

TESIS DOCTORAL



UCAM

UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE MURCIA

ESCUELA INTERNACIONAL DE DOCTORADO

Programa de Doctorado en Ciencias del Deporte

Efecto de un programa del Método Pilates sobre la
extensibilidad isquiosural y la disposición sagital del
raquis en estudiantes de Educación Secundaria
Obligatoria

Autor:

D. Henry David Trejo Alfaro

Directores:

Dr. D. Pablo Marcos Pardo

Dra. Dña. Noelia González Gálvez

Dra. Dña. Raquel Vaquero Cristóbal

Murcia, 11 de noviembre de 2022

TESIS DOCTORAL



UCAM

UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE MURCIA

ESCUELA INTERNACIONAL DE DOCTORADO

Programa de Doctorado en Ciencias del Deporte

Efecto de un programa del Método Pilates sobre la extensibilidad isquiosural y la disposición sagital del raquis en estudiantes de Educación Secundaria Obligatoria

Autor:

D. Henry David Trejo Alfaro

Directores:

Dr. D. Pablo Marcos Pardo
Dra. Dña. Noelia González Gálvez
Dra. Dña. Raquel Vaquero Cristóbal

Murcia, 11 de noviembre de 2022



AUTORIZACIÓN DE LO/S DIRECTOR/ES DE LA TESIS PARA SU PRESENTACIÓN

El Dr. D. Pablo Jorge Marcos Pardo, la Dra. Dña. Noelia González Gálvez y la Dra. Dña. Raquel Vaquero Cristóbal como Directores de la Tesis Doctoral titulada “Efecto de un programa del Método Pilates sobre la extensibilidad isquiosural y la disposición sagital del raquis en estudiantes de Educación Secundaria Obligatoria” realizada por D. Henry David Trejo Alfaro en la Facultad del Deporte, **autoriza su presentación** a trámite dado que reúne las condiciones necesarias para su defensa.

Lo que firmo, para dar cumplimiento al Real Decreto 99/2011, en Murcia a 11 de noviembre de 2022

Dr. D. Pablo Jorge Marcos Pardo

Dra. Dña. Noelia González Gálvez

Dra. Dña. Raquel Vaquero Cristóbal

RESUMEN

Teniendo en cuenta que la adolescencia es una etapa fértil para el desarrollo de alteraciones en la columna vertebral, y la alta prevalencia del sedentarismo en estas edades (uso de videojuegos, televisión, uso de medio de transportes, etc.), junto con la consecuente disminución de la actividad física y el aumento de obesidad, son cada vez más serios los malos hábitos posturales. Estos son fuente de alteraciones anatómicas y biomecánicas, lo que tiene un impacto considerable en la salud de los niños y adolescentes.

Mantener una adecuada disposición de la columna vertebral en el plano sagital, así como una óptima extensibilidad de la musculatura isquiosural será fundamental para prevenir estos problemas y se relacionan estrechamente con la calidad de vida. El método Pilates se asocia con la mejoría de estas, de la estabilidad y la fuerza del tronco. La tendencia actual hace prever que estos problemas seguirán aumentando, lo que vuelve necesario que se ahonde más en su investigación, sin embargo, no abundan los trabajos enfocados en niños y adolescentes.

Por ello, los objetivos planteados en la presente investigación son: 1) Determinar las variables antropométricas de una población de adolescentes; 2) Identificar el nivel inicial de extensibilidad isquiosural de los participantes en el estudio mediante la aplicación de los test Elevación de Pierna Recta y Distancia Dedos Suelo; 3) Conocer la Disposición Sagital del Raquis de los adolescentes en las posiciones de bipedestación relajada, bipedestación autocorregida y en Distancia Dedos Suelo y, 4) Evaluar el efecto de un programa de intervención basado en el método Pilates sobre la Extensibilidad Isquiosural y la Disposición Sagital del Raquis durante un curso escolar, diferenciando los resultados en función del sexo.

El presente estudio presenta un diseño controlado aleatorizado. En el estudio participaron 285 escolares (139 niños y 146 niñas) de 1º a 4º curso de Educación Secundaria Obligatoria ($13,16 \pm 1,25$ años) de un centro educativo de la Región de Murcia (grupo experimental = 148; grupo control = 137).

El grupo experimental recibió un programa de ejercicios basado en el Método Pilates durante las sesiones habituales la clase de Educación Física durante los

últimos 10 minutos (2 clases a la semana) durante todo el curso escolar (9 meses). El programa de intervención estuvo bajo la dirección de un profesor de Educación Física certificado en el entrenamiento con el método Pilates. Por su parte, el grupo control continuó con sus sesiones habituales de Educación Física realizando una vuelta a la calma tradicional. Fue valorado el peso, la talla, el perímetro de cintura y de cadera, y se calcularon los valores de proporcionalidad antropométrica (IMC y ICC). Se implementaron el test de elevación de pierna recta pasivo (EPR Pasivo) en ambas piernas, test de elevación de la pierna recta activo (EPR Activo) en ambas piernas, distancia e inclinación pélvica en el test de distancia dedos-suelo (DDS). Así mismo, se registraron los valores de la disposición sagital del raquis torácico y lumbar e inclinación pélvica en cinco posiciones diferentes: bipedestación relajada, bipedestación autocorregida, sedentación y test DDS.

Como principales resultados, se ha encontrado que una vez aplicado el programa de intervención el grupo experimental mejoró significativamente en todos los test de extensibilidad isquiosural, mostrando significativamente mejores valores que el grupo control en todos ellos. La misma dinámica se mostró en el análisis de la disposición sagital del raquis. El grupo que practicó Pilates no mostró cambios en la curva torácica en bipedestación relajada, mientras que el grupo control empeoró significativamente. Así mismo, el grupo experimental mostró una disminución en la curva lumbar e inclinación pélvica en disposición sagital del raquis en bipedestación relajada, mientras que el grupo control no presentó cambios.

Además, presentó un aumento en la curva torácica con un menor tamaño del efecto que el aumento en el grupo control. Por otro lado, el grupo experimental no mostró cambios en la curva torácica en test Distancia Dedos Suelo, mientras que el grupo control aumento llegando a valores significativamente superiores que los mostrados por el grupo experimental.

En conclusión, un programa de ejercicios con el método Pilates desarrollado dos veces por semana durante nueve meses en una población adolescente, ha demostrado generar cambios significativos positivos en la extensibilidad isquiosural y en la disposición sagital del raquis en adolescentes.

ABSTRACT

Bearing in mind that adolescence is a fertile stage for the development of spinal alterations, and the high prevalence of sedentary lifestyles at this age (use of video games, television, use of means of transport, etc.), together with the consequent decrease in physical activity and increase in obesity, bad postural habits are becoming increasingly serious. These are a source of anatomical and biomechanical alterations, which have a considerable impact on the health of children and adolescents.

Maintaining an adequate arrangement of the spine in the sagittal plane, as well as an optimal extensibility of the ischiosural musculature will be fundamental to prevent these problems and are closely related to quality of life. The Pilates method is associated with the improvement of these, the stability and strength of the trunk. The current trend suggests that these problems will continue to increase, which makes it necessary to further research, however, there are not many studies focused on children and adolescents.

Therefore, the objectives of the present research are: 1) To determine the anthropometric variables of a population of adolescents; 2) To identify the initial level of ischiosural extensibility of the participants in the study through the application of the Straight Leg Raise and Toe Distance tests; 3) To determine the Sagittal Rachis Disposition of the adolescents in the relaxed standing, self-corrected standing and Finger Ground Distance positions; and, 4) To evaluate the effect of an intervention programme based on the Pilates method on Ischiosural Extensibility and Sagittal Rachis Disposition during a school year, differentiating the results according to sex. The present study presents a randomized controlled design. The study involved 285 schoolchildren (139 boys and 146 girls) from 1st to 4th year of Compulsory Secondary Education (13.16 ± 1.25 years) from an educational centre in the Region of Murcia (experimental group = 148; control group = 137).

The experimental group received an exercise programme based on the Pilates Method during the regular Physical Education class sessions during the last 10 minutes (2 classes per week) during the whole school year (9 months). The intervention programme was under the guidance of a Physical Education teacher

certified in Pilates training. The control group, on the other hand, continued with their usual Physical Education sessions and a return to traditional calm. Weight, height, waist and hip circumference were assessed, and anthropometric proportionality values (BMI and ICC) were calculated. The passive straight leg raise test (EPR Passive) on both legs, active straight leg raise test (EPR Active) on both legs, distance and pelvic tilt in the toe-floor distance test (DDS) were implemented. The values of the sagittal arrangement of the thoracic and lumbar spine and pelvic tilt were also recorded in five different positions: relaxed standing, self-corrected standing, sedentation and DDS test.

As main results, it was found that once the intervention programme was applied, the experimental group improved significantly in all the ischiosural extensibility tests, showing significantly better values than the control group in all of them. The same dynamic was shown in the analysis of the sagittal arrangement of the rachis. The Pilates group showed no change in the thoracic curve in relaxed standing, while the control group significantly worsened. Likewise, the experimental group showed a decrease in the lumbar curve and pelvic tilt in sagittal arrangement of the spine in relaxed standing, while the control group showed no change.

In addition, there was an increase in the thoracic curve with a smaller effect size than the increase in the control group. On the other hand, the experimental group showed no change in the thoracic curve in the Toe-Floor Distance test, while the control group increased it to values significantly higher than those shown by the experimental group.

In conclusion, an exercise programme using the Pilates method carried out twice a week for nine months in an adolescent population has been shown to generate significant positive changes in ischiosural extensibility and sagittal arrangement of the spine in adolescents.

PALABRAS CLAVE

Pilates, adolescentes, columna, extensibilidad, Educación Física, postura.

Pilates, adolescents, spine, extensibility, Physical Education, posture.

AGRADECIMIENTO

No puedo iniciar esta sección sin dar gracias a Dios nuestro Señor, pues sin su guía y su protección nada sería posible y porque como se verá enseguida, en mi camino ha ido poniéndome una serie de personas maravillosas que han hecho que absolutamente todo haya merecido la pena.

Debo decir que, aunque lo intentara, jamás lograría encontrar las palabras adecuadas para dar gracias a mi familia, que son lo que más amo en este mundo. A mis padres, Nina y David, por todo lo que han hecho por mí, sin su esfuerzo jamás hubiera llegado hasta donde estoy. En el transcurrir de mi vida, por muy atrás que eche la vista no puedo dejar de ver su permanente sacrificio, su trabajo y su amor, por lo que es justo decir que este logro también es de totalmente ellos. Ni que decir de mis hermanos, Waldyna y Rubén, mis mejores amigos y quienes han sido siempre el soporte vital y la motivación incombustible que me anima a seguir adelante.

¿Y qué puedo decir de mis directores de tesis? Esas tres personas fantásticas con quienes he adquirido una deuda enorme. No pude tener unos mejores. A Pablo, quien con su alegría, cercanía y entusiasmo me mostró el camino y supo estimularme para dar el paso hacia el doctorado, nunca olvidaré aquella primera reunión. A Noelia, quien siempre tuvo las palabras necesarias para marcar el camino y devolverme la lucidez. A Raquel, quien con su tesón y capacidad de trabajo hacía que siempre sacara lo mejor de mí. Para ellos tres, mi agradecimiento infinito, les admiro como grandes profesionales y les aprecio enormemente por la clase de personas que son.

También, debo agradecer profundamente a la Facultad del Deporte y a la Escuela Internacional de Doctorado de la Universidad Católica San Antonio de Murcia, tanto por haberme dado la oportunidad de realizar mis estudios doctorales en esta gran universidad, la cual llevo en mi corazón desde que aquella fría mañana de enero en que por vez primera pisaba el campus.

Vaya también mi agradecimiento al Instituto de Educación Secundaria Narval de Cartagena, por haberme abierto las puertas de su institución y haberme dado toda la colaboración necesaria para el desarrollo de la investigación.

No puedo dejar de mencionar a todos aquellos que también me han apoyado a lo largo de todo este camino. A Abraham, Mario y Marcos, su ayuda ha sido muy importante. Tampoco me puedo olvidar de mis tíos Juan Antonio, Danilo y Carlos, ni a mis primos Carlos, Danilo y Milton, pues supieron estar cuando más necesite de ellos y también son parte de eso.

A Juan Pedro y Javier, ya que, aunque quizá sin ellos saberlo, sin la confianza que en su momento depositaron en mí, tampoco hubiese sido posible llegar a este punto.

Por último y no menos importante, cometería una injusticia sino agradeciera también a mis queridos amigos, Juan Antonio, Fran, Andrey y Darío, su compañía y apoyo en las horas más difíciles fue de gran valor y esos son detalles que nunca olvidaré.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	7
ABSTRACT.....	9
AGRADECIMIENTO.....	11
ÍNDICE GENERAL.....	13
SIGLAS Y ABREVIATURAS.....	17
Índice de figuras.....	19
Índice de tablas.....	20
Índice de anexos.....	21
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	23
1. INTRODUCCIÓN.....	25
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	29
2. MARCO TEÓRICO.....	31
2.1 AF Y SALUD EN LA ADOLESCENCIA.....	31
2.1.1 Sedentarismo en la adolescencia. Consecuencias sobre la salud.....	31
2.1.2 Práctica de ejercicio físico durante la adolescencia. Beneficios sobre la salud.....	34
2.2 ANÁLISIS DE LAS VARIABLES ANTROPOMÉTRICAS Y DERIVADAS EN LA ADOLESCENCIA.....	37
2.2.1 Principales variables antropométricas y su relación con la salud.....	37
2.2.2 Relación entre variables antropométricas y patología de espalda.....	41
2.2.3 Cambios en las variables antropométricas durante la adolescencia.....	42

2.3	DISPOSICIÓN SAGITAL DEL RAQUIS EN LA PUBERTAD.....	44
2.3.1	La columna vertebral y la pelvis.....	44
2.3.2	Disposición sagital del raquis y su relación con la salud.....	48
2.3.3	Musculatura isquiosural. Influencia de la EI sobre la DSR.....	51
2.3.4	Evolución de la DSR y la EI en la pubertad.....	55
2.4	PROGRAMAS DE INTERVENCIÓN DE EXTENSIBILIDAD ISQUIOSURAL EN LA ESCUELA.....	56
2.5	EL MÉTODO PILATES.....	60
2.5.1	Historia del MP.....	60
2.5.2	Principios del MP.....	61
2.5.3	Beneficios del MP.....	63
2.5.4	El MP en el ámbito escolar.....	64
CAPÍTULO III: OBJETIVOS E HIPÓTESIS.....		69
3.	OBJETIVOS E HIPÓTESIS.....	71
3.1	OBJETIVOS.....	71
3.2	HIPÓTESIS.....	72
CAPÍTULO IV: MÉTODO.....		73
4.	MÉTODO.....	75
4.1	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	75
4.2	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA.....	76
4.2.1	Criterios de inclusión y exclusión.....	76
4.2.2	Muestra.....	77
4.3	TEST Y PROTOCOLOS DE APLICACIÓN.....	80

4.4	VARIABLES ANTROPOMÉTRICAS.....	80
4.5	VARIABLES DE PROPORCIONALIDAD ANTROPOMÉTRICA..	82
4.6	TEST DISTANCIA DEDOS-SUELO.....	83
4.7	TEST DE ELEVACIÓN DE PIERNA RECTA (EPR).....	85
4.8	VALORACIÓN DE LA DISPOSICIÓN DEL RAQUIS EN EL PLANO SAGITAL CON EL DISPOSITIVO SPINAL MOUSE®....	86
4.9	PROCEDIMIENTO.....	90
4.10	CONDICIONES PRE-TEST.....	90
4.11	RECOLECCIÓN DE DATOS.....	90
4.12	PROGRAMA DE INTERVENCIÓN.....	91
4.12.1	Descripción.....	91
4.13	ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	98
CAPÍTULO V: RESULTADOS.....		99
5.	RESULTADOS.....	101
5.1	VARIABLES ANTROPOMÉTRICAS.....	101
5.1.1	Análisis descriptivo de las variables antropométricas.....	101
5.1.2	Análisis de resultados.....	103
5.2	EXTENSIBILIDAD ISQUIOSURAL.....	104
5.2.1	Análisis descriptivo.....	104
5.3	DISPOSICIÓN SAGITAL DEL RAQUIS.....	112
5.3.1	Análisis descriptivo.....	112
5.3.2	Análisis de resultados.....	112
CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN.....		121
6.	DISCUSIÓN.....	123
6.1	VARIABLES ANTROPOMÉTRICAS.....	123
6.2	EFFECTO DEL PROGRAMA DE PILATES SOBRE LA EI.....	125
6.3	DSR Y SU DIFERENCIACIÓN POR SEXO.....	130

6.3.1	Efecto del programa de ejercicios de Pilates sobre la curvatura sagital del raquis.....	131
	CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES.....	137
7.	CONCLUSIONES.....	139
	CAPÍTULO VIII: LIMITACIONES.....	141
8.	LIMITACIONES.....	143
	CAPÍTULO IX: LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN.....	145
9.	LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN.....	147
	CAPÍTULO X: REFERENCIAS BILIOGRÁFICAS.....	149
10.	REFERENCIAS BILIOGRÁFICAS.....	151
	CAPÍTULO XI: ANEXOS.....	169

SIGLAS Y ABREVIATURAS

- AF**, Actividad física
- FIN**, Fundación para la Investigación Nutricional
- EI**, Extensibilidad isquiosural
- DSR**, Disposición sagital del raquis
- CV**, Columna vertebral
- EF**, Educación Física
- MP**, Método Pilates
- ESO**: Educación Secundaria Obligatoria
- IMC**, Índice de Masa Corporal
- HDL**, Lipoproteína de alta densidad
- LDL**, Lipoproteína de baja densidad
- OMS**, Organización Mundial de la Salud
- ICC**, Índice Cintura Cadera
- IP**, Inclinación pélvica
- DDP**, Distancia Dedos Planta
- EPR**, Elevación de Pierna Recta
- DDS**, Distancia Dedos Suelo
- GE**, Grupo experimental
- GC**, Grupo control
- DT**, Desviación típica
- SE**, Sexo femenino
- SM**, Sexo masculino

ÍNDICE DE FIGURAS, DE TABLAS Y DE ANEXOS

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Diagrama de flujo de los participantes en el estudio.....	79
Figura 2.	Material utilizado para la valoración antropométrica.....	81
Figura 3.	Dispositivo Spinal Mouse®.....	89
Figura 4.	Material utilizado para la valoración del test EPR.....	89
Figura 5.	Esquema del trabajo de campo.....	93
Figura 6.	Representación de los ejercicios y fases implementados en el programa de intervención.....	97
Figura 7.	Diferencias intergrupo (por sexo) en pretest.....	103
Figura 8.	Diferencias intergrupo (por sexo) en pretest.....	108
Figura 9.	Diferencias intergrupo (por grupo) en pretest.....	109
Figura 10.	Diferencias intergrupo (por grupo) en posttest.....	110
Figura 11.	Diferencias intergrupo (por sexo) en pretest.....	116
Figura 12.	Diferencias intergrupo (por grupo) en pretest.....	117

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Características de la muestra.....	78
Tabla 2.	Clasificación de la muestra por índice de masa corporal.....	82
Tabla 3.	Clasificación de la muestra por índice cintura-cadera.....	83
Tabla 4.	Distribución del proceso de medición.....	91
Tabla 5.	Protocolos de circuitos durante la medición.....	94
Tabla 6.	Ejercicios y fases implementados en el programa de intervención...	95
Tabla 7.	Análisis descriptivo de las variables antropométricas.....	101
Tabla 8.	Análisis descriptivo de las variables antropométricas por sexo.....	102
Tabla 9.	Análisis descriptivo de las variables antropométricas por grupo de entrenamiento.....	102
Tabla 10.	Análisis descriptivo de las variables de extensibilidad isquiosural...	105
Tabla 11.	Análisis descriptivo de las variables de extensibilidad isquiosural por sexo.....	106
Tabla 12.	Análisis descriptivo de las variables de extensibilidad isquiosural por grupo de entrenamiento.....	107
Tabla 13.	Diferencias intragrupo en pre-postest de las variables de disposición sagital del raquis por grupo de entrenamiento.....	111
Tabla 14.	Análisis descriptivo de las variables de disposición sagital del raquis	113
Tabla 15.	Análisis descriptivo de las variables de disposición sagital del raquis por sexo.....	114
Tabla 16.	Análisis descriptivo de las variables de disposición sagital del raquis por grupo de entrenamiento.....	115
Tabla 17.	Diferencias intragrupo en pre-postest de las variables de disposición sagital del raquis por grupo de entrenamiento.....	119

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. Consentimiento informado	153
---	-----

I- INTRODUCCIÓN

1- INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, muchos investigadores han ido lanzando la voz de alarma por la escasa actividad física (AF) desarrollada por los adolescentes, acarreando con ello altos índices de sobrepeso, obesidad y alteraciones vertebrales (Araujo et al., 2006; Armstrong y Welsman, 2006; Jackson-Leach y Lobstein, 2006; López et al., 2017; Oviedo et al., 2013; Rejeski et al., 2012; Rydén et al., 2014; Ramos et al., 2016; Warburton et al., 2006). Una misma tendencia se muestra entre los adolescentes españoles (Fundación para la Investigación Nutricional [FIN], 2006).

Esta sociedad, altamente digitalizada, en la que los adolescentes viven permanentemente rodeados de pantallas y demás elementos tecnológicos y con una industria del entretenimiento cada vez más agresiva, aunado a las facilidades en los medios de transporte, el esfuerzo físico es cada vez menor (Hills et al., 2007; Serra Majem et al., 2003; Vidal Barbier et al., 2011). Tampoco debemos olvidar otras situaciones de tipo cultural y socioeconómico, que impactan considerablemente en el desarrollo de los adolescentes y que juntas son caldo de cultivo para otros problemas que afectaran a los adultos del mañana con todo y lo que eso significa tanto en calidad de vida, productividad laboral y costos sanitarios (Hills et al., 2007; Jackson Leach y Lobstein, 2006; Rodríguez García et al., 1999; Royo Bordonada et al., 2017; Serra Majem et al., 2003).

Es evidente la importancia de mantener una postura adecuada y su papel en la salud y en el desarrollo de nuestras actividades cotidianas (Brito Hernández et al., 2018; Diebo et al., 2015; Ko et al., 2018; Li et al., 1996; López et al., 2017; López Miñarro et al., 2011; McGill et al., 2003; Noll et al., 2017; Rodríguez et al., 2008; Vaquero Cristóbal et al., 2015). Cualquier alteración en el plano sagital repercutirá inevitablemente en la relación espino-pélvica (Diebo et al., 2015) y la relación que existe entre las alteraciones espinales con los parámetros antropométricos, la extensibilidad isquiosural (EI) y la disposición sagital del raquis (DSR), junto con sus consecuencias biomecánicas, no es de extrañar que estas hayan sido estudiadas por muchos investigadores en los últimos años (Balague et al., 1999; Brito Hernández et

al., 2018; González Gálvez et al., 2014; Grey et al., 2004; Sadler et al., 2017; Sengupta; 2014).

Son muchas las alteraciones de la columna vertebral (CV) en la adolescencia que se desarrollan como consecuencia de los problemas mencionados, puesto que esta etapa de la vida es terreno fértil para su aparición (Gerber et al., 2014; Kamali et al., 2016; López et al., 2017; Robbins et al., 2009; Sheir Neiss et al., 2003; Yazici y Mohammadi, 2017) y el ambiente escolar favorece la aparición de estas, dadas las características propias de su rutina con largos tiempos sentados, las malas posturas, las mochilas pesadas entre otras (Noll et al., 2017; Sedrez et al., 2015). Además, que en esta etapa de la vida se tiene a presentar disminución de la EI (Becerra Fernández y Merino Marban, 2015; Merino Marban et al., 2015; Rodríguez García et al., 1999; Santonja et al., 2004;).

En este contexto, se vuelve imprescindible que la Educación Física (EF) juegue un rol determinante en el cambio hacia estilos de vida saludables y que estos sean sostenidos en el tiempo (Albarracín et al., 2014; Rosell et al., 2014). La escuela es un escenario ideal para la práctica de actividades que favorezcan el desarrollo de la EI (Vaquero Cristóbal et al., 2015) y muchos autores han demostrado los resultados positivos que pueden ser obtenidos con ellos con programas de ejercicios que pueden ser incluidos en las clases de EF sin que se vea afectado el programa curricular (Becerra Fernández et al., 2020; Becerra Fernández y Merino Marban, 2015; Rodríguez et al., 2008; Rodríguez García et al., 1999) y aquí es donde el método Pilates (MP) se aparece como una herramienta muy potente.

El Pilates es un método que combina una serie de principios de distintas disciplinas con el objetivo de lograr una fortaleza tanto física como mental (Carrasco Poyatos, 2013), una unidad que combina fuerza y flexibilidad (González Gálvez y Sainz de Baranda, 2011) donde juegan un papel importante la respiración y la concentración (Hernández Andreo et al., 2011; Junges et al., 2017). Diferentes investigadores han aportado mucha información que refrenda la validez de este método en la mejoría de fortaleza muscular, estabilidad vertebral, extensibilidad, movilidad articular, mejoría de dolores de espalda entre otros beneficios (Carrasco

Poyatos, 2013; González Gálvez y Sainz de Baranda, 2011; Hernández Andreo et al., 2011; Kao et al., 2015; Kuo et al., 2009).

El MP es factible de ser practicado desde edades tempranas, sin necesidad de equipamientos onerosos por lo que resulta muy cómodo de poder ser incluido dentro de las clases de EF (Carrasco Poyatos, 2013; Hernández Andreo et al., 2011). La inclusión del MP dentro de las clases de EF ya ha sido investigado por otros autores (González Gálvez y Sainz de Baranda, 2011; Hernández Andreo et al., 2011; López et al., 2017) pero aún queda muchos aspectos por ser estudiados, por lo que consideramos importante investigar el efecto de un programa del MP sobre la EI y la DSR en estudiantes de Educación Secundaria Obligatoria (ESO) en un período de nueve meses en que se curse el año escolar.

II- MARCO TEÓRICO

2. MARCO TEÓRICO

2.1 AF Y SALUD EN LA ADOLESCENCIA.

2.1.1 Sedentarismo en la adolescencia. Consecuencias sobre la salud.

En los países desarrollados el problema del bajo nivel de AF es cada vez mayor (Oviedo et al., 2013). La inactividad física es considerada como un factor de riesgo modificable de muchas enfermedades crónicas y alcanza ya altas prevalencias, sirva de ejemplo Canadá, donde abarca al 51% de los adultos, lo que le convierte en el factor de riesgo modificable más importante (Warburton et al., 2006). No podemos ignorar las consecuencias que conlleva una baja AF en la vida diaria, sobre el sobrepeso y la obesidad, y el efecto sobre la economía estos países, además de generar altas tasas de morbilidad y de mortalidad prematura (Oviedo et al., 2013).

Por una tendencia biológica natural, durante la infancia se realiza abundante AF; con juegos que requieren muchos movimientos y actividad, contrario la adolescencia donde las opciones recreativas son cada vez más sedentarias (Ramos et al., 2016). Conforme se transita de la infancia a la adolescencia, los niños se hacen cada vez más inactivos, por lo que no sorprende que dicha tendencia se mantenga durante esa etapa (Ramos et al., 2016) y aunque las razones exactas de la disminución de la AF con la edad no son claras, existe una combinación de factores biológicos, psicosociales, culturales (FIN, 2006) y otras ambientales cambiantes (Hills et al., 2007) que podrían explicarlo. Cada vez es mayor la preocupación por el bajo nivel de AF y un alto nivel de ocio tan sedentario entre los adolescentes, como señalan algunos especialistas, en esto podría radicar el origen del elevado índice de sobrepeso y de obesidad registrados entre los adolescentes españoles con la llegada del nuevo siglo (Ramos et al., 2016).

Pese a que la AF habitual de niños y adolescentes es difícil de evaluar e interpretar dentro de un contexto de promoción de la salud, sí se ha podido documentar fehacientemente esta disminución que con el aumento de la edad se da

en el número de jóvenes que realizan AF del tipo, duración, frecuencia e intensidad recomendados por comités de expertos disminuye con la edad, donde además, los patrones de AF son esporádicos y los períodos sostenidos de AF moderada o vigorosa no forman parte del estilo de vida de la mayoría de los niños europeos (Armstrong y Welsman, 2006). El panorama general nos revela que el entorno en que se encuentran los niños y adolescentes españoles no promueve como debería los niveles de AF, situación tal que puede y debe cambiarse (FIN, 2006).

En su investigación, Hills et al. (2007) señalan que los niños están en riesgo como resultado de su susceptibilidad a este entorno tecnológicamente cambiante. En esa misma línea, Vidal Barbier et al. (2011) apuntan a que la cantidad de AF desarrollan nuestros jóvenes se ve disminuida, cuando no sustituida por otro tipo de actividades, más pasivas, que previsiblemente afectan su condición física. Serra Majem et al. (2003) ahondan un poco más, al considerar los aspectos ambiental y conductual como los más importantes y, por ende, a la baja AF en los adolescentes debemos agregar el auge de las tecnologías de vanguardia en el entretenimiento (ordenadores, televisión, videoconsolas...), que pueden disminuir aún más el tiempo dedicado por los jóvenes a otras actividades más saludables (Ramos et al., 2016).

Los problemas orgánicos causados por el sedentarismo son cada vez más conocidos (López et al., 2017). En opinión de Hills et al. (2007), los niveles insuficientes de AF en cualquier etapa durante los años de crecimiento, pero particularmente durante estos períodos clave de transición, son los principales factores que contribuyen al sobrepeso y la obesidad. De manera preocupante, la prevalencia de sobrepeso y obesidad en niños está aumentando y peor aún, las tendencias lineales significativas en los incrementos anualizados indican que la tasa de cambio en sí misma está aumentando: es decir, las tasas de prevalencia no aumentan a una tasa constante, sino que se aceleran (Jackson Leach y Lobstein, 2006). La obesidad infantil, principalmente durante la segunda década de la vida, es un predictor muy potente de obesidad en la adultez, lo cual, inevitablemente debemos ligarlo a sus consecuencias en los ámbitos sociales, económicos y sanitarios, por lo que hoy día es concebida como un problema de salud pública (Serra Majem et al., 2003).

Aunado a lo mencionado anteriormente, debemos tener presente que existen otros problemas de salud que vienen relacionados o como consecuencia del sobrepeso u obesidad, donde destaca el dolor de espalda uno de los más importantes y que es más propenso en aquellos adolescentes que presentan un índice de masa corporal (IMC) más alto, quienes además de reportar peor salud, presentan más comportamientos sedentarios (Sheir Neiss et al., 2003). Muchos de los problemas musculoesqueléticos pueden deberse a estos comportamientos sedentarios: demasiado tiempo viendo televisión, a malas posturas y descansos poco frecuentes al usar computadoras, muchos de los cuales podrían abordarse mediante capacitación y educación (Robbins et al., 2009).

Por último, no podemos dejar de lado los aspectos sociales. Es fácil creer que la obesidad únicamente es causada por consumo excesivo de alimentos y por una pobre AF, pero la realidad es que determinadas situaciones demográficas y culturales, como el aumento de familias monoparentales o la disminución del número de hermanos, han modificado la conducta de los niños en varios aspectos, incluidos el alimentario y la AF (Serra Majem et al., 2003). El factor socioeconómico también se ha visto incide en el nivel de AF de los adolescentes, afirman Ramos et al. (2016), quienes, en su trabajo muestran que aquellos adolescentes con mayor capacidad adquisitiva familiar se sienten físicamente más activos durante semana (una media de casi 4 días a la semana), contrarios a aquellos de capacidad adquisitiva baja (3,54 días a la semana). Discernir correctamente del papel y las influencias de los aspectos demográficos es crucial en el desarrollo de estrategias de prevención que sean sostenibles y efectivas (Serra Majem et al., 2003).

Es fundamental entender que el problema con el sedentarismo no es algo que inicie con la edad adulta y, por tanto, es en la edad preescolar donde deben iniciar la educación y promoción de la AF (Royo Bordonada et al., 2017). Los hábitos y estilos de vida saludables deben ser inculcados en edades tempranas tanto en las escuelas, el hogar, en la comunidad y por las instituciones estatales; por ello, es vital crear las infraestructuras adecuadas que provean de un entorno más seguro (carriles bicicleta, zonas peatonales, parques, etc.) e incentiven la AF diaria (Royo Bordonada et al., 2017).

El impacto que el sedentarismo ha generado en la sociedad, con las repercusiones que este tiene en su salud y bienestar, ha establecido las condiciones para generar un contexto en que la presencia de la EF en la escuela se torna de suma importancia, dadas las posibilidades que brinda como agente social en la promoción de la AF (Albarracín et al., 2014). Este es un aspecto de los más importante, puesto que la generación y promoción de hábitos saludables en edades tempranas resulta ser un factor clave no solo en un mejor estado de salud de los escolares, sino también para establecer las bases que les permitan mantener estos hábitos en la vida adulta (Rosell et al., 2014). Pese a que la AF ha venido formando parte de los itinerarios educativos en diferentes culturas desde la antigüedad y a que actualmente la EF es una asignatura obligatoria dentro del currículo escolar de muchos países, a la misma se le ha dotado de un bajo estatus educativo, siendo poca valorada por la comunidad educativa (Albarracín et al., 2014).

Nadie puede dudar que los niños y adolescentes representan el futuro de cualquier sociedad y que ese momento de la vida es decisivo en la adquisición y consolidación de estilos de vida saludables, por lo que la EF, con la capacidad de llegar a ellos, se convierte en una puerta de entrada fabulosa para el aprendizaje de dichos hábitos (Albarracín et al., 2014). Lo anterior, no hace sino reforzar y respaldar la presencia de la EF dentro del sistema escolar, aunque esto no pareciera bastar para poder darle un estatus similar al de otras asignaturas teóricas que por tradición han predominado en el currículo (Albarracín et al., 2014).

2.1.2 Práctica de ejercicio físico durante la adolescencia. Beneficios sobre la salud.

Como hemos visto, una movilidad deficitaria es un factor de riesgo para la instauración y desarrollo de muchas enfermedades crónicas, principalmente las vasculares (Rejeski et al., 2012). No debemos perder de vista que la movilidad es un componente dentro de la calidad de vida y que un buen número de discapacidades,

algunas de ellas muy serias, están relacionadas con su déficit lo cual también tiene repercute en los datos de ingresos hospitalarios y en los días intrahospitalarios (Rydén et al., 2014).

Hoy en día no quedan dudas sobre la efectividad que tiene la AF en la prevención primaria y secundaria de las enfermedades crónicas, como ser las cardiovasculares, la depresión, la diabetes mellitus, la osteoporosis y la muerte prematura (Warburton et al., 2006). En su informe de 2006, La FIN (2006), remarca el hecho de que la AF es también fundamental en el equilibrio energético, más puntualmente en su regulación, así como también en la prevención desde tempranas edades de las enfermedades crónicas recién mencionadas, de manera que un estilo de vida activo durante la infancia y adolescencia tendrá más posibilidades de sostenerse durante la edad adulta.

La realización regular de actividades deportivas tiene también efectos positivos en el proceso de maduración de los adolescentes (Espada Mateos y Galán, 2017) y existe evidencia científica sólida en edades de 5 a 17 años que lo respalda, con lo cual es fundamental la promoción de estos estilos de vida saludables en este grupo etario (Oviedo et al., 2013).

La AF es uno de los factores que influyen en el crecimiento y desarrollo de niños y adolescentes, ambas etapas de la vida que suelen ser períodos dinámicos para el crecimiento y desarrollo esquelético, incluida la deposición de mineral óseo y es en este período donde se establece la base para la salud esquelética a más largo plazo (Hills et al., 2007). Son muchas las investigaciones que nos han demostrado que la AF genera un impacto positivo sobre el acumulo de hueso y la mejoría de la masa ósea máxima durante la tercera década de la vida (Larsen et al., 2018), ya que, en condiciones normales de crecimiento y desarrollo, aproximadamente la mitad de la masa ósea máxima se gana durante el período de la adolescencia (Hills et al., 2007). Se puede esperar que aquellos niños con una nutrición adecuada y AF regular durante los años de crecimiento muestren patrones de maduración física saludables y consistentes con su potencial genético (Hills et al., 2007).

Las personas más sedentarias cuando vuelven a ser físicamente activas, es esperable que estas obtengan mayores beneficios, lo cual representa implicaciones

muy importantes en salud pública (FIN, 2006). En 2016, varios estudios mostraron que el "diálogo" o comunicación existente durante el ejercicio entre varios tejidos, es capaz de proteger nuestro organismo contra varias patologías metabólicas, pérdida de memoria, cáncer, degeneración de la retina, etc. y esto ha brindado la base molecular de lo que hoy conocemos de "Ejercicio como medicina" (Polonsky y Burant, 2017).

Los beneficios que en la infancia son generados por la AF, incluyen el desarrollo y crecimiento saludable del sistema cardiorrespiratorio y musculoesquelético, así como ayudar al sostenimiento de un adecuado equilibrio calórico, traduciéndose en un peso saludable, previniendo factores de riesgo para enfermedades cardiovasculares, además de ayudar a desarrollar las interacciones sociales, la satisfacción personal y el bienestar mental (FIN, 2006).

Mediante la disminución de la adiposidad abdominal y el control del peso, la AF continua mejora la composición corporal, ayudando también a mejorar el perfil lipídico a través de la disminución de los triglicéridos y el LDL, y con el aumento del HDL, de esta manera se optimiza el proceso de homeostasis de la glucosa y de la sensibilidad a la insulina, también se reduce la tensión arterial lo cual es importante para el mejoramiento del tono autónomo, lo que se trae consigo la disminución de la inflamación sistémica y el control del umbral de coagulación sanguínea, lo que a su vez mejora las funciones cardíacas y endoteliales (Polonsky y Burant, 2017).

Merece la pena destacar el hecho de que los niños europeos de todas las edades participan en más AF que las niñas europeas y la diferencia de género es más marcada cuando se considera la actividad vigorosa (Armstrong y Welsman, 2006). En España, Oviedo et al. (2013) encontraron datos similares, si bien, con una población de estudio mucho menor. Ramos et al. (2016) también hacen énfasis en este aspecto, sin duda es un aspecto en que se deberá trabajar más.

Es importante recordar también, que la evolución de la forma de la columna sagital está influenciada por varios factores, que incluyen un entrenamiento atlético intenso (López Miñarro et al., 2017), tema muy en boga actualmente. Un desarrollo sistemático de la actividad deportiva de alta intensidad, podría ser capaz de originar

determinadas adaptaciones vertebrales, que dependerán de las posturas adoptadas durante los entrenamientos (Muyor Rodríguez et al., 2012).

Actualmente se acepta el rol fundamental que juega la AF tanto en la prevención de muchas enfermedades como en la generación de beneficios tanto físicos, como psicológicos y sociales, erigiéndose en un factor fundamental para el desarrollo de un estilo de vida saludable (Ramos et al., 2016). No menos importante es el hecho que la AF es también un generador de bienestar psicológico que se expresa con la disminución del estrés, la ansiedad y la depresión, esto último es particularmente importante tanto en la prevención y como en el manejo de las enfermedades cardiovasculares, y otras enfermedades crónicas: la diabetes mellitus, osteoporosis, hipertensión arterial, obesidad, cáncer y depresión (Polonsky y Burant, 2017).

Finalmente, es importante también el hacer mención del aspecto social. Se ha visto que los niños con más bajos niveles de AF presentan a su vez mayores prevalencias de alteraciones emocionales y psicológicas (FIN, 2006). Al contribuir a su bienestar social, la AF se vuelve un medio importante para que los niños y adolescentes puedan tener éxito, ya que contribuye para una mejor autoestima, en la percepción de su imagen corporal y nivel de competencia, lo cual trae efectos muy beneficiosos, principalmente en aquellos que al principio tengan una baja autoestima (FIN, 2006).

2.2 ANÁLISIS DE LAS VARIABLES ANTROPOMÉTRICAS Y DERIVADAS EN LA ADOLESCENCIA.

2.2.1 Principales variables antropométricas y su relación con la salud.

Desde hace ya varios años, diversas investigaciones han ido aportando evidencia científica acerca de la relación existente entre algunas medidas antropométricas y la morbilidad, como resultado esto ha derivado en que algunos índices y parámetros derivados de las medidas antropométricas se usen para valorar el riesgo de morbilidad de la población (Rebato et al., 2015).

Las medidas antropométricas, como el peso, la estatura, la composición corporal, etc., son características biológicas de tipo cuantitativo e indicadores necesarios y sensibles del estado nutricional, la razón radica en que están influidas en el tiempo por la ingesta, el gasto energético, el ambiente y la salud en general (Rebato et al., 2015). El peso nos informa sobre la masa corporal total del organismo y va relacionado con la corpulencia y el tamaño general del individuo; donde la estatura y las longitudes de los segmentos corporales, nos dan las características de la linealidad y del proceso de crecimiento y, junto con las anchuras, forman el componente óseo; los perímetros por su parte, nos hablan de las características estructurales mixtas del esqueleto y tejidos blandos, fundamentalmente la masa muscular y menos sobre la masa grasa (Rebato et al., 2015).

Como resultado de lo anterior, la antropometría refleja el estado nutricional y de salud y hace posible prever el rendimiento, la salubridad y la supervivencia, lo que la vuelve un instrumento muy potente para ser utilizado en el desarrollo de las estrategias de salud pública y en las decisiones durante la práctica clínica (Rebato et al., 2015). Por lo anterior, no es de extrañar que la Organización Mundial de Salud (OMS) avale su uso en la vigilancia de los indicadores de riesgo de enfermedades crónicas, recomendando además el análisis de su asociación con dichas enfermedades (Araujo et al., 2006). Como ventajas añadidas, se encuentra que la antropometría es una técnica incruenta y con costo bajo, portátil y que es de fácil aplicación en el trabajo de campo o en el laboratorio para medir el tamaño, analizar las proporciones y la composición corporal (Curilem Gatica et al., 2016; Rebato et al., 2015) y se considera además el método más útil en la evaluación la obesidad por ser barato, no invasivo, aplicable universalmente y con buena aceptación por la población (Araujo et al., 2006).

Actualmente, en muchos países la obesidad es cada vez mayor en la población más joven, para el caso en Brasil, casi un 23% de niños entre seis y doce años y 21% entre doce y diecisiete años sufren de obesidad (Araujo et al., 2006), mientras que, en España, alcanza al 26% de los niños y el 24% de las niñas presentan sobrepeso (FID, 2016). El programa Perseo del Ministerio de Sanidad y Consumo nos arroja un dato

nada alentador, pues según su informe, dos de casa escolares presentan una baja AF extraescolar, practicando menos de una hora de AF al día (Vidal Barbier et al., 2011).

Este fenómeno se relaciona con varios problemas de salud, siendo un factor importante en varias complicaciones cardiovasculares durante la infancia y la vida adulta (Araujo et al., 2006), mismas que son consideradas mundialmente como la principal causa de muerte e invalidez (Corvos Hidalgo y Corvos Hidalgo, 2013). Dada la magnitud del problema, en los últimos años ha quedado clara la necesidad hacer más investigación sobre la obesidad (Cresp Barría et al., 2014) y con tal fin, existen diversos métodos para el estudio la obesidad en la infancia y la adolescencia, aunque en clínica y en epidemiología suelen usarse más los estudios de la relación entre edad, sexo, peso, talla e IMC (Serra Majem et al., 2003).

El peso y el IMC principalmente, se han relacionado tradicionalmente con el estado de salud del sujeto (Vaquero Cristóbal et al., 2019). En general se usa el IMC en la clasificación de la obesidad (Araujo et al., 2006; Pozo Pozo et al., 2021). El también llamado Índice de Quetelet, apareció por vez primera en el trabajo de Alphonse Quetelet “*Sur l'homme et le développement de ses facultés. Essai d'une physique sociale (1835)*”, en la cual están sintetizados sus trabajos estadísticos aplicados a variables antropométricas y del comportamiento social (Puche, 2005). Fue Ancel Keys quien terminó de darle forma y en llamarlos formalmente IMC, el cual se correlaciona adecuadamente con medidas directas (objetivas) de grasa corporal total y sirve como herramienta de salud pública en la monitorización del manejo de la obesidad. Sin embargo, es una variable imperfecta de la obesidad que presenta ciertas limitantes, dado que no logra discriminar si el incremento de la masa corporal es atribuible a la masa magra o a la masa grasa, debido a que existe una gran variabilidad individual en la relación entre el IMC y la grasa corporal, factores de riesgo cardiovascular y otras variables de salud en el largo plazo (Araujo et al., 2006; Hall y Cole, 2006).

Debido a la importancia del problema, no es de extrañar tampoco que la masa grasa sea un parámetro bastante utilizado en los últimos años en vista de su relación con el estado de salud de las personas. La distribución de la grasa corporal presenta un patrón de distribución que muestra diferencias por sexo: en mujeres y niños de

ambos sexos, lo más común es la obesidad ginoide, que no está relacionada con el apareamiento de enfermedades metabólicas; por el contrario, el SM suele presentar una obesidad androide que muestra una clara tendencia a la hipertensión arterial, accidentes vasculares y a la diabetes mellitus (Araujo et al., 2006).

Merece especial mención el estudio de la relación entre la adiposidad y el rendimiento deportivo, como nos dicen Vaquero Cristóbal et al. (2019), son varias las investigaciones previas que han encontrado una adiposidad disminuida a lo largo de una temporada según el deportista va alcanzando su pico máximo de rendimiento. Estos investigadores encontraron evidencia de probables beneficios en el rendimiento y la prevención de enfermedades crónicas, aunque no se observó relación entre la disminución de las variables relacionadas con la adiposidad del deportista y los parámetros de su entrenamiento.

El sector laboral tampoco es ajeno a esta problemática. Rodríguez Montero et al. (2014) pudieron encontrar un elevado porcentaje de individuos que presentaron valores antropométricos promedio que podemos calificar como no saludables, siendo el IMC y la circunferencia de cintura donde se observaron problemas de salud más importantes.

De acuerdo con la OMS, es importante evaluar también las circunferencias de cintura y cadera, no solo peso y altura, ya que el incremento en la acumulación de grasa abdominal puede brindar un indicador muy sensible de alteraciones como el sobrepeso y sus consecuencias (Araujo et al., 2006). Por tanto, no es de extrañar que los indicadores antropométricos que se utilizan más a menudo en la determinación de la distribución de grasa son la circunferencia de la cintura y la relación de ésta con la circunferencia de cadera, expresada con el índice cintura-cadera (ICC). No se ha de olvidar que los espesores adiposos caracterizan las reservas energéticas y se relacionan con la nutrición y la AF (Rebato et al., 2015).

De lo anterior surge una interesante opción al IMC, el ICC, una medida de tipo antropométrico muy sencilla, pero con una estendida correlación con los indicadores de riesgo cardiovascular en niños y adolescentes (Curilem Gatica et al., 2016). En su estudio, González Jiménez et al. (2013) obtuvieron resultados que muestran una asociación entre los valores ICC y el estado nutricional, con mayores puntuaciones en

el ICC entre los chicos con sobrepeso y obesidad, en comparación con aquellos en situación de normopeso, siendo esto más significativo entre los chicos. Similares hallazgos reportaron Corvos Hidalgo & Corvos Hidalgo (2013) en un estudio realizado en estudiantes universitarios. De acuerdo con estos investigadores, los hallazgos confirman la eficacia del ICC en la predicción del riesgo de hipertensión arterial en niños y adolescentes con sobrepeso y obesidad, en base a lo cual han propuesto que se utilice este índice como una prueba estandarizada entre adolescentes con sobrepeso y obesidad en la detección precoz de hipertensión arterial. En su estudio, Vaquero Cristóbal et al. (2019) también mostraron la potencia de este índice, en su caso con atletas de resistencia; por su parte, Cresp Barría et al. (2014), a partir de sus resultados, recomiendan la utilización del ICC, además del IMC, en la detección temprana de problemas que vienen asociados con la obesidad. Estos últimos autores, abogan además por que se creen las estrategias adecuadas que permitan la participación de distintos profesionales sanitarios y de la AF, de manera que se pueda abordar de manera sistemática la prevención de la obesidad y sus patologías asociadas desde edades tempranas.

No en vano, es bien sabido que las medidas antropométricas se relacionan de manera importante con el estado de salud general y tanto el tamaño corporal como la altura, unidos al metabolismo de la glucosa y los lípidos, se relacionan positivamente con la tensión arterial (Syme et al., 2009). En un estudio con adolescentes coreanos, Park et al. (2019) encontraron que el aumento del nivel de insulina se asoció con cambios en el IMC y perímetro de cintura e ICC. Entre los índices de obesidad, el IMC y el ICC se asociaron más fuertemente con el aumento de los niveles de insulina en ayunas, siendo estas asociaciones fueron más pronunciadas, lo que demuestra que la obesidad puede jugar un papel importante en la asociación de los aumentos de los niveles de insulina (Park et al., 2019).

2.2.2 Relación entre variables antropométricas y patología de espalda.

Pese a que algunas investigaciones no han mostrado relación entre el dolor de espalda y los parámetros antropométricos (peso, altura, IMC) (Brito Hernández et al.,

2018), otros estudios sí que han demostrado lo contrario. Para el caso, Balague et al. (1999), en una revisión de la literatura, establecieron que existe una asociación entre dolor de espalda y parámetros antropométricos, la movilidad de la columna lumbar y la flexibilidad muscular, la cortedad de los músculos isquiosurales, las actividades deportivas y sobre todo de las malas posturas al sentarse. Por su parte, Sengupta (2014) encontró que la incidencia pélvica y la pendiente sacra parecen ser mayores en pacientes obesos con un IMC elevado, lo que predispone a la espondilolistesis osteolítica y degenerativa al aumentar la fuerza de cizallamiento en el disco lumbosacro. Hay que tener presente que los cambios en la curvatura de la columna vertebral, a menudo se presentan antes que la sintomatología neurológica, causando dolor en los niños (Brito Hernández et al., 2018).

Varios investigadores han explorado la relación entre el IMC y sus efectos sobre la disposición del raquis, dicha correlación podría explicarse por los efectos de un IMC elevado sobre la osificación del sacro (Sengupta, 2014). Esta osificación puede continuar hasta tarde, incluso después de los veinte años. Por lo tanto, las restricciones biomecánicas pueden deformar el sacro más allá del final del crecimiento óseo y hasta la edad de veinte años (Sengupta, 2014). Este hallazgo puede plantear una pregunta importante, a saber, si la obesidad infantil puede alterar la forma de la pelvis, lo que lleva a un aumento de la incidencia pélvica y de la pendiente sacra, lo que a su vez puede conducir a un eventual aumento de la lordosis lumbar y hacer que el infante sea vulnerable al desarrollo de dolor de espalda y degeneración del disco con eventual espondilolistesis en la vida adulta (Sengupta, 2014). Por contra, Brito Hernández et al. (2018) relacionaron la hiper cifosis e hiperlordosis con el IMC y el índice cintura-talla sin que se observara una asociación entre ellos; además, encontraron que las alteraciones más importantes de columna se encontraban en niños normopesos y de riesgo metabólico bajo.

2.2.3 Cambios en las variables antropométricas durante la adolescencia.

La antropometría es un indicador objetivo que nos permite medir la variación en las dimensiones físicas y la composición corporal en distintas edades y grados

nutricionales (Montesinos Correa, 2014; Pozo Pozo et al., 2021) y que se utiliza ampliamente en las encuestas como indicador del estado nutricional y de salud, siendo esto último especialmente importante durante la adolescencia, ya que permite evaluar el crecimiento físico y madurativo, así como los riesgos para la salud durante este período crítico y dinámico del desarrollo (Al Sendi et al., 2003; Ning et al., 2014).

El aumento del peso y la altura que se produce con la edad es consistente con procesos biológicos en infantes adecuadamente alimentados (Al Sendi et al., 2003). Evaluar el crecimiento y desarrollo durante la práctica clínica es un aspecto sumamente importante por la relación existente entre un crecimiento normal y el estado de salud de los niños y adolescentes (Montesinos Correa, 2014). Después de los tres años de edad, el crecimiento de los niños es lento pero continuo, pasando por la etapa escolar hasta el apareamiento de las características puberales o etapa preadolescente, esto dependerá de diferentes factores como la velocidad de crecimiento de cada etapa, así como del sexo, edad, AF y del estado fisiológico, metabólico y nutricional (Mata Meneses et al., 2007). Conforme se avanza en la edad se va produciendo un crecimiento pondo-estatural y de la maduración sexual, o lo que es lo mismo, conforme aumenta la edad concomitantemente se produce el desarrollo físico con el subsecuente aumento de peso y acumulo de grasa, ambos estimulados, fundamentalmente, por las hormonas sexuales y del crecimiento, repercutiendo en el aumento de la circunferencia de la cadera (Pozo Pozo et al., 2021).

Es fundamental entender que el sobrepeso y la obesidad se manifiestan desde la primera infancia y que la mayoría de los niños que son obesos a los tres años permanecerán obesos hasta la adolescencia (Geserick et al., 2018; Ryder et al., 2019). Como se ha visto, la edad escolar supone una etapa de crecimiento estable hasta la llegada del “estirón” del preadolescente entre los 10 a 12 años, dando inicio al dimorfismo sexual con el consiguiente incremento en su demanda nutricional (Mata Meneses et al., 2007).

El estudio en población adolescente de Geserick et al. (2018) encontró que entre aquellos que tenían sobrepeso u obesidad, el aumento de peso más excesivo, es decir, la aceleración del IMC más rápida, había ocurrido entre los dos y los seis años de edad y que incluso después de este período de rápido aumento de peso, el IMC

continuó aumentando a un ritmo más bajo pero aún positivo, lo que condujo a un mayor grado de obesidad en este grupo, mientras que en el grupo de adolescentes con peso normal, la puntuación de desviación estándar del IMC había sido estable durante toda la infancia, lo cual puede implicar patrones de IMC dinámicos distintos en niños con peso normal en comparación con niños obesos.

El período de crecimiento de la adolescencia, y más específicamente el período de la adolescencia media se asocia con cambios importantes en el crecimiento conocidos como crecimiento acelerado, que también incluyen la velocidad máxima de altura y el desarrollo de características de género maduro (pubertad) en un período corto (Gerber et al., 2014).

Los cambios antropométricos en la adolescencia también se relacionan con el rendimiento deportivo, la variación normal en el tamaño, la composición corporal y el rendimiento asociado con las diferencias individuales en el crecimiento per se y el momento y el ritmo de la maduración puberal y el crecimiento acelerado también forman parte en el proceso para alcanzar el éxito en el deporte entre los jóvenes. (Gerber et al., 2014). El crecimiento durante la niñez tardía y el período de la adolescencia, incluido el comienzo de la pubertad, donde las glándulas genitales se vuelven funcionales y comienzan a desarrollarse las características sexuales secundarias, puede tener efectos profundos en los factores determinantes en el rendimiento deportivo debido a los diferentes niveles de madurez relacionados con la fuerza, la velocidad y niveles de resistencia que se vuelven más prominentes durante este período (Gerber et al., 2014)

2.3 DISPOSICIÓN SAGITAL DEL RAQUIS EN LA PUBERTAD.

2.3.1 La columna vertebral y la pelvis.

Las investigaciones de larga data sobre la evolución, la función y la patología de la columna vertebral han renovado el deseo de estudiar la alineación de la

disposición del raquis y la inclinación pélvica en el plano sagital (Diebo et al., 2015). El mantenimiento y control postural en distintas posiciones consolidan la composición e integración de los diferentes sistemas del cuerpo, brindando con ello mucha efectividad y eficiencia en el funcionamiento corporal como un todo (Brito Hernández et al., 2018), no en vano, la postura corporal es un aspecto clave de la salud de la columna (Noll et al., 2017), dado que muchas de las tareas que se realizan en las actividades diarias, requieren adoptar una posición de flexión del tronco, siendo esta inclinación hacia delante una combinación compleja de movimientos de cadera y columna lumbar.

La estabilidad de la CV se logra como resultado de varios patrones de activación muscular bastante coordinados que envuelven muchos músculos, además de que dichos patrones de reclutamiento deben cambiar continuamente en función de la tarea a desarrollar (McGill et al., 2003). Un rol crítico de la musculatura es el de fortalecer la columna vertebral de todos los modos potenciales de inestabilidad (McGill et al., 2003). El centro estabilizador de la columna vertebral se sostiene especialmente por determinados músculos, como ser el transversal abdominal, el multifidus y los músculos internos del tronco (Fatemi et al., 2015) y como el erector espinal, jugando estos dos últimos un papel preponderante (López Miñarro, 2010). Además de lo anterior, para distribuir la carga del cuerpo, las vértebras humanas forman curvaturas normales desde el cuello hasta la pelvis que dotan de cierta estabilidad al raquis (Ko et al., 2018; Li et al., 1996).

La estructura de la CV experimenta cambios progresivos desde el período posnatal, que afectan su crecimiento y morfología. Este proceso continúa durante la adolescencia, en la vida adulta y conduce eventualmente a decadencia durante la vejez (Grey et al., 2004). Por lo anterior, no es de extrañar que la morfología de la CV está influenciada externamente por factores mecánicos y ambientales, e internamente por factores genéticos, metabólicos y hormonales. Todos estos afectan su capacidad para reaccionar frente a las fuerzas dinámicas de la vida diaria, por ejemplo, de compresión, tracción y cizallamiento. Estas fuerzas dinámicas pueden variar en magnitud y dependen mucho de la ocupación, la locomoción y la postura (Grey et al., 2004).

La CV comprende alrededor de 33 segmentos vertebrales, cada uno separado de los vecinos por discos intervertebrales fibrocartilaginosos. Su función consiste en soportar el tronco y proteger la medula espinal. Su longitud total es de aproximadamente 70 cm en hombres y 60 cm en mujeres. Las regiones individuales representan alrededor del 8% (cervical), 20% (dorsal), 12% (lumbar) y 8% (sacroccígea) de la longitud corporal total. Aunque de modo usual existen 7 vértebras cervicales, 12 dorsales, 5 lumbares, 5 sacras y 4 coccígeas, el número total está sometido a variaciones frecuentes y puede oscilar entre 32 y 35 (Grey et al., 2004). La lordosis lumbar es una de las partes más importantes del pilar espinal que tiene una importancia especial debido a la posición única y al contacto directo con la pelvis (Fatemi et al., 2015)

Es importante recalcar que las longitudes de los músculos erectores de la columna lumbar y los abdominales, en teoría, también deberían influir en el tamaño de la curva lordótica lumbar y el grado de IP en una posición de pie. Por ejemplo, si los músculos erectores de la columna lumbar se acortan y los músculos abdominales se alargan relativamente, el grado de inclinación pélvica y el tamaño de la lordosis lumbar aumentaría (Hosseinfar et al., 2017)

La pelvis es la piedra angular de la alineación sagital espinal (Diebo et al., 2015). El término pelvis, nos habla de un anillo esquelético conformado por los huesos coxales y el sacro, de la cavidad existente dentro de ellos e inclusive a toda la zona donde confluyen el tronco y los miembros inferiores. Aquí se usa en sentido esquelético para designar la cintura ósea irregular entre las cabezas femorales y la quinta vértebra lumbar. Tiene una masa grande, puesto que su función primaria consiste en soportar la compresión y otras fuerzas originadas por el peso corporal y la musculatura potente (Grey et al., 2004).

La pelvis se puede considerar formada por un segmento mayor y otro menor (pelvis verdadera y pelvis falsa), divididos de modo arbitrario por un plano oblicuo que pasa a través del promontorio del sacro por detrás y las líneas terminales en otros lugares. Cada línea terminal incluye la línea arqueada ilíaca, la línea ileopectínea y la cresta púbica. Pero los segmentos son continuos y las partes de la

cavidad corporal que ellos rodean se continúan también a través de la abertura superior de la pelvis o embocadura pélvica (Grey et al., 2004).

Es indudable que la pelvis esquelética proporciona soporte y protege a las vísceras contenidas, pero de forma primaria forma parte de los miembros inferiores y ofrece inserción amplia a los músculos del tronco y las piernas. Actúa como mecanismo fundamental en la transmisión del peso de la cabeza, tronco y las extremidades hacia los miembros inferiores. Se puede considerar formada por dos arcos, divididos por un plano transacetabular vertical. El arco posterior; relacionado sobre todo con la transmisión de peso; consiste en las tres vertebrae sacras superiores y los fuertes pilares óseos que van desde las articulaciones sacroilíacas hasta las fosas acetabulares. El arco anterior, formado por los huesos púbicos y sus ramas superiores, conecta con los pilares laterales como una viga de unión que evita la separación; también actúa como una riostra de compresión frente al impulso femoral medial (Grey et al., 2004).

La orientación de la pelvis está definida por dos parámetros posicionales: la inclinación pélvica (IP) y la pendiente sacra (Barrey et al., 2007). La IP se define como el ángulo entre una línea que conecta el punto medio de la placa sacra con el eje bicoxofemoral y una línea vertical e identifica la orientación de la pelvis con respecto al plano horizontal (Sengupta, 2014). La IP es un parámetro posicional que puede variar en un mismo individuo, dependiendo de la postura; así, su valor es alto en posiciones verticales del sacro, como en un individuo con pelvis retrovertida, y bajo en posiciones horizontales del sacro, como en un individuo con pelvis antevertida (Sengupta, 2014). Por su parte, la pendiente sacra podemos definirla como el ángulo entre la placa terminal superior de S1 y una línea horizontal (Sengupta, 2014). La pendiente sacra es un parámetro posicional; su valor es bajo en posiciones verticales del sacro y alto en posiciones horizontales del sacro (Sengupta, 2014).

Determinados parámetros del plano sagital, como la pendiente sacra y la IP, pueden influir en el grado de lordosis y estos parámetros en sí mismos, podrían estar asociados con el desarrollo de dolor lumbar (Sadler et al., 2017). En el análisis del equilibrio sagital de un individuo es importante incluir no solo la posición espacial de la pelvis, sino que también su forma, que vendrá reflejada por la incidencia

pélvica (Barrey et al., 2007). La incidencia pélvica es un parámetro anatómico que resulta de la suma algebraica de la pendiente sacra y la IP:

$$IP = \text{pendiente sacra} + \text{inclinación pélvica (Sengupta, 2014)}.$$

La IP es un parámetro anatómico y morfológico fundamental que es independiente de la orientación espacial de la pelvis; es decir, el valor angular es afectado por los cambios en la postura humana y permanecerá igual ya sea que el sujeto esté de pie, sentado o acostado, es único para cada individuo y es independiente de la edad una vez que se completa el crecimiento, con la suposición de que no se produce un movimiento sustancial en las articulaciones sacroilíacas (Barrey et al., 2007; Sengupta, 2014); además, ya que no se ve afectada por las alteraciones degenerativas lumbares, la incidencia pélvica es también un valor guía continuo para comprender las variaciones en la población de pacientes (Barrey et al., 2007). Debemos de estar muy clara la posición de la pelvis mientras se ejecutan los ejercicios para el tratamiento de la cortedad isquiosural, debido al papel tan notable que tiene en la génesis de las repercusiones vertebrales (Andújar et al., 1996).

La IP la podemos definir como el ángulo entre una línea perpendicular a la placa sacra en su punto medio y una línea que conecta este punto con el centro de las cabezas femorales (eje bicoxofemoral) (Sengupta, 2014).

Un valor alto de incidencia pélvica ($\geq 62^\circ$) se asocia con una pendiente sacra aumentada y una lordosis lumbar más pronunciada; por el contrario, un valor de incidencia pélvica bajo ($\leq 44^\circ$) se asocia con una pendiente sacra disminuida y aplanamiento de la lordosis lumbar (Sengupta, 2014). La incidencia pélvica aumenta gradualmente durante la infancia, alcanzando su forma definitiva alrededor de los veinte años (Sengupta, 2014).

2.3.2 Disposición sagital del raquis y su relación con la salud.

Dentro de nuestro estado de salud y bienestar, una buena postura será siempre importante, no sirve de nada estar en forma si se está desalineado (López et al., 2017). La posición de las extremidades inferiores (caderas, especialmente) y superiores (hombro, esencialmente) condicionará la postura del raquis dorso-lumbar (López

Miñarro et al., 2010), por tanto, no debe extrañar que las degeneraciones en la morfología raquídea en una persona terminen perturbando su calidad de vida (López et al., 2017). En los escolares se pueden producir diferentes alteraciones raquídeas que podrían agravarse en la edad adulta si no se tratan oportunamente (López et al., 2017).

En línea con el creciente interés de analizar el plano sagital de la CV, emerge también la preocupación acerca de la aplicabilidad de este análisis en la práctica diaria, especialmente para los médicos que tratan con pacientes sin deformidad (Diebo et al., 2015). Al escanear brevemente la literatura reciente, se notará como se toma cada vez más conciencia sobre importancia de la alineación sagital en diversas patologías de la CV, como la enfermedad degenerativa del disco, la osteoporosis, la artritis y el dolor lumbar (Diebo et al., 2015). Respetar el plano sagital no se limita a los procedimientos de deformidad mayor, sino que también debe considerarse incluso en intervenciones menores en un nivel vertebral (Diebo et al., 2015).

La DSR, a menudo mal representada como equilibrio sagital, describe la alineación ideal y "normal" de la CV en el plano sagital como resultado de la interacción entre varios factores orgánicos (Diebo et al., 2015). Esta alineación del plano sagital cambia a medida que el niño crece, debiendo fortalecerse para contrarrestar el tirón gravitacional en la columna torácica ya que cualquier patología que altere este equilibrio instiga la mala alineación sagital y sus mecanismos compensatorios (Diebo et al., 2015). Estos mecanismos compensatorios son la acción contraria a la alteración de la DSR y se corregirán indirectamente después de la rectificación de los factores de alteración; sin embargo, un plan de realineación exitoso no solo debería restablecer la relación espino-pélvica, sino que también debería restablecer los mecanismos compensatorios, que agotan la energía y afectan negativamente la calidad de vida (Diebo et al., 2015).

En el plano sagital, el raquis se divide en distintas curvaturas fisiológicas, la curvatura sagital de la columna torácica y lumbar, la existencia de estas se ve justificada por el incremento en las resistencias a las fuerzas compresivas axiales, influyendo así en las cargas espinales (López Miñarro y Alacid, 2010). Estas curvaturas móviles se denominan lordosis cervical (concavidad posterior), cifosis

dorsal (concavidad anterior) y lordosis lumbar (concavidad posterior) (López Miñarro, 2010).

La cifosis es la curvatura excesiva de la columna en el plano sagital. Normalmente, la columna vertebral presenta una curvatura que va desde los 20° a los 45°, lo que llamaríamos cifosis torácica normal; por debajo de 20° hablamos de rectificación torácica y cuando se supera el límite de 45° lo llamamos hipercifosis (Santonja, 1993). Por otra parte, se consideran los valores entre 20° a 40° como lordosis normal, por debajo de 20° se denomina rectificación lumbar y con valores superiores a 40° hiperlordosis (Pastor, 1999), una curvatura excesiva de la columna lumbar que muy a menudo está asociada con alteraciones como la escoliosis o hipercifosis (Yazici y Mohammadi, 2017).

La lordosis lumbar es una de las partes más importantes del soporte espinal y que reviste especial relevancia debido a su posición única y a que tiene un contacto directo con la pelvis (Fatemi et al., 2015). Son varios los investigadores que remarcan el hecho de el raquis lumbar, debido a su situación anatómica, recibe niveles importantes de sollicitación ya que en la postura erguida el centro de gravedad de la parte superior del cuerpo precede a la articulación lumbosacra, y es aquí donde descansa parte del peso de tronco, brazos y cabeza (López Miñarro, 2010).

Un factor importante a tener en cuenta, es el de “estabilidad”, un término bastante popular en las discusiones sobre espalda baja, pero que puede ser ampliamente mal entendido e inapropiadamente usado (McGill et al., 2003). La estabilidad resulta de la activación altamente coordinada de patrones musculares en que el reclutamiento de dichos patrones puede cambiar constantemente dependiendo de la tarea a realizar, lo cual tiene implicaciones tanto en la prevención de la inestabilidad como en las intervenciones clínicas con pacientes susceptibles de sufrir situaciones inestables (McGill et al., 2003).

Las alteraciones en la DSR están estrechamente relacionadas con el puntaje de calidad de vida y es un generador de dolor/discapacidad, en este punto el paciente a menudo comienza a reclutar mecanismos de compensación, como respuesta progresiva del paciente al deterioro del plano sagital (Diebo et al., 2015). Un ejemplo de estos mecanismos es la inclinación pélvica, la cual es un marcador muy sensible

del desajuste espino-pélvico (Diebo et al., 2015). Según Diebo et al. (2015), se define la IP como el ángulo entre la vertical y la línea que va desde el centro de las cabezas femorales hasta el punto medio de la placa terminal sacra. La IP cuantifica la rotación pélvica alrededor de las cabezas femorales que se establece como mecanismo compensador contra la mala alineación espinal positiva.

Clínicamente, la restricción del rango de movimiento de la flexión lateral de la región lumbar, la lordosis lumbar limitada y los músculos isquiotibiales tensos pueden usarse como factores predictivos de riesgo musculoesquelético para el desarrollo de dolor lumbar (Sadler et al., 2017). Informar a los pacientes sobre la relación de estas medidas musculoesqueléticas con el dolor lumbar más las opciones de terapia para modificar estos factores de riesgo puede servir potencialmente en la prevención del dolor lumbar (Sadler et al., 2017). Es importante remarcar que, en comparación con la columna lumbar y cervical, la columna torácica ha recibido menos atención en términos de investigación clínica y ocupacional; no obstante, el dolor que se experimenta en la columna torácica puede ser igualmente incapacitante y puede imponer cargas similares al individuo, la comunidad y la fuerza laboral (Briggs et al., 2009).

Por último, pero no menos importante, no hay que pasar por alto que algunos niños o adolescentes pueden tener una enfermedad a nivel nervioso y/o muscular (neuromuscular), una lesión u otra enfermedad que se haya atribuido a la anomalía de la columna (Yazici y Mohammadi, 2017).

2.3.3 Musculatura isquiosural. Influencia de la EI sobre la DSR.

Dentro de los componentes de la AF, la EI, es a la que se dedica menos tiempo y atención (Vaquero Cristóbal et al., 2015) pese a que claramente es de gran importancia en la consecución de una condición física saludable (López Miñarro et al., 2011) y que sus niveles de extensibilidad están relacionados con su efecto sobre la estabilidad funcional (González Gálvez et al., 2014), poseyendo además un papel fundamental en el fortalecimiento de la columna en todos los modos potenciales

(McGill et al., 2003); por tanto, dada la potencia de esta cualidad física y la importancia que reviste su desarrollo, es recomendable la inclusión de actividades de estiramiento muscular durante la práctica del ejercicio físico (Vaquero Cristóbal et al., 2015).

La musculatura isquiosural tiene su origen en la tuberosidad isquiática de la pelvis, de forma que en principio su extensibilidad ejercerá un efecto directo en la posición de la pelvis y del tronco durante los movimientos de flexión del tronco (Muyor et al., 2012) y en esa línea, ya se ha mostrado que aquellas personas que tienen mayor EI consiguen rangos importantes de flexión pélvica durante la ejecución de flexiones del tronco con rodillas extendidas (Vaquero Cristóbal et al., 2015).

El grado en que los músculos isquiosurales actúan sobre la pelvis probablemente depende de la longitud de los mismos y de los ángulos de la rodilla y la cadera. Aun cuando los músculos isquiosurales puedan extenderse durante la bipedestación con la cadera en posición neutral y las rodillas en extensión, este cambio en su longitud no causará cambios en la pelvis ni en la postura lumbar; pudiendo ser la razón por la que estos no causan cambios en la postura en bipedestación (Li et al., 1996).

La EI es un componente de suma importancia para una condición física saludable (López Miñarro et al., 2011); sin embargo, definir la EI puede resultar complicado, dada la variedad de factores implicados. Vaquero Cristóbal et al. (2015) definen extensibilidad como la capacidad física de amplitud de movimientos de una articulación; por su parte, Andújar et al. (1996) la determinan como la capacidad de aumentar de longitud. Estos autores creen más correcto el término “extensibilidad” cuando hablamos del estiramiento de los músculos isquiosurales, por lo que al hablar de estos y que debemos referirnos con el término “flexibilidad” para hablar de las articulaciones y su recorrido angular.

La extensibilidad no solo depende de la integridad del aparato locomotor (músculos, tendones, ligamentos y estructuras óseas) sino también de la integridad

del sistema nervioso (Andújar et al., 1996), pero también tiene otras relaciones de suma importancia, puesto que una baja extensibilidad puede ser un predictor de rigidez arterial (Kao et al., 2015). Esta cualidad física es de gran importancia, necesaria de ser desarrollada, por lo resulta importante la incorporación de actividades de estiramiento muscular (Vaquero Cristóbal et al., 2015).

La relación entre la arquitectura del grupo muscular isquiosural, su contribución a la locomoción humana y su propensión por lesiones es innegablemente compleja (Henderson et al., 2010), pues tienen una gran tendencia a acortarse si no se les da un adecuado acondicionamiento (González Gálvez et al., 2015). La sola activación con amplitud inapropiada de un musculo puede generar inestabilidad (si la rigidez pasiva no es suficiente), o cuanto menos un comportamiento inestable que cause activaciones inapropiadas con cargas aplicadas más bajas (McGill et al., 2003).

El acortamiento de los músculos isquiosurales puede limitar el rango de movimiento de la cadera debido a su inserción en la parte posterior de la pierna y a la tuberosidad isquiática, correlacionándose con un incremento de la IP y de la cifosis dorsal y/o lumbar, especialmente durante la flexión del tronco (González Gálvez et al., 2015; Li et al., 1996). Las posibles alteraciones que sobre la columna pueden generar estos acortamientos, son estimuladas por la movilización reiterada en flexión, esto porque la tensión producida por los isquiosurales sobre la pelvis limita la basculación (anteversión) en flexión, y esto nos encauza a un incremento de la presión en la zona anterior de los cuerpos vertebrales por la flexión echa por el individuo ocasionando el acuñamiento de los mismos y propiciando la aparición de herniaciones intraesponjosas (Vidal Barbier et al., 2011).

El acortamiento se considerará solventado cuando el individuo alcance amplitudes articulares dentro de los límites de normalidad establecidos, con ausencia de repercusiones en los segmentos adyacentes y cuando integra un esquema motor correcto en las actividades cotidianas y deportivas (Andújar et al., 1996). Para valorar esto, lo más habitual es utilizar test angulares, pues estos han mostrado mayor

especificidad para valorar la EI, permitiendo además la realización una valoración independiente de cada extremidad inferior (Vaquero Cristóbal et al., 2015).

Los ejercicios de estiramiento de los músculos isquiosurales son una herramienta fundamental para tratar la pérdida de la extensibilidad muscular que aparece con el avance de la edad (González Gálvez et al., 2015). Estos ejercicios también pueden ser utilizados para incrementar la flexión de la cadera; sin embargo, este último aspecto debe enfocarse con cuidado ya que puede afectar la movilidad lumbar durante la inclinación hacia adelante, debido a que la excesiva movilidad lumbar puede incrementar la carga tensional sobre la columna y llevar a la lumbalgia (Li et al., 1996). Es importante no confundir ejercicios de calentamiento con ejercicios específicos de estiramiento (Andújar et al., 1996).

El MP es una técnica de acondicionamiento corporal que, mediante estiramiento y fortalecimiento muscular, ofrece una mejoría de la extensibilidad, además de reducir el dolor, prevenir lesiones y que ha demostrado ser efectivo tanto para personas de mediana edad como en adolescentes, de manera que es un método que nos ayuda a conservar la salud de la espalda (González Gálvez et al., 2015).

Son muchas las investigaciones que han estudiado la práctica del MP sobre la EI y, tanto aquellas que incluyeron jóvenes, adultos o personas mayores sedentarias o activas recreacionalmente, muestran que la extensibilidad se incrementa significativamente con la práctica del MP, sin importar la escuela (Pilates clásico o Pilates Stott), de su duración (de 5 a 26 semanas), la frecuencia semanal (1 o 3 días) o la duración de las sesiones (de 30 a 60 minutos) (Vaquero Cristóbal et al., 2015).

Si bien en el MP tenemos varias modalidades (Pilates mat, Pilates con aparatos o aqua-Pilates) y escuelas (Pilates clásico, Pilates Stott, Pilates Polestar, Pilates Alliance o Pilates Peak), todas son regidas por iguales fundamentos y principios (Vaquero Cristóbal et al., 2015).

En general, tanto los programas de EI como los de método Pilates han mostrado resultados positivos en la elongación de la musculatura isquiosural entre

adolescentes, recalcando que el tipo de programa, la duración, la edad de los participantes y el sexo pueden influir en los resultados, haciendo más o menos efectivo el programa aplicado; sin embargo, el MP puede utilizarse para mejorar la EI en escolares, con la ventaja que se puede trabajar el cuerpo como un todo mediante una variedad de ejercicios que no solo se enfocan en el área isquiosural (González Gálvez et al., 2015).

2.3.4 Evolución de la DSR y la EI en la pubertad.

En general, existe una escasez de información sobre el desarrollo de la postura corporal durante la adolescencia, a pesar de que el entorno escolar puede contribuir al desarrollo de problemas de columna, considerando que los estudiantes pasan largos períodos continuos sentados durante las clases (Noll et al., 2017). Aunque no existe consenso, se cree que el tiempo pasado en una posición sentada inadecuada puede considerarse un factor de riesgo en el desarrollo de cambios posturales en el plano sagital; además, es de destacar que, al analizar específicamente las deficiencias posturales en la posición sentada, ya sea al escribir o sentarse en un taburete, se observó que, para todas las posturas inadecuadas, existe una tendencia entre los jóvenes a realizar una flexión de tronco (Sedrez et al., 2015).

La evolución de la forma de la CV también puede verse influenciada por otro tipo de factores entre los que se incluye el entrenamiento deportivo intenso (López Miñarro et al., 2017). Hoy en día la actitud hacia el deporte se ha vuelto más “profesional”, volviendo más comunes las lesiones y los síndromes de sobreesfuerzo, incluso en los jóvenes (Widhe, 2001).

Una práctica deportiva sistemática de alta intensidad, puede originar determinadas adaptaciones vertebrales de acuerdo con las posturas adoptadas en los entrenamientos (Muyor Rodríguez et al., 2012) y en este sentido, es importante destacar que cualquier patología que altere este equilibrio conllevará a la mala alineación sagital y la activación de mecanismos compensatorios (Diebo et al., 2015).

La disposición sagital cambia conforme el niño crece, habiendo diferencias significativas estadísticamente entre los grupos de edad, especialmente en las uniones cervicotorácica, toracolumbar y lumbosacra. La posición del sacro (inclinación y traslación) y la orientación espacial, así como la magnitud global de cifosis torácica y lordosis lumbar cambian con el crecimiento (Yazici y Mohammadi, 2017).

El aumento de la curva posterior del área torácica que se reconoce como hiperCIFOSIS, es una de las anomalías de la columna que pueden desarrollarse durante la adolescencia (Kamali et al., 2016), esta alteración puede incluso llegar a tener efectos negativos sobre el sistema respiratorio, debido al acortamiento y la disminución de la flexibilidad de los músculos pectorales y también por la debilidad de los músculos espiratorios (Yazici y Mohammadi, 2017).

La hiperCIFOSIS se asocia con importantes deterioros de salud (Katzman et al., 2017) y es una de las anomalías espinales que frecuentemente puede desarrollarse durante la adolescencia (Kamali et al., 2016). En los adultos suele estar relacionada con osteoporosis, pero en los niños puede deberse a una amplia variedad de causas, desde las lesiones más leves, a tumores en la columna o trastornos genéticos, como el síndrome de Hunter o la espina bífida (Yazici y Mohammadi, 2017). Hay que tener en cuante que un cambio en la curvatura de la CV suele preceder a la sintomatología neurológica, generando dolor (Brito Hernández et al., 2018); de igual manera, la lordosis lumbar reducida es un factor de riesgo musculoesquelético importante en el desarrollo de lumbalgia (Sadler et al., 2017).

Las acciones encaminadas a corregir estos problemas deberán incluir la identificación, educación, prevención y corrección de malos hábitos corporales y de anomalías motoras (Yazici y Mohammadi, 2017).

2.4 PROGRAMAS DE INTERVENCIÓN DE EXTENSIBILIDAD ISQUIOSURAL EN LA ESCUELA.

Como hemos podido ver hasta aquí la, EI es posible definirla como una capacidad física de amplitud de movimientos de una articulación y que además es un

componente principal de la condición física de las personas (Rodríguez et al., 2008; Vaquero Cristóbal et al., 2015) y debido a dicha importancia y por supuesto, por la necesidad que tenemos de desarrollarla, es recomendable incluir actividades de estiramiento muscular durante el desarrollo del ejercicio físico (Vaquero Cristóbal et al., 2015).

La EI presenta una tendencia natural disminuir cada vez más durante el crecimiento, principalmente en la etapa de la secundaria, donde encontramos una alta prevalencia de desalineaciones espinales sagitales, lo cual causa un efecto nocivo en la salud y por lo que ha sido necesario abordar esta situación dentro del entorno educativo a través de la clase de EF, sobre todo en los últimos cursos de primaria y durante los de secundaria, incluyendo ejercicios de extensibilidad y fortalecimiento de los extensores de la columna y estiramientos de isquiosurales con una adecuada disposición de la CV (Becerra Fernández y Merino Marban, 2015; Rodríguez García et al., 1999; Santonja et al., 2004).

Diferentes estudios han examinado los efectos que los programas de estiramiento isquiosural en las clases de EF en la extensibilidad de niños y adolescentes, sugiriendo mejoría significativa cuando estos se realizan sistemáticamente (Rodríguez et al., 2008). Dichos programas se pueden incluir específicamente durante el período calentamiento y vuelta a la calma para mejorar la extensibilidad de los isquiosurales (Becerra Fernández et al., 2020), aunque parece que los ejercicios de estiramiento en el período calentamiento podrían ser menos efectivos que los estiramientos durante la vuelta a la calma para ganar flexibilidad en los escolares (Becerra Fernandez y Merino Marban, 2015). En todo caso, está clara la importancia de que los profesores de EF incorporen programas de estiramiento con miras a mejorar la extensibilidad de los estudiantes durante las clases de EF (Becerra Fernández et al., 2020).

Rodríguez et al. (2008) examinaron los efectos del estiramiento pasivo de los isquiosurales con el test de Distancia Dedos-Planta (DDP) cuando se incorpora a un programa de EF, encontrando una mejoría significativa para los grupos experimentales, pero no para los grupos de control. Por su parte, Becerra Fernández et al. (2020) y Mayorga Vega et al. (2016) también encontraron mejoría la

extensibilidad de los isquiosurales en niños en edad escolar con un programa de desarrollo de estiramiento basado en EF.

Ya desde fines del siglo pasado, Rodríguez García et al. (1999) habían podido demostrar que la EI presenta una mejoría notable con realizar solo siete minutos de estiramientos efectuados en las fases de calentamiento y vuelta a la calma en las dos sesiones de EF semanales durante un curso escolar, y que tal mejoría ha sido más evidente en los grupos de secundaria que en los de primaria. Más recientemente, Mayorga Vega et al. (2014) encontraron que un programa de apenas tres minutos de duración durante cada sesión de EF, generó un efecto positivo sobre los resultados del DDP en escolares, mientras que Merino Marban et al. (2015) nos dicen que es posible lograr los mismos resultados mediante un programa de estiramientos de sólo un minuto, lo cual es de suma trascendencia dado que a los programas de estiramiento no se les puede asignar demasiado tiempo de la clase de EF. Por otro lado, Becerra Fernández et al. (2020) remarcan el hecho de que los programas de estiramiento desarrollados por lo menos una vez por semana presentaron mejoría significativa estadísticamente de la EI de los estudiantes; sin embargo, el tamaño del efecto para el programa realizado una vez por semana fue muy bajo, por lo que se recomienda al menos dos veces por semana.

No deja de ser importante señalar que los ejercicios de estiramiento no interfieren con la planificación o ejecución de otros contenidos de la clase debido a la brevedad de la intervención cuya duración no suele superar los siete minutos por sesión (Becerra Fernández y Merino Marban, 2015).

Generalmente, los profesores de EF realizan ejercicios de estiramiento en sus clases solo durante unas semanas, y cuando dejan de hacerlos no saben cuánto durará el efecto; además, que una situación habitual en el ámbito de la EF es la alternancia de periodos académicos y vacacionales (Merino Marban et al., 2015). Hasta ahora, la mayor parte de los estudios se han enfocado en la beneficios y ganancias existentes en la extensibilidad de los isquiotibiales después de la aplicación de programas de estiramiento entre dos o más grupos; sin embargo, solo unos pocos estudios han examinado cuánto tiempo pueden retener estos logros después de un programa de desarrollo para niños en edad escolar (Becerra Fernández et al., 2020).

Por lo tanto, dado que después de cuatro a cinco semanas de desentrenamiento de la extensibilidad se pierde el efecto del programa de estiramientos, los profesores de EF deben continuar entrenando la flexibilidad de los estudiantes después de un período de desentrenamiento más corto para mantener las ganancias obtenidas en los semestres anteriores (Becerra Fernández et al., 2020; Merino Marban et al., 2015).

Dado lo anterior, el aumento del tiempo activo para el aprendizaje en periodos extraescolares representaría una excelente estrategia para que el profesorado de EF persiga objetivos tan importantes como la mejora de la extensibilidad, lamentablemente y debido a que esta estrategia depende principalmente de la autonomía de los estudiantes, en muchos casos, como con los estudiantes en estas edades tempranas, parece poco práctico (Merino Marban et al., 2015). Indudablemente, aumentar las horas lectivas de EF sería de mucha utilidad para estimular la AF desarrollada por los estudiantes, lo que reviste una gran importancia debido a que los hábitos saludables que adopten los niños y adolescentes aumentarán su posibilidad de alcanzar una adultez saludable (Oviedo et al., 2013).

Sedrez et al. (2015) ponen énfasis en el hecho de que la cifosis torácica en escolares se asocia con una postura inadecuada en la posición sentada al escribir y sentarse en un taburete, por lo tanto, para establecer acciones preventivas en las escuelas, es necesario comprender esta característica, por lo que tanto los profesores como los profesionales de la salud deben apuntar a minimizar este mal hábito postural. Situación similar se plantea en cuanto al transporte de útiles escolares, pues hay asociación entre los cambios de lordosis lumbar y el modo de transporte de la mochila y los útiles escolares, así como los cambios de cifosis torácica (Sedrez et al., 2015).

Como ha quedado demostrado, la asignatura EF puede jugar un papel importante en estos problemas de salud pública (Becerra Fernández et al., 2020).

El incremento de las alteraciones del raquis, principalmente en el plano sagital, nos obliga a brindar tratamiento a un alto número de escolares y esto nos impone dos problemas muy serios, primero los escasos medios de que dispone el sistema sanitario y segundo, los altos costos que lo anterior genera (Rodríguez García et al.,

1999); por ende, una adecuada comunicación entre Médico del Deporte y profesional de la Educación Física permitirá estimular y formar educadores con el fin de incluir y reforzar los estiramientos de isquiosurales, además de posturas adecuadas durante el desarrollo de los ejercicios en las clases de EF, de manera que logremos disminuir los niños y adolescentes que sufran los efectos de cortedad isquiosural (Rodríguez García et al., 1999). Si somos capaces de prevenir la cortedad isquiosural en el ámbito escolar, lograremos prevenir sus secuelas raquídeas (Rodríguez García et al., 1999).

2.5 EL MÉTODO PILATES

2.5.1 Historia del MP

El MP fue desarrollado como un modelo de acondicionamiento físico que se basa en el control los movimientos corporales a través de la mente (Hernández Andreo et al., 2011). El método fue diseñado por el alemán Joseph Pilates (1883-1967), de quien deriva su nombre y el mismo ha ido evolucionando hasta convertirse en un método que prepara el cuerpo a nivel muscular, postural y mental para afrontar las actividades diarias de forma más consciente, segura y eficaz (Carrasco Poyatos, 2013).

Joseph Pilates fue un niño enfermizo que necesitó de cuidados especiales para sobrevivir, sin embargo, esto en lugar de deprimirlo le dio el impulso necesario para darse cuenta que el estar bien físicamente le ayudaba a poder llevar una vida normal y a partir de una edad muy joven participó en diferentes disciplinas deportivas, así como en el yoga y técnicas de meditación (Carrasco Poyatos, 2013). En 1912 emigró a Inglaterra donde trabajó como boxeador y entrenador de defensa personal, pero años más tarde durante de la Primera Guerra Mundial, fue detenido y enviado a un campo de concentración por ser alemán, mas fue justamente ahí donde terminó de perfeccionar sus ideas sobre el acondicionamiento del cuerpo, animando a los demás reclusos a participar en las actividades que él les proponía (Carrasco Poyatos, 2013). Después de la guerra volvió a Alemania, donde el propulsor de danza Rudolf von

Laban le introdujo en dicho ámbito pudiendo así poner en práctica su método con resultados verdaderamente fructíferos hasta que en 1926 emigró hacia los Estados Unidos donde pudo terminar de desarrollar su método, al cual llamó “contrology” y donde pudo abrir su primer estudio (Carrasco Poyatos, 2013). En 1980 Eisen y Friedman escribieron el libro “The Pilates method of physical and mental conditionig” consumando con ello el método al que Pilates había dedicado su vida (Carrasco Poyatos, 2013).

Hoy en día el MP está compuesto por más de 500 ejercicios que pueden desarrollarse en el suelo con la ayuda materiales y determinados implementos, existiendo también máquinas diseñadas especialmente para ello (Carrasco Poyatos, 2013; Hernández Andreo et al., 2011).

En la actualidad, el MP es ofrecido por los centros deportivos, de fitness y ocio para muchos grupos de población, ya sean adultos o personas mayores, pasando por mujeres embarazadas y hasta niños, en este último caso, el objetivo es el de resolver los problemas originados por los malos hábitos posturales que se arrastran desde la infancia (Hernández Andreo et al., 2011).

2.5.2 Principios del MP

El MP mezcla una serie de principios pertenecientes a la gimnasia, las artes marciales y el yoga, además de incluir nociones filosóficas en las que Pilates creía firmemente como la concepción de que la mente es la que pone en forma al cuerpo y la importancia de un buen estado emocional (Carrasco Poyatos, 2013).

El método está basado en ejercicios que trabajan el cuerpo integralmente, siendo fundamental comprender y asimilar los principios en que se fundamenta y que rigen su estructura, los cuales están orientados a que el practicante dirija toda su atención al movimiento que está realizando para que este sea fluido, económico, higiénico e integral, ya que el seguimiento de estos principios asegurará la conexión cuerpo-mente y afianzará la seguridad y la eficacia del ejercicio (Carrasco Poyatos, 2013). El concepto de “Centro” en el MP busca generar una estructura potente, fuerte

y flexible (González Gálvez y Sainz de Baranda, 2011). Los cambios que se producen con la aplicación de los ejercicios y principios del MP despiertan la conciencia corporal, el centro de gravedad y el control del movimiento con el dominio de la respiración (Junges et al., 2017)

Para la correcta ejecución del método es fundamental la implicación de más de una articulación en distintos planos de movimiento (tal como en la vida diaria), hay que activar sólo los grupos musculares necesarios para realizar el movimiento evitando la sobrecarga muscular; también debemos buscar que el practicante sea capaz de controlar los movimientos mediante la concentración (Hernández Andreo et al., 2011). Por otra parte, buscamos una mejor postura por medio del trabajo muscular por la conciencia corporal adquirida, es decir, que sea capaz de ubicar los segmentos corporales y la manera en que están colocados (Hernández Andreo et al., 2011). Para una buena praxis del método Pilates, Carrasco Poyatos (2013) afirma que se deben seguir 7 principios básicos: respiración, centralización, alineación postural, siendo estos tres en los cuales se fundamenta la estructura de la ejecución, el movimiento en sí, los otros principios son la concentración, control, movimiento fluido y precisión.

Las características expuestas hasta ahora, hacen que el MP se diferencia de otras técnicas que existen en el mundo del fitness, además de darle una categoría de "ejercicio funcional", o lo que es igual, que moldea el cuerpo para que desarrolle óptimamente sus actividades diarias (Carrasco Poyatos, 2013).

A partir de los años 70's, el MP se ha ido haciendo cada vez más popular y recientemente su técnica ha evolucionado hacia un sistema de ejercicio altamente demandado en muchos campos, como ser el acondicionamiento general, en la mejoría para determinados deportes, rehabilitación, dolor de espalda, adultos, ancianos y niños, embarazadas, etc. (González Gálvez y Sainz de Baranda, 2011), en gran medida debido a que el método ha ido evolucionando y adaptándose a los tiempos y a los nuevos conceptos anatómico-fisiológicos sobre el cuerpo y su movimiento saludable (Carrasco Poyatos, 2013), lo que explica el advenimiento de nuevas corrientes o modalidades (Pilates mat, Pilates con aparatos o aqua-Pilates) y escuelas (Pilates clásico, Pilates Stott, Pilates Polestar, Pilates Alliance o Pilates Peak),

todas están basadas en los mismos principios y fundamentos (Vaquero Cristóbal et al., 2015) aunque con diferentes filosofías (Carrasco Poyatos, 2013). El Pilates Stott ha sido una variante que goza de mucha popularidad últimamente (Kao et al., 2015).

2.5.3 Beneficios del MP

En los últimos años, el MP ha despertado el interés de muchas personas como una forma de AF, orientada al acondicionamiento físico y al bienestar. El método trabaja principalmente sobre los músculos más profundos, que son los responsables de la postura y el equilibrio, que con el envejecimiento y la inactividad sufren cambios negativos (Junges et al., 2017).

Si revisamos la literatura relativa al MP, se puede encontrar muchas investigaciones que detallan los beneficios que éste aporta: mejoría de la fuerza, la resistencia y la potencia muscular; mejoría de la flexibilidad, la coordinación (González Gálvez y Sainz de Baranda, 2011) y el rango de movimiento articular; mejoría cardiorrespiratoria, disminución de lesiones y dolores localizados (Carrasco Poyatos, 2013; Kao et al., 2015), lo anterior tiene una ventaja extra, puesto la mayor parte de los ejercicios no causan presión en la CV, lo opuesto sucede con bastantes ejercicios de musculación, debido a esto es que no hay contraindicaciones para su práctica como actividad motriz en edades tempranas (Hernández Andreo et al., 2011).

En vista de sus características, el MP tiene como objetivos reforzar, tonificar y extender la musculatura superficial y profunda estabilizadora (transverso abdominal y suelo pélvico, y la musculatura estabilizadora de la CV) que nos posibilita el poder adoptar posturas estáticas (Hernández Andreo et al., 2011). El Pilates moderno incluye ejercicios de fortalecimiento y estiramiento que tienen como objetivo fortalecer los músculos débiles y alargados y estirar los músculos fuertes y tensos, abordando así los cambios que han resultado de la adaptación a la desviación postural. mejorando la postura a través de una mejoría de la conciencia corporal (Kuo et al., 2009).

Debido a los efectos que el método Pilates tiene sobre el organismo, especialidades de diversos campos se han interesado por su aplicación para mejorar y complementar su trabajo (Carrasco Poyatos, 2013), para el caso Ashrafinia et al. (2014) demostraron el efecto positivo que el MP tiene sobre el sueño posterior al parto en mujeres primíparas

Dentro del ámbito de la EF, el ámbito de la prevención por excelencia, personas sanas de todas las edades utilizan el Pilates para mejorar su condición física, para disminuir su nivel de estrés o simplemente porque les hace sentirse mejor (Carrasco Poyatos, 2013).

Por otro lado, la fisioterapia utiliza los ejercicios de Pilates como complemento a las técnicas que se utilizan en este ámbito para que el paciente recupere de forma autónoma y/o asistida las lesiones musculoesqueléticas que padezca (Carrasco-Poyatos, 2013). Es especialmente utilizado para aliviar la sintomatología de personas que tienen dolores de espalda, contracturas musculares, artrosis y artritis, y a su vez, el Pilates se utiliza como un complemento en el entrenamiento de alto rendimiento con el objetivo de mejorar la eficiencia postural en deportes como el ciclismo, la natación, lanzamientos, ballet, gimnasia rítmica entre otros (Carrasco-Poyatos, 2013).

2.5.4 El MP en el ámbito escolar.

El MP puede ser ejercitado por niños sanos desde que tienen cierto control de su movimiento y postura; es decir, desde los ocho o nueve años (Carrasco Poyatos, 2013) llevando una progresión adecuada en los ejercicios que se llevan a cabo (Hernández Andreo et al., 2011).

Estos ejercicios se pueden hacer de forma independiente, sin necesidad de incluirlos en sesiones específicas de Pilates, integrándose en las clases de EF junto a otras tareas, en el calentamiento de las sesiones prácticas, en el entrenamiento de deportes específicos o en el marco de sesiones de acondicionamiento general (Carrasco Poyatos, 2013). Vale la pena subrayar que el MP podría ser a veces una actividad solitaria para el escolar; por tanto, será necesario estimular su práctica

interactuando con compañeros y desarrollar ejercicios en grupos, bien en parejas o hasta grupos de mediano tamaño (Hernández Andreo et al., 2011).

La Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación (Reales Decretos 126/2014, de 28 febrero para Educación Primaria y 1105/2014 de 26 de diciembre para ESO y del Bachillerato, resaltan claramente la importancia que tiene la EF en la adquisición de hábitos saludables y el mejoramiento de la condición física de los escolares. En secundaria, la EF cuenta con un segmento de “Condición Física y Salud” en que se congrega una serie de contenidos orientados a la salud física, ejercicio físico y de práctica deportiva, los cuales tienen repercusiones importantes en el desarrollo de las capacidades físicas que mejoran la calidad de vida (Sainz de Baranda, 2009). Con el referido bloque, se busca que la EF contribuya en la toma de los conocimientos y destrezas de hábitos saludables que les serán útiles más allá de su etapa escolar. Por otro lado, también se pretende brindar líneas orientadas a mantener y mejorar la condición física, principalmente las relacionadas con la salud: resistencia cardiovascular, fuerza-resistencia y flexibilidad (Sainz de Baranda, 2009). Hernández Andreo et al. (2011) desarrollaron una propuesta curricular en la cual introducen el MP como una alternativa muy saludable a los contenidos habituales en las clases de EF en primaria, aunque estos autores enfocaron su estudio principalmente en el dolor de espalda en niños de primaria sin hacer mediciones de ningún tipo. Estos mismos autores destacan la importancia de que el profesor de EF utilice un lenguaje adaptado a la edad del alumnado, mejor aún si se auxilia con materiales audiovisuales o construyendo imágenes mentales que les sirvan de guía durante la ejecución de los mismo, tratando de evitar el uso de tecnicismos y conceptos que los estudiantes no sean capaces de comprender.

En los últimos años, el ámbito escolar ha experimentado la coexistencia de distintos problemas de salud en los estudiantes, entre ellos destacan dolores de espalda y de hombros; ante esta situación los centros deben tomar medidas y la primera de ellas debe ser el promover hábitos de vida saludables que se basen la educación de la postura y el trabajo muscular general, lo que toma mayor importancia en los niños, en quienes se busca erradicar tales problemas que tienen su

génesis en los malos hábitos surgidos en la infancia (Hernández Andreo et al., 2011). En esta misma línea, merece destacar el trabajo de González Gálvez y Sainz de Baranda (2011) quienes desarrollaron una unidad didáctica para estudiantes de tercero de la ESO, donde los escolares aprenden un método para desarrollar la educación postural, una condición física relacionada con la salud y que, en vista de la relación entre el MP y la CV, se tratan elementos sobre la disposición del raquis, las desalineaciones más frecuentes y su relación con el método.

La introducción del MP dentro de la EF escolar es cada vez más notoria, ya que los beneficios que aporta hacen que los escolares adquieran hábitos posturales saludables y que aprendan a trabajar la fuerza, la flexibilidad, la coordinación y el equilibrio de forma consciente y segura, pudiendo aplicar sus principios en cualquier práctica física externa al ámbito docente (Hernández Andreo et al., 2011) y hacer de la práctica del Pilates un complemento a sus actividades físicas y una base e incentivo para otros ejercicios y actividades deportivas (Carrasco Poyatos, 2013).

López et al., (2017) desarrollaron un estudio en adolescentes de la ESO en la que, si bien encontraron mejoría de la EI después de implementar un programa de intervención con el MP, esta mejoría no fue estadísticamente significativa. Esta investigación, sin embargo, contó con una muestra limitada (n= 25), además de solo hacer uso del test de elevación de pierna recta (EPR) para las mediciones. Otro factor importante a destacar es que los participantes realizaron calentamiento previo a las mediciones, lo cual pudo afectar los resultados finales, además de que la intervención fue solamente de 4 semanas, muy poco tiempo como para ver resultados fiables. Nuestra investigación ha pretendido ir más allá y subsanar las limitaciones descritas.

Por todo lo anterior, se encuentra que las alteraciones en EI y DSR de los adolescentes son un problema serio y con perspectiva a empeorar. Son varios los programas que han mostrado su efectividad para paliar esta situación en población adolescente, incluyendo programas basados en el MP. Sin embargo, la mayoría de ellos implican un volumen de entrenamiento alto (al menos dos sesiones de 60 minutos a la semana), lo que hace que no sea posible implementarlos en el ámbito escolar dentro de las clases de EF. Y, por otra parte, si la aplicación de este tipo de programas se limita a aquellos adolescentes que decidan acudir a los mismos en el

tiempo de ocio su incidencia poblacional se verá muy limitada, no siendo por tanto esta la solución al problema social que se pretende abordar en esta tesis doctoral. Por esto, es necesario investigar el efecto de un programa integrado dentro de las sesiones de EF para estudiantes de Educación Secundaria Obligatoria (ESO) a razón de 10 minutos por sesión y con una duración acorde al curso escolar (nueve meses), basado en un método que ha demostrado su efectividad en la consecución de estos objetivos como es el MP.

III- OBJETIVOS E HIPÓTESIS

3. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

3.1. OBJETIVOS

Los objetivos de la siguiente tesis doctoral han sido los siguientes:

- Determinar las variables antropométricas de una población de adolescentes.
- Identificar el nivel inicial de extensibilidad isquiosural de los participantes en el estudio mediante la aplicación de los test EPR y distancia dedos suelo (DDS).
- Conocer la DSR de los adolescentes en las posiciones de bipedestación relajada, bipedestación autocorregida y en DDS.
- Evaluar el efecto de un programa de intervención basado en el MP sobre la EI y la DSR durante un curso escolar, diferenciando los resultados en función del sexo.

3.2 HIPÓTESIS

Las hipótesis planteadas en la presente investigación han sido los siguientes:

- La mayor parte de la población adolescente en estudio presentará unos valores antropométricos dentro de los rangos saludables para esta población.
- La mayor parte de la población adolescente presentará una extensibilidad isquiosural reducida, basándose en los valores de normalidad para los test EPR y DDS.
- La mayor parte de la población presentará una DSR dentro de la normalidad en las posiciones evaluadas, si bien existirán casos de desalineación en dichas posiciones.
- Tras la intervención basada en el MP a lo largo del curso escolar, los adolescentes del GE mostrarán una mejora en la EI y la DSR, mostrando una menor incidencia de cortedad isquiosural y menos desalineaciones en el raquis, sin que existan cambios significativos en el GC. Habrá diferencias significativas en la EI y la DSR en función del sexo, pero no en la evolución de las variables con el programa de entrenamiento.

IV- MÉTODO

4. MÉTODO

4.1 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Esta investigación tiene un diseño experimental prospectivo, longitudinal, con dos grupos: experimental (GE) y control (GC). El GE ejecutó un programa del Método Pilates (MP) durante la vuelta a la calma de las sesiones de EF, mientras que el GC realizó una vuelta a la calma tradicional. Por tanto, se encuentra como variable independiente para el GE el programa de 10 minutos del MP aplicado en la parte final de las clases de EF de un centro escolar durante nueve meses del año académico, mientras que para el GC fue una vuelta a la calma basada en formas lúdicas y estiramientos, tras la parte principal de las sesiones de EF.

Todos los participantes realizaron un pre test y un post test, llevándose a cabo un análisis de diferencias intragrupo e intergrupo para cada una de las variables dependientes seleccionadas. Las variables dependientes valoradas fueron:

- Variables antropométricas:
 - * Peso, talla, perímetro de cintura y perímetro de cadera.
- Variables de proporcionalidad antropométrica:
 - * IMC e ICC.
- EI:
 - * Test de elevación de la pierna recta pasivo (EPR Pasivo) en ambas piernas.
 - * Test de elevación de la pierna recta activo (EPR Activo) en ambas piernas.

- * Distancia e inclinación pélvica en el test de distancia dedos-suelo (DDS).
- DSR torácico y lumbar e inclinación pélvica en cinco posiciones diferentes:
 - * Bipedestación relajada.
 - * Bipedestación autocorregida.
 - * Sedentación.
 - * Test DDS.

4.2 DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

4.2.1 Criterios de inclusión y exclusión

Fueron incluidos todos aquellos individuos que cumplieron los siguientes criterios:

- Alumnos de 1° a 4° de la ESO.
- Personas sanas, sin enfermedades no transmisibles.
- Manifiestar el deseo de participar.
- Contar con la autorización por escrito de sus padres o tutores legales.

Se excluyó a los participantes que:

Presentaban alguna de las siguientes situaciones: alteraciones de la movilidad, déficits neurológicos, problemas ortopédicos y aquellos con problemas de equilibrio o que necesitaran ayudarse de equipo ortopédico.

Habían sido operadas de la CV o la musculatura isquiosural.

- Presentaban alguna alteración raquídea estructurada de la columna que hubiese sido diagnosticada por personal sanitario.
- Habían tenido una rotura de isquiosurales en el último año o durante la intervención.
- Tenían algún tipo de lesión en el momento de valoración.
- Faltaron a tres o más sesiones.
- Faltaron a alguna sesión de medición.
- No cumplimentaron las encuestas o lo hicieron inadecuadamente.

4.2.2 Muestra

Durante la etapa de captación, 301 estudiantes manifestaron su deseo de participar. Una vez aplicados los criterios de inclusión y exclusión, este número se redujo hasta tener una población de 285, 146 chicas (51,23 %) y 139 (48,77 %) chicos, con edades entre 11 y 17 años (media de edad $13,16 \pm 1,25$ años) que cursaban de 1º a 4º de la ESO en un instituto de la Región de Murcia. En la tabla 1 se pueden observar las características de los participantes.

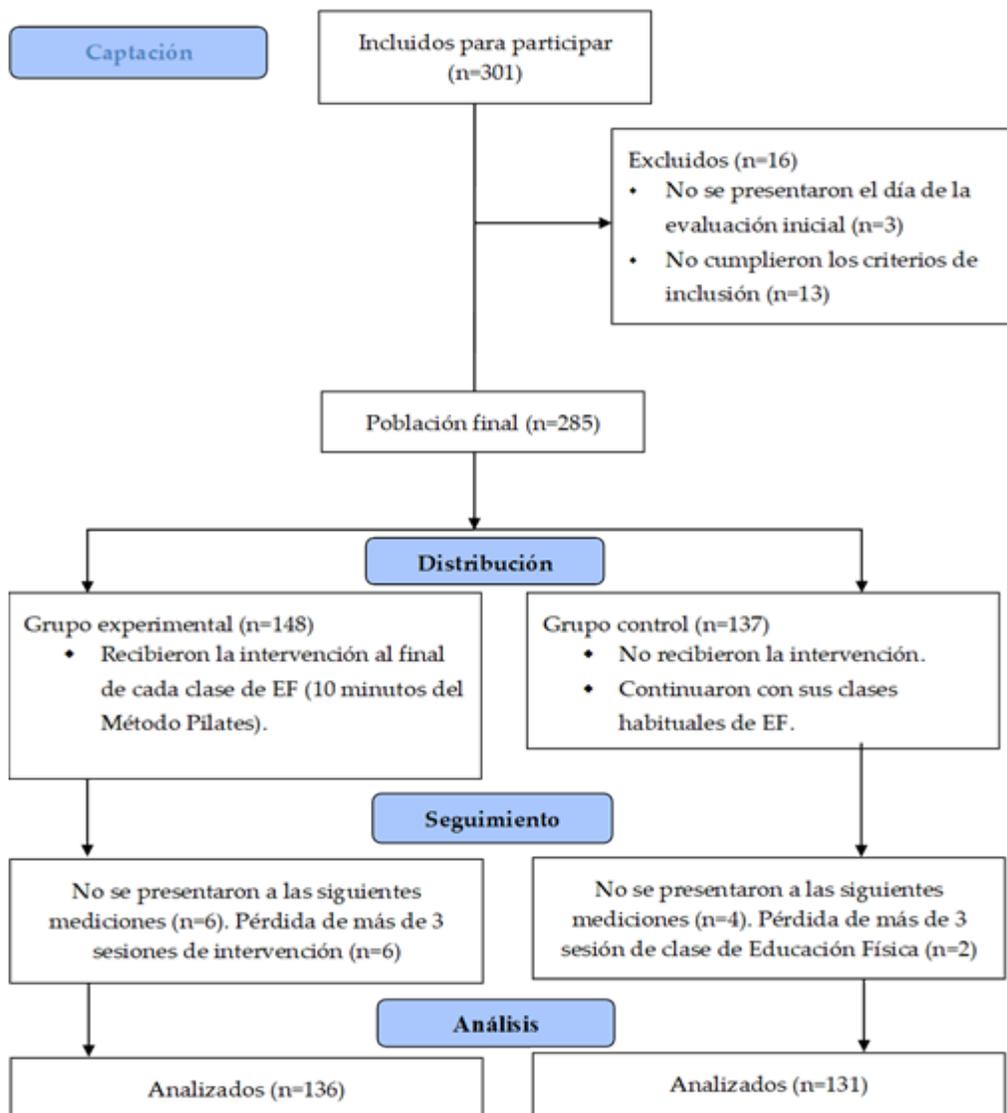
Los participantes fueron divididos en dos grupos, control (GC) ($n = 137$) y experimental (GE) ($n = 148$), donde este último recibió el programa de intervención durante sus clases de EF, mientras que el GC continuó con su programa académico habitual. En el transcurso del estudio otros 18 participantes fueron excluidos (Figura 1), para un total final de 136 participantes analizados del GC y 131 del GE.

Tabla 1.*Características de la muestra*

		Grupo Experimental (N = 136)	Grupo Control (N = 131)
Edad		13,02 ± 1,14 años	13,40 ± 1,34 años
Sexo	Femenino	55,90 % (n = 76)	46,60% (n= 61)
	Masculino	44,10 % (n= 60)	53,40% (n=70)
Curso	1 ^{er} curso	30,9 % (n= 42)	27,5 % (n= 36)
	2 ^{do} curso	36,0 % (n= 49)	30,5 % (n= 40)
	3 ^{er} curso	16,2 % (n= 22)	17,6 % (n= 23)
	4 ^{to} curso	16,9 % (n= 23)	24,4 % (n= 32)

Figura 1.

Diagrama de flujo de los participantes en el estudio.



4.3 TEST Y PROTOCOLOS DE APLICACIÓN

Todos los participantes en esta investigación fueron evaluados descalzos y vistiendo la ropa deportiva que les proporciona el centro educativo y con el laboratorio a una temperatura de 25 °C. Cada una de las variables dependientes fue medida aleatoriamente, dando un reposo de 5 minutos entre cada medición del raquis y de la EI, intentando prevenir que la acción de la deformación viscoelástica afecte el rango de movimiento o la fatiga de los flexores (Muyor y Arrabal Campos 2016, como se citó en Vaquero Cristóbal, 2017). Todos los participantes se evaluaron en el mismo horario, además que se les pidió no llevar a cabo ejercicios o actividades físicas intensas durante las 24 horas previas a la evaluación, que no tomaran ingestas copiosas y que hubieran transcurrido un espacio de dos horas desde cualquier descanso extenso en decúbito, todas estas con el fin de evitar que tales situaciones que pudieran contaminar los resultados.

4.4 VARIABLES ANTROPOMÉTRICAS.

El peso y la talla, así como los perímetros de cintura y cadera se registraron siguiendo los protocolos establecidos por la International Society for the Advancement of Kinanthropometry (ISAK) (Stewart et al., 2011). El peso fue medido con una báscula SECA 762 scale (SECA, Alemania), la talla con el estadiómetro SECA 213 (SECA, Alemania) y los perímetros de cintura y cadera con cinta antropométrica Lufkin W606PM Profesional (Apex Tools Group, Estados Unidos de América) (Figura 2).

Para medir el peso corporal, cada participante se colocó en el centro de la báscula, sin apoyarse en ningún elemento externo, distribuyendo el peso equitativamente entre ambas piernas, utilizándose kilogramos para la valoración. Para medir la talla, el participante adoptó la posición antropométrica, con los talones, glúteos y la parte superior de la espalda en contacto con la escala. Se valoró la

distancia del vértex al suelo, definiéndose el vértex como el punto más superior del cráneo cuando la cabeza estaba ubicada en el plano de Frankfort, tomando la medición en centímetros, obteniéndolo en el momento en que el punto orbitale (borde inferior de la cuenca del ojo) se encuentra en el mismo plano horizontal que el punto del tracion (la muesca superior del trago de la oreja). En el momento de medición se pidió a los participantes inspirar profundamente y mantener la respiración mientras se traccionaba de los procesos mastoideos hacia arriba (Stewart et al., 2011).

Figura 2.

Material utilizado para la valoración antropométrica.



El perímetro de la cintura se midió en el perímetro mínimo entre el borde costal lateral inferior (10ª costilla) y la parte superior de la cresta ilíaca. Para esto, los participantes se situaron en posición antropométrica cruzando los brazos en el tórax. En el caso de la cadera, se tomó el perímetro de los glúteos a nivel de la máxima prominencia posterior con el individuo situado en posición antropométrica y los brazos cruzados sobre el tórax (Stewart et al., 2011).

Todas las medidas se realizaron dos o tres veces, lo cual dependía de si la diferencia entre las dos primeras superaba 5% en pliegues y al 1% en el resto de

medidas, utilizando la media o la mediana, respectivamente, en la realización de los análisis posteriores (Vaquero Cristóbal, 2017).

4.5 VARIABLES DE PROPORCIONALIDAD ANTROPOMÉTRICA

Basándose en las medidas antropométricas, se calculó el IMC y el ICC. El IMC fue calculado mediante la fórmula de Quetelet ($\text{IMC} = \text{Peso [kg]} / \text{talla [m]}^2$), clasificando los valores según las referencias de normalidad que se muestran en la tabla 2.

Tabla 2.

Clasificación del índice de masa corporal (Cole, Donnet & Stanfield, 1981; Cole, Bellizzi, Flegal & Dietz, 2000).

Clasificación	Rango
Bajo peso	<18,5 kg/m ²
Normopeso	18,5 - 24,9 kg/m ²
Sobrepeso	25 - 29,9 kg/m ²
Obesidad	>30 kg/m ²

El índice cintura /cadera fue calculado utilizando las variables “perímetro de la cintura” y “perímetro de la cadera” en centímetros. Se realizó la clasificación siguiendo los valores de normalidad de la tabla 3.

$$\text{Ratio cintura/cadera} = \text{Pr cintura} / \text{Pr cadera}$$

Tabla 3.

Clasificación del índice cintura-cadera (World Health Organization, 2008).

Sexo	Valores normales
Mujeres	0,71 – 0,84
Hombres	0,78 – 0,94

4.6 TEST DISTANCIA DEDOS-SUELO

a) Descripción

El test DDS es utilizado en la evaluación de la extensibilidad isquiosural y parte del trabajo de Kraus y Hirschland (1954). Este es un test de fácil realización, sencillo y asequible, precisa de poco material y escaso entrenamiento previo para su aplicación, pudiéndose medir muchas personas en espacios cortos de tiempo por lo que ha sido muy utilizado en las ciencias del deporte (Rodríguez y Santonja, 2001) y con diferentes poblaciones (López Miñarro et al., 2011), incluyendo adolescentes (Moreira et al., 2012).

b) Fiabilidad y validez

Han sido varios los investigadores que han validado el test DDS. En su estudio, Ayala y Sainz de Baranda (2011) evaluaron su fiabilidad absoluta utilizando el error típico de medida y obtuvieron bajos valores de variabilidad intrasujetos con un coeficiente de variación de 5,89% y un ICC de 0,89. Por su parte, Mayorga Vega et al., (2014) reportaron la validez de este test con IC (95%) de 0.54-0.79. Son varias las investigaciones que se han llevado a cabo de diferentes grupos poblacionales y que

han corroborado tanto la fiabilidad como la validez de este test (Ayala et al., 2012; López Miñarro et al., 2008; Sainz de Baranda et al., 2012).

c) Variables que mide

Flexibilidad de la musculatura isquiosural.

d) Criterios de interpretación

Fueron tomados como negativos aquellos valores por encima del cero de la regla (punto que coincide con la superficie de apoyo de los pies en el cajón) y como positivos todos los que superasen la línea de la planta de los pies (González Gálvez, 2014; Rodríguez y Santonja, 2001; Santonja et al., 1995;). Fueron tomados como normales aquellos valores mayores o iguales a -5 cm, se consideró como cortedad de tipo I, los valores entre -5 y -12 cm; y cortedad de tipo II, los valores de -12 cm (Santonja et al., 1995).

e) Instrumentación

Cajón de madera con regla milimetrada adherida a su superficie exterior.

f) Procedimiento

Todos los participantes fueron evaluados descalzos y vistiendo ropa deportiva, colocándose de pie sobre el cajón de medida, con las rodillas extendidas y pies separados a la anchura de los hombros. Los participantes fueron instados a realizar una flexión máxima de tronco sin flexionar las rodillas y con los brazos y palmas de las manos extendidas sobre la regla del cajón y la planta de los pies totalmente apoyada sobre la superficie del cajón de medición (Ayala y Sainz de Baranda, 2011; Rodríguez y Santonja, 2001; Santonja et al., 1995).

4.7 TEST DE ELEVACIÓN DE PIERNA RECTA (EPR)

a) Descripción

El test EPR es una prueba de valoración basada en medidas angulares que se emplea ampliamente en los ámbitos clínico y científico para la estimación y monitorización de la flexibilidad de la musculatura isquiosural a través del ángulo de la flexión de cadera con rodilla extendida (Ayala et al., 2013; Muyor et al., 2014).

b) Fiabilidad y validez

Han sido muchos los estudios que han puesto a prueba la validez y fiabilidad del test EPR. En un grupo de adolescentes, Muyor et al. (2014) encontraron una alta correlación entre el EPR pasivo y el EPR activo tanto en chicos como chicas ($r \leq 0.90$), lo que sugiere que ambos pueden ser usados indistintamente. Por su parte López Miñarro et al., (2012) en una población de adolescentes piragüistas encontraron una correlación de 0,97 en chicas y de 0,87 ($p < 0.001$) en chicos entre ambas piernas.

c) Variables que mide

Extensibilidad de la musculatura isquiosural.

d) Criterios de interpretación

Se consideró 0° en posición de reposo y 90° cuando el miembro inferior estaba totalmente perpendicular a la camilla (López Miñarro et al., 2012). Se estableció como valor normal los mayores o iguales a 75° , acortamiento de grado I aquellos que se sitúan entre 61° - 74° y de grado II cuando los valores son menores o iguales a 60° (Ayala et al., 2013; Ferrer, 1998; Santonja et al., 1995).

e) Instrumentación

Para efectuar este test utilizamos una camilla, un soporte lumbar rígido para la zona lumbar (Lumbosant, Murcia, España) (Santonja et al., 1995) y para determinar el ángulo de flexión coxofemoral se ha colocado un inclinómetro Unilevel (ISOMED, Inc., Portland, OR) (figura 3) (Muyor et al., 2014).

f) Procedimiento

Todos los participantes fueron evaluados descalzos y vistiendo ropa deportiva. La evaluación se realizó con el test EPR pasivo y activo. Para el pasivo, el participante se ubicó en decúbito supino sobre la camilla, colocándose el soporte lumbar y el inclinómetro a cero grados en la posición inicial, que fue la tuberosidad tibial y estableciendo los grados de flexión coxofemoral al finalizar la misma. Entonces el examinador realizó una lenta y progresiva flexión de la cadera con rodilla extendida, tomándose el valor angular de la máxima flexión que toleraba el individuo o el momento en el cual la pelvis comenzaba a bascular en retroversión. Un colaborado mantuvo la pierna contralateral en extensión y en contacto con la camilla, evitando con esto la rotación externa, así como la rotación de la pelvis en su eje longitudinal (Ayala et al., 2013; López Miñarro et al., 2012; Muyor et al., 2014; Santonja et al., 1995). El procedimiento fue el mismo para el EPR activo, excepto que este caso fue el participante quien debió realizar la flexión de la cadera sin la ayuda del examinador.

4.8 VALORACIÓN DE LA DISPOSICIÓN DEL RAQUIS EN EL PLANO SAGITAL CON EL DISPOSITIVO *SPINAL MOUSE*®

a) Descripción

El *Spinal Mouse*® (IDIAG, Suiza) es un instrumento seguro y no invasivo (Fadaee et al., 2017) de medida rápida, fácil y no invasiva, con una relación costo/beneficio muy interesante y que se utiliza cada vez más para la evaluación de la movilidad espinal (Guermazi et al., 2006). Se trata de un dispositivo portable auxiliado por un programa de computación, que consta de una unidad móvil de dos ruedas interconectadas con una estación mediante telemetría y que se guía a través de los procesos espinosos de la columna vertebral (Cohen et al., 2017; Kellis et al., 2008; Topalidou et al., 2014).

b) Fiabilidad y validez

En su estudio, Guermazi et al. (2006) confirmaron la validez y la reproductibilidad del *Spinal Mouse*® para la medición segmentaria y global de la

columna lumbar. Estos investigadores encontraron un CCS 0,86 para la movilidad global del raquis. En cuanto a la reproductibilidad obtuvieron un ICC entre 0,63 a 0,97 intraobservador y de 0,60 a 0,85 interobservador. Por su parte, Topalidou et al. (2014) demostraron que el Spinal Mouse® posee excelente fiabilidad en la evaluación del plano sagital, encontrando una alta fiabilidad en 24 de los 31 parámetros estudiados (ICC > 0.75). Posteriormente han sido muchos los trabajos de investigación que han confirmado su validez y fiabilidad (Fadaee et al., 2017; Kellis et al., 2008; Sedrez et al., 2016;).

c) Variables que mide

Disposición sagital del raquis.

d) Criterios de interpretación

El software del *Spinal Mouse*® crea una configuración precisa de la columna vertebral usando un sofisticado algoritmo. La evaluación de la postura y la movilidad se basan en una serie de medidas de los planos frontal y sagital y la cercana conexión entre la superficie de la espalda y la línea media de la espina dorsal. Los resultados mostrados son contrastados con valores previos de referencia.

e) Instrumentación

Ordenador portátil, dispositivo *Spinal Mouse*® (figura 3), cajón de madera, camilla y silla.

f) Procedimiento

El ordenador portátil donde los datos se colectan, fue colocado a una distancia de aproximadamente 1,5 metros del punto de registro. Se tuvo el cuidado de que no hubiera ningún otro dispositivo de radio o de telefonía móvil en la habitación donde se llevaban a cabo las mediciones para evitar interferencias. Los valores obtenidos fueron transmitidos en tiempo real al ordenador vía bluetooth. Los datos fueron grabados mediante tres sensores (uno por cada eje del plano cartesiano: x, y, z), creando de esta manera imágenes de la columna vertebral en tres dimensiones y gráficos de esta en dos dimensiones. La frecuencia de grabación fue de 150 Hz. La

movilidad de las curvas fue calculada con un algoritmo periódico (Topalidou et al., 2014).

Los participantes se encontraban descalzos y vistiendo ropa deportiva al momento de las mediciones, para las cuales se utilizó un cajón de madera y una silla. Las medidas se realizaron en distintas posiciones:

- * DSR en bipedestación relajada: curvatura torácica, lumbar e inclinación pélvica (grados).
- * DSR en bipedestación autocorregida: curvatura torácica, lumbar e inclinación pélvica (grados).
- * DSR en sedestación relajada: curvatura torácica, lumbar e inclinación pélvica (grados).
- * DSR en máxima flexión del tronco en sedestación con rodillas flexionadas: curvatura torácica, lumbar e inclinación pélvica (grados).
- * DSR en máximo flexión del tronco en bipedestación con rodillas extendidas (Test DDS): curvatura torácica, lumbar e inclinación pélvica (grados).
- * DSR en máximo flexión del tronco en sedestación con rodillas extendidas (Test DDP): curvatura torácica, lumbar e inclinación pélvica (grados).

Figura 3.

Material utilizado para la valoración del test EPR

**Figura 4.**

Dispositivo Spinal Mouse®



4.9 PROCEDIMIENTO

4.10 CONDICIONES PRE-TEST

Antes de proceder al inicio de la investigación y con el objetivo de asegurarse la fiabilidad del investigador, se desarrolló un estudio doble ciego con 30 participantes. Durante el mismo los test fueron ejecutados dos veces cada uno, con una semana de intervalo entre ellos, obteniendo un coeficiente de correlación intraclass superior al 95%.

4.11 RECOLECCIÓN DE DATOS

Con el objetivo de agilizar y facilitar la toma de datos, el laboratorio montado para llevar a cabo el trabajo de campo fue dividido en tres estaciones, en cada una de las cuales se realizaban diferentes mediciones (tabla 4).

Las mediciones se realizaron por curso y en la hora correspondiente a la clase de EF. No hubo ningún tipo de calentamiento previo y los participantes, que se encontraban vistiendo ropa deportiva y descalzos, se distribuyeron de manera aleatoria entre las tres estaciones ya mencionadas. El tiempo destinado a las valoraciones, tanto en pre y post test, fue de una sola sesión en la que se administraron todas las pruebas.

En la Estación 1 se les administraron los cuestionarios (con los datos generales), los cuales tardaban aproximadamente 5 minutos en ser cumplimentados. Uno de los investigadores les brindaba una explicación de los instrumentos y estaba atento a resolver las dudas que pudieran presentarse y asegurándose de que se cumplimentaran correcta y completamente.

En la Estación 2 se llevaron a cabo las valoraciones antropométricas. Para ello cada participante adoptó la posición antropométrica: situado en bipedestación y con una distribución equitativa del peso entre ambas piernas, los talones juntos y los pies formando un ángulo de 45° entre ellos, mirando al frente y con los brazos relajados a lo largo del cuerpo, colocando las palmas de las manos orientadas hacia el cuerpo y con los dedos extendidos (Stewart et al., 2011).

Tabla 4.*Distribución de las mediciones por estación*

Estación 1	Estación 2	Estación 3
Cumplimentación de los cuestionarios.	Valoraciones antropométricas:	Test de extensibilidad isquiosural y valoración sagital del raquis con el dispositivo <i>Spinal Mouse</i> ®
<ul style="list-style-type: none"> Datos generales 	<ul style="list-style-type: none"> Peso Talla Cintura Cadera 	

En la Estación 3 se trabajó en dos mesas donde se realizaron las valoraciones tanto de la EI como del plano sagital del raquis. Para ello se utilizaron dos protocolos distintos y aplicados aleatoriamente. Para la valoración del test EPR, estuvieron dos miembros del equipo investigador, uno de ellos utilizando el inclinómetro y manteniendo extendida la pierna del participante a evaluar y el otro cuidando de evitar la basculación de la cadera contraria. La valoración de los test DDP, DDS y de la DSR se llevó a cabo en todas las posturas mencionadas con anterioridad en un segundo puesto, con la intervención de otros dos miembros del equipo investigador.

4.12 PROGRAMA DE INTERVENCIÓN

4.12.1 Descripción

Los ejercicios que se incluyeron en el programa de intervención están basados en los principios del MP. Dicha intervención se llevó a cabo durante 9 meses (Figura 5). El programa de intervención se implementó durante los últimos 10 minutos de la

clase de EF (2 clases a la semana) durante todo el año escolar 2017/2018. Durante este tiempo el GE desarrolló una serie de ejercicios del MP mientras que el GC continuó con sus sesiones habituales de EF. En ellas se trabajó la resistencia y los ejercicios de fortalecimiento general basados en correr, circuitos de fuerza, pliometría y juegos cooperativos. El promedio de asistencia a clases fue del 94%. Ningún escolar perdió más de un día del programa.

El programa de intervención estuvo bajo la dirección de un profesor de EF, el cual estaba certificado en el entrenamiento con el MP. En cada sesión se ejecutaron cuatro ejercicios. Los protocolos de dichos ejercicios se encuentran detallados en la tabla 5. Cada uno de estos protocolos fue dividido en tres fases, durante las cuales se fue incrementando el grado de dificultad e incorporando principios y ejercicios más complejos (tabla 6). Uno por uno se fue cambiando los ejercicios de las nuevas fases por los ejercicios de la fase anterior (uno en cada sesión). Los ejercicios se encuentran representados en la figura 6.

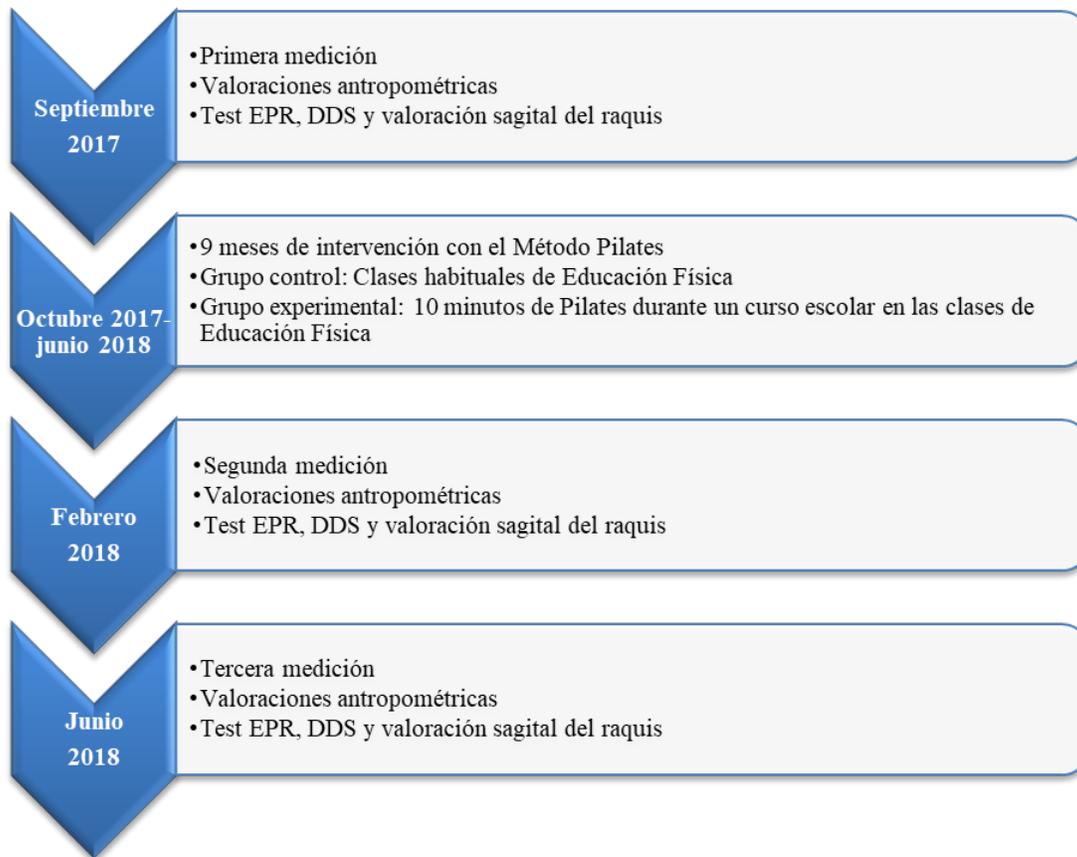
Figura 5.*Esquema del trabajo de campo*

Tabla 5.

Protocolos de circuitos utilizados para la valoración de la disposición sagital del raquis, DDP y DDS.

Protocolo 1	Protocolo 2
<i>Mesa 1</i>	<i>Mesa 1</i>
EPR pasivo derecha	Distancia dedos planta
EPR pasivo izquierda	Sedentación asténica
EPR activo derecha	Sedentación flexión máxima del tronco
EPR pasivo izquierda	Distancia dedos suelo
	Bipedestación
<i>Mesa 2</i>	Bipedestación autocorregida
Bipedestación relajada	
Bipedestación autocorregida	<i>Mesa 2</i>
Distancia dedos suelo	EPR activo izquierda
Sedentación asténica	EPR activo derecho
Sedentación flexión máxima del tronco	EPR pasivo izquierda
Distancia dedos planta	EPR pasivo derecha

Tabla 6.*Ejercicios y fases implementados en el programa de intervención.*

<i>Ejercicio</i>	<i>Tiempo (min)</i>	<i>Repeticiones</i>	<i>Objetivos y sugerencias</i>
Fase 1 – Segunda quincena de septiembre, octubre, noviembre y primera quincena de diciembre			
Medio <i>roll-up</i>	4	3 series × 12 reps	Fortalecimiento de los abdominales y estabilidad del torso.
Estiramiento de una pierna	4	2 series × 12 reps	Fortalecimiento de los abdominales, estabilidad del torso, movilización de la cadera y flexibilidad de los isquiotibiales.
Nadando I	4	2 series × 13 reps	Fortalecimiento muscular de la espalda y ciclo respiratorio.
Flexión media de espalda	3	5 reps	Estiramiento de la espalda y los músculos isquiotibiales y relajación.
Fase 2 – Segunda quincena diciembre, enero, febrero y primera mitad de marzo			
Medio <i>roll-up</i> con pierna en 90°	4	3 series 12 reps	Fortalecimiento de los abdominales y estabilidad del torso.
Cruzado	4	2 series × 12 reps	Fortalecimiento de los abdominales, estabilidad del torso, fortalecimiento del cuello, movilización de la cadera y flexibilidad de los isquiotibiales.
Nadando II	4	2 series × 12 ciclos	Fortalecimiento muscular posterior y ciclo respiratorio.

respiratorios			
Estiramiento de una pierna con el pie en la colchoneta	3	2 series × 30 seg (cada pierna)	Estiramiento de los músculos isquiotibiales y relajación.

Fase 3 - Segunda quincena de marzo, abril, mayo y primera quincena de junio

El cien	4	2 series × 50 reps	Fortalecimiento de los abdominales, estabilidad del torso y ciclo respiratorio.
Soporte frontal	4	2 series × 20 sec	Fortalecimiento de los músculos abdominales y de la espalda, estabilidad del torso y ciclo respiratorio.
Puente de hombros	4	2 series × 12 reps	Fortalecimiento muscular de la espalda, movilización de la columna vertebral, flexibilidad de los isquiotibiales
Estiramiento de una pierna con el pie en la colchoneta	3	3 series × 30 sec (cada pierna)	Estiramiento de los músculos isquiotibiales y relajación.

Nota: min = minutos; reps = repeticiones; seg = segundos.

Figura 6.

Representación de los ejercicios y fases implementados en el programa de intervención.



4.13 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El análisis de la normalidad en la distribución de las variables se realizó mediante la prueba Kolmogorov-Smirnov.

A continuación, se llevó a cabo el análisis descriptivo de las variables, indicando para las variables cuantitativas (continuas) la media, la desviación estándar, el máximo y el mínimo (a lo largo del apartado “Método” han sido expuestos los valores utilizados para la categorización de estas variables). Se mostró el mismo análisis categorizado según sexo: sexo masculino y sexo femenino; y grupo: experimental y control. Para las variables categóricas se mostró el recuento y el porcentaje (clasificaciones de las siguientes variables IMC, ICC, DDS, EPR pasivo, cifosis en bipedestación relajada y lordosis en bipedestación relajada).

Se utilizó un ANOVA de dos vías con medidas repetidas en 1 factor (tiempo) para analizar las diferencias inter e intragrupo y para analizar la interacción entre grupos y tiempo. Se evaluó la significación estadística de la prueba post-hoc con una prueba de corrección de Bonferroni.

Para la realización de este análisis se utilizaron las herramientas Microsoft® Excel 2010 (Microsoft Corporation, EE. UU) y el software SPSS (versión 25.0; SPSS Inc., IL) con un nivel de significación estadística establecido en $p < 0.05$.

V- RESULTADOS

5. RESULTADOS

5.1 VARIABLES ANTROPOMÉTRICAS

5.1.1 Análisis descriptivo de las variables antropométricas

A continuación, se presenta el análisis descriptivo de las variables antropométricas: peso, talla, IMC, perímetro cintura, perímetro cadera e ICC en el pretest. De cada una de estas variables mostramos la media, valor máximo, valor mínimo y desviación típica (DT).

En la tabla 7 se muestran los datos descriptivos de todos los participantes de la investigación; en las tablas 8 y 9 se muestran los resultados categorizados por sexo (masculino y femenino) y por grupo de entrenamiento (GE y GC), respectivamente. En ambos casos las características antropométricas fueron similares.

Tabla 7.

Análisis descriptivo de las variables antropométricas (n=285).

	Media	Máximo	Mínimo	DT
Talla (cm)	161,15	186,00	140,00	9,81
Peso (kg)	54,35	91,00	30,00	12,51
IMC	20,84	34,00	14,00	3,98
Cintura (cm)	72,51	107,00	49,00	10,23
Cadera (cm)	90,34	115,00	70,00	9,02
ICC (cm)	0,80	1,01	0,60	0,07

Legenda: cm = centímetros; kg = kilogramos; DT: desviación típica.

Tabla 8.

Análisis descriptivo de las variables antropométricas por sexo (masculino y femenino)

(n=285).

	Femenino (n=139)				Masculino (n=146)			
	Media	Máximo	Mínimo	DT	Media	Máximo	Mínimo	DT
Talla(cm)	158,95	174,00	141,00	7,59	163,15	186,00	140,00	11,12
Peso (kg)	52,73	84,00	32,00	11,03	55,81	91,00	30,00	13,60
IMC(kg/m ²)	20,88	34,00	14,00	3,86	20,81	31,00	14,00	4,09
Cintura(cm)	69,57	99,00	49,00	8,59	75,17	107,00	56,00	10,87
Cadera (cm)	90,77	115,00	74,00	8,49	89,96	115,00	70,00	9,49
ICC (cm)	0,77	0,90	0,60	0,06	0,83	1,01	0,73	0,06

Legenda: cm=centímetros; kg=kilogramos; DT: desviación típica.

Tabla 9.

Análisis descriptivo de las variables antropométricas por grupo de entrenamiento (GC y GE)

(n=285).

	Grupo experimental (n=148)				Grupo control (n= 137)			
	Media	Máximo	Mínimo	DT	Media	Máximo	Mínimo	DT
Talla(cm)	161,54	182,00	144,00	9,25	160,76	186,00	140,00	10,37
Peso (kg)	53,97	91,00	32,00	13,55	54,74	80,00	30,00	11,43
IMC(kg/m ²)	20,53	34,00	14,00	4,19	21,15	34,00	14,00	3,74
Cintura(cm)	73,16	107,00	49,00	11,42	71,86	101,00	56,00	8,88
Cadera (cm)	90,50	115,00	74,00	9,22	90,18	110,00	70,00	8,86
ICC (cm)	0,81	1,01	0,60	0,07	0,80	1,01	0,65	0,06

Legenda: cm = centímetros; kg = kilogramos; DT: desviación típica.

5.1.2 Análisis de resultados

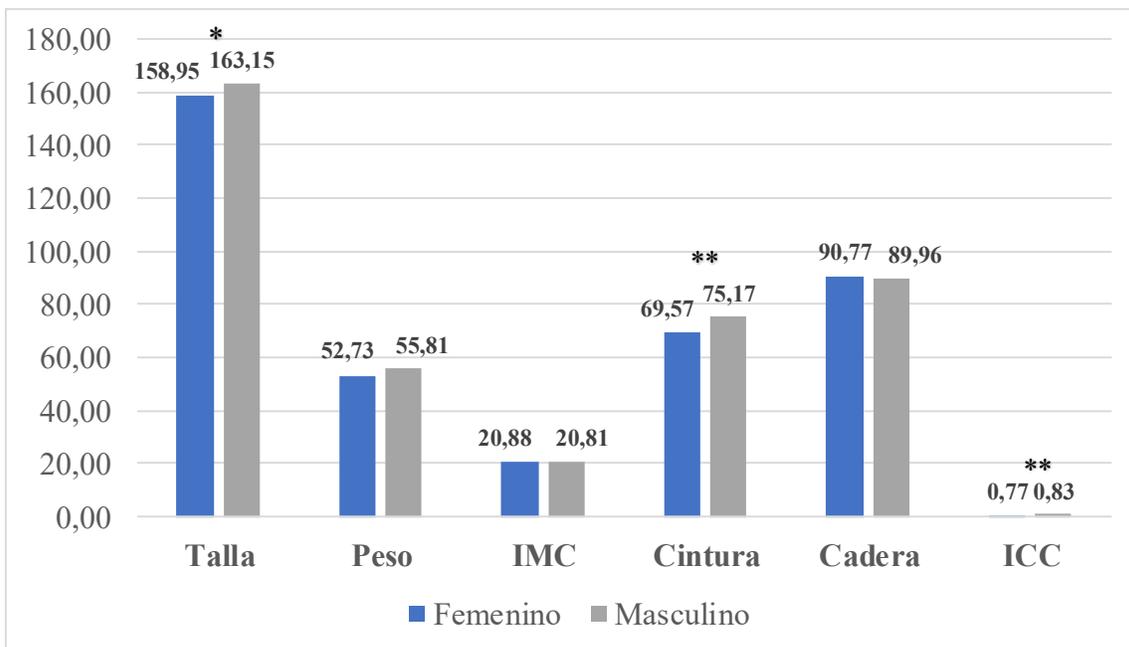
En esta sección se muestra el análisis de las diferencias intergrupo e intragrupo, tanto por sexo (sexo femenino y sexo masculino) como por grupo de entrenamiento (grupo control y grupo experimental).

5.1.2.1 Diferencias intergrupo según sexo (sexo masculino y sexo femenino) en pretest.

No se encontraron diferencias significativas por sexo (sexo femenino y sexo masculino) en las variables peso, IMC y cadera. Se encontraron diferencias significativas en las variables talla, cintura e ICC, tal como se muestra en la figura 7.

Figura 7.

Diferencias intergrupo (por sexo) en pretest.



Legenda: * = p valor<0,05; **=p valor<0,001

5.1.2.2 *Diferencias intergrupo por grupo de entrenamiento (GE y GC) en pretest.*

No se encontraron diferencias significativas por grupo de entrenamiento (GE y GC) en ninguna de las variables antropométricas (Talla, peso, IMC, cintura, cadera e ICC).

5.1.2.3 *Diferencias intergrupo por grupo de entrenamiento (GE y GC) en postest.*

En el análisis postest tampoco se encontraron diferencias significativas por grupo de entrenamiento (GE y GC) para las variables antropométricas.

5.2 EXTENSIBILIDAD ISQUIOSURAL

5.2.1 **Análisis descriptivo**

En este apartado se muestra el análisis descriptivo de las variables relacionadas con la extensibilidad isquiosural en el pretest. Se presentan los resultados del test EPR, derecho e izquierdo, activo y pasivo; y del test DDS.

Se muestra la media, el valor máximo, el valor mínimo y la DT. En la tabla 10 se muestran los datos descriptivos del total de los participantes. En las tablas 11 y 12 se muestran los valores por sexo (femenino y masculino) y grupo de entrenamiento (GE y GC).

Como se observa en la tabla 11, el sexo femenino (SF) presenta valores más altos que el sexo masculino (SM) en todas las variables de EI, sin embargo, la tabla 12 nos muestra que los grupos de entrenamiento, GC y GE, presentaron valores similares entre ellos.

Tabla 10.*Análisis descriptivo de las variables de extensibilidad isquiosural*

	Media	Máximo	Mínimo	DT
EPR (grados)				
Derecho Activo	67,28	130,00	27,00	14,22
Izquierdo Activo	66,87	110,00	30,00	13,38
Derecho Pasivo	81,58	140,00	55,00	15,23
Izquierdo Pasivo	80,89	130,00	52,00	14,54
DDS (cm)	-9,88	18,00	-39,00	9,30

Legenda: EPR: elevación de pierna recta; DDS: distancia dedos suelo; DT: desviación típica.

Tabla 11.

Análisis descriptivo de las variables de extensibilidad isquiosural por sexo (femenino y masculino)

	Femenino (n=146)				Masculino (n=139)			
	Media	Máy.	Mín.	DT	Media	Máy.	Min.	DT
EPR (grados)								
Derecho activo	73,86	130,00	43,00	14,66	61,34	90,00	27,00	10,85
Izquierdo activo	72,96	110,00	36,00	13,41	61,37	90,00	30,00	10,74
Derecho pasivo	89,04	140,00	60,00	16,41	74,83	110,00	55,00	10,17
Izquierdo pasivo	87,85	130,00	58,00	15,34	74,60	114,00	52,00	10,37
DDS cm)	-5,53	18,00	-24,00	9,03	-13,85	13,00	-39,00	7,65

Legenda: EPR: elevación de pierna recta; DDS: distancia dedos suelo; Máx: máximo;

Mín: mínimo; DT: desviación típica.

Tabla 12.

Análisis descriptivo de las variables de extensibilidad isquiosural por grupo de entrenamiento (GE y GC) (n=285).

	Grupo experimental (n=148)				Grupo control (n=137)			
	Media	Máx.	Mín.	DT	Medi a	Máx.	Mín.	DT
EPR (grados)								
Derecho activo	69,73	130,0 0	31,00	14,18	64,83	107,0 0	27,00	13,9 0
Izquierdo activo	68,58	110,0 0	30,00	12,95	65,16	100,0 0	36,00	13,6 3
Derecho pasivo	82,79	140,0 0	57,00	14,93	80,36	130,0 0	55,00	15,4 9
Izquierdo pasivo	81,45	130,0 0	55,00	14,57	80,33	128,0 0	52,00	14,5 5
DDS (cm)	-8,09	18,00	-25,00	8,81	-11,66	18,00	-39,00	9,47

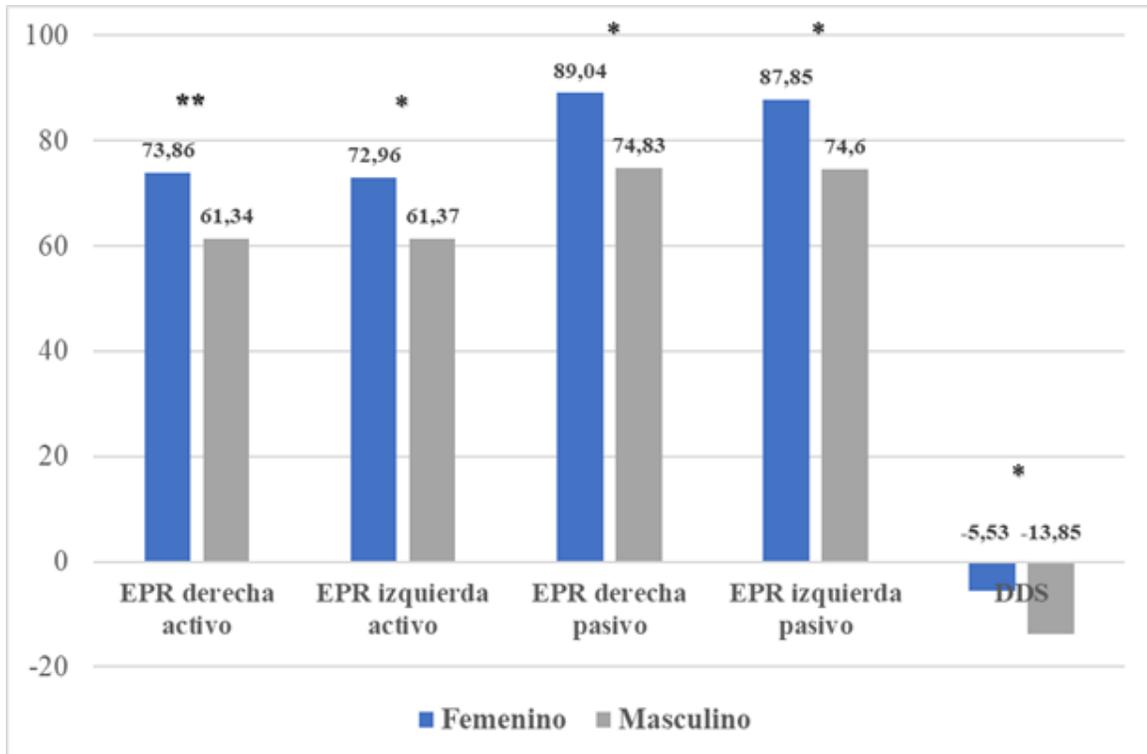
Legenda: EPR: elevación de pierna recta; DDS: distancia dedos suelo; Máx: máximo; Mín: mínimo; DT: desviación típica.

5.2.2.1 Diferencias intergrupo según sexo (SF y SM) en pretest.

Como se muestra en la figura 8, hubo diferencias significativas por sexo (SF y SM) en todas las variables de IE, presentando el SF una mayor extensibilidad que el SM de manera significativa.

Figura 8.

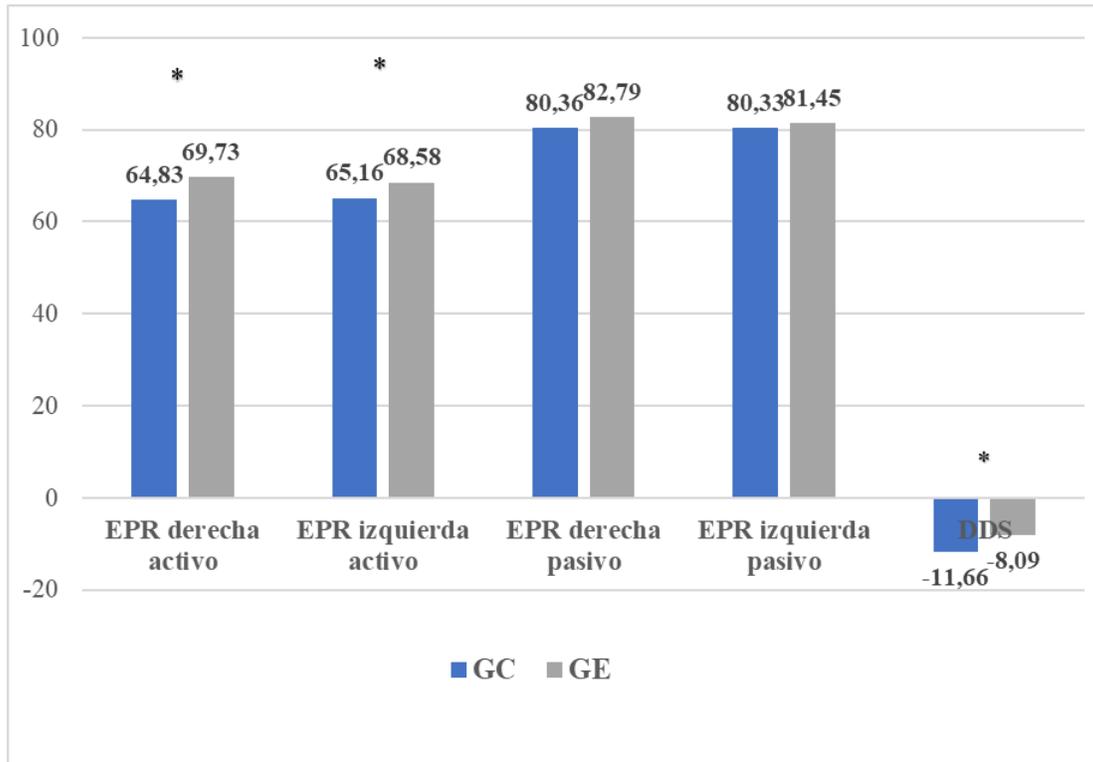
Diferencias intergrupo (por sexo) en pretest.



Legenda: * = p valor<0,05; **=p valor<0,001

5.2.2.2 Diferencias intergrupo por grupo de entrenamiento (GE y GC) en pretest

No se encontraron diferencias significativas para las variables EPR derecho pasivo ni para EPR izquierdo pasivo entre grupos de entrenamiento (GE y GC); pero sí se observaron para el resto de las variables de EI, tal como se muestra en la figura 9.

Figura 9.*Diferencias intergrupo (por grupo) en pretest.*

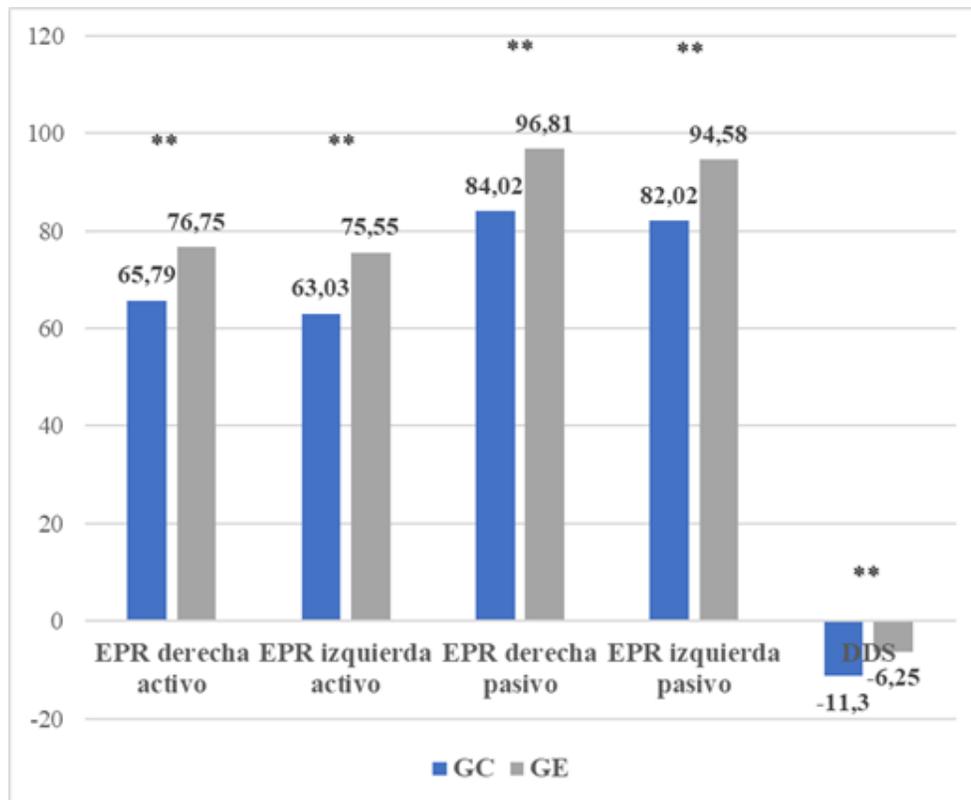
Legenda: * = p valor < 0,05; ** = p valor < 0,001

5.2.2.3. Diferencias intergrupo por grupo de entrenamiento (GE y GC) en postest

Una vez aplicado el programa de intervención, se encontraron claras diferencias significativas por grupo de entrenamiento (GE y GC) en todas las variables de EI (figura 10).

Figura 10.

Diferencias intergrupo (por grupo) en postest.



Legenda: * = p valor < 0,05; ** = p valor < 0,001

5.2.2.4. Diferencias intragrupo en pre-postest de las variables de EI por grupo de entrenamiento

La tabla 13 muestra las diferencias intragrupo en pre-postest de las variables de EI por grupo de entrenamiento (GC y GE). El GE presenta una mejora significativa en todas las variables de EI, mientras que el GC únicamente muestra diferencia significativa para el test EPR derecha pasivo con un tamaño del efecto bajo.

Tabla 13.

Diferencias intragrupo en pre-posttest de las variables de disposición sagital del raquis por grupo de entrenamiento (GE y GC) (n=285).

Test	Grupo	Preintervención (Media ± DS)	Postintervención (Media ± DS)	Diferencia post-pre (Media ± DS)	Valor p	CI 95% (Mpost- Mpre)	ES
EPR (grados)							
Derecha pasivo	GE	82.79 ± 14.93	96.81 ± 19.05	13.95 ± 12.53	0.000	9.90;16.74	0.93
	GC	80.36 ± 15.49	84.02 ± 15.55	3.53 ± 10.63	0.001	-0.28;6.00	0.23
Izquierda pasivo	GE	81.45 ± 14.57	94.58 ± 17.62	12.99 ± 13.25	0.000	9.90;16.74	0.90
	GC	80.33 ± 14.55	82.02 ± 16.00	1.73 ± 9.90	0.123	-0.28;6.00	0.12
Derecha activo	GE	69.73 ± 14.18	76.75 ± 17.71	6.98 ± 12.81	0.000	4.97;9.25	0.49
	GC	64.83 ± 13.90	65.79 ± 15.22	0.88 ± 10.31	0.332	-1.08;3.21	0.07
Izquierda activo	GE	68.58 ± 12.95	75.55 ± 17.43	6.85 ± 13.91	0.000	4.81;9.25	0.53
	GC	65.16 ± 13.63	63.03 ± 14.99	-2.31 ± 9.85	0.056	-4.40;0.05	0.16
DDS (grados)	GE	-8.09 ± 8.81	-6.25 ± 9.99	2.04 ± 5.49	0.000	0.89;3.13	0.21
	GC	-11.66 ± 9.47	-11.30 ± 9.46	0.36 ± 6.56	0.602	-0.82;1.42	0.04

Legenda: DT = desviación típica; CI = intervalo de confianza

5.3 DISPOSICIÓN SAGITAL DEL RAQUIS

5.3.1 Análisis descriptivo

En esta sección se presenta el análisis descriptivo de las variables relacionadas con la DSR en el pretest. Este apartado incluye: curva torácica en disposición sagital del raquis en bipedestación relajada, curva lumbar en disposición sagital del raquis en bipedestación relajada, inclinación pélvica en disposición sagital del raquis en bipedestación relajada, curva torácica en disposición sagital del raquis en bipedestación autocorregida, curva lumbar en disposición sagital del raquis en bipedestación autocorregida, inclinación pélvica en disposición sagital del raquis en bipedestación autocorregida, curva torácica en DDS, curva lumbar en DDS e inclinación pélvica en DDS, de ellas mostramos la media, valor máximo, valor mínimo y DT.

La tabla 14 contiene los valores generales que presentaron los participantes en el pretest mientras que las tablas 15 y 16 contiene esos valores categorizados por sexo (SF y SM) por grupo de entrenamiento (GE y GC), respectivamente. Como puede verse en la categorización por sexo, el SF presenta valores más altos que el SM en prácticamente todas las variables de disposición, principalmente en curva torácica en disposición sagital del raquis en bipedestación relajada, curva torácica en disposición sagital del raquis en bipedestación autocorregida, curva lumbar en disposición sagital del raquis en bipedestación autocorregida e inclinación pélvica en DDS. Con respecto a grupos de entrenamiento los resultados para ambos guardan mucha similitud.

5.3.2 Análisis de resultados

En este apartado encontramos el análisis de los resultados de las variables relacionadas con la DSR. Se mostrarán las diferencias intergrupo por sexo (SF y SM) en pretest, las diferencias intergrupo por grupo de entrenamiento (GE y GC) en pretest, las diferencias intergrupo por grupo de entrenamiento (GE y GC) en posttest y las diferencias intragrupo en pre-posttest de las variables de DSR por grupo de entrenamiento

Tabla 14.

Análisis descriptivo de las variables de disposición sagital del raquis (n=285).

	Media	Máximo	Mínimo	DT
Bipedestación relajada (grados)				
Curva torácica	35,34	63,00	3,00	11,27
Curva lumbar	-35,25	-10,00	-57,00	6,73
Inclinación pélvica	25,27	42,00	8,00	6,66
Bipedestación autocorregida (grados)				
Curva torácica	22,52	55,00	-15,00	13,08
Curva lumbar	-31,68	35,00	-56,00	10,26
Inclinación pélvica	25,37	45,00	-18,00	8,13
DDS (grados)				
Curva torácica	50,07	107,00	22,00	11,64
Curva lumbar	31,37	51,00	12,00	8,08
Inclinación pélvica	64,20	109,00	24,00	14,78

Legenda: DT = desviación típica; DDS = distancia dedos suelo.

5.3.2.1. Diferencias intergrupo por sexo (SF y SM) en pretest

La figura 11 muestra las diferencias entre sexos en la DSR en bipedestación relajada, bipedestación autocorregida y en test DDS. Se muestran diferencias significativas entre sexos en curvatura torácica, lumbar e inclinación pélvica en todas las posiciones analizadas.

En bipedestación relajada y autocorregida, el SF mostró significativamente mayor curvatura torácica, mayor curvatura lumbar y menor IP que el SM. En la posición DDS, el SF mostró menor cifosis torácica, menor cifosis lumbar y mayor IP que el SM.

Tabla 15.

Análisis descriptivo de las variables de disposición sagital del raquis por sexo (masculino y femenino) (n=285).

	Femenino (n=146)				Masculino (n=139)			
	Media	Máximo	Mínimo	DT	Media	Máximo	Mínimo	DT
Bipedestación relajada (grados)								
Curva torácica	38,93	63,00	11,00	10,97	32,10	59,00	3,00	10,57
Curva lumbar	-36,94	-23,00	-57,00	6,59	-33,72	-10,00	-46,00	6,51
Inclinación pélvica	23,87	40,00	8,00	6,39	26,54	42,00	9,00	6,67
Bipedestación autocorregida (grados)								
Curva torácica	28,47	55,00	1,00	11,63	17,10	50,00	-15,00	11,95
Curva lumbar	-34,55	-8,00	-56,00	7,74	-29,06	35,00	-51,00	11,52
Inclinación pélvica	23,63	44,00	5,00	6,88	26,94	45,00	-18,00	8,86
DDS (grados)								
Curva torácica	47,48	107,00	22,00	12,46	52,41	80,00	22,00	10,36
Curva lumbar	29,37	46,00	12,00	7,77	33,19	51,00	16,00	7,96
Inclinación pélvica	71,53	109,00	24,00	14,39	57,59	99,00	24,00	11,73

Legenda: DT = desviación típica; DDS = distancia dedos suelo

Tabla 16.

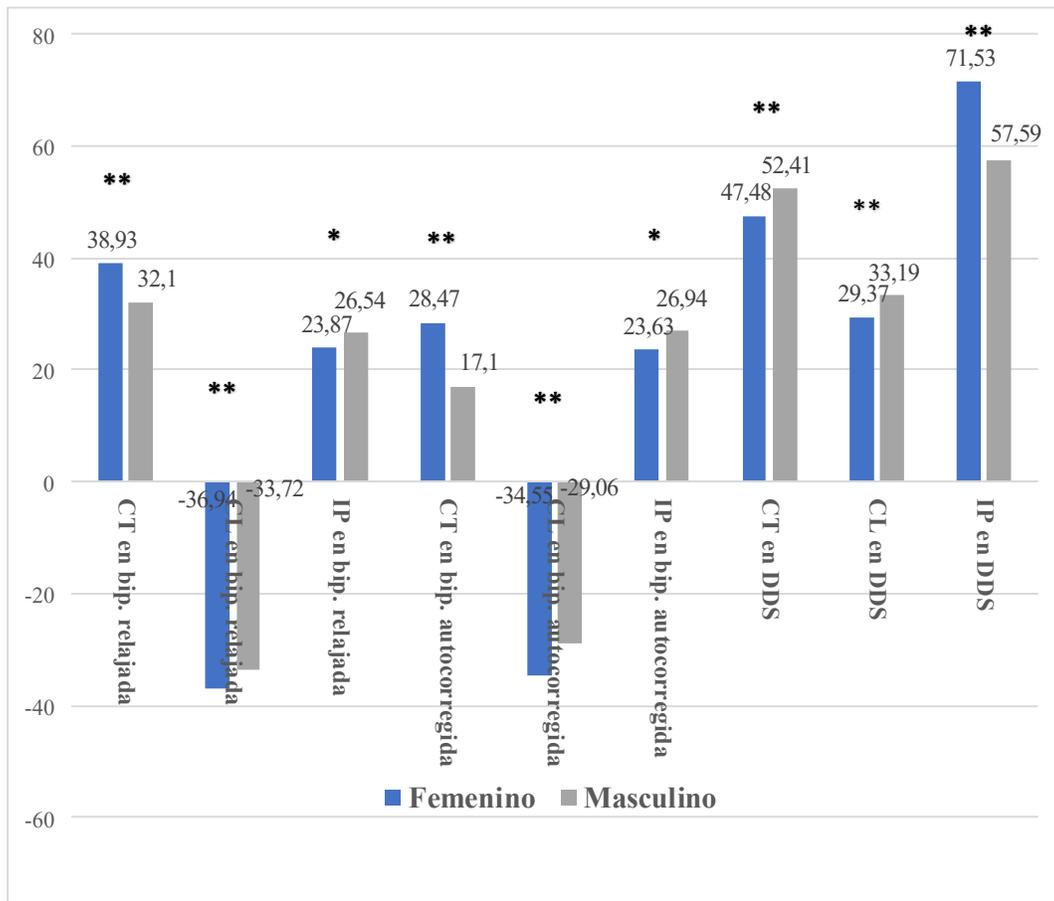
Análisis descriptivo de las variables de disposición sagital del raquis por grupo de entrenamiento (GE y GC) (n=285).

	Grupo experimental (n=148)				Grupo control (n=137)			
	Media	Máximo	Mínimo	DT	Media	Máximo	Mínimo	DT
Bipedestación relajada (grados)								
Curva torácica	37,86	63,00	13,00	10,44	32,81	61,00	3,00	11,54
Curva lumbar	-36,03	-23,00	-57,00	6,58	-34,47	-10,00	-48,00	6,82
Inclinación pélvica	25,97	41,00	9,00	6,50	24,58	42,00	8,00	6,77
Bipedestación autocorregida (grados)								
Curva torácica	24,83	55,00	-12,00	12,38	20,23	54,00	-15,00	13,39
Curva lumbar	-32,70	29,00	-56,00	9,98	-30,66	35,00	-48,00	10,47
Inclinación pélvica	26,07	45,00	10,00	7,22	24,67	42,00	-18,00	8,92
DDS (grados)								
Curva torácica	48,72	107,00	22,00	11,71	51,42	80,00	23,00	11,47
Curva lumbar	31,25	46,00	15,00	7,59	31,50	51,00	12,00	8,57
Inclinación pélvica	66,72	99,00	24,00	14,38	61,69	109,00	24,00	14,80

Legenda: DT = desviación típica; DDS = distancia dedos suelo.

Figura 11.

Diferencias intergrupo (por sexo) en pretest.



*Legenda: * = p valor<0,05; **=p valor<0,001*

5.3.2.2. Diferencias intergrupo por grupo de entrenamiento (grupo control y grupo experimental) en pretest

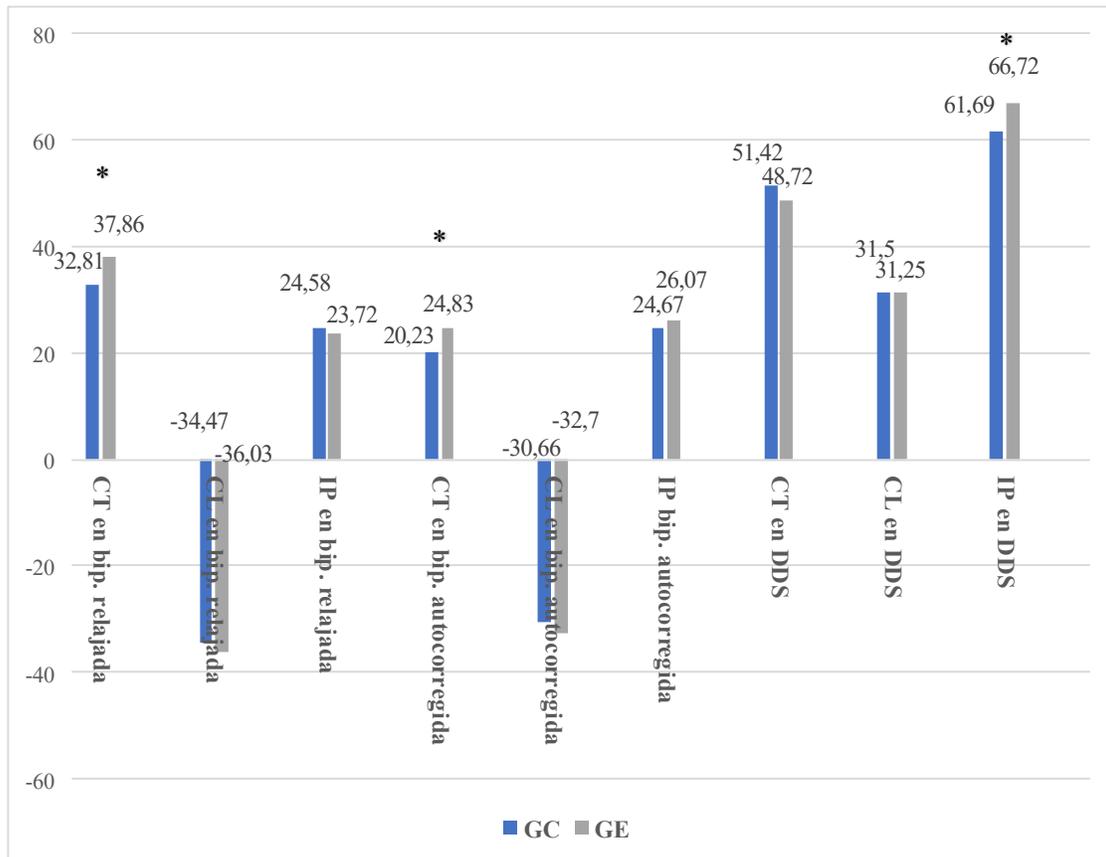
Para las variables curva lumbar en DSR en bipedestación relajada, IP en disposición sagital del raquis en bipedestación relajada, curva lumbar en

disposición sagital del raquis en bipedestación autocorregida, inclinación pélvica en disposición sagital del raquis en bipedestación autocorregida, curva torácica en

DDS y curva lumbar en DDS no se encontró diferencias significativas, sí lo hubo para curva torácica en disposición sagital del raquis en bipedestación relajada, curva torácica en disposición sagital del raquis en bipedestación autocorregida e inclinación pélvica en DDS, tal como puede verse en la figura 12.

Figura 12.

Diferencias intergrupo (por grupo) en pretest.



Legenda: * = p valor<0,05; **=p valor<0,001

5.3.2.3. Diferencias intergrupo por grupo de entrenamiento (grupo control y grupo experimental) en posttest

En el análisis posttest no se mostraron diferencias significativas entre GE y GC para ninguna de las variables de DSR, excepto para curva torácica en DDS. El GE mostró una cifosis torácica en DDS ($51,1 \pm 11,98^\circ$) significativamente ($p=0,004$) menor que el GC ($55,47 \pm 11,07^\circ$).

5.3.2.4. Diferencias intragrupo en pre-posttest de las variables de disposición sagital del raquis por grupo de entrenamiento

En la tabla 20 se presenta los resultados obtenidos del análisis intragrupo en pre-posttest de las variables de la DSR por grupo de entrenamiento.

El GE, de manera significativa, presentó una disminución en la curva lumbar e IP en disposición sagital del raquis en bipedestación relajada; un aumento en la curva torácica y una disminución en la inclinación pélvica en disposición sagital del raquis en bipedestación autocorregida; y un aumento en la cifosis lumbar en DDS.

El GC mostró un aumento significativo en la curva torácica en disposición sagital del raquis en bipedestación relajada, autocorregida y DDS.

Tabla 17.

Diferencias intragrupo en pre-posttest de las variables de disposición sagital del raquis por grupo de entrenamiento (GE y GC)

(n=285).

Test	Grupo	Preintervención (Media ± DS)	Postintervención (Media ± DS)	Difference post-pre (Media ± DS)	Valor P	CI 95% (Mpost- Mpre)	ES
Bipedestación relajada (grados)							
Curva torácica	GE	37.86 ± 10.44	38.39 ± 9.41	0.53 ± 10.80	0.544	-1.40;2.65	0.05
	GC	32.81 ± 11.54	38.80 ± 9.67	5.98 ± 11.40	0.000	4.03;8.10	0.52
Curva lumbar	GE	-36.03 ± 6.58	-32.40 ± 7.10	3.63 ± 6.86	0.000	1.96;4.87	0.55
	GC	-34.47 ± 6.82	-33.16 ± 7.12	1.31 ± 8.88	0.060	-0.05;2.86	0.19
Inclinación pélvica	GE	25.97 ± 6.50	23.72 ± 6.77	-2.25 ± 7.14	0.008	-3.64;-0.54	0.34
	GC	24.58 ± 6.77	24.46 ± 7.25	-0.12 ± 9.87	0.611	-1.96;1.15	0.02
Bipedestación autocorregida (grados)							
Curva torácica	GE	24.83 ± 12.38	27.50 ± 11.43	2.52 ± 13.36	0.044	.06;5.11	0.21
	GC	20.23 ± 13.39	26.88 ± 10.78	6.65 ± 13.78	0.000	4.16;9.22	0.49
Curva lumbar	GE	-32.70 ± 9.98	-31.73 ± 7.44	0.897 ± 10.61	0.064	-1.19;2.81	0.10
	GC	-30.66 ± 10.47	-30.16 ± 8.87	0.50 ± 12.08	0.237	-1.81;2.21	0.05
Inclinación pélvica	GE	26.07 ± 7.22	23.85 ± 8.82	-2.26 ± 9.73	0.021	-4.00;-0.32	0.31
	GC	24.67 ± 8.92	24.23 ± 7.18	-0.44 ± 10.23	0.455	-2.54;1.14	0.05
DDS (grados)							
Curva torácica	GE	48.72 ± 11.71	51.10 ± 11.98	2.38 ± 13.43	0.063	-0.11;4.37	0.20
	GC	51.42 ± 11.47	55.47 ± 11.07	4.11 ± 10.66	0.000	1.80;6.31	0.35
Curva lumbar	GE	31.25 ± 7.59	32.80 ± 9.21	1.55 ± 9.04	0.049	0.00;3.16	0.20
	GC	31.50 ± 8.57	30.84 ± 8.26	-0.52 ± 7.92	0.579	-2.03;1.13	0.08
Inclinación pélvica	GE	66.72 ± 14.38	67.53 ± 17.48	0.81 ± 12.86	0.502	-1.41;2.87	0.06
	GC	61.69 ± 14.80	63.84 ± 16.12	1.96 ± 10.16	0.087	-0.27;4.02	0.14

Legenda: DT = desviación típica; CI = intervalo de confianza

VI-DISCUSIÓN

6. DISCUSIÓN

6.1 VARIABLES ANTROPOMÉTRICAS

La presente investigación ha contado con la participación 285 estudiantes del centro educativo en que se desarrolló la intervención. Este número es destacable ya que muchos de los estudios experimentales realizados hasta la fecha han tenido un bajo número de participantes (Vaquero Cristóbal et al., 2015). Lo anterior, proporciona a los resultados obtenidos de una solidez y respaldo importantes.

La adolescencia es una etapa crítica en que se transita de la niñez a la adultez, en la cual ocurren varios cambios físicos, psicosociales, hormonales, biomecánicos y de comportamiento (Noll et al., 2017). Yazici y Mohammadi (2017) afirman que existe una diferencia significativa estadísticamente entre los diferentes grupos de edad, especialmente en las uniones cervicotorácica, toracolumbar y lumbosacra, de esta manera, la posición del sacro y la orientación espacial, así como la magnitud global de la cifosis torácica y la lordosis lumbar cambian con el crecimiento.

La fase temprana de la adolescencia es quizás la etapa más crítica para establecer buenos hábitos de salud de la columna y de ahí la importancia de determinar si el sexo y el aumento de la edad influyen en las alteraciones posturales y de establecer intervenciones dirigidas a los adolescentes jóvenes (Noll et al., 2017).

Los resultados de las mediciones en pretest muestran que el SM presentó valores significativamente más altos que el SF en las variables talla, cintura e ICC; sin embargo, no se encontraron diferencias significativas para el peso, IMC y cadera.

El SF presentó los valores medios: talla 158,95 cm; peso 52,73 kg; IMC 20,88; cintura 69,57 cm; cadera 90,77 cm e ICC 0,77 cm. El SM por su parte talla 163,15 cm; peso 55,81 kg; IMC 20,81; cintura 75,17 cm; cadera 89,96 cm e ICC 0,83 cm.

Hasta ahora, una gran parte de las investigaciones en este campo se han realizado solo con participantes del SF (Vaquero Cristóbal et al., 2015) o en su defecto, no han hecho una diferenciación entre sexos a la hora de trabajar los

datos pese a las claras diferencias en la EI y posición de la pelvis y tronco en posiciones de flexión máxima del tronco con rodillas extendidas que existen entre ambos géneros (López Miñarro et al., 2009).

Widhe (2001) encontró resultados de EPR que fueron mayores en SF que en SM; asimismo, mostró que la relación entre cifosis y lordosis fue independiente del género a los 5-6 años (mujeres 0,96; hombres 1,03) mientras que a los 15-16 años, la cifosis en relación con la lordosis fue significativamente menos pronunciada en el SF (0,86) que en el SM (1,08) ($P < 0,001$). Lo anterior podría indicarnos que la configuración sagital de la columna cambió durante el crecimiento, aumentaron la cifosis torácica y la lordosis lumbar pero también se alteró la relación entre estos dos parámetros. La cifosis en relación con la lordosis disminuyó con la edad en el SF, pero no cambió en el SM, una razón de la discrepancia entre los sexos podría ser que el crecimiento acelerado de la adolescencia y la finalización del crecimiento se adelantan 2 años en el SF (Widhe, 2001).

Otros estudios han encontrado resultados similares, para el caso, Jones et al. (2005) encontraron que el SF tenía mayor extensibilidad y movilidad espinal en comparación con el SM, sin embargo, otras investigaciones no observaron diferencias estadísticas entre géneros en lo que respecta a cambios positivos de la extensibilidad isquiosural y fuerza del tronco (González Gálvez et al., 2014). Por su parte, González Gálvez et al. (2019) no encontraron diferencias significativas en la diferenciación por sexos en su estudio sobre la efectividad del MP sobre la resistencia del tronco y EI en adolescentes con dolor de espalda.

Al realizar el análisis de las variables antropométricas por grupo de entrenamiento, los valores iniciales en pretest fueron muy similares entre ambos y cuando se procedió a su análisis no se encontraron diferencias significativas entre ellos ni en pretest ni en postest.

El GE presentó los valores medios: talla 161,54 cm; peso 53,97 kg; IMC 20,53; cintura 73,16 cm; cadera 90,50 cm e ICC 0,81cm. El GC por su parte talla 160,76 cm; peso 54,74 kg; IMC 21,15; cintura 71,86 cm; cadera 90,18 cm e ICC 0,80 cm.

Martins et al. (2018) tampoco encontraron relación, en este caso, entre la altura y los valores de EI, aunque (Widhe, 2001) reportara que un grupo de

adolescentes con una cifosis de 40° o más eran más altos que aquellos con una cifosis por debajo de 40° ($P < 0,02$).

6.2 EFECTO DEL PROGRAMA DE PILATES SOBRE LA EI

En el campo médico generalmente se ha considerado que el entrenamiento de la extensibilidad es factor fundamental en la prevención y rehabilitación de lesiones, además de ser un método para optimizar el rendimiento en las actividades cotidianas y deportivas (Borghuis et al., 2008). En el ámbito de las Ciencias del Deporte también ha quedado establecido que la EI es un factor fundamental en el funcionamiento normal del ser humano, reconociéndola como una parte importante de la condición física (Muyor et al., 2012); sin embargo, es al que se le dedica menos tiempo y atención (Vaquero Cristóbal et al., 2015) pese a los muchos estudios que han reflejado su importancia (Rodríguez et al., 2008). Debido a esto, es que el segundo gran objetivo que nos hemos planteado ha sido determinar los cambios en la EI de una población adolescente luego de la intervención con un programa de ejercicios del MP durante un curso escolar.

Muchas de las investigaciones encontradas en la literatura muestran una predilección por el uso de los test lineales para la valoración de la EI, pero son menos aquellos estudios en que se han utilizado los test angulares para evaluar el efecto de la práctica de Pilates sobre la misma, pese a que estos últimos han evidenciado ser más específicos en la valoración de la EI y que además permiten realizar una valoración independiente de cada extremidad inferior (Vaquero Cristóbal, et al., 2015). Según López Miñarro et al. (2011), el grado de EI va a condicionar la validez de los test lineales dedos-planta y dedos-suelo, ya que según esta es mayor, se alcanzarán valores de correlación más altos en relación al EPR.

Ante la necesidad de más investigaciones que analicen los efectos que el MP puede generar sobre la EI mediante el uso de este tipo de test para valorar ambas extremidades, en nuestra investigación la EI fue evaluada mediante el test EPR, tanto derecho e izquierdo, como activo y pasivo; y del test de DDS, obteniendo de ellos la media, el valor máximo, el valor mínimo y la DT.

La valoración inicial mostró que el SF presentaba valores más altos que el SM en todas las variables estudiadas: EPR derecho activo (SF: $73,86 \pm 14,66$; SM: $61,34 \pm 10,85$); EPR izquierdo activo (SF: $72,96 \pm 13,41$; SM: $61,37 \pm 10,74$); EPR derecho

pasivo (SF: 89,04±16,41; SM: 74,83±10,17); EPR izquierdo pasivo (SF: 87,85±15,34; SM: 74,60±10,37); la tendencia se mantuvo igual con el test DDS, (SF: -5,53±9,03; SM: -13,85±7,65). Algunos estudios muestran una mejora en el rendimiento general superior en mujeres que en los hombres después de los programas de ejercicio, pero esto generalmente se debe al nivel inicial relativamente más alto de hombres en los parámetros de aptitud. Los hombres generalmente están más cerca del potencial máximo nivel (González Gálvez et al., 2014), pero este es un tema que debe estudiarse más a profundidad pues hasta ahora la mayoría de los estudios sostienen la idea de una respuesta igual para ambos géneros (León, 2000). Por ejemplo, los resultados de González Gálvez et al. (2014) mostraron que un programa de ejercicios de pilates de seis semanas es eficaz mejorando la fuerza del tronco y la extensibilidad de los isquiosurales en adolescentes sin que hubiese diferencias entre sexos.

Contrario al análisis por sexo, los resultados por grupo de entrenamiento, GE y GC, muestran que ambos presentaron valores similares entre ellos: EPR derecho activo (GE: 69,73±14,18; GC: 64,83±13,90); EPR izquierdo activo (GE: 68,58±12,95; GC: 65,16±13,63); EPR derecho pasivo (GE: 82,79±14,93; GC: 80,36±15,49); EPR izquierdo pasivo (GE: 81,45±14,57; GC: 80,33±14,55); con el test DDS, (GE: -8,09±8,81; GC: -11,66±9,47).

Al examinar los resultados obtenidos una vez que el programa de intervención fuera aplicado, se evidenciaron claras diferencias significativas por GE y GC en todas las variables de EI, mostrando una clara progresión positiva del GE: EPR derecho activo (GE: 76,75°; GC: 65,79°; $p = <0,001$); EPR izquierdo activo (GE: 75,55°; GC: 63,03°; $p = <0,001$); EPR derecho pasivo (GE: 96,81°; GC: 82,04°; $p = <0,001$); EPR izquierdo pasivo (GE: 94,58°; GC: 82,02°; $p = <0,001$); con el test DDS, (GE: -6,25°; GC: -11,30° $p = <0,001$).

Desde el principio y hasta los 9 meses que duró nuestra intervención, pudo observarse mejoras significativas en la EI en el GE en todos los test que fueron utilizados. De igual manera, se ha identificado una diferencia significativa entre grupos para todas las mediciones. En concordancia con estos resultados, estudios previos en adolescentes en clases de EF han demostrado que un ejercicio del programa Pilates de 60 minutos / sesión, 2 sesiones por semana durante 6 semanas mejoró la extensibilidad de los isquiotibiales (González Gálvez et al., 2014; 2019).

Finalmente, al evaluar las diferencias intragrupo en pre-posttest de las variables de EI por grupo de entrenamiento vemos que el GE presentó una mejoría significativa en todas las variable, mientras que el GC únicamente mostró diferencia significativa para el test EPR derecho pasivo pero con un tamaño del efecto bajo: EPR derecho activo (GE: $6.98^{\circ} \pm 12.81^{\circ}$ y $p = 0,000$; GC: $0.88^{\circ} \pm 10.31^{\circ}$ y $p = 0.332$); EPR izquierdo activo (GE: $6.85^{\circ} \pm 13.91^{\circ}$ y $p = 0,000$; GC: $-2.31^{\circ} \pm 9.85^{\circ}$ y $p = 0.056$); EPR derecho pasivo (GE: $13.95^{\circ} \pm 12.53^{\circ}$ y $p = 0,000$; GC: $3.53^{\circ} \pm 10.63^{\circ}$; $p = 0,001$); EPR izquierdo pasivo (GE: $12.99^{\circ} \pm 13.25^{\circ}$ y $p = 0,000$; GC: $1.73^{\circ} \pm 9.90^{\circ}$; $p = <0,123$); con el test DDS, (GE: $2.04^{\circ} \pm 5.49^{\circ}$ y $p = 0,000$; GC: 0.36 ± 6.56 y $p = 0,602$).

La edad es claramente un aspecto importante, ya que la extensibilidad disminuye de manera progresiva con el avance de ésta (Sainz De Baranda et al., 2005), siendo esto resultado de los cambios fisiológicos producidos en el organismo (López y Fernández, 2006) lo que a la vez genera cambios en la IP y en el grado de flexión del tronco en las posiciones de flexión máxima del tronco con rodillas extendidas (Vaquero Cristóbal et al., 2015) y el ritmo lumbo-pélvico en personas mayores (Esola et al., 1996).

La adolescencia es un período crítico de transición, durante el cual ocurren diversos cambios físicos y psicosociales (Noll et al., 2017). La disposición sagital de la columna cambia a medida que el niño crece (Yazici y Mohammadi, 2017) y durante esta etapa, puede verse alterada por el sobrepeso, debido a la disminución de la estabilidad y la necesidad de buscar mecanismos de adaptación postural, resultando en una mala alineación sagital, sin embargo, esta etapa de la vida puede llegar a constituirse como una oportunidad para reforzar determinados hábitos y estilos de vida saludables (Fritz y George, 2000).

En su estudio, Rodríguez et al. (2008) enfatizan que la pérdida de la EI comienza a manifestarse durante el período prepuberal y alcanza una gran importancia en las etapas de crecimiento posteriores; sus resultados indicaron que la incorporación del estiramiento de los isquiotibiales como parte de las clases de EF produce un aumento de la extensibilidad muscular. En los contenidos curriculares, la mejoría de la EI y de otros elementos de la condición física tiene que abordarse con el objetivo de que los escolares aprendan a desarrollar los ejercicios, además de los métodos que existen para desarrollar las cualidades físicas (Bohajar Lax et al., 2015), sin embargo, los profesores de EF deben lidiar con varias dificultades, pues el contenido curricular que debe desarrollar durante

el año académico es extenso y la EF suele estar limitada por su reducida asignación de tiempo curricular (Mayorga Vega et al., 2017).

Sainz de Baranda (2009) considera esencial que los profesores de EF puedan desarrollar contenidos que vayan en relación con el trabajo de la flexibilidad en su asignatura con el fin de alcanzar una mejor extensibilidad de la musculatura isquiosural en estudiantes de la ESO. López Miñarro y Alacid (2010) abogan por que se incluya sistemáticamente el estiramiento isquiosural en los programas de entrenamiento. Siempre en esa línea, (Bohajar Lax et al., 2015) opinan que las actividades de flexibilidad en los contenidos pueden ser integradas en las clases del curso escolar como un componente relacionado con los períodos de calentamiento y vuelta a la calma que usualmente tienen. Otro aspecto a tener en cuenta es el de empoderar al niño sobre como poder continuar ejercitando la EI, ya que como demostraron Mayorga Vega et al. (2014), una vez que los niños dejan de asistir a sus clases de EF durante los períodos de vacaciones, sus niveles de flexibilidad podrían volver al nivel de flexibilidad anterior, por lo que aparte de enseñar a sus estudiantes como desarrollar adecuadamente los ejercicios de estiramiento, los profesores de EF pueden aplicar medidas didácticas que consideren apropiadas para asegurarse que los estudiantes realmente puedan mantener los ejercicios indicados (Becerra Fernández et al., 2016).

Numerosos estudios han implementado programas específicos de EI en las clases de EF y han evaluado su efecto sobre los adolescentes, evidenciando que después de cuatro semanas con estiramientos isquiosurales, efectuando tres sesiones semanales, es posible mejorar significativamente la EI, aunque también se ha encontrado mejorías con menos sesiones a la semana si en estas se extiende el tiempo de la intervención (Ayala, 2012). En esta línea también se colocan Martins et al. (2018), quienes recomiendan que los programas de EI en escolares deben ser aplicados más de dos veces por semana. Sin embargo, otros investigadores opinan diferente, para el caso, Mayorga Vega et al. (2017) quienes demostraron que un programa de estiramiento en clases de EF realizado solo una vez a la semana fue eficaz entre los escolares para mejorar la EI. Sainz de Baranda (2009) también encontró resultados similares en un estudio realizado a lo largo de todo un año lectivo (9 meses). Los resultados de estos investigadores van en consonancia con los hallazgos de esta investigación, con la ventaja añadida de que el MP es una técnica más completa que no solo mejora la EI, sino que también

aumenta la resistencia muscular (González Gálvez et al., 2015; 2019) y estos son dos factores de aptitud física que se asocian principalmente con la desalineación de la columna vertebral (Czaprowski et al., 2018; Jones et al., 2005; López Miñarro y Alacid, 2010; López Miñarro et al., 2017). La mayoría de los estudios encontrados en la literatura aplicaron programas 3-7 minutos / sesión, dos sesiones semanales, con intervenciones de entre 5 y 8 semanas, mostrando todas mejoras significativas (Bohajar Lax et al., 2015; González Gálvez et al., 2014; Mayorga Vega et al., 2014; 2016).

Los ejercicios del MP tienen un impacto positivo sobre la EI, jugando así un rol postural importante (Junges et al., 2017) y se ha asociado con un ángulo torácico más bajo y una mayor flexión de la cadera (Muyor et al., 2012). La EI influye sobre la disposición de la columna cuando se ejecutan posturas de flexión del tronco, por lo que tiene un rol trascendente en la protección de la columna ante posibles situaciones de riesgo (Muyor et al., 2012) y por ello, se deben tomar muy en serio los reportes de varios autores que han alertado sobre la alta prevalencia del acortamiento de estos músculos en la edad escolar (Bohajar Lax et al., 2015; Sainz de Baranda, 2009) y su asociación con varias patologías de la CV (Borghuis et al., 2008; López Miñarro y Alacid, 2010).

Vaquero Cristóbal (2017) en sus resultados, refuerza el hecho de que los entrenamientos genéricos y los realizados en el ámbito competitivo no mejoran la EI, cosa que sí se logra mediante trabajos específicos para ello. Muyor et al. (2012) por su parte, realizaron un interesante trabajo en su estudio sobre deportistas adolescentes utilizando el Spinal Mouse® y midiendo con test EPR, DDS y DDP y Flexión Máxima del Tronco. Sus resultados evidencian la relación entre el grado de EI y la posición del raquis torácico e IP en las posiciones de flexión máxima del tronco con rodillas extendidas: los deportistas con mayor EI adoptaron posturas de cifosis torácica menor en las posiciones de flexión máxima del tronco. Es claro que una reducida EI tiene influencia sobre la DSR torácico y pelvis, de manera que con una menor extensibilidad se terminan adoptando posiciones de mayor flexión torácica y retroversión pélvica. Ayala (2012) también encontró datos interesantes en su estudio con jugadores de fútbol sala.

Aunque no son la población objetivo de nuestra investigación, merece la pena señalar que diferentes estudios en población adulta también han mostrado resultados que van en línea con los nuestros. Para el caso, Junges et al. (2017)

encontraron mejoría en la postura y flexibilidad en mujeres adulta luego de la aplicación de un programa de ejercicios de Pilates, demostrando que éste, aplicado durante un período de siete meses fue efectivo para mejorar la postura y la flexibilidad. Vaquero Cristóbal (2017) también demostró cómo es posible mejorar la EI en mujeres adultas, con independencia del test empleado para la valoración, mediante la aplicación de un programa de ejercicios con el MP. Resultados similares encontraron en mujeres adultas Muyor et al. (2012) luego de llevar a cabo un programa de estiramientos en mujeres adultas de 30 minutos tres veces por semana durante 12 semanas desde su propio centro de trabajo y para cuyas mediciones utilizaron el test EPR pasivo y el test DDS.

Kao et al. (2015) desarrollaron un estudio en mujeres adultas mayores de 20 años utilizando el MP en su variante Polestar con el objetivo de evaluar la fuerza en la musculatura de miembros inferiores y extensibilidad del tronco, encontrando mejoría significativa en ambas cosas. La revisión sistemática realizada por de Oliveira et al. (2015) muestra un fuerte nivel de evidencia en las mejoras del equilibrio estático y dinámico en mujeres mayores mediante la aplicación del MP.

Todo lo anterior es importante, ya que estos beneficios son a su vez generadores de otros, por ejemplo, Esola et al. (1996) encontraron que las personas que tienen mejor extensibilidad son menos propensas a sufrir dolores de espalda. En ese mismo sentido, Miyamoto et al. (2018) reportaron que un programa de Pilates dos veces por semana mejoraba significativamente el dolor de espalda.

6.3 DSR Y SU DIFERENCIACIÓN POR SEXO.

El otro gran objetivo planteado en esta investigación, ha sido el de conocer la DSR de un grupo de escolares adolescentes, diferenciándolos por sexo. Luego de realizar el pretest, se encontró que los participantes mostraron en bipedestación relajada una curva torácica de $35,34 \pm 11,27^\circ$, curva lumbar de $-35,25 \pm 6,73^\circ$ y una inclinación pélvica de $25,27 \pm 6,66^\circ$. Respecto a la bipedestación autocorregida, la curva torácica fue de $22,52 \pm 13,08$; la curva lumbar de $-31,68 \pm 10,26$ y para la IP de $25,37 \pm 8,13$. Finalmente, al analizar DSR con el test de

DDS se han encontrado valores en curva torácica de $50,07 \pm 11,64$; para curva lumbar $31,37 \pm 8,08$ y en IP de $64,20 \pm 14,78$.

Estos resultados se asimilan con los encontrados en estudios previos realizados en adolescentes en el ámbito escolar (González Gálvez et al., 2019; Yazici y Mohammadi, 2017) y deportivo (López Miñarro et al 2010, 2017; Muyor Rodríguez et al., 2012) y nos revela que las curvas de la población en estudio se encontraron dentro de los rangos establecidos por Santonja (1993) y Pastor (1999), cuyos trabajos nos ayudaron a establecer valores considerados como normales para la DSR. Es evidente que mantener una DSR con valores dentro de los rangos de normalidad reviste una tremenda importancia dada su relación con la postura (Fatemi et al., 2015; López Miñarro, 2010) la estabilidad (McGill et al., 2003) y determinadas alteraciones estructurales (Yazici y Mohammadi, 2017) que repercuten en la calidad de vida (Diebo et al., 2015) y la salud de las personas (Sadler et al., 2017).

Al diferenciar la DSR de los adolescentes que participaron en esta investigación en función del sexo, se encontraron diferencias significativas en todas las curvaturas en todas las posiciones. Concretamente el SF presentó mayor curva torácica y lumbar en bipedestación relajada y autocorregida; así como mayor IP en posición DDS; y menor IP en bipedestación relajada y autocorregida, y curva torácica y lumbar en posición DDS. Estas diferencias entre sexos también fueron encontradas en los estudios de Jones et al. (2005) y Widhe (2001), donde utilizando una metodología similar a la nuestra, el SF también mostró valores significativa superiores a los chicos en la curva torácica, curvatura lumbar e IP.

6.3.1 Efecto del programa de ejercicios de Pilates sobre la curvatura sagital del raquis

Los ejercicios del MP tienen un papel importante en la mejoría de la postura (Junges et al., 2017), por lo que el segundo objetivo fue conocer el efecto de un programa de ejercicios con el MP sobre la DSR en esta población adolescente.

El GE presentó una disminución significativa en curva lumbar ($3,63^\circ \pm 6,86^\circ$; $p: 0,000$) y en inclinación pélvica ($-2,25^\circ \pm 7,14^\circ$; $p: 0,008$) en bipedestación relajada; mientras, el GC no mostró cambios. Por otro lado, el GC presentó un

empeoramiento significativo en la curva torácica, contrario al GE que no mostró cambios, lo cual indica que el programa de intervención con el MP fue efectivo en la disminución de la curva torácica. Estos resultados también pueden explicarse por el hecho de que el MP se ha asociado con una mejoría de la estabilidad de la CV, la extensibilidad de los isquiosurales y la fuerza del tronco en adolescentes (González Gálvez et al., 2014, 2019) y todos ellos son factores que han sido asociados con la desalineación de la columna vertebral (Czaprowski et al., 2018; Jones et al., 2005; López Miñarro y Alacid, 2010; López Miñarro et al., 2017). Se ha descrito que el MP influye sobre estos aspectos favoreciendo la movilidad de la columna, la fuerza de la musculatura de soporte y la conciencia postural (Kuo et al., 2009); ahora bien, al ser Pilates un método que involucra todo un proceso educativo y fisiológico, como la percepción corporal, la adaptación neuronal y el control del movimiento, independientemente de la edad, este proceso puede ser lento y necesita un período de adaptación neuronal de cuatro a ocho semanas, solo después de este período los músculos están preparados para el acondicionamiento, con la aplicación de ejercicios de mayor intensidad (Junges et al., 2017).

Algunos investigadores han buscado mejorar la DSR mediante la aplicación de programas de fortalecimiento y/o estiramiento muscular. Yazici y Mohammadi, (2017) desarrollaron un programa sistemático basado en ejercicios de estiramiento y fortalecimiento muscular, 3 días a la semana, 60 minutos por sesión, durante 8 semanas, con adolescentes 16 y 15 adolescentes con hipercifosis e hiperlordosis encontrando una disminución significativa de las curvaturas torácicas y lumbares. Por su parte, Fatemi et al. (2015) con un protocolo similar pero aplicando los ejercicios de Williams en un grupo de chicas adolescentes con hiperlordosis también encontró mejoría de la EI y disminución de la curvatura lumbar. De manera consistente la mayoría de los estudios realizados han encontrado mejoría en la disposición sagital de la columna combinando ejercicios de estiramiento y de fortalecimiento en sus programas de intervención (Ko et al., 2018), tomando esto en cuenta y siendo que ambos factores de condición física se asocian principalmente con la desalineación de la columna vertebral (Czaprowski et al., 2018; López Miñarro et al., 2012; McGill et al., 2003) consideramos necesarias más investigaciones en esta línea para conocer cómo estos factores de condición física por separado o de manera diferente (con distintas cargas),

pueden afectar un programa del MP en las curvaturas sagitales de la columna en distintas posiciones.

Si bien hasta ahora no se han encontrado investigaciones anteriores donde se haya implementado un programa de ejercicios del MP evaluando el efecto sobre la curvatura espinal sagital en adolescentes, son varios los investigadores que han trabajado con personas adultas o deportistas y nuestros hallazgos muestran ir en sintonía con ellos. Entre los estudios realizados en personas mayores que vinculan la práctica del MP con una disminución de las curvas torácica y lumbar podemos mencionar el de Kuo et al. (2009), quienes desarrollaron un programa de ejercicios con el MP de 75 minutos / sesión, 2 veces por semana durante 10 semanas en adultos y mayores. Por su parte Junges et al. (2017), desarrollaron un interesante estudio de 2 sesiones semanales de 60 minutos cada una durante 30 semanas en el cual no solo evaluaron la mejoría postural, sino también la repercusión favorable que esta tiene en las presiones espiratorias de mujeres adultas con hipercifosis. Katzman et al. (2017) desarrollaron un programa de entrenamiento de postura y ejercicios de fortalecimiento de la columna durante 6 meses orientado a personas mayores con el cual redujo las medidas radiográficas y clínicas de la cifosis.

En la DSR en bipedestación autocorregida, tanto el GE como el GC mostraron un aumento significativo en la curva torácica, sin embargo, este cambio presentó un bajo tamaño del efecto para el GE y un moderado tamaño del efecto para el GC; el GE además, presentó una reducción significativa en la inclinación pélvica ($-2,26^\circ \pm 9,73^\circ$; $p: 0,021$). El hecho de que el GE presentara diferencias significativas principalmente para la curvatura lumbar también podría explicarse por la relación que tienen los cambios en la curva lumbar con los cambios de la curva torácica, siendo que esta última aumenta en mayor medida con la edad, especialmente en la etapa de crecimiento junto con una notoria disminución de la movilidad sagital que también se presenta con mayor intensidad en curva torácica (Peña Ramírez, 2010; Widhe, 2001) entre otros cambios propios de esta etapa etaria (Yazici y Mohammadi, 2017) lo que a su vez explicaría el porqué del aumento constante de la curva torácica en el GC.

La relevancia de este aspecto reside en la conexión de la alineación activa en posición de pie y la gravedad de la desalineación o su posibilidad de aumentar su gravedad. La desalineación de la columna que el participante podría reducir

voluntariamente se considera funcional o actitudinal, aunque no siempre se asocia con una alteración grave, sin embargo, si el participante no pudo modificar la curvatura voluntariamente, pasamos a denominarlo desalineación estructural que generalmente presenta cuñas y alteraciones en las estructuras óseas, por lo tanto, mantener la movilidad de las curvaturas sagitales espinales y mostrar una mayor alineación activa en la posición de pie demuestra ser una mejoría en la salud de la columna vertebral (López Miñarro, 2000). Durante el período de crecimiento, especialmente en el período de velocidad de altura máxima, se experimentan cambios en la DSR y la capacidad para autoreducir las curvas de la columna sagital disminuye (Peña Ramírez, 2010), por lo que se puede sugerir que la práctica del MP ayuda a disminuir la pérdida de esta capacidad que ocurre con la edad.

Con respecto a la disposición sagital con el test DDS, el GE aumento su curva lumbar; mientras que el GC aumento su curva torácica, ambos significativamente. Así mismo, la curva torácica tras el programa de intervención fue significativamente menor para el GE con respecto al GC. Diebo et al. (2015) afirmaron que la pérdida de lordosis lumbar es uno de los principales impulsores del deterioro del plano sagital y esto da más importancia al hecho que el programa del MP que hemos implementado haya reducido la curvatura lumbar y consecuentemente evitara un aumento de la curva torácica. Muyor et al. (2012) han encontrado también una disminución significativa en la curva torácica en esta posición durante un programa de estiramiento con mujeres adultas. Las personas con acortamiento de los isquiosurales pueden permitir que la retroversión pélvica esté cerca de una posición neutral en la posición máxima del tronco, lo que permite aumentar la curva lumbar y como consecuencia de esto no se necesita una flexión torácica completa (Muyor et al., 2012). Esto sugiere que el MP podría ser un ejercicio efectivo para mantener la curva dentro del rango normal o para reducirla. Además, la reducción de IP después de un programa de ejercicios de Pilates de 9 meses está completamente justificada. Otras investigaciones han hecho énfasis en la conexión existente entre la curvatura lumbar con la IP Hosseinifar et al. (2017) encontraron cambios positivos en la curvatura lumbar luego de un programa de ejercicios de estabilización del tronco. El estudio de Muyor et al. (2012) ilustra muy bien la relación existente entre curva torácica con la inclinación pélvica y viceversa, dicha correlación también se encontró en la

presente investigación, lo que nos sugiere que un cambio en la EI puede estar asociado con la disposición sagital en las posiciones máximas del tronco.

Será interesante que futuras investigaciones puedan comparar el efecto de diferentes frecuencias y duraciones de los programas del MP en adolescentes para definir los parámetros de entrenamiento a tener en cuenta según el objetivo: prevenir una desalineación o reducir una desalineación de la CV. Otro aspecto importante que tiene que ser tenido en cuenta es la práctica algún deporte u otro tipo de AF, pues la práctica continua y sistemática de ejercicio puede influir en la evolución de la curvatura sagital de la columna (González Gálvez et al., 2019; López Miñarro et al., 2017). Los deportistas al ejecutar de forma continuada determinados movimientos en posturas específicas, pueden generar adaptaciones en la DSR y por ende, en la flexión del tronco en esta clase de posiciones (Muyor et al., 2012, 2014) ejerciendo una influencia considerable en la extensibilidad, disposición del tronco e IP (Muyor et al., 2014), condicionando los efectos generados por un programa de ejercicios con el MP (Vaquero Cristóbal et al., 2015) y pudiendo conllevar a alteraciones de la CV. En su estudio, López Miñarro et al. (2017) establecieron que las posturas y movimientos determinados durante un entrenamiento deportivo específico se asociaron con adaptaciones en las curvaturas de la columna sagital y la inclinación pélvica en las posiciones máximas de flexión del tronco. En este sentido, varios investigadores han hecho importantes aportes desde distintas ramas deportivas, para el caso, López Miñarro et al. (2010) encontraron que, durante la realización del ejercicio de extensión de codo con mancuerna en bipedestación, incrementa la frecuencia de morfotipos hiperlordóticos. Nilsson et al. (1993) encontraron cambios en la configuración sagital en niños de una escuela de ballet; Wodecki et al. (2002) también constataron cambios sagitales en futbolistas, por su parte Alricsson y Werner, (2006) mostraron como cambió la configuración espinal, principalmente a nivel torácico, en esquiadores adolescentes luego de 5 años de entrenamiento intenso y como este aumento significativo de la curvatura torácica predisponía a futuros problemas de hipercifosis y su correlación con el dolor de espalda baja.

VII-CONCLUSIONES

7. CONCLUSIONES

Las conclusiones de la presente tesis doctoral son las siguientes:

- Los valores de las variables antropométricas no mostraron ninguna diferencia significativa por grupo de entrenamiento (GE y GC) ni antes ni después de desarrollar un programa de ejercicios basado en el MP. Tampoco hubo diferencias por sexo para la masa corporal, el IMC y el perímetro de las caderas, pero sí que lo hubo para la talla, el perímetro de la cintura y el ICC.

- Los datos iniciales de la población en estudio nos revelan que sus valores de EI y DSR se encuentran dentro de los rangos aceptados como normales.

- El SF presentó mayores valores iniciales de EI y DSR que el SM de manera significativa, mientras que entre los grupos de entrenamiento los valores encontrados fueron muy similares entre ellos.

- Un programa de ejercicios con el MP desarrollado durante nueve meses es capaz de producir mejoría significativa de la EI en todas las variables analizadas en una población adolescente

- El impacto positivo que supone sobre la EI la incorporación de ejercicios con el MP en las clases de EF y el importante papel que puede desarrollar en la postura, vuelve a este una herramienta curricular importante para mejorar la EI y otros componentes de la condición física en los adolescentes.

- El programa de ejercicios con el MP desarrollado durante nueve meses en una población adolescente demostró lograr cambios significativos positivos en todas las posturas analizadas, mostrando con ello su efectividad como estabilizador de la CV a través de la mejoría de factores importantes implicados en las alteraciones espinales.

VIII-LIMITACIONES

8. LIMITACIONES

Dentro de las limitaciones que presenta esta investigación, tenemos la relativa homogeneidad de la población estudiada, lo cual, quizás no nos permita ver con mayor claridad el efecto que podría tener el IMC elevado sobre la DSR y la EI.

Por otro lado, aunque se han estudiado las variables antropométricas, quedan muchos aspectos importantes de ser evaluados debido a la importante relación que pueden tener con las alteraciones en el plano sagital como la extensibilidad, como por ejemplo lo dolores de espalda, la práctica de la AF, el uso de mochilas pesadas entre otros.

Como se ha dicho al inicio de este trabajo, una parte importante en el desarrollo de las alteraciones vertebrales pasa por factores psicológicos, socioeconómicos y culturales, siendo que estos aspectos tampoco han sido evaluados.

Aunque todos los participantes lo han hecho de manera voluntaria y a que el número de exclusiones fue bajo, no se evaluó el aspecto motivacional de los estudiantes, ni durante la aplicación del programa ni durante las mediciones.

IX: LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN

9. LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN

Será interesante que en el futuro se pueda seguir investigando la amplia variedad de factores que también se relacionan con las alteraciones de la DSR y la EI, como ser calidad de vida, la actividad física y el dolor de espalda.

También, sería oportuno evaluar el grado de motivación que presentan los adolescentes al momento de desarrollar los programas de ejercicio con el MP.

Otro aspecto importante de ser estudiado en el futuro es el analizar el impacto a largo plazo que puede llegar a tener el programa instaurado con el MP durante más de un año escolar en la vida de los participantes, tanto en los beneficios obtenidos del mismo como en la sostenibilidad en el tiempo de los buenos hábitos posturales aprendidos.

Finalmente, creemos oportuno seguir investigando sobre el efecto de diferentes frecuencias y duraciones de los programas del MP en adolescentes con el fin de establecer parámetros de entrenamiento según su objetivo sea, bien prevenir una desalineación o reducir una desalineación de la CV.

X-REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andújar, P., Alonso, C. y Santonja, F. (1996). Tratamiento de la cortedad de isquiosurales. *Selección*, 5(1), 37–48.
- Albarracín, A., Murcia, J. A. M., y Carrillo, V. J. B. (2014). A qualitative study with teachers from the Region of Murcia. *Cultura, Ciencia y Deporte*, 9(27), 225–234. <http://dx.doi.org/10.12800/ccd.v9i27.469>
- Alacid, F. (2009). *Perfil antropométrico y cinemático del palista infantil* [Tesis doctoral]. Universidad de Murcia.
- Alricsson, M. y Werner, S. (2006). Young elite cross-country skiers and low back pain-A 5-year study. *Physical Therapy in Sport*, 7(4), 181-184. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2006.06.003>
- Al-Sendi, A. M., Shetty, P. y Musaiger, A. O. (2003). Anthropometric and body composition indicators of Bahraini adolescents. *Annals of Human Biology*, 30(4), 367–379. <https://doi.org/10.1080/0301446031000091792>
- Armstrong, N. y Welsman, J. R. (2006). The physical activity patterns of European youth with reference to methods of assessment. *Sports Medicine*, 36(12), 1067–1086. <https://doi.org/10.2165/00007256-200636120-00005>
- Araujo, T., Venícios, M., Lopes, O. y Moreira, R. P. (2006). Relación entre medidas antropométricas y valores de la presión arterial en estudiantes brasileños. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 56(3), 216-223.
- Ayala, F. y Sainz de Baranda, P. (2011). Reproducibilidad inter-sesión de las pruebas distancia dedos planta y distancia dedos suelo para estimar la flexibilidad isquiosural en jugadores adultos de fútbol sala de primera división. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 4(2), 47-51.
- Ayala, F., Sainz de Baranda, P., de Ste Croix, M. y Santonja, F. (2012). Fiabilidad y validez de las pruebas sit-and-reach: revisión sistemática. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 5(2), 57-66. [http://doi/10.1016/S1888-7546\(12\)70010-2](http://doi/10.1016/S1888-7546(12)70010-2)

- Ayala, F., Sainz de Baranda, P., Cejudo, A. y Santonja, F. (2013). Pruebas angulares de estimación de la flexibilidad isquiosural: descripción de los procedimientos exploratorios y valores de referencia. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 6(3), 120-128.
- Balagué, F., Troussier, B. y Salminen, J. J. (1999). Non-Specific low back pain in children and adolescents: risk factors. *European Spine Journal*, 8, 429-438. <https://doi.org/10.1007/s005860050201>
- Barrey, C., Jund, J., Nosedá, O. y Roussouly, P. (2007). Sagittal balance of the pelvis-spine complex and lumbar degenerative diseases. A comparative study about 85 cases. *European Spine Journal*, 16(9), 1459-1467. <https://doi.org/10.1007/s00586-006-0294-6>
- Becerra Fernández, A., Mayorga Vega, D. y Merino Marban, R. (2020). Effect of Physical Education-based stretching programs on hamstring extensibility in high school students: A systematic review. *Cultura, Ciencia y Deporte*, 15(43), 63-73.
- Becerra Fernandez, A. y Merino-Marban, R. (2015). Efficacy of hamstring stretching programs in schoolchildren. A systematic review. *Timisoara Physical Education and Rehabilitation Journal*, 8(15), 36-43. <https://doi.org/10.1515/tperj-2015-0015>
- Becerra Fernández, C., Merino Marban, R. y Mayorga Vega, D. (2016). Effect of a physical education-based dynamic Stretching program on hamstring extensibility In female high-school students. *Kinesiology*, 48(2), 258-266. <http://dx.doi.org/10.12800/ccd.v15i43.1400>
- Bohajar Lax, A., Vaquero Cristóbal, R., Espejo Antúnez, L. y López Miñarro, P. A. (2015). Efecto de un programa de estiramiento de la musculatura isquiosural sobre la extensibilidad isquiosural en escolares adolescentes: Influencia de la distribución semanal de las sesiones. *Nutricion Hospitalaria*, 32(3), 1241-1245. <https://doi.org/10.3305/nh.2015.32.3.9308>
- Borghuis, J., Hof, A. L. y Lemmink, K. A. P. M. (2008). The importance of sensory-motor control in providing core stability: Implications for measurement

- and training. *Sports Medicine*, 38(11), 893–916.
<https://doi.org/10.2165/00007256-200838110-00002>
- Briggs, A. M., Bragge, P., Smith, A. J., Govil, D. y Straker, L. M. (2009). Prevalence and Associated Factors for Thoracic Spine Pain in the Adult Working Population: A Literature Review. *Journal of Occupational Health*, 51(3), 177-92. <http://doi/10.1539/joh.k8007>
- Brito Hernández, L., Espinoza Navarro, O., Díaz Gamboa, J. y Lizana, P. A. (2018). Postural Evaluation and Prevalence of Hyperkyphosis and Hyperlordosis in Students of Elementary School. *International Journal of Morphology*, 36(1), 290-296. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022018000100290>
- Carrasco Poyatos, M. (2013). *Iniciación al método Pilates. Modalidad Suelo*. Diego Marín.
- Cohen, L., Kobayashi, S., Simic, M., Dennis, S., Refshauge, K. y Pappas, E. (2017). Non-radiographic methods of measuring global sagittal balance: a systematic review. *Scoliosis and Spinal Disorders*, 12(30). <http://doi/10.1186/s13013-017-0135-x>
- Cole, T. J., Donnet, M. L. y Stanfield, J. P. (1981). Weight-for-height indices to assess nutritional status - a new index on a slide rule. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 34(9), 1935-1943. <https://doi.org/10.1093/ajcn/34.9.1935>
- Cole T. J., Bellizzi M. C., Flegal K. M. y Dietz W.H. (2000). Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide: international survey. *BMJ Open Sport & Exercise Medicine*, 320(7244), 1240–1243. <https://doi.org/10.1136/bmj.320.7244.1240>
- Corvos Hidalgo, C. A. y Corvos Hidalgo, A. (2013). Parámetros antropométricos como indicadores de riesgo para la salud en universitarios. *Nutrición Clínica y Dietética Hospitalaria*, 33(2), 39–45. <https://doi.org/10.12873/3323945>
- Cresp Barría, M., Caamaño Navarrete, F., Ojeda Nahuelcura, R., Machuca Barría, C. y Carrasco Jiménez, Á. (2014). Correlación de variables antropométricas como predictor de salud, en una población de niños y adolescentes con

- síndrome de Down de Temuco, Chile. *Revista de la Facultad de Medicina*, 62(2), 193–198. <http://doi.org/10.15446/revfacmed.v62n2.45333>
- Curilem Gatica, C., Almagià Flores, A., Rodríguez Rodríguez, F., Yuing Farias, T., Berral de la Rosa, F., Martínez Salazar, C., Jorquera Aguilera, C., Bahamondes Ávila, C., Solís Urra, P., Cristi Montero, C., Bruneau Chávez, J., Pinto Aguilante, J. y Niedmann Brunet, L. (2016). Assessment body composition in children and teens: guidelines and recommendations. *Nutricion Hospitalaria*, 33(3), 734–738. <https://doi.org/10.20960/NH.285>
- Czaprowski, D., Stoliński, L., Tyrakowski, M., Kozinoga, M. y Kotwicki, T. (2018). Non-structural misalignments of body posture in the sagittal plane. *Scoliosis and Spinal Disorders*, 13(6). <https://doi.org/10.1186/s13013-018-0151-5>
- Diebo, B. G., Varghese, J. J., Lafage, R., Schwab, F. J. y Lafage, V. (2015). Sagittal alignment of the spine: What do you need to know? *Clinical Neurology and Neurosurgery*, 139, 295–301. <https://doi.org/10.1016/j.clineuro.2015.10.024>
- Esola, McClure, Fitzgerald y Siegler. (1996). Analysis of lumbar spine and hip motion during forward bending in subjects with and without a history of low back pain. *Spine*, 21(1), 71–78. <http://doi.org/10.1097/00007632-199601010-00017>
- Espada Mateos, M. y Galán, S. (2017). Evaluation of the barriers to the practice of physical and sport activities in Spanish adolescents. *Revista de Salud Pública*, 19(6), 739–743. <https://doi.org/10.15446/rsap.V19n6.66078>
- Fadaee, E., Seidi, F. y Rajabi R. (2017). The validity and reliability of spinal mouse device in measuring angle values of thoracic kyphosis and lumbar lordosis. *Journal of Shahrekord University of Medical Sciences*, 19(1), 137-147.
- Fatemi, R., Javid, M. y Najafabadi, E. M. (2015). Effects of William training on lumbosacral muscles function, lumbar curve and pain. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*, 28(3), 591–597. <https://doi.org/10.3233/BMR-150585>
- Ferrer V. (1998). *Repercusiones de la cortedad isquiosural sobre la pelvis y el raquis lumbar*. [Tesis Doctoral]. Universidad de Murcia.

- Fritz, J. M. y George, S. (2000). The use of a classification approach to identify subgroups of patients with acute low back pain: Interrater reliability and short-term treatment outcomes. *Spine*, 25(1), 106–114. <https://doi.org/10.1097/00007632-200001010-00018>
- Fundación para la Investigación Nutricional. (2006). *Informe 2006: Actividad Física en niños y adolescentes en España*. Fundación para la Investigación Nutricional (FIN). <http://www.fundacionnutricional.org/archives/8289>
- Gerber, B. P., Pienaar, A. E., Kruger, A. y Ellis, S. (2014). Interrelations between anthropometric and fitness changes during mid-adolescence in boys: A 2-year longitudinal study. *American Journal of Human Biology*, 26(5), 617–626. <https://doi.org/10.1002/ajhb.22572>
- Geserick, M., Vogel, M., Gausche, R., Lipek, T., Spielau, U., Keller, E., Pfäffle, R., Kiess, W. y Körner, A. (2018). Acceleration of BMI in Early Childhood and Risk of Sustained Obesity. *New England Journal of Medicine*, 379(14), 1303–1312. <https://doi.org/10.1056/nejmoa1803527>
- González Galvez, N. (2014). *Efectos del Método Pilates sobre la fuerza de la musculatura flexora y extensora del tronco y la flexibilidad isquiosural en estudiantes de 3º curso de Educación Secundaria Obligatoria* [Tesis doctoral]. Universidad Católica de Murcia.
- González Gálvez, N.; Carrasco Poyatos, M.; Marcos Pardo, P.J. y Feito, Y. (2014). The effect of Pilates Method in scholars trunk Strength and Hamstring Flexibility: Gender Differences. *International Journal of Medical, Health, Pharmaceutical and Biomedical Engineering*, 8(6), 348–351. <https://doi.org/10.5281/zenodo.1097357>
- González Gálvez, N., Carrasco Poyatos, M., Marcos Pardo, P.J., Vale, R. G. de S. y Feito, Y. (2015). Effects of a pilates school program on hamstrings flexibility of adolescents. *Revista Brasileira de Medicina Do Esporte*, 21(4), 302–307. <https://doi.org/10.1590/1517-869220152104145560>
- González Gálvez, N., Gea García, G. M. y Marcos Pardo, P. J. (2019). Effects of exercise programs on kyphosis and lordosis angle: A systematic review

- and meta-analysis. *PLoS ONE*, 14(4), e0216180. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0216180>
- González Gálvez, N., Marcos Pardo, P. J. y Carrasco Poyatos, M. (2019). Functional improvements after a pilates program in adolescents with a history of back pain: A randomised controlled trial. *Complementary Therapies in Clinical Practice*, 35, 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.ctcp.2019.01.006>
- González-Gálvez, N. y Baranda, P. S. de (2011). El Método Pilates y la columna vertebral. *Revista Wanceulen E.F. Digital*, 8, 77-93.
- González Gálvez, N., Vaquero Cristóbal, R., López Vivancos, A., Albaladejo Saura, M. y Marcos Pardo, P. J. (2020). Back pain related with age, anthropometric variables, sagittal spinal curvatures, hamstring extensibility, physical activity and health related quality of life in male and female high school students. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(19), 7293. <https://doi.org/10.3390/ijerph17197293>
- González Jiménez, E., Montero Alonso, M. A. y Schmidt Rio, J. (2013). Estudio de la utilidad del índice de cintura-cadera como predictor del riesgo de hipertensión arterial en niños y adolescentes. *Nutrición Hospitalaria*, 28(6), 1993–1998. <https://doi.org/10.3305/nh.2013.28.6.6653>
- Guermazi, M., Ghroubi, S., Kassis, M., Jaziri, O., Keskes, H., Kessomtini, W., Ben Hammouda, I. y Elleuch, M.H. (2006). Validité et reproductibilité du Spinal Mouse pour l'étude de la mobilité en flexion du rachis lombaire. *Annales de réadaptation et de médecine physique*, 49, 172–177. <http://doi/10.1016/j.annrmp.2006.03.001>
- Hall, D. M. B. y Cole, T. J. (2006). What use is the BMI? *Archives of Disease in Childhood*, 91(4), 283–286. <https://doi.org/10.1136/adc.2005.077339>
- Henderson, G., Barnes, C. A. y Portas, M. D. (2010). Factors associated with increased propensity for hamstring injury in English Premier League soccer players. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 13(4), 397–402. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2009.08.003>

- Hernández Andreo, L., Gómez López, M., Carrasco Poyatos, M. y Baena Extremera, A. (2011). El Pilates como alternativa saludable a los contenidos tradicionales de las clases de Educación Física en Primaria. *Cuadernos del Profesorado*, 4(8), 77-92. <https://doi.org/10.25115/ecp.v4i8.1018>
- Hills, A. P., King, N. A. y Armstrong, T. P. (2007). The contribution of physical activity and sedentary behaviours to the growth and development of children and adolescents: Implications for overweight and obesity. *Sports Medicine*, 37(6), 533–545. <https://doi.org/10.2165/00007256-200737060-00006>
- Hosseinfar, M., Ghiasi, F., Akbari, A. y Ghorbani, M. (2017). The effect of stabilization exercises on lumbar lordosis in patients with low back pain. *Annals of Tropical Medicine and Public Health*, 10(6), 1779. https://doi.org/10.4103/atmph.atmph_654_17
- IDIAG M360® (2018). *What do the reference values of the Idiag M360 relate to?* Munich, Alemania. <https://www.idiag.ch/en/idiag-m360-en/>
- Jackson Leach, R. y Lobstein, T. (2006). Estimated burden of paediatric obesity and co-morbidities in Europe. Part 1. the increase in the prevalence of child obesity in Europe is itself increasing. *International Journal of Pediatric Obesity*, 1(1), 26–32. <https://doi.org/10.1080/17477160600586614>
- Jones, M. A., Stratton, G., Reilly, T. y Unnithan, V. B. (2005). Biological risk indicators for recurrent non-specific low back pain in adolescents. *British Journal of Sports Medicine*, 39(3), 137-140. <https://doi.org/10.1136/bjism.2003.009951>
- Junges, J.; Dias Molina, R.; Sartori, G.; Ferreira, L. y da Silva, F. (2017). Change in pressure expiratory with the use of the method Pilates in adult women with hyperkyphosis. *Fisioterapia Brasil*, 18(5), 643–649. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Kamali, F., Shirazi, S. A., Ebrahimi, S., Mirshamsi, M. y Ghanbari, A. (2016). Comparison of manual therapy and exercise therapy for postural hyperkyphosis: A randomized clinical trial. *Physiotherapy Theory and Practice*, 32(2), 92–97. <https://doi.org/10.3109/09593985.2015.1110739>

- Kao, Y. H., Liou, T. H., Huang, Y. C., Tsai, Y. W. y Wang, K. M. (2015). Effects of a 12-Week Pilates Course on Lower Limb Muscle Strength and Trunk Flexibility in Women Living in the Community. *Health Care for Women International*, 36(3), 303-319. <https://doi.org/10.1080/07399332.2014.900062>
- Katzman, W. B., Parimi, N., Gladin, A., Poltavskiy, E. A., Schafer, A. L., Long, R. K., Fan, B., Wong, S. S. y Lane, N. E. (2017). Sex differences in response to targeted kyphosis specific exercise and posture training in community-dwelling older adults: A randomized controlled trial. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 18(1), 509. <https://doi.org/10.1186/s12891-017-1862-0>
- Katzman, W. B., Vittinghoff, E., Lin, F., Schafer, A., Long, R. K., Wong, S., Gladin, A., Fan, B., Allaire, B., Kado, D. M. y Lane, N. E. (2017). Targeted spine strengthening exercise and posture training program to reduce hyperkyphosis in older adults: results from the study of hyperkyphosis, exercise, and function (SHEAF) randomized controlled trial. *Osteoporosis International*, 28(10), 2831-2841. <https://doi.org/10.1007/s00198-017-4109-x>
- Kellis, E., Adamou, G., Tziliou, G. y Emmanouilidou, M. (2008). Reliability of spinal range of motion in healthy boys using a skin-surface device. *Journal of manipulative and physiological therapeutics*, 31, 570-576. <https://doi.org/10.1016/j.jmpt.2008.09.001>
- Ko, K. J., Ha, G. C., Yook, Y. S. y Kang, S. J. (2018). Effects of 12-week lumbar stabilization exercise and sling exercise on lumbosacral region angle, lumbar muscle strength, and pain scale of patients with chronic low back pain. *Journal of Physical Therapy Science*, 30(1), 18-22. <https://doi.org/10.1589/jpts.30.18>
- Kraus, H. y Hirschland, R. P. (1954). Minimum muscular fitness tests in school children. *Research Quarterly. American Association for Health, Physical Education and Recreation*, 25(2), 178-188. <https://doi.org/10.1080/10671188.1954.10624957>
- Kuo, Y.L., Tully, E. A. y Galea, M. P. (2009). Sagittal spinal posture after Pilates-based exercise in healthy older adults. *Spine*, 34(10), 1046-1051. <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e31819c11f8>

- Martins, R., Abade, E., Viana, J. V. y Marcelino, R. (2017). The influence of height on a 10 week flexibility program applied in physical education classes. *Journal of Sport Pedagogy and Research*, 3(2), 27–31.
- Mata Meneses, E., Moya Sifontes, M. Z., Córdova, M. y Bauce, G. (2007). Prospective study on the anthropometrical variables of body dimension and composition in primary school children. Caracas. Venezuela. *Nutrición hospitalaria*, 22(4), 478–486.
- Mayorga Vega, D., Merino Marban, R. y Viciania, J. (2014). Criterion-Related Validity of Sit-and-Reach Tests for Estimating Hamstring and Lumbar Extensibility: a Meta-Analysis. *Journal of sports science & medicine*, 13(1), 1–14.
- Mayorga Vega, D., Viciania, J., Cocca, A. y Merino-Marban, R. (2014). Criterion-related validity of toe-touch test for estimating hamstring extensibility: A metaanalysis. *Journal Of Human Sport & Exercise*, 9(1), 188-200. <http://doi/10.4100/jhse.2014.91.18>
- Merino Marban, R., Mayorga Vega, D., Fernández Rodríguez, E., Estrada, F. V. y Viciania, J. (2015). Effect of a physical education-based stretching programme on sit-and-reach score and its posterior reduction in elementary schoolchildren. *European Physical Education Review*, 21(1), 83–92. <https://doi.org/10.1177/1356336X14550942>
- Miyamoto, G. C., Franco, K. F. M., van Dongen, J. M., Franco, Y. R. dos S., de Oliveira, N. T. B., Amaral, D. D. V., Branco, A. N. C., da Silva, M. L., van Tulder, M. W. y Cabral, C. M. N. (2018). Different doses of Pilates-based exercise therapy for chronic low back pain: a randomised controlled trial with economic evaluation. *British Journal of Sports Medicine*, 52(13), 859-868. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2017-098825>
- Montesinos Correa, H. (2014). Crecimiento y antropometría: aplicación clínica growth and anthropometry: clinical application. *Acta pediátrica de México*, 35(2), 159-165.

- Moreira, R., Akagi, F., Wun, P., Moriguchi, C. y Sato, T. (2012). Effects of a school based exercise program on children's resistance and flexibility. *Work*, 41(1), 922-928. <https://doi.org/10.3233/WOR-2012-0264-922>
- Muyor, J. M. y Arrabal Campos, F. M. (2016). Effects of Acute Fatigue of the Hip Flexor Muscles on Hamstring Muscle Extensibility. *Journal of Human Kinetics*, 53, 23-31. <https://doi.org/10.1515/hukin-2016-0007>
- Muyor Rodríguez, J. M., López Miñarro, P.A. y Alacid Cárceles, F. (2012). Valoración del raquis torácico, lumbar e inclinación pélvica en ciclistas de categoría élite y máster 30. *Apunts Educación Física y Deportes*, 108, 17-25. [https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2012/2\).108.02](https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2012/2).108.02)
- Muyor, J.M., Alacid, F., Rodríguez García, P. L. y López Miñarro, P. A. (2012). Influencia de la extensibilidad isquiosural en la morfología sagital del raquis e inclinación pélvica en deportistas. *International Journal of Morphology*, 30(1), 176-181. <https://doi.org/10.4067/S0717-95022012000100031>
- Muyor, J. M., López Miñarro, P. A. y Casimiro, A. J. (2012). Effect of stretching program in an industrial workplace on hamstring flexibility and sagittal spinal posture of adult women workers: A randomized controlled trial. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*, 25(3), 161-169. <https://doi.org/10.3233/BMR-2012-0323>
- Muyor, J. M.; Vaquero Cristóbal, R.; Alacid, F. y López Miñarro, P. A. (2014). Criterion-related validity of sit-and-reach and toe-touch tests as a measure of hamstring extensibility in athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(2), 546-555. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31829b54fb>
- Muyor, J. M., Zemková, E., Štefániková, G. y Kotyra, M. (2014). Concurrent Validity of Clinical Tests for Measuring Hamstring Flexibility in School Age Children. *International Journal of Sports Medicine*, 35, 664-669. <http://doi/10.1055/s-0033-1353217>
- McGill, S. M., Grenier, S., Kavcic, N. y Cholewicki, J. (2003). Coordination of muscle activity to assure stability of the lumbar spine. *Journal of*

- Electromyography and Kinesiology*, 13(4), 353–359.
[https://doi.org/10.1016/S1050-6411\(03\)00043-9](https://doi.org/10.1016/S1050-6411(03)00043-9)
- Ning, Y., Yang, S., Evans, R. K., Stern, M., Sun, S., Francis, G. L. y Wickham, E. P. (2014). Changes in body anthropometry and composition in obese adolescents in a lifestyle intervention program. *European Journal of Nutrition*, 53(4), 1093–1102. <https://doi.org/10.1007/s00394-013-0612-9>
- Nilsson, C., Wykman, A. y Leanderson, J. (1993). Spinal sagittal mobility and joint laxity in young ballet dancers. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 1(3-4), 206-208. <https://doi.org/10.1007/bf01560208>
- Noll, M., Candotti, C. T., da Rosa, B. N., do Valle, M. B., Antonioli, A., Vieira, A. y Loss, J. F. (2017). High prevalence of inadequate sitting and sleeping postures: A three-year prospective study of adolescents. *Scientific Reports*, 7(1), 1–6. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-15093-2>
- Larsen, M. N., Nielsen, C. M., Helge, E. W., Madsen, M., Manniche, V., Hansen, L., Hansen, P. R., Bangsbo, J. y Krstrup, P. (2018). Positive effects on bone mineralisation and muscular fitness after 10 months of intense school-based physical training for children aged 8-10 years: The FIT FIRST randomised controlled trial. *British Journal of Sports Medicine*, 52(4), 254–260. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096219>
- Li, Y., McClure, P. W. y Pratt, N. (1996). The effect of hamstring muscle stretching on standing posture and on lumbar and hip motions during forward bending. *Physical Therapy*, 76(8), 836–845. <https://doi.org/10.1093/ptj/76.8.836>
- López Miñarro, P. A. (2010). *Fortalecimiento lumbo-abdominal en la estabilidad de la columna vertebral*. <https://digitum.um.es/digitum/bitstream/10201/5245/1/fortalecimiento%20de%20la%20musculatura%20del%20tronco.pdf>
- López Miñarro, P. A. y Alacid, F. (2010). Influence of hamstring muscle extensibility on spinal curvatures in young athletes. *Science and Sports*, 25(4), 188–193. <https://doi.org/10.1016/j.scispo.2009.10.004>

- López Miñarro, P. A., Andújar, P. S. de B. y Rodríguez-García, P. L. (2009). A comparison of the sit-and-reach test and the back-saver sit-and-reach test in university students. *Journal of Sports Science and Medicine*, 8(1), 116–122.
- López Miñarro, P.A., Ferragut Fiol, C., Alacid Cárceles, F., Yuste Lucas, J.L. y García Ibarra, A. (2008). Validez de los test dedos-planta y dedos-suelo para la valoración de la extensibilidad isquiosural en piragüistas de categoría infantil. *Apunts Medicina de l'esport*, 157, 24-9.
- López Miñarro, P. A., Muyor, J. M. y Alacid, F. (2011). Validity of sit-and-reach tests as measures of hamstring extensibility in older women. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de La Actividad Física y Del Deporte / International Journal of Medicine and Science of Physical Activity and Sport*, 11(43), 564–572.
- López Miñarro, P. A., Muyor, J., Belmonte, F. y Alacid, F. (2012). Acute effects of hamstring stretching on sagittal spinal curvatures and pelvic tilt. *Journal of Human Kinetics*, 31(1), 69-78. <https://doi.org/10.2478/v10078-012-0007-7>
- López Miñarro, P. A., Rodríguez García, P. L. y Santonja Medina, F. (2010). Lumbar posture during the triceps overhead extension exercise. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de La Actividad Fisica y Del Deporte*, 10(37), 138–149.
- López Miñarro, P. A., Vaquero Cristóbal, R., Alacid, F., Isorna, M. y Muyor, J. M. (2017). Comparison of sagittal spinal curvatures and pelvic tilt in highly trained athletes from different sport disciplines. *Kinesiology*, 49(1), 109–116. <https://doi.org/10.26582/k.49.1.2>
- López Miñarro, P. A., Vaquero Cristóbal, R., Muyor, J. M., Alacid, F. e Isorna, M. (2012). Validez de criterio del test sit-and-reach como medida de la extensibilidad isquiosural en piragüistas. *Cultura, Ciencia y Deporte*, 7, 95-101. <https://doi.org/10.12800/ccd.v7i20.55>
- López, B., Muñoz, M. y Olivares, J. (2017). Efectividad de la implementación del ejercicio terapéutico específico “Método Pilates” en el programa de la asignatura de Educación Física. In ASUNIVEP (Ed.), *Conocimientos, investigación y prácticas en el campo de la salud*, 190–97).

<https://formacionasunivep.com/files/publicaciones/LIBRO%207%20FINAL.pdf>

- de Oliveira F., C., de Almeida, A. y Gorges, B. (2015). Effects of Pilates method in elderly people: Systematic review of randomized controlled trials. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 19(3), 500–508. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2015.03.003>
- Oviedo, G., Sánchez, J., Castro, R., Calvo, M., Carlos Sevilla, J., Iglesias, A. y Guerra, M. (2013). Niveles de actividad física en población adolescente: estudio de caso. *RETOS. Nuevas tendencias en Educación Física, Deporte y Recreación*, 23(1o), 43–47. <https://www.redalyc.org/pdf/3457/345732289009.pdf>
- Park, J. H., Mun, S., Choi, D. P., Lee, J. Y. y Kim, H. C. (2019). Association between changes in anthropometric indices and in fasting insulin levels among healthy Korean adolescents: The JS high school study. *Diabetes and Metabolism Journal*, 43(2), 183–191. <https://doi.org/10.4093/dmj.2018.0034>
- Pastor Clemente, A. (1999). *Estudio del morfotipo sagital de la columna y de la extensibilidad de la musculatura isquiosural de jóvenes nadadores de élite españoles*. [Tesis doctoral] Universidad de Murcia. <https://digitum.um.es/digitum/handle/10201/32015>
- Polonsky, K. y Burant, C. (2017). *Diabetes Mellitus tipo 2*. Williams, Tratado de Endocrinología, 13ra Ed, Elsevier, 31, 1386-1450.
- Pozo Pozo, D., del Toro-Cámbara, A., Cuba Pasos, Y., Monzón Tamargo, M., Pita Valdés, A. y Díaz Calzada, M. (2021). Estudio nutricional y variables antropométricas en adolescentes del Policlínico Universitario "Luis Augusto Turcios Lima. *Revista de Ciencias Médicas de Pinar Del Río*, 25(4).
- Puche, R. C. (2005). Índice de masa corporal y los razonamientos de un astrónomo. *Medicina*, 65, 361-365.
- Ramos, P., Jiménez Iglesias, A., Rivera, F. y Moreno, C. (2016). Evolución de la práctica de la actividad física en los adolescentes españoles. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de La Actividad Física y Del Deporte*, 16(62), 335–353. <https://doi.org/10.15366/rimcafd2016.62.010>

- Rebato, E., Barcina, P. y Jelenkovic, A. (2015). Relaciones de correlación entre variables antropométricas en jóvenes universitarios. *Revista Española de Antropología Física*, 36, 1–12.
- Rejeski, J., Edward H., Bertoni, A., Bray, G., Evans, G., Gregg, E. y Zhang, Q. (2012). Lifestyle Change and Mobility in Obese Adults with Type 2 Diabetes. *NEJM*, 366, 1209–1217. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1110294>
- Robbins, M., Johnson, I. P. y Cunliffe, C. (2009). Encouraging good posture in school children using computers. *Clinical Chiropractic*, 12(1), 35–44. <https://doi.org/10.1016/j.clch.2009.03.003>
- Rodríguez Montero, A., Ureña Bonilla, P., Blanco Romero, L., Sánchez Ureña, B. y Salas Cabrera, J. (2014). Indicadores antropométricos y fisiológicos de la salud en trabajadores de diferentes empresas costarricenses. *Revista Costarricense de Salud Pública*, 23(1), 25–31.
- Rodríguez, P. y Santonja, F. (2001). Repercusiones posturales con los estiramientos en flexión de tronco y las pruebas de distancia dedos-planta y distancia dedos-suelo. *Apunts Educación Física y Deportes*, 65, (64-70).
- Rodríguez García, P., Santonja Medina, F., Canteras Jordana, M., Delgado Fernández, M., Fernández Piñera, J. y Balasobre Marín, J. (1999). Mejora de la extensibilidad isquiosural tras un programa escolar de estiramientos. *Selección*, 8(4), 157–164.
- Rodríguez, P. L., Santonja, F. M., López Miñarro, P. A., Sáinz de Baranda, P. y Yuste, J. L. (2008). Effect of physical education stretching programme on sit-and-reach score in schoolchildren. *Science and Sports*, 23(3–4), 170–175. <https://doi.org/10.1016/j.scispo.2007.12.013>
- Rosell, L. R., Ángeles, M. y Alfonso, S. (2014). Educación Física y promoción de la salud: estrategias de intervención en la escuela Physical Education and health promotion: strategies of intervention in the school. *Retos. Nuevas Tendencias En Educación Física, Deporte y Recreación*, 25(1), 186–191. <https://doi.org/10.47197/retos.v0i25.34510>
- Royo Bordonada, M. A., Armario, P., Lobos Bejarano, J. M., Pedro Botet, J., Villar Alvarez, F., Elosua, R., Brotons Cuixart, C., Cortés, O., Serrano, B.,

- Cammafort Babkowski, M., Gil Núñez, A., Pérez, A., Maiques, A., de Santiago Nocito, A., Castro, A., Alegría, E., Baeza, C., Herranz, M., Sans, S. y Campos, P. (2017). Adaptación española de las guías europeas de 2016 sobre prevención de la enfermedad cardiovascular en la práctica clínica. *Hipertensión y riesgo vascular*, 34(1), 24-40. <https://doi.org/10.1016/j.hipert.2016.11.006>
- Rydén, L., Grant, P. J., Anker, S. D., Berne, C., Cosentino, F., Danchin, N., Deaton, C., Escaned, J., Hammes, H.P., Huikuri, H., Marre, M., Marx, N., Mellbin, L., Ostergren, J., Patrono, C., Seferovic, P., Sousa Uva, M., Taskinen, M.-R., Tendera, M., ... Xuereb, R. G. (2014). Guía de práctica clínica de la ESC sobre diabetes, prediabetes y enfermedad cardiovascular, en colaboración con la European Association for the Study of Diabetes. *Revista Española de Cardiología*, 67(2), 136.e1-136.e56. <https://doi.org/10.1016/j.recesp.2013.10.015>
- Ryder, J. R., Jacobs, D. R., Sinaiko, A. R., Kornblum, A. P. y Steinberger, J. (2019). Longitudinal Changes in Weight Status from Childhood and Adolescence to Adulthood. *Journal of Pediatrics*, 214, 187-192.e2. <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2019.07.035>
- Topalidou, A., Tzagarakis, G., Souvatzis, X., Kontakis, G. y Katonis, P. (2014). Evaluation of the reliability of a new non-invasive method for assessing the functionality and mobility of the spine. *Acta of Bioengineering and Biomechanics* 16(1), 117-124. <http://doi/10.5277/abb140114>
- Sadler, S. G., Spink, M. J., Ho, A., de Jonge, X. J. y Chuter, V. H. (2017). Restriction in lateral bending range of motion, lumbar lordosis, and hamstring flexibility predicts the development of low back pain: A systematic review of prospective cohort studies. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 18(1), 179. <https://doi.org/10.1186/s12891-017-1534-0>
- Sainz de Baranda, P., (2009). El trabajo de la flexibilidad en educación física: Programa de intervención. *Cultura, Ciencia y Deporte*, 4(10), 33-38. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=163013094006>
- Sainz De Baranda, P., López Miñarro, P. A., Martínez Almagro, A., Cejudo Palomo, A. y Rodríguez Ferrán. (2005). Valoración de la musculatura

- isquiosural en personas mayores. *Revista Española de Geriatria y Gerontologia*, 40(2), 31–35. [https://doi.org/10.1016/S0211-139X\(05\)75083-6](https://doi.org/10.1016/S0211-139X(05)75083-6)
- Santonja, F., Ferrer, V. y Martínez, I. (1995). Exploración clínica del síndrome de isquiosurales cortos. *Ortopedia y deporte*, 4(2), 81-91.
- Santonja Medina, F. (1993). *Exploración clínica y radiográfica del raquis sagital: sus correlaciones*. [Tesis doctoral] Universidad de Murcia. <https://digitum.um.es/digitum/handle/10201/32472>
- Santonja, F., Sainz De Baranda, P. y López-Miñarro, P. A. (2004). Papel del profesor de educación física ante las desalineaciones de la columna vertebral Is there a relation between function and the spine posture/movement possibilities? View project Weightlifting overhead pressing derivatives View project. *Selección*, 13(1), 5–17.
- Sedrez, J.A., Candotti, C.T., Furlanetto, T.S. y Loss J.F. (2016). Non-invasive postural assessment of the spine in the sagittal plane: a systematic review. *Motricidade*, 12(2), 140-154. <http://doi/10.6063/motricidade.6470>
- Sedrez, J. A., da Rosa, M. I. Z., Noll, M., Medeiros, F. D. S. y Candotti, C. T. (2015). Risk factors associated with structural postural alterations on the spine of children and adolescents. *Revista Paulista de Pediatria*, 33(1), 72–81. <https://doi.org/10.1016/j.rpped.2014.11.012>
- Sengupta, D. K. (2014). Spinopelvic Balance. *JBJS Reviews*, 2(8), e4. <https://doi.org/10.2106/jbjs.rvw.m.00115>
- Serra Majem, L., Ribas Barba, L., Aranceta Bartrina, J., Pérez Rodrigo, C., Saavedra Santana, P. y Peña Quintana, L. (2003). Childhood and adolescent obesity in Spain. Results of the enKid study (1998-2000). *Medicina Clinica*, 121(19), 725–732. [https://doi.org/10.1016/s0025-7753\(03\)74077-9](https://doi.org/10.1016/s0025-7753(03)74077-9)
- Sheir Neiss, G. I., Kruse, R. W., Rahman, T., Jacobson, L. P. y Pelli, J. A. (2003). The Association of Backpack Use and Back Pain in Adolescents. *Spine*, 28(9), 922–930. <https://doi.org/10.1097/01.BRS.0000058725.18067.F7>

- Stewart, A., Marfell Jones, M., Olds, T. y de Ridder, H. (2011). *International standards for anthropometric assessment*. Portsmouth: International Society for Advancement in Kinanthropometry.
- Syme, C., Abrahamowicz, M., Leonard, G. T., Perron, M., Richer, L., Veillette, S., Xiao, Y., Gaudet, D., Paus, T. y Pausova, Z. (2003). Sex Differences in Blood Pressure and Its Relationship to Body Composition and Metabolism in Adolescence. *Archives of pediatrics & adolescent medicine*, 163(9), 818–825. <https://doi.org/10.1001/archpediatrics.2009.92>
- Vaquero Cristóbal, R. (2017). *Efectos de la práctica del método Pilates en la antropometría, imagen corporal, disposición sagital del raquis y extensibilidad isquiosural* [Tesis doctoral]. Universidad Católica de Murcia. <https://www.educacion.gob.es/teseo/imprimirFicheroTesis.do?idFichero=g08pOj01B%2Fk%3D>
- Vaquero Cristóbal, R., García Roca, J. A., Albaladejo, M., Fernández Alarcón, M. y Esparza-Ros, F. (2019). Evolution in anthropometric variables related to training and nutritional parameters in ultra-endurance mountain runners. *Nutricion Hospitalaria*, 36(3), 706–713. <https://doi.org/10.20960/nh.2333>
- Vaquero Cristóbal, R.; López Miñarro, P.; Alacid, F. y Esparza Ros, F. (2015). Efectos del método Pilates sobre la extensibilidad isquiosural, la inclinación pélvica y la flexión del tronco. *Nutricion Hospitalaria*, 32(5), 1967–1986. <https://doi.org/10.3305/nh.2015.32.5.9678>
- Vaquero Cristóbal, R., López Miñarro, P. A., Cárceles, F. A. y Esparza Ros, F. (2015). The effects of the pilates method on hamstring extensibility, pelvic tilt and trunk flexion. *Nutricion Hospitalaria*, 32(5), 1967-1986. <https://doi.org/10.3305/nh.2015.32.5.9678>
- Vidal Barbier, M., Vidal Almiñana, T., Almela Zamorano, M. y Vidal Almiñana, M. (2011). El acortamiento de los isquiosurales. *Apunts Educación Física y Deportes*, 105, 44–50. [https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2011/3\).105.05](https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2011/3).105.05)

- Warburton, D. E. R., Nicol, C. W. y Bredin, S. S. D. (2006). Review Health benefits of physical activity: the evidence. *Canadian Medical Association Journal*, 174(6), 801–809. <https://doi.org/10.1503/cmaj.051351>
- Widhe, T. (2001). Spine: Posture, mobility and pain. A longitudinal study from childhood to adolescence. *European Spine Journal*, 10(2), 118–123. <https://doi.org/10.1007/s005860000230>
- World Health Organization (2008). *Waist Circumference and Waist-Hip Ratio: Report of a WHO Expert Consultation*. https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/44583/9789241501491_eng.pdf;jsessionid=E7FD013658581BCE7C44F827A5E53971?sequence=1
- Yazici, A. G. y Mohammadi, M. (2017). The effect of corrective exercises on the thoracic kyphosis and lumbar lordosis of boy students. *Turkish Journal of Sport and Exercise*, 20, 177–181. <https://doi.org/10.15314/tsed.293311>

XI-ANEXOS

Anexo I. Consentimiento informado

CONSENTIMIENTO INFORMADO

DOCUMENTO DE INFORMACIÓN PARA EL ALUMNO, PADRES, MADRES Y/O TUTORES

1.- CONSIDERACIONES GENERALES

Este documento sirve para que usted, o quien lo represente, dé su consentimiento para su participación en este proyecto de investigación. Eso significa que nos autoriza a realizar aquellos procedimientos necesarios para llevar a cabo el estudio.

2.- PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Proyecto Alineación del Raquis y Pilates en la Escuela (ARPE)

El contexto escolar es una plataforma excepcional para el desarrollo de programas tendentes a la mejora de hábitos de salud en los escolares. Con este objetivo, dentro del currículo de Educación Secundaria, en la materia de Educación Física se encuentra el bloque de contenidos Condición Física orientado a la Salud, siendo la materia que responde de forma más directa al tratamiento de aspectos referidos a la salud.

Entre los contenidos que tratan la salud, destacar el trabajo de la postura, debido a que es durante esta etapa cuando se inician y se consolidan los cambios en el desarrollo del individuo (ontogenia). Teniendo en cuenta que el dolor de espalda es un problema que ha crecido entre los adolescentes, las alteraciones que afectan negativamente al desarrollo corporal equilibrado y saludable (escoliosis, hipercifosis, cifosis lumbar...) se considera necesaria la implantación de programas de mejorar de la postura en edades tempranas.

Por ello, y con el objetivo de mejorar los hábitos posturales de los escolares, desde el departamento de Educación Física del Colegio Narval, nos hemos vinculado a un proyecto de

investigación que se nutre de ejercicios del Método Pilates como medio para el desarrollo de una buena higiene postural.

De esta manera, durante las sesiones de Educación Física del curso académico 2017-2018, su hijo, si forma parte del grupo experimental, práctica en las clases de Educación Física, sin alterar su dinámica general, ejercicios del Método Pilates, diseñados para una correcta disposición postural, teniendo en cuenta que la fuerza-resistencia de la musculatura que envuelve el torso y una buena flexibilidad repercuten en la actitud de la columna vertebral.

Se administrarán una serie de pruebas antes de comenzar el programa. Las mismas volverán a administrarse a mitad y al final del curso, durante las sesiones habituales de Educación Física sin alterar el horario del alumno.

3.- OBJETIVO, MÉTODOS A UTILIZAR

- *Analizar el efecto de un programa de Pilates sobre la disposición sagital del raquis y la flexibilidad en una población adolescente,*

4.- PROCEDIMIENTOS A LOS QUE SE VA A SOMETER

Valoración de la disposición sagital del raquis: La medición de las curvas sagitales del raquis se realizará con un Spinal Mouse System® (Idiag, Fehrltdorf, Switzerland). Este inclinómetro se considera una técnica sencilla y no invasiva para registrar las curvas de la disposición frontal y sagital del raquis. Sus datos se transmiten por medio de bluetooth a un ordenador para poder utilizar y gestionarlos de manera práctica.



Figura 2. Imágenes de muestra del instrumento de medición y de la medición de la disposición

sagital del raquis

Peso y talla: El peso y la talla serán medidos con una báscula médica digital Seca 220k con tallímetro.

Otros procedimientos para los que pedimos su consentimiento: En algunos casos es necesaria la toma de imágenes, como fotos o videos. Sirven para documentar mejor el caso. También pueden usarse para fines docentes de difusión del conocimiento científico. En cualquier caso, serán usadas si usted da su autorización. Su identidad siempre será preservada de forma confidencial.

5.- USO DE LOS DATOS DERIVADOS DEL ESTUDIO

Los datos derivados del estudio sólo se utilizarán para fines científicos o docentes.

Le informamos de que los datos de carácter personal recabados serán incorporados a un fichero titularidad de UNIVERSIDAD CATÓLICA SAN ANTONIO DE MURCIA, necesario para la correcta gestión del Proyecto de Investigación "ALINEACIÓN DEL RAQUIS Y PILATES EN LA ESCUELA (ARPE)". Así mismo, le informamos de que solo se recogerán los datos estrictamente necesarios para la realización del mismo y que éstos no se comunicarán a terceros ajenos al Proyecto de Investigación, salvo en los supuestos legalmente previstos.

De acuerdo con lo dispuesto en la Ley Orgánica 15/1999, de Protección de Datos de Carácter Personal, en cualquier momento usted puede ejercitar sus derechos de acceso, rectificación, cancelación y oposición, enviando una solicitud por escrito acompañada de una fotocopia de documento oficial que lo identifique a la Universidad Católica San Antonio de Murcia, Avenida de los Jerónimos, 135, 30107 Guadalupe (Murcia).

Por tanto, se precisa consentimiento informado de padre/madre/tutor de los alumnos de Educación Secundaria Obligatoria que van a formar parte del programa, tanto como grupo control como grupo experimental.

Yo, D./D^a _____, padre/madre/tutor de
_____, de _____ (curso y grupo) indico
que:

- *He leído la información que consta en el presente consentimiento informado.*
- *Presto mi consentimiento a la administración de los test a mi hijo/tutelado.*
- *Presto consentimiento al tratamiento de los datos que deriven del presente proyecto y referidos a mi hijo/tutelado, con fines estadísticos, científicos o docentes, lo cual se llevará a cabo mediante procesos adecuados de disociación de datos que impidan su identificación.*
- *Presto consentimiento a la toma de imágenes (fotos y/o vídeos) de mi hijo/tutelado a efectos de documentar el caso durante la realización del Estudio y para fines docentes de difusión del conocimiento científico del presente Proyecto de Investigación “ALINEACIÓN DEL RAQUIS Y PILATES EN LA ESCUELA (ARPE)”*

Firma del padre/madre/tutor y fecha