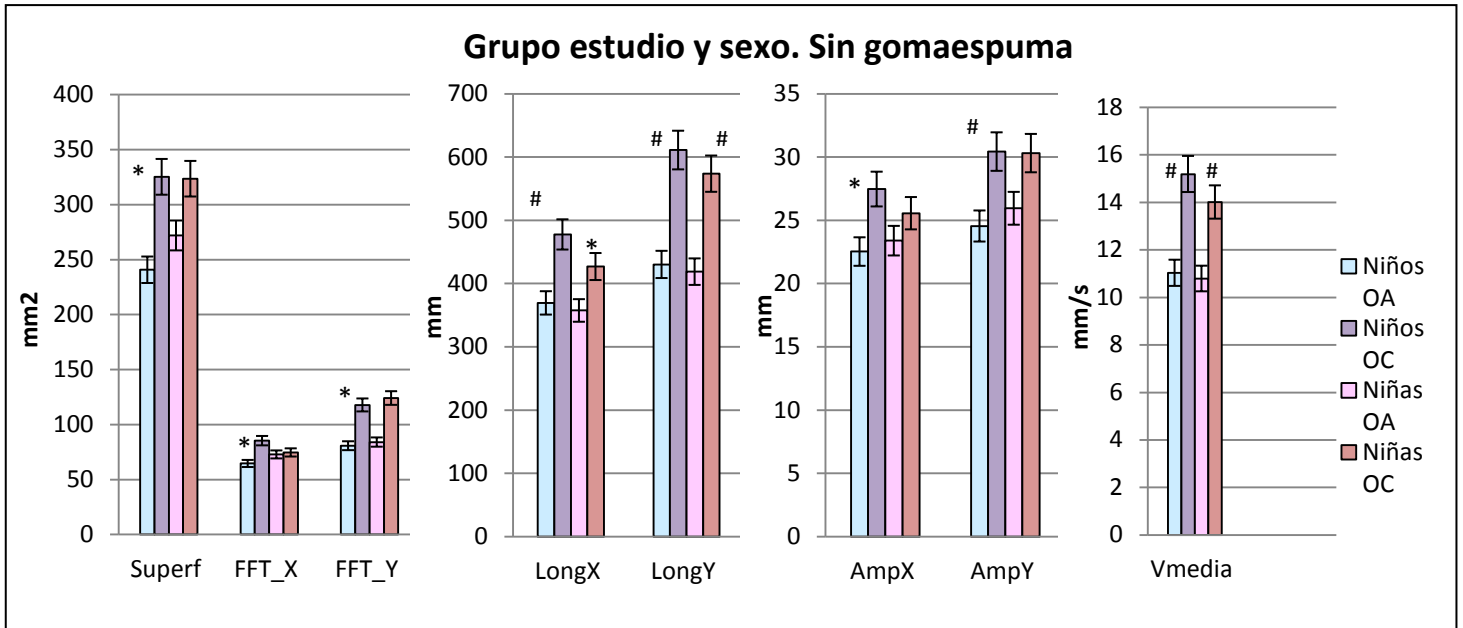
5.7.3 Grupos y sexo

5.7.3.1 Prueba sin gomaespuma

En la prueba sin gomaespuma, en el grupo a estudio, tanto en niños como en niñas se registraron medias superiores con los ojos cerrados (Gráfico 27) mientras que en el grupo control (Gráfico 28), en las variables amplitud en X y energía en X se obtuvieron medias superiores con los ojos abiertos en ambos sexos.

La prueba t-Student para muestras dependientes (Tabla 26) reveló diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) tanto en el grupo a estudio como en el grupo control en ambos sexos. De esta forma, se obtuvo significación en las variables velocidad media y longitud (en X e Y) en las niñas del grupo a estudio y en los niños y niñas pertenecientes al grupo control. En el caso de los niños del grupo a estudio se hallaron diferencias estadísticamente significativas en todas las variables estudiadas.

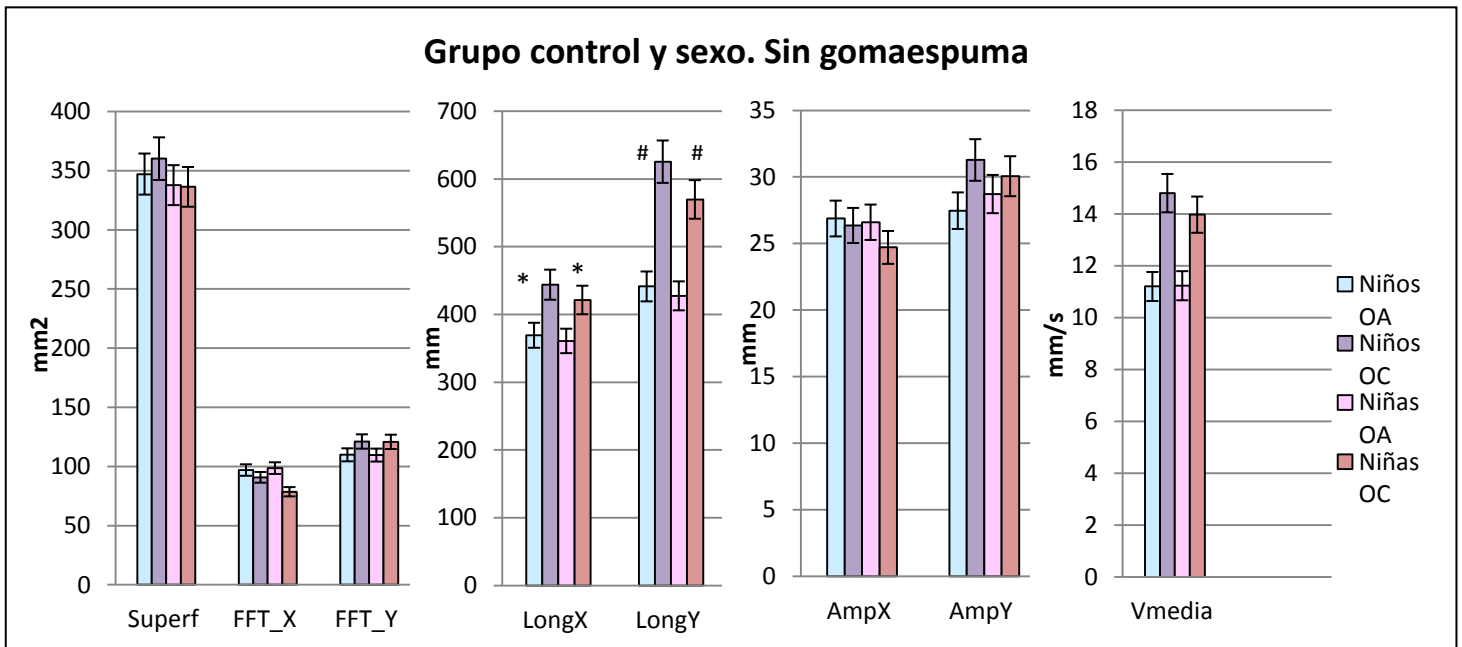
Gráfico 27. OA vs OC. Prueba sin gomaespuma. Grupo estudio y sexos



*Significación $p < 0,05$ t-Student para muestras dependientes

#Significación $p \leq 0,001$ t-Student para muestras dependientes

Gráfico 28. OA vs OC. Prueba sin gomaespuma. Grupo control y sexos



*Significación $p < 0,05$ t-Student para muestras dependientes

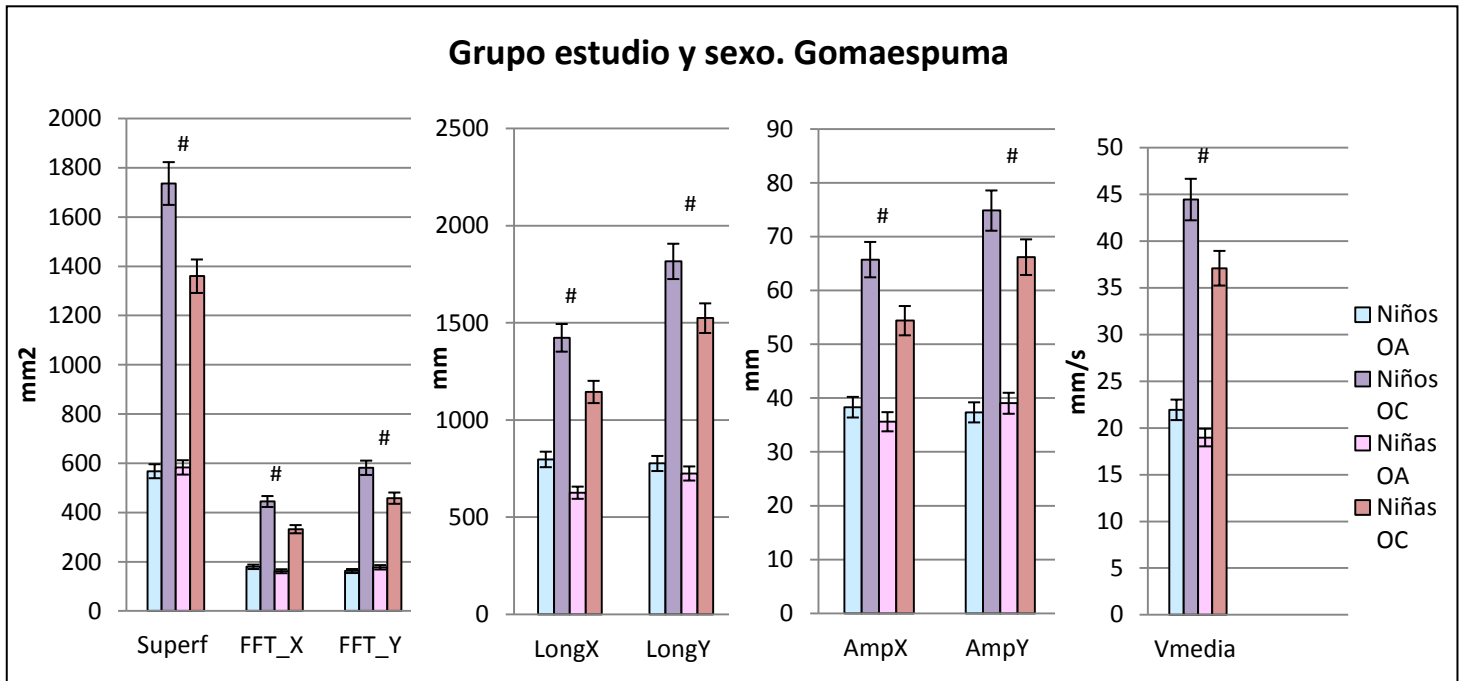
#Significación $p < 0,001$ t-Student para muestras dependientes

5.7.3.2 Prueba con gomaespuma

En la prueba con gomaespuma, se registraron medias superiores con los ojos cerrados en ambos grupos y sexos (Gráficos 29 y 30).

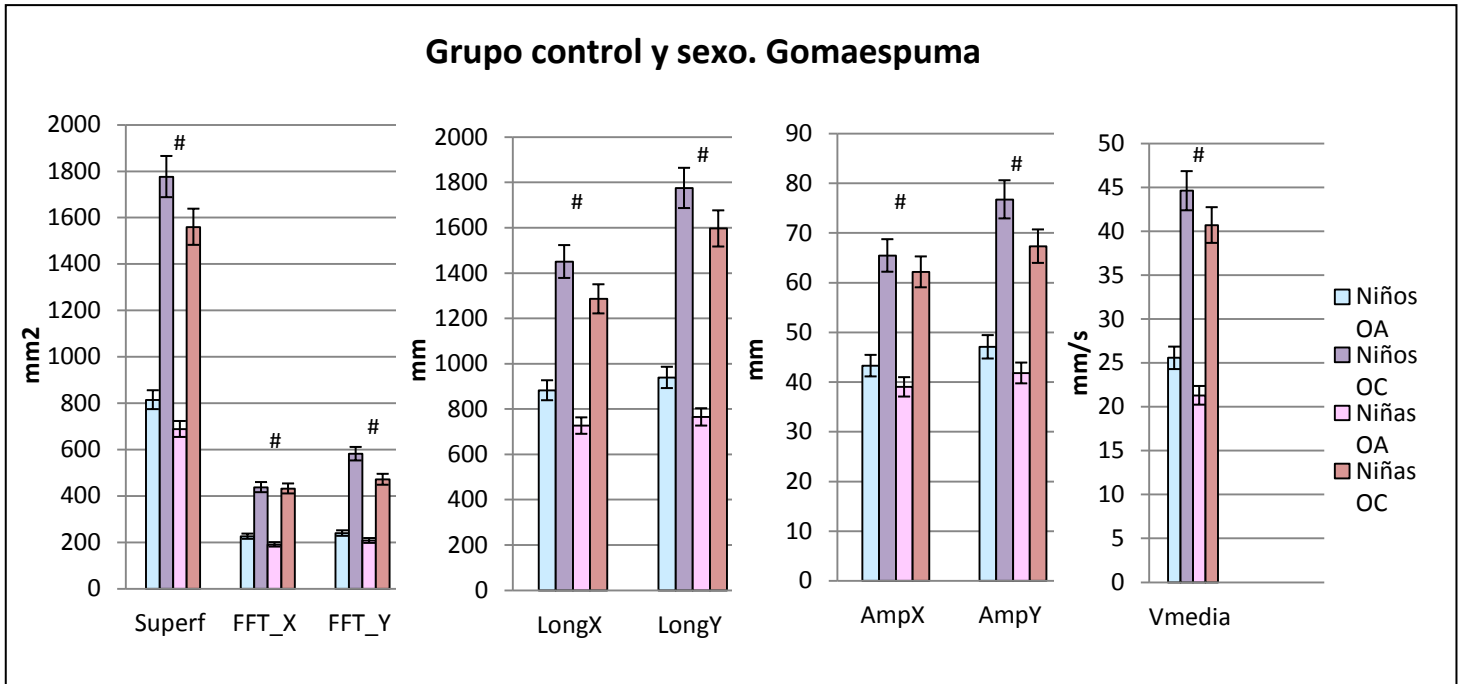
La prueba t-Student para muestras dependientes (Tabla 27), reveló diferencias significativas con $p < 0,001$ en todas las variables estudiadas tanto en el grupo control (en ambos sexos), como en el grupo a estudio (en ambos sexos también).

Gráfico 29. OA vs OC. Prueba con gomaespuma. Grupo estudio y sexos



[#]Significación $p < 0,001$ t-Student para muestras dependientes

Gráfico 30. OA vs OC. Prueba con gomaespuma. Grupo control y sexos



Significación $p < 0,001$ t-Student para muestras dependientes

5.8 Tablas de resultados

TABLA 1: Tabla de contingencia: sexo y grupos (control y estudio)

Tabla de contingencia Sexo * Actividad_física

			Actividad_física		Total
			No deporte	Deporte	
Sexo	hombre	Recuento	17	23	40
		% dentro de Sexo	42,5%	57,5%	100,0%
		% dentro de Actividad_física	43,6%	52,3%	48,2%
		% del total	20,5%	27,7%	48,2%
	mujer	Recuento	22	21	43
		% dentro de Sexo	51,2%	48,8%	100,0%
		% dentro de Actividad_física	56,4%	47,7%	51,8%
		% del total	26,5%	25,3%	51,8%
Total	Recuento		39	44	83
	% dentro de Sexo		47,0%	53,0%	100,0%
	% dentro de Actividad_física		100,0%	100,0%	100,0%
	% del total		47,0%	53,0%	100,0%

TABLA 2: Prueba de Chi-cuadrado para la distribución por sexos

Pruebas de chi-cuadrado

	Valor	gl	Sig. asintótica (bilateral)	Sig. exacta (bilateral)	Sig. exacta (unilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	,624 ^a	1	,429		
Corrección por continuidad ^b	,325	1	,569		
Razón de verosimilitudes	,625	1	,429		
Estadístico exacto de Fisher				,511	,285
Asociación lineal por lineal	,617	1	,432		
N de casos válidos	83				

a. 0 casillas (,0%) tienen una frecuencia esperada inferior a 5. La frecuencia mínima esperada es 18,80.

b. Calculado sólo para una tabla de 2x2.

TABLA 3: Homogeneidad de los grupos

Variable	Agrupación	Media	Desviación típica	Prueba T para muestras independientes	IC 95%
IMC	No deporte	17,56	2,45	p(bilateral)= 0,912	-1,12 a 1,25
	Deporte	17,5	2,94		
	Hombre	18	2,8	p(bilateral)= 0,12	-2,55 a 2,09
Mujer	17,08	2,57			
Talla	No deporte	1,36	0,063	p(bilateral)= 0,18	-0,04 a 0,009
	Deporte	1,38	0,064		
	Hombre	1,377	0,06	p(bilateral)= 0,68	-0,022 a 0,03
Mujer	1,371	0,068			
Peso	No deporte	32,89	6,44	p(bilateral)=0,62	-3,75 a 2,25
	Deporte	33,64	7,22		
	Hombre	34,38	7,18	p(bilateral)= 0,16	-0,86 a 5,08
Mujer	32,27	6,42			
nº pie	No deporte	33,9	1,99	p(bilateral)= 0,007*	-1,89 a -0,31
	Deporte	35	1,57		
	Hombre	34,88	1,72	p(bilateral)= 0,062	-0,04 a 1,55
Mujer	34,12	1,91			

*Significación $p < 0,05$

TABLA 4: Homogeneidad de los grupos en relación al sexo

Sexo	Variable	Actividad física	Media	Desviación típica	Prueba T para muestras independientes	IC 95%
Hombre	IMC	no deporte	17,6	2,36	p(bilateral)= 0,44	-2,52 a 1,12
		deporte	18,3	3,1		
	talla	no deporte	1,36	0,05	p(bilateral)= 0,41	-0,05 a 0,023
		deporte	1,38	0,06		
peso	no deporte	32,95	4,62	p(bilateral)= 0,28	-7,12 a 2,15	
	deporte	35,43	8,55			
nº pie	no deporte	34,24	1,82	p(bilateral)= 0,042*	-218 a -0,04	
	deporte	35,35	1,52			
Mujer	IMC	no deporte	17,53	2,57	p(bilateral)= 0,24	-0,65 a 2,49
		deporte	16,61	2,53		
	talla	no deporte	1,36	0,07	p(bilateral)= 0,31	-0,06 a 0,20
		deporte	1,38	0,06		
peso	no deporte	32,84	7,67	p(bilateral)= 0,55	-2,81 a 5,15	
	deporte	31,67	4,9			
nº pie	no deporte	33,64	2,12	p(bilateral)= 0,093	-2,13 a 0,172	
	deporte	34,62	1,56			

*Significación $p < 0,05$, t-Student muestras independientes

TABLA 5: Coeficiente de correlación de Pearson

	Pie	Talla	IMC	Area		Vmedia		LongX		LongY		AmpX		AmpY	
				OA	OC	OA	OC	OA	OC	OA	OC	OA	OC	OA	OC
Pie	1	,707**	,337**	-0,004	0,006	-0,107	-0,073	-0,111	-0,066	-0,157	-0,138	-0,003	0,009	0,009	-0,02
Correlación de Pearson															
Sig. (bilateral)		0,00**	0,002**	0,974	0,956	0,337	0,514	0,319	0,553	0,156	0,213	0,975	0,937	0,937	0,851
N	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83

** . La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

* . La correlación es significante al nivel 0,05 (bilateral).

TABLA 6: Prueba t-Student para muestras independientes. Prueba ojos abiertos y cerrados

Grupo	Prueba con ojos abiertos							
	Superf (mm ²)	Vmedia (mm/s)	LongX (mm)	LongY (mm)	AmpX (mm)	AmpY (mm)	FFT_X (mm ²)	FFT_Y (mm ²)
Deporte (n=44)	255,69 ± 118,23	10,94 ± 3,36	363,74 ± 123,19	424,79 ± 131,72	22,94 ± 5,55	25,21 ± 6,94	68,53 ± 31,89	82,34 ± 42,17
No deporte (n=39)	341,78 ± 207,64	11,21 ± 2,77	364,54 ± 98,52	433,47 ± 107,35	26,71 ± 10,54	28,17 ± 8,2	97,87 ± 70,6	109,70 ± 70,11
Significación	p= 0,021* [13,34 a 158,86]	p= 0,691 [-1,08 a 1,63]	p= 0,974 [-48,34 a 49,94]	p= 0,745 [-44,23 a 61,58]	p= 0,041* [0,15 a 7,4]	p= 0,079 [-0,35 a 6,26]	p= 0,021*# [-54 a -4,68]	p= 0,038*# [-53,17 a -1,57]
Grupo	Prueba con ojos cerrados							
	Superf (mm ²)	Vmedia (mm/s)	LongX (mm)	LongY (mm)	AmpX (mm)	AmpY (mm)	FFT_X (mm ²)	FFT_Y (mm ²)
Deporte (n=44)	324,49 ± 175,19	14,63 ± 5,22	453,46 ± 169,35	593,21 ± 197,56	26,56 ± 8,55	30,37 ± 8,71	80,24 ± 43,23	120,84 ± 74,35
No deporte (n=39)	346,64 ± 173,9	14,33 ± 4,12	431,15 ± 130,68	593,93 ± 183,83	25,42 ± 7,56	30,59 ± 8,53	83,93 ± 50,4	120,91 ± 64,26
Significación	p= 0,566 [-54,24 a 98,55]	p= 0,779 [-2,37 a 1,78]	p= 0,501# [-88,01 a 43,39]	p= 0,986 [-82,96 a 84,4]	p= 0,526 [-4,68 a 2,41]	p= 0,908 [-3,55 a 3,99]	p= 0,72 [-24,14 a 16,76]	p= 0,996 [-30,61 a 30,47]

Los valores se expresan como media ± desviación estándar

*Significación (p < 0,05) [IC 95%: límite inferior a límite superior]

No se asume homogeneidad de varianzas (p de levene < 0,05)

TABLA 7: Prueba t-Student para muestras independientes. Prueba con gomaespuma ojos abiertos y cerrados

Grupo	Prueba con gomaespuma y ojos abiertos							
	Superf (mm ²)	Vmedia (mm/s)	LongX (mm)	LongY (mm)	AmpX (mm)	AmpY (mm)	FFT_X (mm ²)	FFT_Y (mm ²)
Deporte (n=44)	575,31 ± 247,64	20,52 ± 6,17	715,83 ± 232,85	752,15 ± 233,68	37,03 ± 7,39	38,17 ± 10,42	171,16 ± 72,98	169,80 ± 71,67
No deporte (n=39)	743,12 ± 350,12	23,16 ± 7,33	794,43 ± 277,68	840,70 ± 264,22	40,88 ± 9,92	44,11 ± 13,04	205,71 ± 105,75	221,11 ± 110,20
Significación	p= 0,013* [36,48 a 299,13]	p= 0,078 [-0,30 a 5,59]	p= 0,165 [-32,92 a 190,13]	p= 0,109 [-20,18 a 197,28]	p= 0,047* [0,057 a 7,64]	p= 0,024* [0,81 a 11,08]	p= 0,084 [-73,87 a 4,77]	p= 0,013* [-91,47 a -11,15]
Grupo	Prueba con gomaespuma y ojos cerrados							
	Superf (mm ²)	Vmedia (mm/s)	LongX (mm)	LongY (mm)	AmpX (mm)	AmpY (mm)	FFT_X (mm ²)	FFT_Y (mm ²)
Deporte (n=44)	1556,66 ± 666,01	40,93 ± 12,30	1290,40 ± 416,31	1677,34 ± 544,52	60,33 ± 18,23	70,72 ± 20,59	391,23 ± 182,67	522,99 ± 229,71
No deporte (n=39)	1654,27 ± 686,64	42,41 ± 9,35	1357,63 ± 322,59	1674,42 ± 420,17	63,5986 ± 17,11	71,43 ± 18,28	433,98 ± 203,57	519,12 ± 229,48
Significación	p= 0,513 [-198,1 a 393,32]	p= 0,538# [-3,27 a 6,21]	p= 0,418 [-96,98 a 231,45]	p= 0,978 [-217,39 a 211,55]	p= 0,403 [-4,48 a 11,02]	p= 0,869 [-7,84 a 9,26321]	p= 0,316 [-127,09 a 41,61]	p= 0,939 [-96,60 a 104,34]

Los valores se expresan como media ± desviación estándar

*Significación (p < 0,05) [IC 95%: límite inferior a límite superior]

No se asume homogeneidad de varianzas (p de levene < 0,05)

TABLA 8. Índice de Romberg grupos. Prueba t-Student para muestras independientes.

Condición	Grupo	Media ± Desv. Típica
Sin gomaespuma	Deporte (n=44)	136,39 ± 62,01
	No deporte (n=39)	114,79 ± 54,57
	p= 0,098 (IC 95 %: -47,26 a 4,06)	
Con gomaespuma	Deporte (n=44)	297,62 ± 145,95
	No deporte (n=39)	238,53 ± 68,40
	p= 0,019* (IC 95 %: -108,21 a -9,96)	

*Significación ($p < 0,05$) [IC 95%: límite inferior a límite superior]

No se asume homogeneidad de varianzas (p de levene $< 0,05$)

TABLA 9: Prueba t-Student para muestras independientes. Comparación por sexo, pruebas sin gomaespuma.

Sexo	Prueba con ojos abiertos							
	Superf (mm ²)	Vmedia (mm/s)	LongX (mm)	LongY (mm)	AmpX (mm)	AmpY (mm)	FFT_X (mm ²)	FFT_Y (mm ²)
Hombre (n=40)	285,95 ± 147,88	11,14 ± 3,49	369,35 ± 123,73	434,97 ± 139,51	24,38 ± 6,94	25,79 ± 7	78,36 ± 45,13	93,11 ± 57,76
Mujer (n=43)	305,63 ± 190,97	11,01 ± 2,68	359,26 ± 100,27	423,21 ± 100,43	25,03 ± 9,71	27,36 ± 8,23	86,01 ± 63,68	97,14 ± 59,42
Significación	p= 0,603 [-94,67 a 55,32]	p= 0,856 [-1,23 a 1,48]	p= 0,683 [-38,94 a 59,13]	p= 0,659 [-41,06 a 64,57]	p= 0,727 [-4,36 a 3,06]	p= 0,353 [-4,92 a 1,78]	p= 0,532 [-31,92 a 16,62]	p= 0,755 [-29,66 a 21,59]
Sexo	Prueba con ojos cerrados							
	Superf (mm ²)	Vmedia (mm/s)	LongX (mm)	LongY (mm)	AmpX (mm)	AmpY (mm)	FFT_X (mm ²)	FFT_Y (mm ²)
Hombre (n=40)	340,10 ± 152,5	15,03 ± 4,61	463,31 ± 147,95	617,13 ± 194,14	27,00 ± 8,21	30,79 ± 7,91	87,68 ± 46,69	119,22 ± 57,52
Mujer (n=43)	330,07 ± 193,34	13,99 ± 4,81	424,07 ± 154,83	571,62 ± 185,78	25,13 ± 7,93	30,18 ± 9,23	76,68 ± 46,21	122,42 ± 79,48
Significación	p= 0,795 [-66,41 a 86,46]	p= 0,322 [-1,03 a 3,09]	p= 0,242 [-27,01 a 105,48]	p= 0,278 [-37,47 a 128,49]	p= 0,292 [-1,65 a 5,40]	p= 0,749 [-3,16 a 4,37]	p= 0,284 [-9,30 a 31,29]	p= 0,835 [-33,70 a 27,30]

Los valores se expresan como media ± desviación estándar

*Significación (p < 0,05) [IC 95%: límite inferior a límite superior]

No se asume homogeneidad de varianzas (p de levene < 0,05)

TABLA 10: Prueba t-Student para muestras independientes. Comparación por sexo, pruebas con gomaespuma.

Sexo	Gomaespuma y ojos abiertos							
	Superf (mm ²)	Vmedia (mm/s)	LongX (mm)	LongY (mm)	AmpX (mm)	AmpY (mm)	FFT_X (mm ²)	FFT_Y (mm ²)
Hombre (n=40)	672,65 ± 331,12	23,48 ± 7,80	833,65 ± 291,77	845,69 ± 280,22	40,43 ± 8,99	41,49 ± 12,21	199,20 ± 95,08	195,10 ± 102,79
Mujer (n=43)	636,96 ± 291,76	20,16 ± 5,40	677,52 ± 192,95	745,45 ± 212,27	37,36 ± 8,51	40,46 ± 11,98	176,41 ± 86,64	192,81 ± 87,90
Significación	p= 0,603 [-100,38 a 171,77]	p= 0,026* [0,40 a 6,23]	p= 0,005* [48,81 a 263,46]	p= 0,072# [-9,13 a 209,61]	p= 0,114 [-0,75 a 6,89]	p= 0,701 [-4,26 a 6,31]	p= 0,257 [-16,89 a 62,48]	p= 0,913 [-39,39 a 43,97]
Sexo	Gomaespuma y ojos cerrados							
	Superf (mm ²)	Vmedia (mm/s)	LongX (mm)	LongY (mm)	AmpX (mm)	AmpY (mm)	FFT_X (mm ²)	FFT_Y (mm ²)
Hombre (n=40)	1753,36 ± 748,55	44,51 ± 12,85	1434,91 ± 437,15	1799,14 ± 576,34	65,62 ± 20,41	75,66 ± 21,75	441,61 ± 197,32	581,65 ± 266,05
Mujer (n=43)	1462,21 ± 568,56	38,94 ± 8,15	1216,96 ± 270,05	1561,39 ± 356,31	58,37 ± 14,06	66,78 ± 16,07	383,14 ± 186,32	464,91 ± 170,95
Significación	p= 0,051# [-1,28 a 583,57]	p= 0,022*# [0,82 a 10,33]	p= 0,009*# [57,22 a 378,68]	p= 0,029*# [25,81 a 449,70]	p= 0,065# [-0,48 a 14,98]	p= 0,039*# [0,46 a 17,30]	p= 0,169 [-25,31 a 142,26]	p= 0,021*# [17,92 a 215,56]

Los valores se expresan como media ± desviación estándar

*Significación (p < 0,05) [IC 95%: límite inferior a límite superior]

No se asume homogeneidad de varianzas (p de levene < 0,05)

TABLA 11: Índice de Romberg sexos. Prueba t-Student para muestras independientes

Condición	Sexo	Media ± Desv. Típica
Sin gomaespuma	Hombre (n=40)	133,99 ± 60,20
	Mujer (n=43)	119,03 ± 58,18
	p= 0,253 (IC 95 %: -10,89 a 40,83)	
Con gomaespuma	Hombre (n=40)	296,99 ± 152,29
	Mujer (n=43)	244,62 ± 69,81
	p= 0,052# (IC 95 %: -0,42 a 105,15)	

*Significación (p < 0,05) [IC 95%: límite inferior a límite superior]

No se asume homogeneidad de varianzas (p de levene < 0,05)

TABLA 12: Prueba t-Student para muestras independientes. Niñas vs grupo de deporte. Prueba con ojos abiertos y cerrados

Niñas	Prueba con ojos abiertos							
	Superf (mm ²)	Vmedia (mm/s)	LongX (mm)	LongY (mm)	AmpX (mm)	AmpY (mm)	FFT_X (mm ²)	FFT_Y (mm ²)
Deporte (n=21)	272,01 ± 127,14	10,79 ± 3,21	357,50 ± 116,86	418,82 ± 118,94	23,39 ± 5,83	25,95 ± 7,30	72,84 ± 36,28	84,08 ± 36,61
No deporte (n=22)	337,71 ± 235,23	11,23 ± 2,12	360,93 ± 84,22	427,41 ± 81,62	26,60 ± 12,28	28,72 ± 9,00	98,58 ± 80,72	109,62 ± 73,83
Significación	p= 0,264 [-51,57 a 182,97]	p= 0,596 [-1,23 a 2,11]	p= 0,912 [-59,09 a 65,94]	p= 0,783 [-53,97 a 71,17]	p= 0,284 [-2,76 a 9,17]	p= 0,276 [-2,29 a 7,83]	p= 0,188 [-64,61 a 13,13]	p= 0,161 [-61,70 a 10,63]
Grupo	Prueba con ojos cerrados							
	Superf (mm ²)	Vmedia (mm/s)	LongX (mm)	LongY (mm)	AmpX (mm)	AmpY (mm)	FFT_X (mm ²)	FFT_Y (mm ²)
Deporte (n=21)	323,59 ± 227,67	14,01 ± 5,61	426,95 ± 168,08	573,70 ± 210,48	25,56 ± 8,69	30,31 ± 10,64	74,64 ± 49,56	124,13 ± 95,99
No deporte (n=22)	336,26 ± 159,11	13,97 ± 4,03	421,32 ± 145,00	569,64 ± 163,78	24,71 ± 7,31	30,06 ± 7,90	78,63 ± 43,84	120,78 ± 62,08
Significación	p= 0,833 [-107,83 a 133,17]	p= 0,978 [-3,04 a 2,96]	p= 0,907 [-102,17 a 90,91]	p= 0,944 [-119,90 a 111,78]	p= 0,727 [-5,79 a 4,08]	p= 0,931 [-6,00 a 5,51]	p= 0,781 [-32,78 a 24,79]	p= 0,892 [-46,21 a 52,90]

Los valores se expresan como media ± desviación estándar

*Significación (p < 0,05) [IC 95%: límite inferior a límite superior]

No se asume homogeneidad de varianzas (p de levene < 0,05)

TABLA 13: Prueba t-Student para muestras independientes. Niños vs grupo de deporte. Prueba con ojos abiertos y cerrados

Niños	Prueba con ojos abiertos							
	Superf (mm ²)	Vmedia (mm/s)	LongX (mm)	LongY (mm)	AmpX (mm)	AmpY (mm)	FFT_X (mm ²)	FFT_Y (mm ²)
Deporte (n=23)	240,77 ± 110,17	11,09 ± 3,56	369,44 ± 131,06	430,26 ± 144,87	22,53 ± 5,38	24,55 ± 6,69	64,61 ± 27,52	80,75 ± 47,46
No deporte (n=17)	347,06 ± 172,38	11,20 ± 3,50	369,23 ± 117,05	441,33 ± 136,05	26,88 ± 8,13	27,47 ± 7,26	96,96 ± 57,29	109,83 ± 67,22
Significación	p= 0,023* [15,78 a 196,80]	p= 0,921 [-2,17 a 2,40]	p= 0,996 [-81,38 a 80,94]	p= 0,808 [-80,38 a 102,51]	p= 0,049* [0,02 a 8,67]	p= 0,196 [-1,57 a 7,41]	p= 0,043*# [-63,58 a -1,13]	p= 0,117 [-65,74 a 7,59]
Niños	Prueba con ojos cerrados							
	Superf (mm ²)	Vmedia (mm/s)	LongX (mm)	LongY (mm)	AmpX (mm)	AmpY (mm)	FFT_X (mm ²)	FFT_Y (mm ²)
Deporte (n=23)	325,31 ± 113,43	15,19 ± 4,91	477,67 ± 170,55	611,03 ± 187,92	27,47 ± 8,51	30,43 ± 6,73	85,36 ± 36,91	117,84 ± 49,07
No deporte (n=17)	360,09 ± 195,58	14,80 ± 4,31	443,87 ± 112,51	625,38 ± 207,82	26,36 ± 8,00	31,28 ± 9,47	90,80 ± 58,49	121,08 ± 68,90
Significación	p= 0,483 [-64,60 a 134,16]	p= 0,797 [-3,41 a 2,63]	p= 0,456# [-124,57 a 56,98]	p= 0,821 [-112,92 a 141,60]	p= 0,678 [-6,48 a 4,26]	p= 0,741 [-4,33 a 6,03]	p= 0,739# [-38,67 a 27,79]	p= 0,863 [-40,96 a 34,47]

Los valores se expresan como media ± desviación estándar

*Significación (p < 0,05) [IC 95%: límite inferior a límite superior]

No se asume homogeneidad de varianzas (p de levene < 0,05)

TABLA 14. Prueba t-Student para muestras independientes. Niñas vs grupo de deporte. Prueba con gomaespuma ojos abiertos y cerrados

Niñas	Gomaespuma y ojos abiertos							
	Superf (mm ²)	Vmedia (mm/s)	LongX (mm)	LongY (mm)	AmpX (mm)	AmpY (mm)	FFT_X (mm ²)	FFT_Y (mm ²)
Deporte (n=21)	583,42 ± 246,03	18,97 ± 4,95	626,24 ± 144,58	725,23 ± 225,43	35,62 ± 8,06	39,05 ± 12,61	161,78 ± 71,48	177,70 ± 76,08
No deporte (n=22)	688,06 ± 327,10	21,30 ± 5,68	726,46 ± 222,30	764,74 ± 202,28	39,02 ± 8,78	41,82 ± 11,49	190,37 ± 98,65	207,22 ± 97,44
Significación	p= 0,244 [-74,27 a 283,57]	p= 0,160 [-0,96 a 5,61]	p= 0,087# [-15,22 a 215,66]	p= 0,548 [-92,27 a 171,29]	p= 0,193 [-1,79 a 8,60]	p= 0,455 [-4,65 a 10,19]	p= 0,285 [-81,86 a 24,68]	p= 0,276 [-83,54 a 24,50]
Niñas	Gomaespuma y ojos cerrados							
	Superf (mm ²)	Vmedia (mm/s)	LongX (mm)	LongY (mm)	AmpX (mm)	AmpY (mm)	FFT_X (mm ²)	FFT_Y (mm ²)
Deporte (n=21)	1359,87 ± 461,96	37,09 ± 8,66	1144,80 ± 245,18	1524,60 ± 385,80	54,40 ± 10,15	66,20 ± 17,98	332,48 ± 99,03	458,53 ± 189,15
No deporte (n=22)	1559,90 ± 650,23	40,70 ± 7,39	1285,83 ± 280,06	1596,50 ± 330,93	62,16 ± 16,32	67,33 ± 14,42	431,49 ± 234,68	471,00 ± 155,86
Significación	p= 0,254 [-148,85 a 548,92]	p= 0,148 [-1,34 a 8,56]	p= 0,087 [-21,39 a 303,45]	p= 0,515 [-149,13 a 292,93]	p= 0,070 [-0,66 a 16,17]	p= 0,822 [-8,89 a 11,14]	p= 0,081 [-210,92 a 12,90]	p= 0,814 [-119,00 a 94,06]

Los valores se expresan como media ± desviación estándar

*Significación (p < 0,05) [IC 95%: límite inferior a límite superior]

No se asume homogeneidad de varianzas (p de levene < 0,05)

TABLA 15. Prueba t-Student para muestras independientes. Niños vs grupo de deporte. Prueba con gomaespuma ojos abiertos y cerrados

Niños	Gomaespuma y ojos abiertos							
	Superf (mm ²)	Vmedia (mm/s)	LongX (mm)	LongY (mm)	AmpX (mm)	AmpY (mm)	FFT_X (mm ²)	FFT_Y (mm ²)
Deporte (n=23)	567,91± 254,39	21,93 ± 6,92	797,63 ± 268,91	776,73 ± 243,34	38,32 ± 6,63	37,36 ± 8,15	179,72 ± 74,87	162,58 ± 68,28
No deporte (n=17)	814,36± 375,71	25,57 ± 8,62	882,39 ± 322,01	938,99 ± 306,44	43,29 ± 11,02	47,08 ± 14,64	225,55 ± 114,21	239,08 ± 125,57
Significación	p= 0,018* [44,89 a 448,00]	p= 0,146 [-1,33 a 8,62]	p= 0,371 [-104,59 a 274,12]	p= 0,070 [-13,65 a 338,19]	p= 0,112# [-1,24 a 11,17]	p= 0,021*# [1,58 a 17,85]	p= 0,134 [-106,36 a 14,69]	p= 0,018* [-139,07 a -13,92]
Niños	Gomaespuma y ojos cerrados							
	Superf (mm ²)	Vmedia (mm/s)	LongX (mm)	LongY (mm)	AmpX (mm)	AmpY (mm)	FFT_X (mm ²)	FFT_Y (mm ²)
Deporte (n=23)	1736,34± 776,04	44,44 ± 14,15	1423,34 ± 495,37	1816,80 ± 633,73	65,74 ± 22,18	74,85 ± 22,31	444,88 ± 223,60	581,84 ± 251,04
No deporte (n=17)	1776,39± 732,62	44,61± 11,27	1450,56 ± 357,69	1775,26 ± 506,36	65,46 ± 18,41	76,75 ± 21,62	437,19 ± 161,62	581,39 ± 293,06
Significación	p= 0,870 [-450,79 a 530,89]	p= 0,968 [-8,26 a 8,59]	p= 0,849 [-259,39 a 313,83]	p= 0,825 [-419,35 a 336,27]	p= 0,967 [-13,66 a 13,11]	p= 0,789 [-12,35 a 16,16]	p= 0,905 [-121,72 a 137,09]	p= 0,996 [-174,06 a 174,97]

Los valores se expresan como media ± desviación estándar

*Significación (p < 0,05) [IC 95%: límite inferior a límite superior]

No se asume homogeneidad de varianzas (p de levene < 0,05)

TABLA 16: Índice de Romberg. Sexo vs grupos. Prueba t-Student para muestras independientes

Condición	Sexo	Grupo	Media ± Desv típica
Sin Gomaespuma	Niños	deporte (n=23)	149,86 ± 62,51
		no deporte (n=17)	112,53 ± 51,09
		p= 0,051 [IC 95%: -74,87 a 0,20645]	
	Niñas	deporte (n=21)	121,63 ± 59,43
		no deporte (n=22)	116,54 ± 58,25
		p= 0,778 [IC 95%: -41,34 a 31,15]	
Con Gomaespuma	Niños	deporte (n=23)	343,98 ± 179,79
		no deporte (n=17)	233,41 ± 67,92
		p= 0,011*# [IC 95%: -194,23 a -26,92]	
	Niñas	deporte (n=21)	246,85 ± 71,16
		no deporte (n=22)	242,50 ± 70,11
		p= 0,841 [IC 95%: -47,87 a 39,16]	

*Significación ($p < 0,05$) [IC 95%: límite inferior a límite superior]

No se asume homogeneidad de varianzas (p de levene $< 0,05$)

TABLA 17. Prueba t-Student para muestras independientes. Grupo de deporte vs sexo. Prueba con ojos abiertos

Grupo	Sexo	Ojos abiertos							
		Superf (mm ²)	Vmedia (mm/s)	LongX (mm)	LongY (mm)	AmpX (mm)	AmpY (mm)	FFT_X (mm ²)	FFT_Y (mm ²)
Deporte (n=44)	Niños (n= 23)	240,78 ± 110,17	11,09 ± 3,55	369,44 ± 131,06	430,26 ± 144,87	22,53 ± 5,38	24,55 ± 6,69	64,61 ± 27,52	80,75 ± 47,46
	Niñas (n= 21)	272,01 ± 127,14	10,79 ± 3,21	357,50 ± 116,86	418,81 ± 118,94	23,39 ± 5,83	25,95 ± 7,30	72,84 ± 36,28	84,08 ± 36,60
Significación		p= 0,388 [-103,45 a 40,98]	p= 0,770 [-1,76 a 2,37]	p= 0,752 [-63,89 a 87,77]	p= 0,777 [-69,66 a 92,55]	p= 0,613 [-4,27 a 2,55]	p= 0,511 [-5,65 a 2,85]	p= 0,399 [-27,72 a 11,26]	p= 0,797 [-29,29 a 22,65]
No deporte (n=39)	Niños (n= 17)	347,07 ± 172,38	11,20 ± 3,50	369,23 ± 117,05	441,33 ± 136,05	26,87 ± 8,13	27,47 ± 7,26	96,96 ± 57,29	109,83 ± 67,22
	Niñas (n= 22)	337,71 ± 235,23	11,23 ± 2,12	360,93 ± 84,22	427,41 ± 81,62	26,60 ± 12,28	28,72 ± 8,99	98,58 ± 80,72	109,61 ± 73,83
Significación		p= 0,891 [-128,29 a 147]	p= 0,977 [-1,86 a 1,81]	p= 0,798 [-56,97 a 73,56]	p= 0,694 [-57,12 a 84,94]	p= 0,936 [-6,71 a 7,27]	p= 0,644 [-6,67 a 4,18]	p= 0,945 [-48,43 a 45,19]	p= 0,993 [-46,27 a 46,70]

Los valores se expresan como media ± desviación estándar

*Significación (p < 0,05) [IC 95%: límite inferior a límite superior]

No se asume homogeneidad de varianzas (p de levene < 0,05)

TABLA 18. Prueba t-Student para muestras independientes. Grupo de deporte vs sexo. Prueba con ojos cerrados

Grupo	Sexo	Ojos cerrados							
		Superf (mm ²)	Vmedia (mm/s)	LongX (mm)	LongY (mm)	AmpX (mm)	AmpY (mm)	FFT_X (mm ²)	FFT_Y (mm ²)
Deporte (n=44)	Niños (n= 23)	325,31 ± 113,43	15,19 ± 4,91	477,67 ± 170,55	611,03 ± 187,92	27,47 ± 8,51	30,43 ± 6,73	85,36 ± 36,91	117,84 ± 49,07
	Niñas (n= 21)	323,59 ± 227,67	14,01 ± 5,61	426,95 ± 168,08	573,69 ± 210,48	25,56 ± 8,68	30,31 10,64	74,64 ± 49,56	124,13 ± 95,99
Significación		p= 0,114 [-106,25 a 109,70]	p= 0,463 [-2,02 a 4,37]	p= 0,327 [-52,45 a 153,89]	p= 0,537 [-83,86 a 158,54]	p= 0,466 [-3,32 a 7,14]	p= 0,965 [-5,25 a 5,48]	p= 0,417 [-15,70 a 37,16]	p= 0,783 [-52,07 a 39,49]
No deporte (n=39)	Niños (n= 17)	360,09 ± 195,58	14,80 ± 4,31	443,87 ± 112,51	625,38 ± 207,82	26,36 ± 7,99	31,28 ± 9,47	90,80 ± 58,49	121,08 ± 68,90
	Niñas (n= 22)	336,26 ± 159,11	13,97 ± 4,03	421,32 ± 145,00	569,64 ± 163,78	24,71 ± 7,31	30,06 ± 7,90	78,63 ± 43,84	120,78 ± 62,08
Significación		p= 0,677 [-91,20 a 138,87]	p= 0,540 [-1,89 a 3,55]	p= 0,600 [-63,77 a 108,88]	p= 0,355 [-64,73 a 176,21]	p= 0,504 [-3,32 a 6,64]	p= 0,664 [-4,42 a 6,85]	p= 0,462 [-20,99 a 45,35]	p= 0,989 [-42,31 a 42,91]

Los valores se expresan como media ± desviación estándar

*Significación (p < 0,05) [IC 95%: límite inferior a límite superior]

No se asume homogeneidad de varianzas (p de levene < 0,05)

TABLA 19. Prueba t-Student para muestras independientes. Grupo de deporte vs sexo. Prueba con gomaespuma y ojos abiertos

Grupo	Sexo	Gomaespuma y ojos abiertos							
		Superf (mm ²)	Vmedia (mm/s)	LongX (mm)	LongY (mm)	AmpX (mm)	AmpY (mm)	FFT_X (mm ²)	FFT_Y (mm ²)
Deporte (n=44)	Niños (n= 23)	567,91 ± 254,38	21,93 ± 6,92	797,63 ± 268,91	776,72 ± 243,33	38,32 ± 6,63	37,36 ± 8,15	179,72 ± 74,87	162,58 ± 68,28
	Niñas (n= 21)	583,42 ± 246,03	18,97 ± 4,95	626,24 ± 144,58	725,23 ± 225,43	35,62 ± 8,06	39,05 ± 12,61	161,78 ± 71,47	177,70 ± 76,08
Significación		p= 0,839 [-168,05 a 137,04]	p= 0,114 [-0,74 a 6,65]	p= 0,013* [38,17 a 304,60]	p= 0,472 [-91,64 a 194,62]	p= 0,230 [-1,77 a 7,17]	p= 0,598 [-8,09 a 4,71]	p= 0,422 [-26,69 a 62,57]	p= 0,491 [-59,03 a 28,80]
No deporte (n=39)	Niños (n= 17)	814,36 ± 375,71	25,57 ± 8,61	882,39 ± 322,01	938,99 ± 306,44	43,29 ± 11,02	47,08 ± 14,64	225,55 ± 114,21	239,08 ± 125,57
	Niñas (n= 22)	688,06 ± 327,09	21,30 ± 5,68	726,46 ± 222,30	764,74 ± 202,28	39,02 ± 8,78	41,82 ± 11,49	190,37 ± 98,64	207,22 ± 97,44
Significación		p= 0,270 [-102,02 a 354,61]	p= 0,070 [-0,37 a 8,92]	p= 0,082 [-20,72 a 332,57]	p= 0,039* [8,94 a 339,56]	p= 0,187 [-2,16 a 10,68]	p= 0,216 [-3,21 a 13,73]	p= 0,309 [-33,95 a 104,32]	p= 0,378 [-40,44 a 104,15]

Los valores se expresan como media ± desviación estándar

*Significación (p < 0,05) [IC 95%: límite inferior a límite superior]

No se asume homogeneidad de varianzas (p de levene < 0,05)

TABLA 20. Prueba t-Student para muestras independientes. Grupo de deporte vs sexo. Prueba con gomaespuma y ojos cerrados

Grupo	Sexo	Gomaespuma y ojos cerrados							
		Superf (mm ²)	Vmedia (mm/s)	LongX (mm)	LongY (mm)	AmpX (mm)	AmpY (mm)	FFT_X (mm ²)	FFT_Y (mm ²)
Deporte (n=44)	Niños (n= 23)	1736,34 ± 776,04	44,44 ± 14,15	1423,34 ± 495,37	1816,79 ± 633,73	65,74 ± 22,18	74,85 ± 22,31	444,88 ± 223,60	581,84 ± 251,04
	Niñas (n= 21)	1359,87 ± 461,96	37,09 ± 8,66	1144,80 ± 245,18	1524,60 ± 385,80	54,40 ± 10,15	66,20 ± 17,98	332,48 ± 99,02	458,53 ± 189,15
Significación		p= 0,056# [-10,05 a 762,98]	p= 0,043*# [0,25 a 14,45]	p= 0,023*# [41,81 a 515,26]	p= 0,070# [-25,33 a 609,72]	p= 0,034*# [0,88 a 21,79]	p= 0,167 [-3,75 a 21,05]	p= 0,036*# [7,58 a 217,22]	p= 0,075 [-12,95 a 259,58]
No deporte (n=39)	Niños (n= 17)	1776,39 ± 732,62	44,61 ± 11,27	1450,56 ± 357,69	1775,25 ± 506,36	65,46 ± 18,41	76,75 ± 21,61	437,19 ± 161,62	581,39 ± 293,05
	Niñas (n= 22)	1559,90 ± 650,23	40,70 ± 7,39	1285,83 ± 280,06	1596,50 ± 330,93	62,16 ± 16,32	67,33 ± 14,42	431,49 ± 234,68	471,00 ± 155,86
Significación		p= 0,336 [-233,07 a 666,04]	p= 0,200 [-2,16 a 9,97]	p= 0,115 [-42,02 a 371,47]	p= 0,191 [-93,42 a 450,92]	p= 0,557 [-7,98 a 14,59]	p= 0,111 [-2,28 a 21,13]	p= 0,932 [-129,27 a 140,68]	p= 0,173# [-51,95 a 272,72]

Los valores se expresan como media ± desviación estándar

*Significación (p < 0,05) [IC 95%: límite inferior a límite superior]

No se asume homogeneidad de varianzas (p de levene < 0,05)

TABLA 21. Índice de Romberg. Grupo vs sexo

Grupo	Condición	Sexo	Media ± Desv típica
Deporte (n= 44)	Sin gomaespuma	Niños (n=23)	149,86 ± 62,51
		Niñas (n=21)	121,63 ± 59,43
		p= 0,133 [IC 95%: -8,96 a 65,42]	
	Con gomaespuma	Niños (n=23)	343,98 ± 179,79
		Niñas (n=21)	246,85 ± 71,17
		p= 0,023*# [IC 95%: 14,17 a 180,09]	
No deporte (n= 39)	Sin gomaespuma	Niños (n=17)	112,53 ± 51,09
		Niñas (n=22)	116,54 ± 58,25
		p= 0,824 [IC 95%: -40,17 a 32,15]	
	Con gomaespuma	Niños (n=17)	233,41 ± 67,92
		Niñas (n=22)	242,50 ± 70,11
		p= 0,686 [IC 95%: -54,35 a 36,17]	

*Significación (p < 0,05) [IC 95%: límite inferior a límite superior]

No se asume homogeneidad de varianzas (p de levene < 0,05)

TABLA 22. T-Student para muestras relacionadas. Ojos abiertos vs Ojos cerrados. Prueba sin gomaespuma

Sin gomaespuma	Deporte (n=44)								
		Superf*	Vmedia [#]	LongX [#]	LongY [#]	AmpX*	AmpY [#]	FFT_X*	FFT_Y *
	OA	255,68 ± 118,23	10,94 ± 3,36	363,75 ± 123,19	424,80 ± 131,72	22,94 ± 5,55	25,22 ± 6,94	68,54 ± 31,89	82,34 ± 42,17
	OC	324,49 ± 175,19	14,63 ± 5,22	453,46 ± 169,35	593,21 ± 197,56	26,56 ± 8,55	30,37 ± 8,71	80,24 ± 43,23	120,84 ± 74,35
	No deporte (n=39)								
		Superf	Vmedia [#]	LongX [#]	LongY [#]	AmpX	AmpY	FFT_X	FFT_Y
	OA	341,79 ± 207,64	11,21 ± 2,77	364,55 ± 98,52	433,48 ± 107,35	26,72 ± 10,54	28,17 ± 8,20	97,88 ± 70,60	109,71 ± 70,10
	OC	346,65 ± 173,90	14,34 ± 4,12	431,15 ± 130,68	593,93 ± 183,83	25,43 ± 7,56	30,59 ± 8,52	83,94 ± 50,40	120,91 ± 64,26

Los valores se expresan como media ± desviación estándar

*Significación $p < 0,05$

[#] Significación $p \leq 0,001$

TABLA 23. T-Student para muestras relacionadas. Ojos abiertos vs Ojos cerrados (grupos). Prueba con gomaespuma

Con gomaespuma	Deporte (n=44)								
		Superf [#]	Vmedia [#]	LongX [#]	LongY [#]	AmpX [#]	AmpY [#]	FFT_X [#]	FFT_Y [#]
	OA	575,31 ± 247,64	20,52 ± 6,17	715,83 ± 232,85	752,15 ± 233,68	37,03 ± 7,39	38,17 ± 10,42	171,16 ± 72,98	169,80 ± 71,67
	OC	1556,66 ± 666,01	40,93 ± 12,29	1290,40 ± 416,31	1677,34 ± 544,52	60,33 ± 18,23	70,72 ± 20,59	391,24 ± 182,66	522,99 ± 229,71
	No deporte (n=39)								
		Superf [#]	Vmedia [#]	LongX [#]	LongY [#]	AmpX [#]	AmpY [#]	FFT_X [#]	FFT_Y [#]
	OA	743,12 ± 350,12	23,16 ± 7,32	794,43 ± 277,68	840,70 ± 264,22	40,88 ± 9,92	44,11 ± 13,04	205,71 ± 105,75	221,11 ± 110,20
	OC	1654,27 ± 686,64	42,41 ± 9,35	1357,63 ± 322,59	1674,42 ± 420,17	63,60 ± 17,11	71,43 ± 18,28	433,98 ± 203,57	519,12 ± 229,47

Los valores se expresan como media ± desviación estándar

[#] Significación p < 0,001

TABLA 24. T-Student para muestras relacionadas. OA vs OC (sexos). Prueba sin gomaespuma

		Niños (n=40)								
		Superf	Vmedia [#]	LongX [#]	LongY [#]	AmpX*	AmpY [#]	FFT_X	FFT_Y*	
Sin gomaespuma	OA	285,95 ± 147,88	11,13 ± 3,49	369,35 ± 123,73	434,96 ± 139,51	24,38 ± 6,94	25,79 ± 7,00	78,36 ± 45,12	93,11 ± 57,76	
	OC	340,10 ± 152,50	15,03 ± 4,61	463,31 ± 147,95	617,13 ± 194,14	27,00 ± 8,21	30,79 ± 7,91	87,68 ± 46,68	119,22 ± 57,52	
			Niñas (n=43)							
			Superf	Vmedia [#]	LongX [#]	LongY [#]	AmpX	AmpY	FFT_X	FFT_Y
		OA	305,62 ± 190,97	11,01 ± 2,68	359,26 ± 100,27	423,21 ± 100,43	25,03 ± 9,71	27,36 ± 8,23	86,01 ± 63,67	97,14 ± 59,41
		OC	330,07 ± 193,34	13,99 ± 4,81	424,07 ± 154,83	571,62 ± 185,78	25,12 ± 7,93	30,18 ± 9,23	76,68 ± 46,21	122,42 ± 79,48

Los valores se expresan como media ± desviación estándar

*Significación $p < 0,05$

[#] Significación $p \leq 0,001$

TABLA 25. T-Student para muestras relacionadas. OA vs OC (sexos). Prueba con gomaespuma

Con gomaespuma	Niños (n=40)								
		Superf [#]	Vmedia [#]	LongX [#]	LongY [#]	AmpX [#]	AmpY [#]	FFT_X [#]	FFT_Y [#]
	OA	672,65 ± 331,11	23,48 ± 7,80	833,65 ± 291,77	845,69 ± 280,22	40,43 ± 8,99	41,49 ± 12,21	199,20 ± 95,08	195,09 ± 102,79
	OC	1753,36 ± 748,55	44,51 ± 12,85	1434,91 ± 437,15	1799,14 ± 576,34	65,62 ± 20,41	75,66 ± 21,75	441,61 ± 197,32	581,65 ± 266,05
	Niñas (n=43)								
		Superf [#]	Vmedia [#]	LongX [#]	LongY [#]	AmpX [#]	AmpY [#]	FFT_X [#]	FFT_Y [#]
	OA	636,96 ± 291,76	20,16 ± 5,40	677,52 ± 192,95	745,45 ± 212,27	37,36 ± 8,51	40,46 ± 11,98	176,41 ± 86,64	192,81 ± 87,90
	OC	1462,21 ± 568,56	38,94 ± 8,15	1216,96 ± 270,05	1561,38 ± 356,31	58,37 ± 14,06	66,78 ± 16,07	383,14 ± 186,32	464,91 ± 170,95

Los valores se expresan como media ± desviación estándar

[#] Significación p < 0,001

TABLA 26. T-Student para muestras relacionadas. OA vs OC (grupos y sexos). Prueba sin gomaespuma

Sin gomaespuma	Deporte								
		Superf	Vmedia	LongX	LongY	AmpX	AmpY	FFT_X	FFT_Y
Niños (n=23)	OA	240,78 ± 110,17	11,09 ± 3,55	369,44 ± 131,06	430,26 ± 144,87	22,53 ± 5,38	24,55 ± 6,69	64,61 ± 27,52	80,75 ± 47,46
	OC	325,31 ± 113,43	15,19 ± 4,91	477,67 ± 170,55	611,03 ± 187,92	27,47 ± 8,51	30,43 ± 6,73	85,36 ± 36,91	117,84 ± 49,07
		p= 0,003*	p= 0,000[#]	p= 0,000[#]	p=0,000[#]	p= 0,012*	p=0,001[#]	p= 0,016*	p= 0,003*
Niñas (n=21)	OA	272,01 ± 127,14	10,79 ± 3,21	357,50 ± 116,86	418,82 ± 118,94	23,39 ± 5,83	25,95 ± 7,30	72,84 ± 36,28	84,08 ± 36,61
	OC	323,59 ± 227,67	14,01 ± 5,61	426,95 ± 168,08	573,70 ± 210,48	25,56 ± 8,68	30,31 ± 10,64	74,64 ± 49,56	124,13 ± 95,99
		p= 0,228	p= 0,000[#]	p= 0,006*	p= 0,000[#]	p= 0,112	p= 0,08	p= 0,815	p= 0,072
Sin gomaespuma	No deporte								
		Superf	Vmedia	LongX	LongY	AmpX	AmpY	FFT_X	FFT_Y
Niños (n=17)	OA	347,07 ± 172,38	11,20 ± 3,50	369,23 ± 117,05	441,33 ± 136,05	26,88 ± 8,13	27,47 ± 7,26	96,96 ± 57,29	109,83 ± 67,22
	OC	360,09 ± 195,58	14,80 ± 4,31	443,87 ± 112,51	625,38 ± 207,82	26,36 ± 7,99	31,28 ± 9,47	90,80 ± 58,49	121,08 ± 68,90
		p= 0,761	p= 0,000[#]	p= 0,006*	p= 0,000[#]	p= 0,732	p= 0,127	p= 0,575	p= 0,609
Niñas (n=22)	OA	337,71 ± 235,23	11,23 ± 2,12	360,93 ± 84,22	427,41 ± 81,62	26,60 ± 12,28	28,72 ± 8,99	98,58 ± 80,72	109,61 ± 73,83
	OC	336,26 ± 159,11	13,97 ± 4,03	421,32 ± 145,00	569,64 ± 163,78	24,71 ± 7,31	30,06 ± 7,90	78,63 ± 43,84	120,78 ± 62,08
		p= 0,976	p= 0,002*	p= 0,039*	p= 0,000[#]	p= 0,537	p= 0,49	p= 0,284	p= 0,430

Los valores se expresan como media ± desviación estándar

*Significación $p < 0,05$

[#] Significación $p \leq 0,001$

TABLA 27. T-Student para muestras relacionadas. OA vs OC (grupos y sexos). Prueba con gomaespuma

Con gomaespuma	Deporte								
		Superf	Vmedia	LongX	LongY	AmpX	AmpY	FFT_X	FFT_Y
Niños (n=23)	OA	567,91 ± 254,39	21,93 ± 6,92	797,63 ± 268,91	776,72 ± 243,33	38,32 ± 6,63	37,36 ± 8,15	179,72 ± 74,87	162,58 ± 68,28
	OC	1736,34 ± 776,04	44,44 ± 14,15	1423,34 ± 495,37	1816,80 ± 633,73	65,74 ± 22,18	74,85 ± 22,31	444,88 ± 223,60	581,84 ± 251,04
	p < 0,001[#]								
Niñas (n=21)	OA	583,42 ± 246,03	18,97 ± 4,95	626,24 ± 144,58	725,23 ± 225,43	35,62 ± 8,06	39,05 ± 12,61	161,78 ± 71,47	177,70 ± 76,08
	OC	1359,87 ± 461,96	37,09 ± 8,66	1144,80 ± 245,18	1524,60 ± 385,80	54,40 ± 10,15	66,20 ± 17,98	332,48 ± 99,03	458,53 ± 189,15
	p < 0,001[#]								
Con gomaespuma	No deporte								
		Superf	Vmedia	LongX	LongY	AmpX	AmpY	FFT_X	FFT_Y
Niños (n=17)	OA	814,36 ± 375,71	25,57 ± 8,61	882,39 ± 322,01	938,99 ± 306,44	43,29 ± 11,02	47,08 ± 14,64	225,55 ± 114,21	239,08 ± 125,57
	OC	1776,39 ± 732,62	44,61 ± 11,27	1450,56 ± 357,69	1775,25 ± 506,36	65,46 ± 18,41	76,75 ± 21,61	437,19 ± 161,62	581,39 ± 293,06
	p < 0,001[#]								
Niñas (n=22)	OA	688,06 ± 327,09	21,30 ± 5,67	726,46 ± 222,30	764,74 ± 202,28	39,02 ± 8,78	41,82 ± 11,49	190,37 ± 98,65	207,22 ± 97,44
	OC	1559,90 ± 650,23	40,70 ± 7,39	1285,83 ± 280,06	1596,50 ± 330,93	62,16 ± 16,32	67,33 ± 14,42	431,49 ± 234,68	471,00 ± 155,86
	p < 0,001[#]								

Los valores se expresan como media ± desviación estándar

[#] Significación p < 0,001

DISCUSIÓN

6. DISCUSIÓN

Los resultados del presente estudio han mostrado que la actividad física practicada de manera regular en niños sanos de 8 a 10 años es capaz de interferir favorablemente en las aferencias sensoriales y el sistema neuromuscular, mejorando el control de la estabilidad y modificando los registros estabilométricos confirmando, por tanto, nuestra hipótesis de estudio. A su vez, se objetiva una gran dependencia visual en el proceso del control de la estabilidad postural y el equilibrio así como la existencia de diferencias en el control de la estabilidad en función del sexo.

En la bibliografía se han encontrado pocos trabajos en la misma línea que nuestro estudio en donde se cuantifique la influencia de la realización de actividad física en una población infantil. No obstante, existen numerosos estudios en relación a la valoración de la estabilidad y el equilibrio en niños y de la estabilidad en el ámbito deportivo por separado. Los trabajos que se han encontrado poseen metodologías de estudio algo distintas. Estas diferencias se basan en aspectos relacionados con el tipo de plataforma utilizada, el tiempo de duración de las pruebas, el uso de gomaespuma con densidades diferentes, etc. Esto conlleva que los datos numéricos sean difícilmente comparables, pero sí permite el análisis comparativo de las tendencias de los resultados en función del sexo, actividad física realizada, apertura de ojos, etc. En todos estos aspectos se ha basado la discusión.

6.1 Factores que pueden modificar los registros estabilométricos

Existen factores intrínsecos que pueden modificar los registros estabilométricos como la edad o el peso.

En este sentido, son numerosos los estudios que afirman una correlación positiva entre el IMC y el aumento de la estabilidad. Ledín y McGraw afirmaron que la acumulación de tejido graso reduce el equilibrio del cuerpo y contribuye a las caídas entre los adolescentes extremadamente obesos (Ledín, 1993; Graw, 2000). Estudios más recientes, concluyen que a mayor IMC existe una mayor inestabilidad anteroposterior de los sujetos con ojos cerrados (Gallego et al., 2011). Otros autores sugieren que la obesidad afecta a la selección de estrategias motoras empleadas para mantener la postura (Kejonen et al., 2003) y se ha demostrado que la amplitud de las oscilaciones del centro de presiones que condiciona a su vez el área de las oscilaciones, está correlacionada con la talla y el peso de los sujetos (Peterka & Black 1991, Colné et al. 2008, Vieira et al. 2009, Hsu et al. 2009).

Entre los efectos de la obesidad infantil están algunas consecuencias sobre la estructura musculoesquelética (Wearing et al., 2006). Efectivamente, la obesidad tiende a favorecer las deformaciones osteoarticulares (modificando de manera secundaria la estabilidad postural). Riddiford-Harland et al., 2000, además de obtener áreas mayores en los sujetos obesos de 8 a 9 años en comparación con los sujetos no obesos, evidenciaron una modificación de la estructura plantar en los niños obesos, hallando una mayor frecuencia de pies planos, que explicaron por el desarrollo de una almohadilla de grasa en el área del mediopié (desapareciendo este pie plano si con la edad las fuerzas tensoras de las estructuras plantares aumenta). En este sentido, Mickle et al., 2006, en un estudio realizado en niños con sobrepeso y obesidad determinaron que el pie plano en éstos no se debía a un mayor espesor de la almohadilla plantar, sino que sería causado por los cambios estructurales en la anatomía del pie, aspecto que posiblemente se agrave si dicho exceso de peso continúa más allá de la adolescencia.

Estudios en adultos (Tsai L-C et al., 2006) han evidenciado que los sujetos que poseían un tipo de pie en pronación, similar al pie plano, poseían un peor control postural que aquellos sujetos con un pie más neutral.

En el presente trabajo, en ninguno de los dos grupos se incluyeron sujetos obesos siendo además las medias de peso muy similares en ambos grupos ($32,89\text{Kg} \pm 6,44$ en el grupo control y $33,64\text{Kg} \pm 7,22$ en el grupo a estudio), evitando así, la tendencia de una menor eficacia en la función de adaptación postural que se observa en los sujetos obesos tal y como afirman Bernard et al., 2003.

Por otro lado, el efecto de la edad sobre la oscilación postural ha sido ampliamente estudiado en la literatura (Kirshenbaum et al., 2001; Steindl et al., 2006; Ferber-Viart et al., 2007; Ying-Shuo et al., 2009; Charpiot et al., 2010; Mallau et al., 2010). Estos autores aseguran que el equilibrio parece tener una evolución favorable con la edad de tal manera que entre los 2 y 14 años el balanceo postural decrece con la edad. Asimismo, Assaiante en 2001 demostró que en los niños existían diferentes etapas de maduración del control postural que imponen, en las diferentes edades, una evolución en las estrategias posturales de estabilización segmentaria: estabilización de tobillos, cuello y cabeza-hombros. Según este autor, estas estrategias se ponen en marcha antes de los 10 años.

En nuestro trabajo, seleccionamos un rango de edad muy corto (8 a 10 años) para evitar que en nuestros resultados interfiriese la evolución positiva que adquiere la estabilidad en los diferentes rangos de edad tal y como se ha demostrado en la literatura.

Además del peso y la edad, comprobamos que ambos grupos eran homogéneos respecto a las variables antropométricas que podrían influir en los resultados estabilométricos como la altura o el número de pie.

6.2 Valores en función de la realización de actividad física

Estudios previos sugieren la existencia de diferencias en las oscilaciones posturales entre sujetos que realizan actividad física y los que no, así como diferencias dependiendo del tipo de actividad física o deporte que se realice, tal y como muestran en sus investigaciones Golomer et al., 1998, en donde realizaron estudios estabilométricos en sujetos entrenados en varias disciplinas deportivas (danza clásica, acrobacia, fútbol y windsurf) y sujetos no entrenados, obteniendo menores oscilaciones en los sujetos entrenados y dentro de éstos, aquellos que practicaban windsurf y acrobacias, obtuvieron los mejores resultados. O por ejemplo el estudio realizado por Arkov et al., 2009, en donde evaluaron mediante estabilometría a 100 deportistas de cuatro disciplinas deportivas diferentes (biatlón, barco de regatas, judo y waterpolo), encontrando menores oscilaciones posturales en aquellos que realizaban biatlón seguidos por los judokas y regatistas y por último los deportistas de waterpolo. Según las investigaciones, las bailarinas presentan mejores resultados estabilométricos que los obtenidos por las jugadoras de fútbol (Gerbino et al., 2007). Incluso parece que el equilibrio también interfiere en el rendimiento deportivo, como afirma el estudio de Malliou et al., 2004, donde dividieron a un grupo de estudiantes que no sabían esquiar en dos grupos, el A) donde sólo recibieron instrucción técnica, y el B) que recibieron entrenamiento específico de propiocepción y equilibrio. El grupo B) obtuvo mejores resultados en las valoraciones de parámetros técnicos del esquí alpino.

En esta misma línea, Segovia JC, 2009, investiga mediante un estudio podoestabilométrico a la población deportiva infantil de tal forma que aunque existe una tendencia a mejores resultados en aquellos niños que realizaban deporte, no obtiene resultados significativos debido probablemente al escaso tiempo utilizado en las mediciones (10 segundos frente a los 30 segundos mínimos recomendados).

En nuestro caso, el grupo que realizaba actividad física obtuvo mejores resultados en las pruebas estabilométricas con ojos abiertos (con gomaespuma y sin ella) mostrando una mejor estabilidad y sensibilidad vestibular y visual frente a los sujetos que no practicaban ninguna actividad física. Sin embargo, al cerrar los ojos, las oscilaciones posturales se igualaron en ambos grupos.

Estos resultados son similares a los obtenidos por Perrin et al., 2002 que realizaron un estudio con judokas y bailarines frente a los controles, obteniendo mejores resultados de los primeros frente a los segundos en las pruebas con ojos abiertos, pero, con ojos cerrados sólo los judokas obtuvieron registros estadísticamente mejores frente a los controles.

Este hallazgo plantea varias vías de explicación: por un lado, se constata que los sujetos que realizan una actividad física poseen una mejor integración visual para el mantenimiento de la estabilidad postural que les permite equilibrarse mejor que los sujetos que no realizan deporte en las pruebas con ojos abiertos; y por otro, parece evidente la mayor dependencia visual del grupo de los deportistas, ya que al cerrar los ojos no son capaces de estabilizarse de una manera tan óptima (como con los ojos abiertos) con el resto de sistemas encargados del control postural: el somatosensorial (alterado en el caso de la prueba con gomaespuma) y el vestibular, constatándose además la inmadurez de éste último de acuerdo a la bibliografía (Steindl et al., 2006; Ferber-Viart et al., 2007; Ying-Shuo et al., 2009; Charpiot et al., 2010).

Debido a que en nuestro estudio no se ha analizado el tipo de deporte practicado por los sujetos, no podemos cuantificar si existen diferencias respecto a la integración y dependencia visual en las diferentes actividades deportivas. Sin embargo, sí que hemos constatado que, independientemente de la actividad física realizada, el simple hecho de practicar un deporte regularmente proporciona una mejor integración visual.

Por otro lado, Goetghebuer, 2002 explica el mejor equilibrio de los deportistas por la manera de acometer el control del mismo, donde los deportistas expertos se estabilizarían de craneal a caudal mientras que los no deportistas de caudal a craneal. Sin embargo, nosotros no hemos podido cuantificar esta diferenciación debido al tipo de plataforma utilizada en la que recogemos las oscilaciones posturales durante las pruebas, a diferencia de otros modelos que registran valores de la cintura escapular y los diferentes puntos de presión para posteriormente, mediante un programa informático, integrar ambas informaciones.

Estos datos, por tanto, nos hacen pensar que efectivamente el entrenamiento posee un efecto positivo sobre las adaptaciones sensoriomotoras. Este hallazgo se encuentra en concordancia con los estudios realizados por Del Percio et al., 2009, que sostienen que los mecanismos cerebrales para la integración de las entradas somatosensorial, visual y vestibular podrían ser más eficaces con el entrenamiento prolongado, ocasionando un menor balanceo postural en bipedestación.

6.3 Valores en función del género

En referencia al sexo, al comparar niños y niñas sin tener en cuenta si realizan actividad física o no, sólo obtenemos diferencias estadísticamente significativas en las pruebas con gomaespuma, es decir, que si no manipulamos las entradas sensoriales no se hallan diferencias de género, pero al alterar la entrada somatosensorial se evidencia una mejor estabilidad y eficacia en el control postural de las niñas.

Estos hallazgos, coinciden en parte con los encontrados por Mickle et al., 2011. Para medir las oscilaciones posturales no utilizaron una plataforma de fuerzas, sino un "Lord sway-meter", método que obtuvo una fuerte correlación con la plataforma de fuerzas. Analizaron las oscilaciones posturales de 37 niños y 47 niñas de primaria, agrupándolos por edades. En su caso, los niños obtuvieron áreas mayores y cometieron más errores en todos los grupos de edad. A medida que los tests aumentaban en dificultad se obtuvo mayor diferencia respecto a las áreas entre niños y niñas. Explican estas diferencias de género por la posibilidad de que la maduración del sistema neurológico, y por tanto los sistemas visual, vestibular y propioceptivo, suceda antes en las niñas, de tal manera que puedan ser más eficientes en el control de la estabilidad postural.

Lee & Lin, 2007, también encontraron diferencias de género en la estabilidad postural de los niños sanos de 9 a 11 años. Realizaron pruebas en apoyo monopodal de tal forma que los niños obtenían un centro de presiones mayor que las niñas. En este caso, los autores consideraron que la diferencia de género podría haberse debido a un mayor peso en el grupo de los niños.

Nuestros resultados están de acuerdo con Raudsepp & Paasuke, 1995 y Mickle et al., 2011, donde la peor estabilidad hallada en los niños frente a las niñas no puede explicarse por variables antropométricas ya que ambos grupos son homogéneos.

Por otro lado, Steindl et al., 2006, examinaron con posturografía a 70 niños y 70 niñas con un rango de edad de 3 a 16 años dividiéndoles por tramos de edad para realizar las comparaciones. Encontraron que los sujetos femeninos mantuvieron el equilibrio con mayor precisión que los masculinos por debajo de los 11-12 años y a partir de los 13-14 años no se obtuvieron diferencias significativas respecto al sexo. Para explicar este hecho, sugieren que una menor capacidad de atención en los sujetos masculinos puede ser la causa de la diferencia de estabilidad postural entre sexos. En este sentido, ya Ayres en 1978 consideraba que para el control del equilibrio no sólo es importante el sistema sensorial, sino también las funciones

superiores del SNC como la atención y la cognición. Así, Hirabayashi & Iwasaki, 1995, consideraron la hiperactividad como un factor responsable de la mayor lentitud en la maduración en el control postural en los varones jóvenes.

Para explicar las diferencias de género halladas, otros autores especulan que podrían ser debidas a las diferencias estructurales en los pies de los niños y niñas dado que éstos constituyen la base de apoyo y son cruciales tanto en las tareas estáticas como dinámicas. Así, Stavlas et al., 2005; Pfeiffer et al., 2006 y Mickle et al., 2008, han mostrado una mayor incidencia de pie plano en los varones. Y tal y como hemos comentado anteriormente, se ha mostrado en adultos (Tsai L-C et al., 2006) el peor control postural en los sujetos con un pie pronado.

Nosotros nos inclinamos más hacia la hipótesis de la maduración más temprana en las niñas ya que, en nuestro caso, sólo hemos obtenido diferencias significativas al alterar la entrada somatosensorial de tal forma que los sujetos debían de estabilizarse con los sistemas visual y vestibular. Al encontrarse los niños en una etapa menos avanzada de madurez sensorial, los sistemas visual y vestibular no serían capaces de controlar las perturbaciones externas que proporcionan inestabilidad al sujeto, mientras que las niñas no tendrían tanta dependencia de su sistema somatosensorial y el resto de sistemas serían competentes para mantener la estabilidad postural. Coincidimos en este sentido con la literatura más reciente que expone que los sistemas visual y vestibular, a la edad de los sujetos de nuestro estudio, aún se encuentran en proceso de desarrollo y madurez (Steindl et al., 2006; Ying-Shuo et al., 2009; Charpiot et al., 2010).

Cuando comparamos los niños y las niñas en relación al grupo que pertenecen, es decir, en base a si practican alguna actividad física o no, de nuevo sólo encontramos diferencias significativas de género en las pruebas con gomaespuma, tanto en el grupo que realiza actividad física como en el que no. Volvemos a obtener diferencias a favor de las niñas cuando alteramos la entrada somatosensitiva mientras que sin esa alteración no se hallan diferencias en ninguno de los dos grupos. Cabe destacar que, mientras que en el grupo que realiza actividad física obtuvimos valores significativamente inferiores en las niñas respecto a los niños en las pruebas con ojos abiertos y cerrados para las variables estabilométricas relacionadas con la estabilidad y la eficacia del control postural (longitud en X, velocidad media, amplitud en X y energía total en X), en el grupo control sólo se obtienen diferencias significativas a favor de las niñas en la prueba con ojos abiertos para la variable longitud en Y.

Esta mayor diferencia de género en un grupo respecto al otro se encuentra en la misma línea del planteamiento expuesto anteriormente en el que, como ya hemos comentado, existe una maduración de los sistemas sensoriales más temprana en las niñas. Además, se pone en evidencia que el hecho de realizar actividad física contribuiría a ese desarrollo precoz (y por ello una mejor integración sensorial) puesto que es en el grupo a estudio donde mayores diferencias entre niños y niñas se han encontrado.

Estos hallazgos difieren un poco respecto a los hallados por Segovia, 2009, quien, aunque también encuentra diferencias de género en una población deportiva infantil, en este caso son los varones quienes lograron mejores resultados de equilibrio en el grupo de deportistas, mientras que en el grupo control fueron las mujeres las que obtuvieron mejores registros podostabilométricos. Estas diferencias respecto a nuestro estudio pueden deberse al diferente material y protocolo empleado ya que utilizan una plataforma de podostabilometría en donde la duración de las pruebas es de tan sólo 10 segundos y tal y como se ha demostrado en la literatura (Zuil & Martínez, 2011) y recomiendan los fabricantes, la duración mínima de las pruebas debe ser de al menos 30 segundos para obtener un buen nivel de fiabilidad de las pruebas.

Este mismo autor (Segovia, 2009), también evalúa la estabilidad en apoyo monopodal y en esta situación, son las mujeres quienes obtienen mejores resultados podostabilométricos tanto en el grupo control como en el grupo de deportistas.

No obstante, cuando comparamos los resultados estabilométricos de los niños y niñas en base al grupo al que pertenecen (deporte o no deporte), sólo se hallaron diferencias significativas en el caso de los niños, de tal forma que aquellos que realizaban deporte obtuvieron una mejor estabilidad y sensibilidad visual y vestibular que aquellos niños que no practicaban deporte. Sin embargo en las niñas, aunque se aprecia una tendencia de mejor estabilidad y control postural en las que realizan deporte, no se obtuvieron resultados estadísticamente significativos. Estos resultados nos hacen pensar una vez más, la existencia de una mayor madurez de los sistemas sensoriales en las mujeres y en el hecho de que la actividad física contribuye a ese desarrollo puesto que al hallar diferencias significativas entre los niños deportistas y no deportistas, y no encontrando esa diferencia también en el sexo femenino, nos hace pensar que la maduración de los sistemas de equilibrio se ve acelerada por la práctica de una actividad deportiva, influyendo aún más en aquellos sujetos cuyos sistemas se encuentren en un proceso de mayor inmadurez sensorial como es el caso de los varones.

6.4 Valores en función de la apertura de ojos y la presencia de gomaespuma

Los resultados muestran una gran dependencia del sistema visual para el control del equilibrio en todos los sujetos estudiados, ya que se obtienen mejores resultados estabilométricos con ojos abiertos frente a ojos cerrados en prácticamente todas las variables estudiadas. Existe una excepción en el grupo que no realiza deporte en la prueba sin gomaespuma ya que obtienen mejores resultados en las variables amplitud en X y energía total en X con los ojos cerrados por lo que en este caso, las entradas visuales han perturbado el control de la oscilación postural. Sin embargo, al alterar uno de los sistemas implicados (prueba con gomaespuma) la diferencia del control postural con ojos abiertos y cerrados es muy marcada en ambos grupos por lo que tanto los sujetos deportistas como los que no, han dependido en gran medida de su sistema visual para controlar su estabilidad. Este hecho, también se constata entre niños y niñas, no existiendo, en este sentido, diferencias de género.

Tal y como explicó Gagey (2001), basta con que el sujeto cierre los párpados para que sus oscilaciones aumenten un 250% (de ahí que en un adulto, el valor medio del cociente de Romberg se sitúe en 250). Asimismo, Fransson et al. en el año 2000 concluyeron que todos los individuos cambian de táctica cuando cierran los ojos, siendo mucho menos preciso el control de las oscilaciones posturales. De igual modo, en nuestro estudio se puede comprobar un incremento de las oscilaciones posturales a medida que se aumenta la dificultad de la prueba, al eliminar la visión con los ojos cerrados y al distorsionar la propiocepción con la gomaespuma; siendo más pronunciado este hecho cuando se han dado las dos circunstancias simultáneamente.

Resultados similares pero con personas adultas obtuvieron Baydal-Bertomeu et al., 2004 con una plataforma dinamométrica en donde realizaron también cuatro pruebas eliminando los estímulos sensoriales gradualmente; o Norré, 1990, con sistemas de posturografía estática en los que utilizó un colchón de gomaespuma para alterar el sistema propioceptivo. Estos resultados demuestran que la privación o alteración de una de las aferencias sensoriales, visión o propiocepción, privan al sujeto de una importante fuente de información, siendo en nuestro caso aún más evidente debido al proceso de maduración neurológica en la que aún se encuentran los sujetos de nuestro estudio.

Viguer, 2009, evaluó mediante estabilimetría a dos grupos de 60 niños/as cada uno durante cuatro años de período escolar con el propósito de evaluar cómo se modificaban sus estrategias de control postural al modificar el ángulo gravitacional terrestre y el eje sagital del raquis mediante un mobiliario ergonómico. Y, en concordancia con nuestros resultados,

también confirmó la gran dependencia visual de los alumnos (en todos los tramos de edad) en el control motor.

No obstante, hemos encontrado datos variables en la bibliografía al respecto. Así, Segovia (2009) obtuvo mejores datos posturoestabilométricos en las pruebas con ojos cerrados. En esta misma línea, Bourgeois & Ouaknine, 2002, encontraron que con los ojos cerrados los valores se asemejaban más a los adultos mientras que con los ojos abiertos, los registros eran sustancialmente más elevados. En base a estos hallazgos se interpreta que podría existir un conflicto instaurado entre el canal visual y el somestésico (conflicto que podría nacer de informaciones discordantes concerniendo la posición del cuerpo en el espacio proporcionada por el canal visual somestésico). En base a ello, se hipotetiza que los niños son incapaces de anular las informaciones visuales conflictivas pero que son las entradas visuales las que prefieren para mantener su equilibrio postural (Ferber-Viart et al., 2007).

Por otro lado, hay numerosos trabajos que muestran la variabilidad de la dependencia de las informaciones visuales en función de diferentes factores como la edad (Kirshenbaum et al., 2001), el sexo (Laughton et al., 2003) o la práctica deportiva regular (Paillard et al., 2002). Esta discrepancia hallada en la dependencia visual puede deberse a las distintas franjas de edad utilizadas en los diferentes estudios entre ellos y respecto a nuestro trabajo.

En algunos casos, se encuentran resultados algo paradójicos como por el ejemplo el hallado por Golomer et al., 1999. Realizaron un estudio con bailarines clásicos encontrando que los varones de catorce años fueron visualmente menos dependientes que los de once años y sin embargo los de dieciocho años más dependientes. Los autores atribuyeron estos hallazgos a la gran velocidad de crecimiento que se presenta en esta etapa de la vida, por lo que pudo distorsionar las referencias propioceptivas y el esquema corporal, modificando así los resultados.

La explicación que ofrecen algunos autores sobre la mayor magnitud de balanceo y la irrelevancia de la información visual en algunos niños cuando se comparan con los adultos, es que pueden diferir en su habilidad para fijar visualmente una tarea cercana de tal forma que los niños serían menos capaces que los adultos para utilizar la información propioceptiva visual y reducir el balanceo (Riach & Starkes, 1989; Rankin et al., 2000; Woollacott & Shumway-Cook, 2002).

Golomer et al, 1998 encontró que la diferencia en las oscilaciones con los ojos abiertos y cerrados estaba más marcada en sujetos adultos no entrenados, por lo que éstos últimos

serían más dependientes de la visión para mantener su estabilidad. Incluso, se han diferenciado las dependencias visuales dependiendo del deporte practicado. De este modo, Crémieux et Mesure, 1994 realizaron un estudio, también en adultos, de las oscilaciones posturales en diferentes disciplinas deportivas hallando una menor dependencia visual en las mujeres judokas que en aquellas que practicaban danza. En base a ello podemos extraer que la utilización de las diferentes informaciones sensoriales depende no sólo de realizar actividad física o no, sino del tipo de actividad y entrenamiento seguido.

En nuestro caso los resultados fueron opuestos, son los sujetos que realizan deporte los que obtienen un índice de Romberg más elevado y por tanto son más visuo-dependientes. Pero ocurre el hecho curioso de que, a pesar esa tendencia a un índice de Romberg más elevado en las pruebas, sólo se encontraron variaciones significativas en las pruebas con gomaespuma, es decir, cuando alteramos el sistema propioceptivo, los sujetos entrenados son mucho más visuodependientes que los no entrenados. Y esta visuo-dependencia les permite controlar de una manera más óptima sus oscilaciones posturales puesto que son los sujetos entrenados los que obtienen un control postural más eficaz. Podemos afirmar entonces que los niños y niñas que realizan deporte integran mejor la información propioceptiva visual para reducir su balanceo. Por sexos, no encontramos diferencias significativas respecto a la dependencia visual pero sí existe una tendencia de una mayor dependencia en los niños que puede explicarse de nuevo, por el proceso de madurez sensorial más avanzado en las niñas.

Finalmente, tal y como estudios recientes han mostrado (Calavalle et al., 2008), se confirma la gran dependencia del sistema visual de todos los deportistas, independientemente de la disciplina practicada.

6.5 Limitaciones y líneas de investigación futuras

Este trabajo presenta una serie de limitaciones que deberían tenerse en cuenta en las futuras investigaciones. Por un lado, nuestra muestra ha sido seleccionada de dos colegios de la población de Alcorcón por lo que no son datos representativos de la Comunidad de Madrid y se debería ampliar la muestra del estudio incluyendo diferentes poblaciones para poder realizar una interpretación más generalizada de nuestros resultados.

Por otro lado, no hemos tenido en cuenta el tiempo que los sujetos llevaban realizando deporte. Sería conveniente en los próximos trabajos establecer exactamente el tiempo que

cada sujeto hace deporte para valorar las diferencias en las oscilaciones posturales en base a sujetos más o menos entrenados.

Otro aspecto es el hecho de que no hemos evaluado los apoyos plantares por lo que resultaría útil complementar nuestro estudio con una valoración mediante un podoscopio digital para, por un lado cuantificar la incidencia del tipo de pie en la población infantil, y por otro, correlacionar el tipo de apoyo plantar con las oscilaciones posturales.

Asimismo, sería interesante evaluar las situaciones dinámicas puesto que sólo hemos considerado el comportamiento en apoyo bipodal. Sin embargo, la mayor parte de nuestros movimientos nacen del apoyo monopodal y los momentos críticos del sistema de control postural residen en las fases de apoyo monopodal durante las situaciones dinámicas. Se podría analizar si un control inadecuado durante esas fases tendría consecuencias en la integridad de las estructuras articulares implicadas exponiendo a los sujetos a un mayor riesgo de lesiones.

Los resultados del presente estudio nos permiten además, abrir nuevas líneas de investigación dentro del ámbito deportivo como valorar mediante estabilimetría las oscilaciones en distintos deportes y cuantificar la implicación de cada una de las aferencias en base a las diferentes disciplinas.

Además, dado que hemos comprobado en un tramo de edad muy corto la existencia de diferentes etapas madurativas, podría ser interesante valorar si existen diferencias en las oscilaciones posturales de niños sanos prematuros y niños nacidos a término.

CONCLUSIONES

7. CONCLUSIONES

Los resultados de la presente tesis permiten extraer las siguientes conclusiones:

- 1) Los niños que realizan una actividad física o deporte al menos dos horas a la semana poseen una mejor estabilidad postural frente a los niños que no realizan deporte.
- 2) Existe una maduración más temprana de los sistemas somatosensoriales en las mujeres en comparación con los varones.
- 3) La maduración de los sistemas de equilibración se ve acelerada por la práctica de una actividad deportiva, influyendo aún más en aquellos sujetos cuyos sistemas se encuentren en un proceso de mayor inmadurez sensorial como es el caso de los varones.
- 4) La actividad física permite una mejor integración de las aferencias sensoriales.
- 5) Los sujetos deportistas organizan y jerarquizan mejor las informaciones provenientes del organismo.
- 6) La entrada visual ejerce un importante rol en el mantenimiento de la estabilidad postural especialmente si alteramos la superficie de apoyo tanto en niños deportistas como no deportistas.
- 7) La visión constituye en los niños un papel primordial en el mantenimiento del control de la estabilidad postural, siendo más visuo-dependientes aquellos que realizan deporte.
- 8) El estudio estabilométrico podría servir como herramienta para valorar el estadio de madurez somatosensorial en edades infantiles y seguir su evolución.

BIBLIOGRAFÍA

8. BIBLIOGRAFÍA

- Academia Española, Diccionario de la lengua española, 22ª ed. Madrid, Real Academia Española (y por línea en <http://www.rae.es>, apartado “diccionario”).
- Acebes O, Fernández-Gubieda M, Bascuñana H, San Segundo R, Aguilar JJ. El control motor y la coordinación. *Rehabilitación*, 1996. 30: 395-404.
- Amblard B, Carblanc A. Role of foveal and peripheral visual information in maintenance of postural equilibrium in man. *Percept Mot Skills*, 1980. 51(3 Pt 1): 903-912.
- American Academy of Neurology. Assessment: Posturography. Report of the Therapeutics and Technology Assessment Subcommittee. *Neurology* 1993, 43: 1261-1264.
- Anoh-Tanon MJ, Bremond-Gignac D, Wiener-Vacher SR. Vertigo is an underestimated symptom of ocular disorders: dizzy children do not always need MRI. *Pediatric Neurology*, 2000. 23: 49-53.
- Arkov VV, Abramova TF, Nikitina TM, Ivanov VV, Suprun DV, Shkurnikov MU, et al. Comparative Study of Stabilometric Parameters in Sportsmen of Various Disciplines. *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*, 2009. 147(2): 194-196.
- Assaiante, C. Bipédie humaine: la conquête de l'équilibre dynamique au cours de l'ontogénèse. *Primatologie*, 2001. 4: 231-255.
- Assaiante C, Amblard B. An ontogenetic model for the sensorimotor organization of balance control in humans. *Human Movement Science*. 1995; 14:13-43.
- Assaiante C, Amblard B. Ontogenesis of head stabilization in space during locomotion in children: influence of visual cues. *Experimental Brain Research*, 1993. 93: 499-515.
- Assaiante C, Mallau S, Viel S, Jover M, Schmitz C. Development of postural control during childhood. *Neural Plasticity*, 2005. 12(1-2): 33-42.
- Ayres AJ. Learning disabilities and the vestibular system. *J Learn Disabil*, 1978. 11: 18-29.
- Babinski J. L'asynergie cérébelleuse. *Rev Neurol*, 1899. 7: 806-816.
- Balogun JA, Ajavi LO, Alawale F. Determinants of single limb stance balance performance. *Afr J Med Med Sci*, 1997. 26(3-4): 153-157.
- Baron JB, Cabau A, Cabau N. New therapy of scoliosis in children. *Presse Med*, 1955. 63 (28): 574.

- Baydal-Bertomeu JM, Barberá R, Soler-Gracia C, Peydro de Moya MF, Prat JM, Barona de Guzmán R. Determinación de los patrones de comportamiento postural en población sana española. *Acta Otorrinolaringol Esp*, 2004. 55: 260-269.
- Bensoussan L, Viton J, Schieppati M, Collado H, Milhe de Bovis V, Measure S, et al. Changes in postural control in hemiplegic patients after stroke performing a dual task. *Arch Phys Med Rehabil*, 2007. 88: 1009-1015.
- Berger W, Discher M, Trippel M, Ibrahim IK, Dietz V. Developmental aspects of stance regulation, compensation and adaptation. *Exp Brain Res*, 1992. 90: 610-619.
- Bernard PL, Geraci M, Hue O, Amato M, Seynnes O, Lantieri D. Effects de l'obésité sur la régulation posturale d'adolescentes. Étude préliminaire. *Annales de Réadaptation et de médecine physique*, 2003. 46: 184-190.
- Bienfait M. Bases fisiológicas de la terapia manual y de la osteopatía. 2ª ed. Barcelona: Paidotribo; 2001.
- Bizid R, Paillard T. Les activités posturales de footballeurs de niveau national différentes entre les attaquants et les défenseurs? *Science Sports*, 2006. 21: 23-25.
- Black FO, Nashner LM. Vestibulo-spinal control differs in patients with reduced versus distorted vestibular function. *Acta Otolaryngol (Stockh)* 1984; 406:100-114.
- Blüme A, Maurer C, Schweigart G, Mergner T. A cognitive intersensory interaction mechanism in human postural control. *Exp Brain Res*, 2006. 173(3): 357-363.
- Bonaiuti D, Deho V, Giovanazzi E, Parolo E, Combi F. Prévention des chutes: évaluation de l'équilibre avec stabilométrie et tests posturaux chez patients hémipariés. *Annales de réadaptation et de médecine physique*, 1996. 39(8): 565-566.
- Bourgeois P, Ouaknine M. Etudes stabilométriques à partir de la plate-forme 40/16 des paramètres standards et séparés de chaque pied des enfants 8 à 9 ans. 7ème journées de Posturologie. Modena, 2000.
- Bove M, Fenoglio C, Tacchino A, Pelosin E, Schieppati M. Interaction between vision and neck proprioception in the control of stance. *Neuroscience*, 2009. 164(4): 1601-1608.
- Bressel E, Yonker JC, Kras J, Heath EM. Comparison of static and dynamic balance in female collegiate soccer, basketball, and gymnastics athletes. *J Athl Train*, 2007. 42(1): 42-46.
- Bricot B. Postura normal y posturas patológicas. En: *Revista IPP* 2008. URL: http://www.ub.edu/revistaipp/bricot_n2.html. [01/03/2012]

- Bucci MP, Kapoula Z, Yang Q, Brémond-Gignac D, Wiemer-Vacher S. Speed-accuracy of saccades, vergence and combined eye movements in children with vertigo. *Exp Brain Res*, 2004. 157: 286-295.
- Byl NN, Holland S, Jurek A, Hu SS. Postural imbalance and vibratory sensitivity in patients with idiopathic scoliosis: implications for treatment. *J Orthop Sports Phys Ther*, 1997. 26(2): 60-68.
- Calderón FJ, Legido JC. *Neurofisiología aplicada al deporte*. 1ª ed. Tébar, 2002.
- Calavalle AR, Sisti D, Rocchi MB, Panebianco R, Del Sal M, Stocchi V. Postural trials: expertise in rhythmic gymnastics increases control in lateral directions. *Eur J Appl Physiol*, 2008. 104: 643-649.
- Caturla E. Conceptos de física aplicados al aparato locomotor. En Viladot A. *Lecciones básicas de biomecánica del aparato locomotor*. Barcelona: Springer. 2001. p 3-14.
- Chapman DW, Needham KJ, Allison GT, Lay B, Edwards DJ. Effects of experience in a dynamic environment on postural control. *Br J Sports Med* 2008; 42:16-21.
- Charpiot A, Tringali S, Ionescu E, Vital-Durand F, Ferber-Viart C. Vestibulo-Ocular Reflex and balance Maturation in Healthy Children Aged from Six to Twelve Years. *Audiol Neurotol* 2010; 15: 203-210.
- Chessa G, Marino A, Dolci A, Lai V. Baropodometric examination for complete diagnosis of patients with cranio-cervico-mandibular disorders. *Minerva Stomatol*, 2001. 50(7-8): 271-278.
- Claparède E. *La psychologie de l'intelligence*. Scientas, 1937.
- Cobb SC, Tis LL, Johnson BF, Higbie EJ. The effect of forefoot varus on postural stability. *J Orthop Sports Phys Ther*, 2004. 34(2): 79-85.
- Colledge NR, Cantley P, Peaston I, Brash H, Lewis S, Wilson JA. Ageing and balance: the measurement of spontaneous sway by posturography. *Gerontology*, 1994. 40:273-278.
- Colné P, Frelut ML, Pèrès G, Thoumie P. Postural control in obese adolescents assessed by limits of stability and gait initiation. *Gait and Posture*, 2008. 28: 164-169.
- Crémieux J, Mesure S. Differential sensitivity to static visual cues in the control of postural equilibrium in man. *Percept Motor Skill*, 1994. 78: 67-74.
- Cretty BJ. *Perceptual and motor development in infants and children*. New York: The Macmillian Company, 1970.
- Croskey MI, Dawson PM, Luessen AC, Marohn IE, Wright HE. The height of the center of gravity in man. *Am J Physiol* 1922, 61: 171-185.
- Crossman AR, Neary D. *Neuroanatomía. Texto y atlas en color*. 3ª ed. Barcelona: Elsevier, Masson, 2007.

- Cumberworth VL, Patel NN, Rogers W, Kenyon GS. The maturation of balance in children. *J Laryngol Otol*, 2006. 14: 1-6.
- Da Cunha. Prólogo. En su: *Posturología. Regulación y alteraciones de la bipedestación*. 2ª ed. Barcelona, Masson. 2001: pVII-VIII.
- Dauty M, Dantec P, Collot O, Potiron –Josse M, Dubois C. Reproductibilité test-retest des mesures stabilométriques après reconstruction du ligament croisé antérieur du genou chez le sujet sportif. *Science et Sports*, 2007. 22: 87-91
- Davlin CD. Dynamic balance in high level athletes. *Percept Mot Skills*, 2004. 98(3 pt 2): 1171-1176.
- De Waele C, Tran Ba Huy P. Exploration du système vestibulaire. *EMC otorhinolaryngologie*, 2005. 2(2): 139-159.
- Debu B, Woollacott M. Effects of gymnastics training on postural responses to stance perturbations. *J Motor Behav*, 1988. 20: 273-300.
- Del Percio C, Babiloni C, Marzano N, Iacoboni M, Infarinato F, Vecchio F, et al. Neural efficiency of athletes' brain for upright standing: A high-resolution EEG study. *Brain Research Bulletin*, 2009. 79: 193-200.
- Deliagina TG, Zelenin PV, Beloozerova IN, Orlovsky GN. Nervous mechanisms controlling body posture. *Physiol Behav*, 2007. 92(1-2): 148-154.
- Dietz V, Mauritz KH, Dichgans J. Body oscillations in balancing due to segmental stretch reflex activity. *Exp Brain Res*, 1980. 38: 117-119.
- Duarte M, Zatsiorsky VM. On the fractal properties of natural human standing. *Neurosci Lett*, 2000; 283: 173-176.
- Dupui PH, Costes-Salon MC, Montoya R, Séverac A, Lazerges M, Pagès B, et al. Interet de l'analyse fréquentielle des oscillations posturales lors de l'équilibre dynamique. *Société d'études et de recherches multi-disciplinaires sur la locomotion*. Paris, Collège de France, 1990.
- Dupui PH, Montoya R. Analyse instrumentale de la posture: intérêts et limites. In herisson CH, Cornu JY, Abroukrat P, Belhassem S. Eds *Pied et posturologie*. Sauramps Médical, Montpellier. 2001.
- Dupui PH, Montoya R. Approche physiologique des analyses posturographiques statiques et dynamiques, *Physiologie, Techniques, Pathologies*. In: Dupui Ph, Montoya R, Lacour M (ED). *Posture et Equilibre*, Solal, Marseille, 2003. Pp 13-29.
- Esparza F, Cañadas F. *Compendio de Cineantropometría*. 1ª ed. Pamplona: FEMEDE; 1993.

- Estrade JL. L'examen stabilométrique. Du diagnostic au traitement en kinésithérapie, 2009. [En línea] disponible en: <http://kinesitherapie.chez-alice.fr/DIV4posturologie.htm> (última consulta el 03/04/2012).
- Fabri S, Dolin R, Marc T, Lacaze F, Gaudin T. Bilan stabilométrique: un nouveau critère de reprise du sport. *Kiné Scientifique*, 2005. 456: 27-36.
- Ferber-Viart, C. Ionescu, E. Morlet, T. Froehlich, P. Dubreuilse, C. Balance in healthy individuals assessed with Equitest: maturation and normative data for children and Young adults. *Int. J. Pediatr. Otorhinolaryngol.* 2007. 71: 1041-1046.
- Ferdjallah M, Harris GF, Smith P, Wertsch JJ. Analysis of postural synergies during quiet standing in healthy children and children cerebral palsy. *Clin Biomech*, 2002. 17:203-210.
- Fitzpatrick R, McCloskey DI. Proprioceptive, visual and vestibular thresholds for the perception of sway during standing in humans. *Journal of Physiology*, 1994. 478: 173-186.
- Flórez-Tascón, FJ. Natura, nurtura, estrés y patología. Significado de la postura y la marcha humana. *Teoría, Antropología, Patología*. Ed. Complutense, 1996. 165-175.
- Frankel VH, Nordin M. *Basic biomechanics of the skeletal system*. Philadelphia: Lea and Febiger, 1980.
- Fransson P, Johansson R, Hafström A, Magnusson M. Methods for Evaluation of Postural Control Adaptation. *Gait and Posture*, 2000. 12(1): 14-24.
- Fujiwara K, Toyama H, Kiyota T, Maeda K. Postural muscle activity patterns during standing at rest and on an oscillating floor. *J Electromyogr kinesiol*, 2006. 16: 448-457.
- Fukuda T. Vertical writing with eyes covered. A new test of vestibulospinal reaction. *Acta Otolaryngol*, 1959a. 50: 26-33.
- Fukuda T. The stepping test. Two phases of the labyrinthine reflex. *Acta Otolaryngol*, 1959b. 50: 95-108.
- Fukuda T. Studies on human dynamic postures from the viewpoint of postural reflexes. *Acta Otolaryngol Suppl*, 1961. 161: 1-52.
- Gagey PM, Gentaz R, Guillamon JL, Bizzo G, Bodot-Brégarde C, Debrulle C, et al. 1988. Normes 85. Association Française de Posturologie, Paris.
- Gagey PM, Weber B. *Posturología. Regulación y alteraciones de la bipedestación*. 1ª ed. Barcelona: Masson; 2001.
- Gagey PM, Weber B. *Posturologie, régulation et dérèglements de la station debout*. Masson, Paris, 2004, pp 199.

- Gallego A.M, Hita F, Lomas-Vega R, Martínez-Amat A. Estudio comparativo del índice de masa corporal y el equilibrio postural en estudiantes universitarios sanos. *Fisioterapia*, 2011. 33(3): 93-97.
- Gauchard GC, Gangloff P, Jeandel C, Perrin PP. Physical activity improves gaze and posture control in the elderly. *Neurosci Res*, 2003. 45(4): 409-417.
- Gautier G, Thouwarecq R, Vuillerme N. Postural control and perceptive configuration: influence of expertise in gymnastics. *Gait Posture*, 2008. 28(1): 46-51.
- Genot C, Neiger H, Leroy A. Kinesioterapia. Evaluaciones. Técnicas pasivas y activas del aparato locomotor (I y II). Madrid. Médica Panamericana, 2000.
- Genthon N, Rougier P. Influence of an asymmetrical body weight distribution on the control of undisturbed upright stance. *Journal of biomechanics* 2005, 38(10), 2037-2049.
- Geoffrey MJ. Postura. En: Kandel ER, Schwartz JH, Jessell TM. Principios de neurociencia. Madrid: Mc Graw Hill-Interamericana. 2001, p 816-832.
- Gerbino PG, Griffin ED, Zurakowski D. Comparison of standing balance between female collegiate dancers and soccer players. *Gait Posture*, 2007. 26: 501-507.
- Geurts AC, Nienhuis B, Mulder TW. Intrasubject variability of selected force-platform parameters in the quantification of postural control. *Arch Phys Med Rehabil*, 1993. 74(11): 1144-1150.
- Gil A. Relación de los trastornos temporomandibulares y las alteraciones posturales y del equilibrio en mujeres jóvenes. (Tesis Doctoral). Madrid: Departamento de Estomatología. Anatomía y Embriología Humana, Universidad Rey Juan Carlos; 2010.
- Gioftsidou A, Malliou P, Pafis G, Beneka A, Godolias G, Maganaris CN. The effects of soccer training and timing of balance training on balance ability. *Eur J Appl Physiol*, 2006. 96(6): 659-664.
- Goetghebuer, G. Une simple question d'équilibre. *Sport et Vie*, 2002. 71: 40-46
- Golomer E, Crémieux J, Dupui P, Isableu B, Ohlmann T. Visual contribution to self-induced body sway frequencies and visual perception of male professional dancers. *Neurosci Lett*. 1999; 267:189-192.
- Golomer E, Dupui P. Spectral analysis of adult dancers' sways: sex and interaction vision-propioception. *Int J Neurosci*. 2000; 105: 15-26.
- Golomer E, Dupui P, Bessou P. Spectral frequency analysis of dynamic balance in healthy and injured athletes. *Arch Int Physiol Biochim Biophys*. 1994; 102: 225-229.

- Golomer E, Dupui P, Giraud P, Lefèvre P, Monod H. Analyse comparative des oscillations corporelles de danseurs et de sportifs sur plate-forme à bascule: intérêt de cette technique. STAPS, 1998. 19: 111-123.
- Golomer E, Dupui P, Sereni P, Monod H. The contribution of vision in dynamic spontaneous sways of male classical dancers according to student or professional level. J Physiol, 1999. 93(3): 233-237.
- Granit R, Burke RE. The control of movement and posture. Brain Res, 1973. Apr 13; 53(1): 1-28.
- Guehl D, Dehail P, de Sèze MP, Cuny E, Faux P, Tison F, et al. Evolution of postural stability after subthalamic nucleus stimulation in Parkinson's disease: a combined clinical and posturometric study. Exp Brain Res, 2006. 170(2): 206-215.
- Guidetti G. Stabilometria clínica. Pavia: Instituto di clinica Otorinolaringoiatrica dell'universita di Modena, 1989.
- Guillén M, Linares D. Bases biológicas y fisiológicas del movimiento humano. Panamericana, 2002.
- Gurfinkel VS. Muscle afferentation and postural control in man. Agressologie, 1973. 14:1-8.
- Hadj-Djilani A. L'Equilibre. Rev Med Suisse Romande, 1993. 113(9): 671-676.
- Hansen MS, Dieckmann B, Jensen K, Jakobsen BW. The reliability of balance tests performed on the kinesthetic ability trainer (KAT 2000). Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2000. 8(3): 180-185.
- Hernández R. Temas de biomecánica y patomecánica. Madrid: Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales (IMSERSO); 1987.
- Hirabayashi S, Iwasaki Y. Developmental perspective of sensory organization on postural control. Brain Dev, 1995. 17: 111-113.
- Horak FB. Postural orientation and equilibrium: what do we need to know about neural control of balance to prevent falls? Age Ageing, 2006 Sep; 35 Suppl 2: ii7- ii11.
- Horak FB, Henry SM, Shumway A. Postural Perturbations: New insights for treatment of balance disorders. Phys Ther. 1997. 77: 517-533
- Hot P, Fabri S, Roussenque A, Lacaze F. Perturbation de la stabilité dans les suites d'un traumatisme articulaire. Kiné Scientifique, 2007. 478:19-24.
- Houk JC, Buckingham JT, Barto AG. Models of the cerebellum and motor learning. In: Cordo PJ, Bell CC, Harnad S (eds) Motor learning and synaptic plasticity in the cerebellum. Cambridge University Press, Cambridge, 1997.

- Hrysomallis C. Relationship between balance ability, training and sports injury risk. *Sports Med*, 2007. 37(6): 547-556.
- Hsu YS, Kuan CC, Young YH. Assessing the development of balance function in children using stabilometry. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 2009. 73: 737-740.
- Humphreys BK. Cervical outcomes measures: testing for postural stability and balance. *Journal of manipulative and physiological therapeutics*, 2008; 31(7): 540-546.
- Hytonen M, Pyykko I, Aalto H, Starck J. Postural control and age. *Acta Otolaryngologica*, 1993. 113: 119-122.
- Ionescu E, Morlet T, Froehlich P, Ferber-Viart C. Vestibular assessment with Balance Quest Normative data for children and Young adults. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 2006. 70: 1457-1465.
- Izquierdo M. *Biomecánica y Bases Neuromusculares de la Actividad Física y el Deporte*. Madrid: Médica Panamericana, 2008.
- Jacobs JV, Horak FB. Cortical control of postural responses. *J Neural Transm*, 2007. 114(10): 1339-1348.
- Kandel ER, Schwartz JH, Jessel TM. *Principios de neurociencia*. 4ª edición, Madrid: McGraw-Hill Interamericana, 2001.
- Kejonen P, Kauranen K, Vanharanta H. The relationship between anthropometric factors and body-balancing movements in postural balance. *Arch Phys Med Rehabil*, 2003. 84: 17-22.
- Kirshenbaum N, Riach CL, Starkes JL. Non-linear development of postural control and strategy use in young children: a longitudinal study. *Exp. Brain Res*. 2001; 140: 420-431.
- Kitabayashi T, Demura S, Noda M. Examination of the Factor Structure of Center of Foot Pressure Movement and Cross-validity. *Journal of Physiological Anthropology and Applied Human Science*, 2003. 22(6): 265-272.
- Lakie M, Loram ID. Manually controlled human balancing using visual, vestibular and proprioceptive senses involves a common, low frequency neural process. *J Physiol*, 2006. 577: 403-416.
- Laughton CA, Slavin M, Katdare K, Nolan L, Bean JF, Kerrigan DC, et al. Aging, muscle activity, and balance control: physiologic changes associated with balance impairment. *Gait Posture*, 2003. 18(2): 101-108.
- Lázaro, A. *El equilibrio humano: un fenómeno complejo*. Motorik, 2000. Vol 2: p. 80-86.

- Le Veau B. Biomecánica del movimiento humano. Méjico: Trillas, 1991.
- Ledín T, Odkvist LM. Effects of increased inertial load in dynamic and randomized perturbed posturography. *Acta Otolaryngol*, 1993. 113: 249-252.
- Lee AJY, Lin W-H. The influence of gender and somatotype on single-leg upright standing postural stability in children. *J Appl Biomech*, 2007. 23(3): 173-179.
- Lin D, Seol H, Nussbaum NA, Madigan ML. Reliability of COP-based postural sway measures and age-related differences. *Gait Posture*, 2008. 28: 337-342.
- Lohman TG, Roche AF, Martorell R. Anthropometric standardization reference manual. 1ª ed. Champaign, Illinois: Human Kinetic Publishers, 1988.
- Mallau S, Vaugoyeau M, Assaiante C. Postural Strategies and Sensory Integration: No Turning Point between Childhood and Adolescence. *PLoS ONE*, 2010. 5(9): e13078.
- Malliou P, Amoutzas K, Theodosiou A, Gioftsidou A, Mantis K, Pylidianis T, et al. Proprioceptive training for learning downhill skiing. *Perceptual and Motor Skills*, 2004. 99(1): 149-154.
- Martín AM. Prevención de las caídas en personas mayores a partir del tratamiento fisioterápico del desequilibrio postural. (Tesis Doctoral). Salamanca: Departamento de Física, ingeniería y radiología médica. Área de fisioterapia, Universidad de Salamanca; 2007.
- Massion J, Popov K, Fabre JC, Rage P, Gurfinkel V. Is the erect posture in microgravity based on the control of trunk orientation or center of mass position? *Exp Brain res*, 1997. 114(2): 384-389.
- Maurer C, Mergner T, Bolha B, Hlavacka F. Vestibular, visual, and somatosensory contributions to human control of upright stance. *Neurosci Lett* 2000. 281: 99-102.
- Maurer C, Mergner T, Peterka RJ. Multisensory control of human upright stance. *Exp Brain Res*, 2006. 171(2): 231-250.
- McGraw B, McClenaghan BA, Williams HG, Dickerson J. Gait and postural stability in obese and nonobese prepubertal boys. *Arch Phys Med Rehabil*, 2000. 81: 484-489.
- McGuine TA, Greene JJ, Best T, Levenson G. Balance as a predictor of ankle injuries in high school basketball players. *Clin J Sport Med*, 2000. 10(4): 239-244.
- McGuine TA, Keene JS. The effect of a balance training program on the risk of ankle sprains in high school athletes. *Am J Sports Med*, 2006. 34(7): 1103-1111.
- McWhinnie HJ. A review of recent literature in perceptual / cognitive style with implications for theory and research in art education. *Studies in Art Education*, 1970. 11(3): 31-38.

- Méndez C. Libro del ejercicio corporal y sus provechos. Ed. Comunidad de Madrid, 1998 (traducción de la 1ª edición publicada en 1553).
- Mergner T, Maurer C, Peterka RJ. A multisensory posture control model of human upright stance. *Prog Brain Res*, 2003. 142: 189-201.
- Mergner T, Schweigart G, Mauren C, Blüme A. Human postural responses to motion of real and virtual visual environments under different support base conditions. *Exp Brain Res*, 2005. 167(4): 535-556.
- Mesure S, Lamendin H. *Posture, pratique sportive et reeducation*. Masson: Paris, 2001.
- Meyer PF, Oddsson LI, De Luca CJ. (a) Reduced plantar sensitivity alters postural responses to lateral perturbations of balance. *Experimental Brain Research*. 2004; 157: 526-536.
- Meyer PF, Oddsson LI, De Luca CJ. (b) The role of plantar cutaneous sensation in unperturbed stance. *Experimental Brain Research*. 2004; 156: 505-512.
- Mickle KJ, Munro BJ, Steele JR. Gender and age affect balance performance in primary school-aged children. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 2011. 14: 243-248.
- Mickle KJ, Steele JR, Munro BJ. The feet of overweight and obese young children: Are they flat or fat? *Obesity*, 2006. 14: 11.
- Mickle KJ, Steele JR, Munro BJ. Is the foot structure of preschool children moderated by gender? *J Pediatr Orthop*, 2008. 28 (5): 593-596.
- Milani RS, De Perière DD, Lapeyre L, Pourreyron L. Relationship between dental occlusion and posture. *Cranio*, 2000. 18(2): 127-134.
- Miralles RC, Miralles I. *Biomecánica clínica de los tejidos y las articulaciones del aparato locomotor*. 2ª ed. Barcelona. Masson; 2005.
- Mononen K, Konttinen N, Viitasalo J, Era P. Relationships between postural balance, rifle stability and shooting accuracy among novice rifle shooters. *Scand J Med Sci Sports*, 2007. 17(2): 180-185.
- Monzani D, Guidetti G, Chiarini L, Setti G. Combined effect of vestibular and craniomandibular disorders on postural behavior. *Acta Otorhinolaryngol Ital*, 2003. 23(1): 4-9.
- Nakagawa H, Ohashi N, Watanabe Y, Mizukoshi K. The contribution of proprioception to posture control in normal subjects. *Acta Otolaryngol. Suppl*, 1993. 504: 112-116.
- Nashner LM. A model describing vestibular detection of body sway motion. *Acta Otolaryngol*, 1971. 72(6): 429-436.
- Nashner LM. Adapting reflexes controlling the human posture. *Exp Brain Res*, 1976; 26: 59-72.

- Nashner LM, Cordo PJ. Relation of automatic postural responses and reaction-time voluntary movements of human leg muscles. *Exp Brain Res*, 1981. 43: 395-405.
- Nashner LM, Black FO, Wall C. Adaptation to altered support and visual conditions during stance: patients with vestibular deficits. *J Neurosci*, 1982. 2(5): 536-544.
- Nishiwaki Y, Imai A, Takebayashi T, Nishiwaki N, Omae K. Stabilometry in Epidemiological Use. Measurement Bias by Different Instructions. *J. Occup. Health*, 1999. 41(2): 129-130.
- Njiokiktjien CJ, Van Parys JA. Romberg's sign expressed in a quotidien. II. Pathology. *Agressologie*. 1976; 17(Spec D):19-23.
- Nordahl S, Helge G, Aasen T, Dyrkorn BM, Eidsvik S, Molver OI. Static stabilometrie and repeated testing in a normal population. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 2000. 71(9): 889-893.
- Norré ME. Posture in otoneurology. *Acta Otorhinolaryngol Belg*, 1990. 44: 55-64.
- Norton NS. Netter. *Anatomía de cabeza y cuello para odontólogos*. Barcelona: Elsevier Masson, 2007.
- Nougier V, Bard C, Fleury M, Teasdale N. Contribution of central and peripheral vision to the regulation of stance: developmental aspects. *J. Exp. Child Psychol*. 1998; 68: 202-215.
- Odenrick P, Sandstedt P. Development of postural sway in the normal child. *Human Neurobiology*, 1984. 3:241-244.
- Oie KS, Kiemel T, Jeka JJ. Multisensory fusion: simultaneous re-weighting of vision and touch for the control of human posture. *Brain Res Cogn Brain Res*, 2002. 14: 164-176.
- Oliveira LF, Vieira T, Macedo A, Simpson D, Nadal J. *European Journal of Obstetrics & Gynecology and Reproductive Biology*, 2009. 147: 25-28.
- Olivier I, Cuisinier R, Vaugoyeau M, Nougier V, Assaiante C. Dual-task study of cognitive and postural interference in 7-year-olds and adults. *Neuroreport*, 2007. 18: 817-821.
- Owen JL, Campbell S, Falkner SJ, Bialkowski C, Ward AT. Is there evidence that proprioception or balance training can prevent anterior cruciate ligament (ACL) injuries in athletes without previous ACL injury? *Phys Ther*, 2006. 86(10): 1436-1440.
- Paillard T, Costes-Salon C, Lafont C, Dupui P. Are there differences in postural regulation according to the level of competition in judoists? *Br J Sports Med*, 2002. 36(4): 304-305.
- Paillard T, Noé F. Effect of expertise and visual contribution on postural control in soccer. *Scand J Med Sci Sports*, 2006. 16(5): 345-348.

- Paillard T, Noé F, Rivière T, Marion V, Montoya R, Dupui P. Postural performance and strategy in the unipedal stance of soccer players at different levels of competition. *J Athl Train*, 2006. 41(2): 172-176.
- Palano D, Molinari G, Cappelletto M, Guidetti G, Vernole B. The role of stabilometry in assessing the correlations between craniomandibular disorders and equilibrium disorders. *Bull Group Int Rech Sci Stomatol Odontol*, 1994. 37(1-2): 23-26.
- Perrin P, Deviterne D, Hugel F, Perrot C. Judo, better than dance, develops sensorimotor adaptabilities involved in balance control. *Gait Posture*, 2002. 15(2): 187-194.
- Peterka RJ, Black FO. Age-related changes in human posture control: sensory organization tests. *Journal of Vestibular Research*, 1990. 1: 73-85.
- Peterka RJ, Black FO. Age, related changes in human posture control: motor coordination test. *J Vestib Res*, 1991. 1: 87-96.
- Petersen H, Magnusson M, Fransson PA, Johansson R. Vestibular disturbance at frequencies above 1 Hz affects human postural control. *Acta Otolaryngol*, 1994. 114: 225-230.
- Peterson ML, Christou E, Rosengren KS. Children achieve adult-like sensory integration during stance at 12-years-old. *Gait Posture*, 2006. 23: 455-463.
- Pfeiffer M, Kotz R, Ledl T, Hauser G, Sluga M. Prevalence of flat foot in preschool-aged children. *Pediatrics*, 2006. 118(2): 634-639.
- Philippaerts RM, Vaeyens R, Janssens M, Van Renterghenm B, Matthys D, Craen R, et al. The relationship between peak height velocity and physical performance in youth soccer players. *J Sports Sci*, 2006. 24(3): 221-230.
- Pilat A. *Terapias miofasciales: Inducción miofascial*. Madrid. McGraw-Hill, 2003.
- Pompeiano O. Neural mechanisms of postural control. En: Taguchi K, Igarashi M, Mori S. *Vestibular and neural front*. Amsterdam: Elsevier; 1994. p: 423-436.
- Qiu F, Cole MH, Davids KW, Henning EM, Silburn PA, Netscher H, et al. Enhanced somatosensory information decreases postural sway in older people. *Gait Posture*, 2012. 35(4): 630-635.
- Rankin JK, Woollacott MH, Shumway-Cook A, Brown LA. Cognitive influence on postural stability: a neuromuscular analysis in young and older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 2000. 55(3): 112-119.
- Raudsepp L, Paasuke M. Gender differences in fundamental movement patterns, motor performances, and strength measurements of prepubertal children. *Pediatr Exerc Sci*, 1995. 7: 294-304.

- Riach CL, Hayes KC. Maturation of postural sway in young children. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 1987. 29: 650-658.
- Riach CL, Starkes JL. Visual fixation and postural sway in children. *J Mot Behav*, 1989. 21(3): 265-276.
- Riddiford-Harland DL, Steele JR, Storlien LH. Does obesity influence foot structure in prepubescent children? *Int J Obesity*, 2000. 24: 541-544.
- Robbins S, Waked E, Gouw GJ, McClaran J. Athletic footwear affects balance in men. *Br J Sports Med*, 1994. 28(2): 117-1122.
- Robbins S, Gouw GJ, McClaran J. Shoe sole thickness and hardness influence balance in older men. *J Am Geriatr Soc*, 1992. 40(11): 1089-1094.
- Romberg MH. *Manual of nervous diseases of man*. Ed S.s. Loodon, vol 2, 1853. 395-401.
- Roncesvalles MNC, Woollacott MH, Jensen JL. Development of lower extremity kinetics for balance control in infants and young children. *J Mot Behav*, 2001. 33(2): 180.
- Rougier P, Zanders E, Borlet E. Influence of visual cues on upright postural control: differentiated effects of eyelids closure. *Rev Neurol*, 2003. 159(2): 180-188.
- Sakaguchi M, Taguchi K, Miyashita Y, Katsuno S. Changes with aging in head and center of foot pressure sway in children. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 1994. 29: 101-109.
- Schmitz C, Martin N, Assaiante C. Building anticipatory postural adjustment during childhood: a kinematic and electromyographic analysis of unloading in children from 4 to 8 years of age. *Experimental Brain Research*, 2002. 142: 354-64.
- Segovia JC. *Valores Podoestabilométricos en la Población Deportiva Infantil*. (Tesis Doctoral). Madrid: Departamento de Medicina física y Rehabilitación, Universidad Complutense de Madrid; 2009.
- Sherrington CS. Strychnine and reflex inhibition of skeletal muscle. *J Physiol*, 1907. 36 (2-3): 185-204.
- Sherrington CS. Flexion-reflex of the limb, crossed extension-reflex, and reflex stepping and standing. *J Physiol*, 1910. 40 (1-2): 28-121.
- Shumway-Cook M, Woollacott MH. The growth of stability: postural control from a developmental perspective. *J. Mot. Behav.* 1985; 17: 131-147.
- Shumway-Cook M, Woollacott M. Attentional demands and postural control: the effect of sensory context. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 2000. 55(1): M10-6.

- Shumway-Cook M, Woollacott MH. Normal postural control. Motor control, translating research into clinical practice. 3ª ed. Philadelphia, Lippincott Williams & Wilkins, 2007. p 157-186.
- Siegel JC, Marchetti M, Tecklin JS. Age-related balance changes in hearing-impaired children. *Phys Ther*, 1991. 71(3): 183-189.
- Snell RS. Neuroanatomía clínica. 6ª ed. Madrid: Médica Panamericana, 2007.
- Sobera M, Siedlecka B, Syczewska M. Posture control development in children aged 2-7 years old, based on the changes of repeatability of the stability indices. *Neuroscience Letters*, 2011. 491: 13-17.
- Söderman K, Werner S, Pietilä T, Engström B, Alfredson H. Balance board training: prevention of traumatic injuries of the lower extremities in female soccer players? A prospective randomized intervention study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2000. 8(6): 356-363.
- Sourdain, G. Stabilométrie statique: place de la plate-forme de forcé en Kinésithérapie. Rennes: Institut de formation en Masso-Kinesithérapie; 2011.
- Stavlas P, Grivas TB, Michas C, Vasiliadis E, Polyzois V. The evolution of foot morphology in children between 6 and 17 years of age: a cross-sectional study based on footprints in a Mediterranean population. *J Foot Ankle Surg*, 2005. 44(6): 424-428.
- Steindl R, Kunz K, Schrott-Fischer A, Scholtz AW. Effect of age and sex on maturation of sensory systems and balance control. *Developmental Medicine & Child Neurology* 2006. 48: 477-482.
- Stemm J, Green LB, Royer T. An investigation of motor control: the static and dynamic balance of golfers. *Journal of athletic training*, 2001. 36, nº2 (supplement).
- Straube A, Krafczyk S, Paulus W, Brandt T. Dependence of visual stabilization of postural sway on the cortical magnification factor of restricted visual fields. *Exp Brain Res*, 1994. 99(3): 501-506.
- Thibodeau GA, Patton KT. Anatomía y fisiología. 6ª ed. Madrid, Elsevier, 2007.
- Thomas A, Ajuriaguerra J. L'axe corporel, musculature et inervation. Ed, Masson, 1948.
- Thorpe JL, Ebersole KT. Unilateral balance performance in female collegiate soccer athletes. *J Strenth Cond Res*, 2008. 22(5): 1424-1433.
- Tlili M, Mottet D, Dupuy MA, Pavis B. Stability and phase locking in human soccer juggling. *Neurosci Lett*, 2004. 360(1-2): 45-48.
- Trew M, Everett T. Fundamentos del movimiento humano. 5ª ed. Barcelona, Masson; 2006.

- Tsai L-C, Yu B, Mercer VS, Gross MT. Comparison of different structural foot types for measures of standing postural control. *J Orthop Sports Phys Ther*, 2006. 36 (12): 942-953.
- Valade D, Bleton JP, Chevalier AM. Rééducation de la posture et de l'équilibre. In *Encycl. Méd. Chir. Paris: Elsevier*; 2004. 26-452-A-10, 14p.
- Van Daele U, Huyvaerts S, Hagman F, Duquet W, Von Gheluwe B, Vaes P. Reproducibility of postural control measurement during unstable sitting in low back pain patients. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 2007. 8(44): 1-9.
- Vieira TD, Oliveira LF, Nadal J. An overview of age-related changes in postural control during quiet standing tasks using classical and modern stabilometric descriptors. *J Electromyogr Kinesiol*, 2009. 19(6): 513-519.
- Viguier, M. Influence du changement de l'angle d'incidence entre le vecteur gravitationnel terrestre et l'axe sagittal du rachis sur les performances posturales statiques et dynamiques d'un individu. (Tesis Doctoral). Toulouse: S.T.A.P.S. 74^{eme} Section CNU, Université de Toulouse III-Paul Sabatier; 2009.
- Vitte E, Borel L, Lacour M, Freyss G. Voies vestibulaires centrales. En *Encycl Med Chir Otorhinolaryngologie. Paris: Elsevier*, 1993.
- Visser JE, Bloem BR. Role of the basal ganglia in balance control. *Neural Plast*, 2005. 12(2-3): 161-174.
- Vuillerme N, Nougier V. Attentional demand for regulating postural sway: the effect of expertise in gymnastics. *Brain Res Bull*, 2004. 63: 161-165.
- Wallmann, Harvey et al. *Orthopaedic Physical Therapy Clinics of North America. Balance; Primera Edición. Ed Saunders*, 2002.
- Wearing SC, Henning EM, Byrne NM, Steele JR, Hills AP. The impact of childhood obesity on musculoskeletal form. *Obes Rev*, 2006. 7: 209-218.
- Whitney SL, Wrisley DM. The influence of footwear on timed balance scores of the modified clinical test of sensory interaction and balance. *Arch Phys Med Rehabil*, 2004. 85(3): 439-443.
- Wiener-Vacher SR, Toupet F, Narcy P. Canal and otolith vestibule-ocular reflexes to vertical and off vertical axis rotations in children learning to walk. *Acta Otolaryngol*, 1996. 116: 657-665.
- Winter DA, Patla AE, Frank JS. Assessment of balance control in humans. *Med Prog Technol*, 1990. 16(1-2): 31-51.
- Winter DA, Prince F, Frank JS, Powell C, Zabjek KF. Unified theory regarding A/P and M/L balance in quiet stance. *J Neurophysiol*, 1996, 75: 2334-2343.

- Winter DA, Prince F, Patla AE. Validity of the inverted pendulum model of balance in quiet standing. *Gait Posture*, 1997, 5: 153-154.
- Winter DA, Patla AE, Prince F, Ishac M, Gielo-Periczak K. Stiffness control of balance in quiet standing. *J Neurophysiol*; 1998, 80: 1211-1221.
- Woollacott M, Shumway-Cook A. Attention and the control of posture and gait: a review of an emerging area of research. *Gait Posture*, 2002. 16(1): 1-14.
- Woollacott M, Shumway-Cook A, Nashner L. Aging and postural control: changes in sensory organization and muscular coordination. *International Journal Aging and Human Development*, 1986. 22: 329-346.
- Ying-Shuo H, Chen-Chieh K, Yi-Ho Y. Assessing the development of balance function in children using stabilometry. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 2009. 73:737-740.
- Zhang X, Yu LS, Wang YF. Development of vestibular system in children with/without attention deficit. *Beijing Da Xue bao* 2007; 39: 271-276.
- Zuil JC, Martínez C. Fiabilidad intrasesión en la exploración del equilibrio mediante plataforma de presión. *Fisioterapia*, 2011. 33(5): 192-197.

ANEXOS

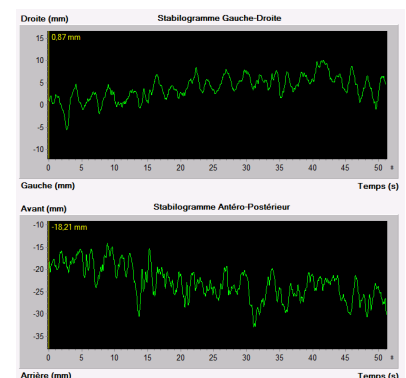
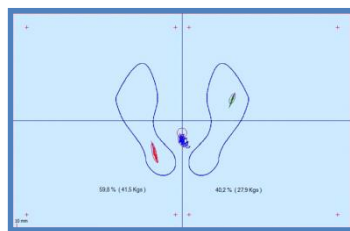
9. ANEXOS

Anexo 1. Información y cuestionario

VALORACIÓN ESTABILOMÉTRICA DE LA POSTURA Y EL EQUILIBRIO EN LA POBLACIÓN ESCOLAR

➤ ¿Qué es la establiometría?

- ✓ La establiometría permite estudiar cómo una persona encuentra su equilibrio y su estabilidad postural en diferentes condiciones o pruebas.
- ✓ Las valoraciones a analizar se realizan mediante una plataforma de fuerza, en donde el sujeto solo tiene que subirse en ella y quedarse de pie sobre la plataforma durante unos minutos para realizar las diferentes pruebas: primero se le indica mantenerse de pie lo más quieto posible con los ojos abiertos y posteriormente con los ojos cerrados. Una segunda prueba se realizará en condiciones dinámicas (se colocará un plato móvil en la plataforma) para analizar las estrategias que la persona utiliza para mantener el equilibrio así como cuantificar sus aptitudes para equilibrarse).
- ✓ La plataforma posee varios sensores que transmitirán los resultados a un ordenador.
- ✓ Por tanto, es una prueba inocua, segura, eficaz y no invasiva



➤ ¿Qué datos podemos obtener del análisis establiométrico?

La establiometría ofrece muchos datos con una simple prueba entre los que destacan:

- ✓ Cambios en el centro de gravedad.
- ✓ Detección de asimetrías posturales.
- ✓ Datos objetivos y cuantificables de la estabilidad de los sujetos.

- ✓ Parámetros que evidencien una inmadurez del sistema propioceptivo.
- ✓ Trastornos sensoriomotrices, visuales o de audición.
- Resultados:
 - ✓ La prueba es totalmente voluntaria y gratuita.
 - ✓ Si se detectase cualquier alteración, se les informaría de ello.

CUESTIONARIO ANEXO

Le agradeceríamos que rellenasen este cuestionario.

La mayoría de las preguntas se pueden contestar marcando una casilla al lado de la respuesta. En unas pocas preguntas se pueden marcar más de una casilla y en otras pedimos que escriba la respuesta.

DATOS DEL ALUMNO/A	
Nombre y Apellidos:	<input style="width: 90%;" type="text"/>
Fecha nacimiento:	<input style="width: 50%;" type="text"/>
Fecha actual:	<input style="width: 50%;" type="text"/>
Domicilio:	<input style="width: 95%;" type="text"/>
Sexo:	<input type="checkbox"/> V <input type="checkbox"/> M
Email:	<input style="width: 70%;" type="text"/>
Teléfono de contacto:	<input style="width: 50%;" type="text"/>

A. Algunas preguntas generales

1. ¿Cómo nació su hijo? (Marque una casilla de cada columna)

- | | | |
|--|---|---------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Parto natural | <input type="checkbox"/> A término | <input type="checkbox"/> Con fórceps |
| <input type="checkbox"/> Cesárea | <input type="checkbox"/> Prematuro/a
(____ semanas) | <input type="checkbox"/> Con ventosas |

2. ¿Tiene su hijo/a algún problema de visión?

- Si (especifique cuál/es) No
- Estrabismo
 - Miopía
 - Hipermetropía
 - Astigmatismo
 - Ambliopía (ojo vago)

3. ¿Utiliza su hijo/a algún tipo de plantillas para corregir alguna alteración de los pies?

- Si
 No

4. ¿Utiliza su hijo/a algún tipo de ortodoncia?

- Si, especifique cuál
- No

5. ¿Toma su hijo/a algún medicamento de forma continuada?

- Si
 No
 Ns/Nc

En caso afirmativo especificar cuál:

6. ¿Cuántas horas al día duerme su hijo/a habitualmente (incluyendo la siesta)?

7. ¿Realiza su hijo/a algún tipo de actividad física en su tiempo libre (fuera del horario escolar)?

- No.
 Sí.

En caso afirmativo, ¿con qué frecuencia?

- De vez en cuando (1 o 2 veces al mes).
- Casi todas las semanas, pero no de manera regular.
- 1 hora a la semana.
- 2 horas a la semana.
- 3 o más horas a la semana.
- Todos los días al menos 1 hora.

8. ¿Participa su hijo/a en actividades de deporte organizado o equipo? (fútbol, baloncesto, aerobio, natación, tenis,...)

- Si
 No

En el caso afirmativo, ¿qué actividad realiza?

B. Y para finalizar

1. De 0 a 10, ¿cómo calificaría el rendimiento escolar de su hijo/a?

GRACIAS POR SU COLABORACIÓN

Anexo 2. Consentimiento informado



Anatomía y embriología humana

Consentimiento informado para participar en el proyecto “Valoración postural y equilibrio mediante estabilometría en la población escolar”

Clínica universitaria de la Universidad Rey Juan Carlos

(Facultad de ciencias de la salud)

Mediante la firma de este documento otorga su consentimiento para que su hijo/a participe en el Proyecto referido y dirigido por Dña Stella Maris Gómez Sánchez, Personal Docente e Investigador (PDI) de la Universidad Rey Juan Carlos (Departamento de Anatomía y Embriología Humana).

El objetivo del proyecto es la valoración del equilibrio mediante estabilometría en la población escolar.

El proyecto consta de una valoración mediante una plataforma de fuerzas.

Su participación en el Proyecto es totalmente voluntaria, y en cualquier momento – incluso durante el transcurso del mismo – puede darla por terminada.

No se le identificará de forma alguna en ningún informe de esta valoración ni en su posible posterior difusión. Se mantendrá en todo momento el anonimato y la confidencialidad y se le pedirá permiso para usar su testimonio como material de estudio.

La Universidad Rey Juan Carlos asume la responsabilidad de la adopción de las medidas de seguridad de índole técnica y organizativa para proteger la confidencialidad e integridad de la información. El tratamiento de sus datos, en el supuesto de que lo hubiera, se hará de acuerdo con la Ley Orgánica 15/1999, de 13

de diciembre, de protección de datos de carácter personal, y demás legislación aplicable, así como las demás obligaciones que establece la citada ley. Igualmente el estudio se realizará en el marco de la ley 41/2002, de 14 de noviembre, básica reguladora de la autonomía del paciente y de derechos y obligaciones en materia de información y documentación clínica.

Con las garantías legales oportunas, los resultados del estudio podrán ser comunicados a la comunidad científica a través de congresos y publicaciones, garantizando que en todo el proceso de difusión, se omitirá su identidad y cualquier dato personal que pueda facilitar que se le identifique.

Durante todo el proyecto, el investigador Dña. Stella Maris Gómez Sánchez, atenderá cualquier tipo de duda o pregunta que tenga que realizarle en relación al estudio. Su centro de trabajo está ubicado en la Universidad Rey Juan Carlos – Facultad de Ciencias de la Salud. Departamento de Anatomía y Embriología Humana. Avda de Atenas s/n – 28922 Alcorcón (Madrid).

Declara que se le entrega una copia de este documento.

(Recortar por la línea de puntos)

Yo, _____ con DNI _____

Autorizo que mi hijo/a _____ participe en el proyecto “Valoración postural y equilibrio mediante estabilometría en la población escolar”, llevado a cabo por el departamento de Anatomía y Embriología Humana de la Universidad Rey Juan Carlos de Madrid.

Para que así conste, firmo la presente en Alcorcón, a ____ de _____ de 2011.

Firma y nombre del
responsable legal

Firma y nombre del responsable del
Programa/ Investigador