



UNIVERSIDAD DE MURCIA

**DEPARTAMENTO DE ACTIVIDAD FÍSICA Y
DEPORTE**

Valoración del Plano Sagital de la Columna
Vertebral y la Extensibilidad de la Musculatura
Isquiosural en Gimnastas de Trampolín

D^a María Rodríguez Iniesta

2015



UNIVERSIDAD DE MURCIA

Departamento de Actividad Física y Deporte

Valoración del Plano Sagital de la Columna Vertebral y
la Extensibilidad de la Musculatura Isquiosural en
Gimnastas de Trampolín

Tesis para optar al grado de Doctor presentada por:

María Rodríguez Iniesta

Directores:

Dra. Pilar Sainz de Baranda Andújar

Dr. Fernando Santonja Medina

Dr. Francisco Ayala Rodríguez

2015



UNIVERSIDAD DE MURCIA

DEPARTAMENTO DE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y DEL DEPORTE

Facultad de Ciencias del Deporte

María del Pilar Sainz de Baranda Andújar

Doctora en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte y
Profesora Contratada Doctor del Departamento de
Actividad Física y Deporte de la Universidad de Murcia

AUTORIZA:

La presentación de la Tesis Doctoral titulada: **“Valoración del Plano Sagital de la Columna Vertebral y la Extensibilidad de la Musculatura Isquiosural en Gimnastas de Trampolín”**, realizada por D^a María Rodríguez Iniesta, bajo mi inmediata dirección y supervisión en el Departamento de Actividad Física y del Deporte, para la obtención del Grado de Doctor por la Universidad de Murcia.

Y, para que surta los efectos oportunos al interesado, firmo la presente en Murcia, a tres de noviembre de dos mil quince.

Fdo: D^a. María del Pilar Sainz de Baranda Andújar



UNIVERSIDAD DE MURCIA

DEPARTAMENTO DE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y DEL DEPORTE

Facultad de Ciencias del Deporte

Fernando M. Santonja Medina

Doctor en Medicina y Cirugía y Profesor Titular del
Departamento de Cirugía, Pediatría, Obstetricia y Ginecología de
la Universidad de Murcia

AUTORIZA:

La presentación de la Tesis Doctoral titulada: **“Valoración del Plano Sagital de la Columna Vertebral y la Extensibilidad de la Musculatura Isquiosural en Gimnastas de Trampolín”**, realizada por D^a María Rodríguez Iniesta, bajo mi inmediata dirección y supervisión en el Departamento de Actividad Física y del Deporte, para la obtención del Grado de Doctor por la Universidad de Murcia.

Y, para que surta los efectos oportunos al interesado, firmo la presente en Murcia, a tres de noviembre de dos mil quince.

Fdo: Fernando M. Santonja Medina



UNIVERSIDAD DE MURCIA

DEPARTAMENTO DE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y DEL DEPORTE

Área de Didáctica de la Expresión Corporal

Facultad de Ciencias de la actividad Física y del Deporte

Francisco Ayala Rodríguez

Doctor en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte y Profesor
Ayudante Doctor del Departamento de Psicología de la Salud de la Universidad Miguel
Hernández de Elche

AUTORIZA:

La presentación de la Tesis Doctoral titulada: **“Valoración del Plano Sagital de la Columna Vertebral y la Extensibilidad de la Musculatura Isquiosural en Gimnastas de Trampolín”**, realizada por D^a María Rodríguez Iniesta, bajo mi inmediata dirección y supervisión en el Departamento de Actividad Física y del Deporte, para la obtención del Grado de Doctor por la Universidad de Murcia.

Y, para que surta los efectos oportunos al interesado, firmo la presente en Murcia, a tres de noviembre de dos mil quince.

Fdo: Francisco Ayala Rodríguez

Dedicado a mis padres, Dña. Rosario Iniesta Rodríguez y D. Carlos Rodríguez Graells, pilares fundamentales en mi vida, quienes han velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo en los momentos más difíciles.

Gracias a esas personas importantes en mi vida, que siempre estuvieron ahí para brindarme su ayuda para poder luchar por un sueño, motivarme y darme la mano cuando sentía que perdía el camino. Con todo mi cariño esta tesis se la dedico a:

Mi familia.
Mis amigas y amigos.
Mis profesores.

AGRADECIMIENTOS

En este apartado quisiera mencionar a todas aquellas personas e instituciones que han hecho posible la realización de este trabajo de investigación. Por ello, para mí es un verdadero placer utilizar este espacio para expresar mi más sincero agradecimiento.

Debo agradecer de manera especial y sincera a mi directora de tesis Dra. Dña. María del Pilar Sainz de Baranda Andújar su aceptación de dirigir mi tesis doctoral. Su apoyo incondicional y su capacidad de trabajo y superación son dignos de admirar. Le agradezco de todo corazón todo el apoyo recibido, que sin lugar a dudas, ha sido muchísimo más de lo que jamás llegue a imaginar. Por todo ello, se ha ganado mi lealtad y admiración y siempre me sentiré en deuda con ella por todo lo recibido durante el desarrollo de esta tesis doctoral.

A mi director de tesis Dr. D. Fernando Santonja Medina, por el privilegio de disponer de un gran profesional del ámbito de la medicina otorgándole a mi tesis doctoral más fuerza y rigor. Muchísimas gracias por sus consejos y su sabia experiencia.

A mi director de tesis Dr. Francisco Ayala Rodríguez por su importante aportación y participación en el desarrollo de esta tesis. Destacando su disponibilidad y generosidad, donde no cabe duda, que todo ello, ha enriquecido el trabajo realizado gracias a sus conocimientos.

Agradecer al Dr. D. Enrique Ortega Toro su amplia generosidad brindándome sus conocimientos, tiempo, trabajo y experiencias que dan un valor especial a la tesis doctoral respecto a los cálculos estadísticos de los resultados entre otras muchas cosas.

Al Dr. D. José Manuel Palao Andrés, agradezco su disponibilidad, colaboración y los conocimientos que me enseñaste a lo largo de mi carrera académica. Gracias también a D^a Jillian Elizabeth Frideres por tu tiempo y trabajo durante las innumerables sesiones de mediciones, un apoyo clave para el desarrollo del trabajo de campo.

Agradecer a D. Antonio Cejudo Palomo quien fue un compañero generoso y dispuesto como pocos, que compartió sus conocimientos y experiencias ayudándome en todas y cada una de las mediciones realizadas que conlleva esta

tesis. Él dio mucho más de lo que recibí, por todo ello, muchísimas gracias por haber estado ahí.

Al departamento de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte de la Universidad de Murcia por haberme brindado la oportunidad de disponer de grandes profesionales y poder presentar y defender la presente tesis doctoral.

Al Consejo Superior de Deportes que con la concesión del Proyecto de Investigación “Estudio del morfotipo raquídeo en gimnastas especialistas en la modalidad de trampolín (06/UPR20/08)” nos dio la posibilidad de ampliar la muestra de estudio y analizar a la élite de este deporte.

Una especial mención para todos aquellos/as gimnastas del ámbito nacional e internacional de la modalidad de Trampolín que participaron desinteresadamente en todas las mediciones y cuestionarios que fueron necesarios para el desarrollo de esta investigación. A sus federaciones, clubes y entrenadores les agradezco la ayuda prestada ya que sin ellos nada de esto hubiera sido posible.

A todos ustedes, mi mayor agradecimiento y gratitud.

ÍNDICE

CAPÍTULO 1. JUSTIFICACIÓN.	11
CAPÍTULO 2. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS.	17
CAPÍTULO 3. MARCO TEÓRICO.	21
3.1. PLANO SAGITAL DE LA COLUMNA VERTEBRAL.	23
3.1.1. Valores de referencia para la disposición sagital de la columna vertebral en bipedestación.	26
3.1.2. Desalineaciones sagitales de la columna vertebral: Criterios diagnósticos.	32
3.1.3. Incidencia de las desalineaciones de la columna vertebral en el plano sagital.	36
3.2. COLUMNA VERTEBRAL, PLANO SAGITAL y DEPORTE.	42
3.3. COLUMNA VERTEBRAL, PLANO SAGITAL y GIMNASIA.	57
3.4. FLEXIBILIDAD, DEPORTE y MUSCULATURA ISQUIOSURAL.	69
3.5. FLEXIBILIDAD y GIMNASIA.	80
3.6. FLEXIBILIDAD, MUSCULATURA ISQUIOSURAL y GIMNASIA.	85
CAPÍTULO 4. MATERIAL Y MÉTODO.	89
CAPÍTULO 5. RESULTADOS.	103
5.1. DISPOSICIÓN DEL PLANO SAGITAL DEL RAQUIS EN GIMNASTAS ESPAÑOLES ESPECIALISTAS EN TRAMPOLÍN.	105
5.1.1. Plano sagital en bipedestación relajada.	105
5.1.2. Plano sagital en flexión máxima del tronco.	106
5.1.3. Plano sagital en sedentación asténica.	108
5.2. EXTENSIBILIDAD DE LA MUSCULATURA ISQUIOSURAL EN GIMNASTAS ESPAÑOLES ESPECIALISTAS EN TRAMPOLÍN.	111
5.2.1. Test de elevación de la pierna recta.	111
5.2.2. Test distancia dedos planta.	112
5.3. DISPOSICIÓN DEL PLANO SAGITAL DEL RAQUIS EN GIMNASTAS ESPECIALISTAS EN TRAMPOLÍN DE NIVEL INTERNACIONAL.	114
5.3.1. Plano sagital en bipedestación relajada.	114
5.3.2. Plano sagital en flexión máxima del tronco.	115
5.3.3. Plano sagital en sedentación asténica.	117
5.4. EXTENSIBILIDAD DE LA MUSCULATURA ISQUIOSURAL EN GIMNASTAS ESPECIALISTAS EN TRAMPOLÍN DE NIVEL INTERNACIONAL.	120

5.4.1. Test de elevación de la pierna recta.	120
5.4.2. Test distancia dedos planta.	121
5.5. INCIDENCIA DEL VOLUMEN TOTAL DE ENTRENAMIENTO SOBRE LA DISPOSICIÓN SAGITAL DEL RAQUIS Y LA EXTENSIBILIDAD ISQUIOSURAL.	123
5.5.1. Características antropométricas	125
5.5.2. Características del entrenamiento	127
5.5.3. Disposición del plano sagital de la columna vertebral	131
5.5.4. Extensibilidad de la musculatura isquiosural	135
CAPÍTULO 6. DISCUSIÓN.....	139
CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES.	181
CAPÍTULO 8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.	187
ANEXOS.....	219

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Cifosis dorsal y lordosis lumbar durante el crecimiento. Tomado de Cil et al. (2004).	26
Tabla 2. Resumen de la amplitud del movimiento del raquis. Tomado de Mac-Thiong et al. (2004).	27
Tabla 3. Valores de la columna dorsal y lumbar en flexión, cifosis, lordosis y extensión. Tomado de Widhe (2001).	28
Tabla 4. Resumen de la frecuencia de las desalineaciones sagitales del raquis según la edad. Tomado de Penha et al. (2005).	28
Tabla 5. Prevalencia en las deformidades del raquis en el plano sagital. Modificado de Serna et al. (1996).	37
Tabla 6. Desviaciones posturales valoradas en 133 niñas de 7 a 10 años. Tomado de Penha et al. (2005).	39
Tabla 7. Valores medios de las curvas sagitales del raquis en bailarinas. Tomado de Gómez-Lozano (2007).	43
Tabla 8. Número de casos según valores de normalidad de la cifosis dorsal en bipedestación. Tomado de Gómez-Lozano (2007).	44
Tabla 9. Número de casos según valores de normalidad de la lordosis lumbar en bipedestación. Tomado de Gómez-Lozano (2007).	44
Tabla 10. Variables antropométricas y volumen de entrenamiento en función de la categoría. Tomado de Pastor (2000).	52
Tabla 11. Distribución por sexos según el grado de cifosis medido con inclinómetro. Tomado de Pastor (2000).	52
Tabla 12. Distribución por sexos según el grado de cifosis medido con inclinómetro. Tomado de Pastor (2000).	53
Tabla 13. Datos descriptivos del grado de cifosis dorsal en bipedestación. Tomado de Conesa (2015).	58
Tabla 14. Número de casos y porcentajes según los valores de normalidad de cifosis dorsal en bipedestación. Tomado de Conesa (2015).	59
Tabla 15. Datos descriptivos del grado de lordosis en bipedestación. Tomado de Conesa (2015).	59
Tabla 16. Número de casos y porcentajes según los valores de normalidad de lordosis en bipedestación. Tomado de Conesa (2015).	60
Tabla 17. Datos descriptivos del grado de cifosis dorsal en sedentación. Tomado de Conesa (2015).	60
Tabla 18. Número de casos y porcentajes según los valores de normalidad de cifosis dorsal en sedentación. Tomado de Conesa (2015).	61
Tabla 19. Datos descriptivos del grado de cifosis lumbar en sedentación. Tomado de Conesa (2015).	62

Tabla 20. Número de casos y porcentajes según los valores de normalidad de cifosis lumbar en sedentación. Tomado de Conesa (2015).	62
Tabla 21. Datos descriptivos del grado de cifosis dorsal en DDP. Tomado de Conesa (2015).	63
Tabla 22. Número de casos y porcentajes según los valores de normalidad de la curva dorsal en flexión máxima del tronco. Tomado de Conesa (2015).	63
Tabla 23. Datos descriptivos del grado de cifosis lumbar en DDP. Tomado de Conesa (2015).	64
Tabla 24. Número de casos y porcentajes según los valores de normalidad de la curva lumbar en flexión máxima del tronco. Tomado de Conesa (2015).	64
Tabla 25. Valores medios de las curvas sagitales del raquis en gimnastas especialistas en trampolín. Tomado de Sainz de Baranda et al. (2009).	66
Tabla 26. Valores medios de las curvas sagitales del raquis con relación al tiempo de entrenamiento anual en gimnastas especialistas en trampolín. Tomado de Sainz de Baranda et al. (2009).	67
Tabla 27. Valores medios de las curvas sagitales del raquis con relación al volumen total de entrenamiento. Tomado de Sainz de Baranda et al. (2010).	68
Tabla 28. Valores para el test EPR en jugadores de fútbol sala. Tomado de Cejudo et al. (2014a).	73
Tabla 29. Valores para el test EPR en jugadoras de fútbol sala. Tomado de Sainz de Baranda et al. (2015).	73
Tabla 30. Valores para el test EPR en jugadores de fútbol sala. Tomado de Cejudo et al. (2014a).	74
Tabla 31. Datos descriptivos de la valoración de la extensibilidad isquiosural. Tomado de Muyor (2010).	76
Tabla 32. Datos descriptivos de la valoración de la extensibilidad isquiosural. Tomado de Pastor (2000).	77
Tabla 33. Datos descriptivos de la valoración de la extensibilidad isquiosural. Tomado de Gómez-Lozano (2007).	79
Tabla 34. Comparación de variables sobre rango de movimiento activo y pasivo entre los grupos GM1 y GM2. Tomado de Gómez-Landero Rodríguez et al. (2013).	83
Tabla 35. Comparación de variables sobre rango de movimiento activo y pasivo entre los grupos GF1 y GF2. Tomado de Gómez-Landero Rodríguez et al. (2013).	84
Tabla 36. Datos descriptivos de la valoración de la extensibilidad isquiosural. Tomado de Martínez-Gallego (2004).	86
Tabla 37. Datos descriptivos en la prueba Distancia Dedos-Planta en centímetros. Tomado de Conesa (2015).	87
Tabla 38. Número de casos y porcentajes según los valores de normalidad del Test DDP. Tomado de Conesa (2015).	88
Tabla 39. Características generales de los gimnastas españoles (media $\pm$ SD).	93
Tabla 40. Características generales de los gimnastas de nivel internacional (media $\pm$ SD).	93

Tabla 41. Valores medios de la población estudiada, para la disposición del raquis dorsal y lumbar en las tres posiciones estudiadas sin modificaciones de la postura.	95
Tabla 42. Coeficientes de fiabilidad intraexplorador de los test de valoración del plano sagital de la columna vertebral.	96
Tabla 43. Coeficientes de fiabilidad intraexplorador de los diferentes test de flexibilidad.	96
Tabla 44. Valores descriptivos de la curva dorsal en bipedestación.	105
Tabla 45. Porcentajes y frecuencia de gimnastas en función de los valores de normalidad para la curva dorsal en bipedestación.	105
Tabla 46. Valores descriptivos de la curva lumbar en bipedestación.	106
Tabla 47. Porcentajes y frecuencia de gimnastas en función de los valores de normalidad para la curva lumbar en bipedestación.	106
Tabla 48. Valores descriptivos de la curva dorsal en flexión máxima del tronco.	107
Tabla 49. Porcentajes y frecuencia de gimnastas en función de los valores de normalidad para la curva dorsal en flexión máxima del tronco.	107
Tabla 50. Valores descriptivos de la curva lumbar en flexión máxima del tronco.	107
Tabla 51. Porcentajes y frecuencia de gimnastas en función de los valores de normalidad para la curva lumbar en flexión máxima del tronco.	108
Tabla 52. Valores descriptivos de la curva dorsal en sedentación asténica.	108
Tabla 53. Porcentajes y frecuencia de gimnastas en función de los valores de normalidad para la curva dorsal en sedentación asténica.	108
Tabla 54. Valores descriptivos de la curva lumbar en sedentación asténica.	109
Tabla 55. Porcentajes y frecuencia de gimnastas en función de los valores de normalidad para la curva lumbar en sedentación asténica.	109
Tabla 56. Valores descriptivos del ángulo L-HSA.	110
Tabla 57. Porcentajes y frecuencia de gimnastas en función de los valores de normalidad para la disposición de la pelvis sedentación asténica (L-HSA).	110
Tabla 58. Valores descriptivos del test de elevación de la pierna recta en gimnastas españoles especialistas en trampolín.	111
Tabla 59. Porcentajes y frecuencia de casos en función del grado de extensibilidad de la musculatura isquiosural valorada con el test de elevación de la pierna recta.	111
Tabla 60. Porcentajes y frecuencia de casos en función del grado de extensibilidad de la musculatura isquiosural valorada mediante el test de elevación de la pierna recta en función del sexo.	112
Tabla 61. Valores descriptivos del test distancia dedos planta en gimnastas españoles especialistas en trampolín.	112
Tabla 62. Porcentajes y frecuencia de casos en función del grado de extensibilidad de la musculatura isquiosural valorada con el test distancia dedos planta.	113
Tabla 63. Valores descriptivos de la curva dorsal en bipedestación en gimnastas especialistas en trampolín de nivel internacional.	114
Tabla 64. Porcentajes y frecuencia de gimnastas en función de los valores de normalidad para la curva dorsal en bipedestación.	114
Tabla 65. Valores descriptivos de la curva lumbar en bipedestación en gimnastas especialistas en trampolín de nivel internacional.	115

Tabla 66. Porcentajes y frecuencia de gimnastas en función de los valores de normalidad para la curva lumbar en bipedestación.	115
Tabla 67. Valores descriptivos de la curva dorsal en flexión máxima del tronco en gimnastas especialistas en trampolín de nivel internacional.	116
Tabla 68. Porcentajes y frecuencia de gimnastas en función de los valores de normalidad para la curva dorsal en flexión máxima del tronco.	116
Tabla 69. Valores descriptivos de la curva lumbar en flexión máxima del tronco en gimnastas especialistas en trampolín de nivel internacional.	116
Tabla 70. Porcentajes y frecuencia de gimnastas en función de los valores de normalidad para la curva lumbar en flexión máxima del tronco.	117
Tabla 71. Valores descriptivos de la curva dorsal en sedentación asténica en gimnastas especialistas en trampolín de nivel internacional.	117
Tabla 72. Porcentajes y frecuencia de gimnastas en función de los valores de normalidad para la curva dorsal en sedentación asténica.	118
Tabla 73. Valores descriptivos de la curva lumbar en sedentación asténica en gimnastas especialistas en trampolín de nivel internacional.	118
Tabla 74. Porcentajes y frecuencia de gimnastas en función de los valores de normalidad para la curva lumbar en sedentación asténica.	118
Tabla 75. Valores descriptivos del ángulo L-HSA en gimnastas especialistas en trampolín de nivel internacional.	119
Tabla 76. Porcentajes y frecuencia de gimnastas en función de los valores de normalidad para la disposición de la pelvis sedentación asténica (L-HSA).	119
Tabla 77. Valores descriptivos del test de elevación de la pierna recta en gimnastas especialistas en trampolín de nivel internacional.	120
Tabla 78. Porcentajes y frecuencia de casos en función del grado de extensibilidad de la musculatura isquiosural valorada con el test de elevación de la pierna recta.	120
Tabla 79. Porcentajes y frecuencia de casos en función del grado de extensibilidad de la musculatura isquiosural valorada mediante el test de elevación de la pierna recta en función del sexo.	121
Tabla 80. Valores descriptivos del test distancia dedos planta en centímetros en gimnastas especialistas en trampolín de nivel internacional.	121
Tabla 81. Porcentajes y frecuencia de casos en función del grado de extensibilidad de la musculatura isquiosural valorada con el test distancia dedos planta.	122
Tabla 82. Características generales del volumen de entrenamiento para los gimnastas españoles especialistas en Trampolín (media $\pm$ SD).	124
Tabla 83. Características generales del volumen de entrenamiento para los gimnastas especialistas en Trampolín de nivel internacional (media $\pm$ SD).	124
Tabla 84. Valores descriptivos de las características antropométricas de los gimnastas en función del volumen total de entrenamiento.	125
Tabla 85. Valores descriptivos de las características del entrenamiento en función del volumen total de entrenamiento.	127
Tabla 86. Valores descriptivos del plano sagital de la columna vertebral en función del volumen total de entrenamiento.	131
Tabla 87. Valores descriptivos de los niveles de extensibilidad de la musculatura isquiosural en función del volumen total de entrenamiento.	136

Tabla 88. Valores descriptivos de la curva dorsal en bipedestación en Gimnastas o bailarines.	145
Tabla 89. Valores descriptivos de la curva dorsal en bipedestación en otros deportes.	145
Tabla 90. Valores medios del grado de cifosis dorsal en nadadores por sexo y por estilo. Tomado de Pastor (2000).	147
Tabla 91. Valores descriptivos de la curva lumbar en bipedestación en Gimnastas o bailarines.	153
Tabla 92. Valores descriptivos de la curva lumbar en bipedestación en otros deportes.	153
Tabla 93. Valores medios del grado de lordosis en nadadores por sexo y por estilo. Tomado de Pastor (2000).	154
Tabla 94. Valores medios del grado de cifosis dorsal dinámica en nadadores por sexo y por estilos. Tomado de Pastor (2000).	166
Tabla 95. Datos descriptivos de la valoración de la cifosis dorsal en flexión máxima del tronco. Tomado de Muyor (2010).	166
Tabla 96. Valores medios del grado de cifosis lumbar dinámica en nadadores por sexo y por estilos. Tomado de Pastor (2000).	170
Tabla 97. Datos descriptivos de la valoración de la cifosis lumbar en flexión máxima del tronco. Tomado de Muyor (2010).	171
Tabla 98. Valores medios obtenidos en el test distancia dedos-planta por modalidad deportiva en chicas. Tomado de Canda et al. (2004).	173
Tabla 99. Valores medios obtenidos en el test distancia dedos planta por modalidad deportiva en chicos. Tomado de Canda et al. (2004).	174
Tabla 100. Datos descriptivos de la valoración de la extensibilidad isquiosural. Tomado de Gómez-Lozano (2007).	177

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Curvas sagitales de la columna vertebral.	23
Figura 2. Evolución de la cifosis y lordosis con la edad durante las etapas de crecimiento. Tomado de Murray y Bulstrode (1996).	27
Figura 3. Evolución del IC durante el crecimiento. Tomado de Andújar (2010).	30
Figura 4. Evolución del IC durante el crecimiento diferenciando por sexos. Tomado de Andújar (2010).	30
Figura 5. Evolución del IL durante el crecimiento. Tomada de Andújar (2010).	31
Figura 6. Evolución del IL durante el crecimiento diferenciando por sexos. Tomada de Andújar (2010).	31
Figura 7. Diferentes disposiciones del raquis en el plano sagital. Tomado de Serna et al. (1996).	32
Figura 8. Equipo de investigación durante la Copa del Mundo celebrada en Albacete en Junio de 2008.	91
Figura 9. Diagrama de flujo de la muestra participante en el presente estudio.	94
Figura 10. Valoración de la cifosis dorsal y lumbar en bipedestación relajada.	97
Figura 11. Valoración de la curva dorsal y lumbar en flexión máxima del tronco.	98
Figura 12. Valoración de la curva dorsal y lumbar en sedentación asténica.	99
Figura 13. Ángulo Lumbo-Horizontal en Sedentación Asténica (L-HSA).	99
Figura 14. Evolución de la media de edad en función del volumen de entrenamiento.	125
Figura 15. Evolución de la media de altura en función del volumen de entrenamiento	126
Figura 16. Evolución de la media del peso en función del volumen de entrenamiento.	126
Figura 17. Evolución de la media de años de entrenamiento en función del volumen de entrenamiento.	128
Figura 18. Evolución de la media de días de entrenamiento a la semana en función del volumen de entrenamiento.	128
Figura 19. Evolución de la media de sesiones de entrenamiento a la semana en función del volumen de entrenamiento.	129
Figura 20. Evolución de la media de horas de entrenamiento al día en función del volumen de entrenamiento.	129
Figura 21. Evolución de la media del volumen de entrenamiento anual en función del volumen de entrenamiento.	130
Figura 22. Evolución del volumen total de entrenamiento.	130
Figura 23. Evolución de la cifosis dorsal en bipedestación en función del volumen total de entrenamiento.	132
Figura 24. Evolución de la lordosis lumbar en bipedestación en función del volumen total de entrenamiento.	132
Figura 25. Evolución de la cifosis dorsal en flexión máxima del tronco en función del volumen total de entrenamiento.	133

Figura 26. Evolución de la cifosis lumbar en flexión máxima del tronco en función del volumen total de entrenamiento.	133
Figura 27. Evolución de la cifosis dorsal en sedentación asténica en función del volumen total de entrenamiento.	134
Figura 28. Evolución de la cifosis lumbar en sedentación asténica en función del volumen total de entrenamiento.	134
Figura 29. Evolución del ángulo lumbo horizontal en sedentación asténica en función del volumen total de entrenamiento.	135
Figura 30. Evolución del test distancia dedos planta en función del volumen total de entrenamiento.	136
Figura 31. Evolución del test de elevación de la pierna recta izquierda en función del volumen total de entrenamiento.	137
Figura 32. Evolución del test de elevación de la pierna recta derecha en función del volumen total de entrenamiento.	137

I.

JUSTIFICACIÓN



1. JUSTIFICACIÓN

En el ámbito del rendimiento deportivo, diferentes estudios han tratado de definir un perfil ideal del deportista en cada disciplina, para determinar aquellas características físicas, técnico-tácticas, psicológicas, etc., que se relacionan con mejores resultados, así como las adaptaciones derivadas de un entrenamiento sistemático y continuado.

La mayoría de los estudios realizados en los que se analizan las características físicas de los deportistas se han centrado exclusivamente en aspectos fisiológicos. Sin embargo, el entrenamiento con un alto volumen de trabajo, en posiciones concretas y específicas al deporte, con acciones articulares repetitivas, pueden generar adaptaciones en el sistema músculo-esquelético y de forma específica en la columna vertebral (Muyor, 2010).

Diversos autores establecen que la valoración inicial del deportista, que contemple la valoración del aparato locomotor, es clave para la prevención de la lesión (Casais, 2008). En concreto, Sainz de Baranda et al. (2009) plantean que para preservar la salud raquídea del deportista habrá que tener en cuenta el morfotipo raquídeo (Santonja, 1996a, 1996b), la epidemiología lesional específica del deporte (Hellström et al., 1990; Katz y Scerpella, 2003), el porcentaje de deportistas afectados con dolor de espalda (Christie et al., 1995; Harringe et al., 2007; Kujala et al., 1992; Öhlén et al., 1989b) y el volumen y contenido del entrenamiento (Sainz de Baranda et al., 2010).

El concepto de morfotipo raquídeo fue definido por Santonja (1996a, 1996b) y, en el plano sagital, consiste en la valoración de las curvaturas sagitales dorsal y lumbar en bipedestación en su actitud habitual, en flexión máxima del tronco y en postura sentada relajada o asténica.

La importancia de valorar el morfotipo raquídeo radica en que la disposición sagital del raquis influye en las propiedades mecánicas de los tejidos intervertebrales ante cargas compresivas y de cizalla (McGill, 2002). Así, una disposición raquídea inadecuada genera un incremento de las fuerzas que inciden sobre las diferentes estructuras que forman la columna vertebral, aumentando el riesgo de repercusiones, especialmente en deportistas jóvenes (Hellström et al., 1990; Smith, O'Sullivan y Straker, 2008). De esta forma, el riesgo de lesión aumenta, al modificarse la distribución de la carga entre el cuerpo vertebral, el disco intervertebral y las articulaciones apofisarias, entre el núcleo pulposo y el anillo fibroso y al aumentar el estrés de tensión en los ligamentos intervertebrales (McGill, 2002).

Las alteraciones en la disposición sagital del raquis han sido relacionadas con diversas repercusiones raquídeas en niños y en adultos, tales como el dolor lumbar y la degeneración discal, entre otras (López-Miñarro, 2003). En este sentido, Keller et al. (2005) determinaron que la disposición angular de las curvas torácica y lumbar influye en las cargas compresivas y de cizalla sobre los discos intervertebrales. Estas circunstancias justifican la necesidad de estudiar la relación entre la práctica físico-deportiva sistemática y la disposición del raquis (morfotipo raquídeo), con objeto de conocer el efecto que dicha práctica ejerce sobre aquel.

Estudios previos han valorado el morfotipo raquídeo en deportistas y han encontrado adaptaciones específicas en función del deporte practicado. Los deportistas analizados han sido bailarinas (Gómez-Lozano, 2007; Nilsson et al., 1993), nadadores (Pastor, 2000), futbolistas (López et al., 2005; López-Miñarro et al., 2007; Öztürk et al., 2008; Sainz de Baranda et al., 2001; Wodecki et al., 2002), luchadores (Rajabi et al., 2008), ciclistas (Aramendi et al., 1998; Burnett et al., 2004; Kolehmainen et al., 1989; López-Miñarro et al., 2012; McEvoy et al., 2007; Rajabi et al., 2000a, Rajabi et al., 2000b; Salai et al., 1999), piragüistas (López-Miñarro et al., 2008, 2009), remeros (Howell, 1984; Stutchfield y Coleman, 2006), jugadores de hockey (Rajabi et al., 2007), jugadores de voleibol (Grabara y Hadzik, 2009), escaladores (Förster et al., 2009), golfistas (Lindsay y Horton, 2002), esquiadores (Alricsson y Werner, 2006; Rachbauer et al., 2001) y atletas (Aggrawal et al., 1979; López-Miñarro et al., 2009).

Otros estudios han comparado la disposición sagital del raquis en un grupo heterogéneo incluyendo a deportistas de diversas disciplinas (Ferrer, 1998; Uetake et al., 1998), relacionando la práctica deportiva con modificaciones específicas en la morfología del raquis, asociándolas a la técnica del deporte y a las posturas específicas que adoptan sistemáticamente los deportistas en sus entrenamientos y competiciones.

Algunos cambios en el morfotipo raquídeo suponen una alteración de las curvaturas sagitales del raquis, aumentando el riesgo de repercusiones raquídeas (Ferrer, 1998; Pastor, 2000). Por ello, es preciso analizar la disposición del raquis en deportistas jóvenes por su vulnerabilidad durante el crecimiento, especialmente en los períodos de crecimiento rápido (Hellström et al., 1990; Wojtys et al., 2000).

La gimnasia de trampolín (GT) es una especialidad de gimnasia que consiste en realizar una serie de ejercicios gimnásticos ejecutados en varios aparatos elásticos, donde la acrobacia es la principal protagonista (Blanco, 1997). Consta de tres disciplinas

independientes entre sí, como son en trampolín o cama elástica, el tumbling y el doble minitramp (Harringe et al., 2007). En todas las disciplinas se necesita una gran flexibilidad de la columna y un gran dominio corporal para realizar los ejercicios o pases con sus respectivos elementos acrobáticos. Como parte de estos elementos destacan los saltos, las rotaciones, las hiperflexiones del tronco y las posturas hiperlordóticas en la recepción de los saltos.

Con el objeto de dar a conocer los efectos que proporciona la práctica de la GT se realiza este estudio, para describir el morfotipo raquídeo en el plano sagital y los niveles de extensibilidad isquiosural necesarios para su práctica. Además, se pretende analizar la influencia del nivel competitivo y del volumen total de entrenamiento sobre la configuración sagital del raquis y los valores de extensibilidad isquiosural.

Los resultados del presente estudio ayudarán a comprender mejor las peculiaridades de este deporte con relación a la columna vertebral y la extensibilidad isquiosural y sentarán las bases para la creación de un programa preventivo que minimice la sobrecarga que el entrenamiento y la competición generan sobre el raquis.

II.

HIPÓTESIS y OBJETIVOS



2. HIPÓTESIS y OBJETIVOS DEL ESTUDIO

2.1. Hipótesis

1. Los valores del plano sagital del raquis de los gimnastas especialistas en Trampolín serán diferentes a otras especialidades gimnásticas y mejores que los de la población control.

2. El morfotipo raquídeo se caracterizará por presentar un mayor porcentaje de normalidad sobre todo en bipedestación y en flexión del tronco. En sedentación los porcentajes de normalidad disminuirán al no ser una posición utilizada para el entrenamiento.

3. Los valores de extensibilidad isquiosural de los gimnastas especialistas en Trampolín serán similares a otras especialidades gimnásticas y notablemente superiores a los de la población control.

4. El nivel de competición de los gimnastas influirá sobre la configuración sagital del raquis y aumentará los niveles de extensibilidad isquiosural, de tal forma que a mayor nivel de competición mejores valores en el plano sagital y mayor será el nivel de flexibilidad.

5. El volumen total de entrenamiento influirá sobre la configuración sagital del raquis y aumentará los niveles de extensibilidad isquiosural en una muestra de gimnastas especialistas en Trampolín.

2.2. Objetivos

Los objetivos que se plantean para esta Tesis Doctoral son:

- Analizar la disposición sagital del raquis en estática y en dinámica, en una muestra de gimnastas españoles especialistas en Trampolín.
- Realizar un estudio descriptivo de la frecuencia de los distintos morfotipos sagitales del raquis en una muestra de gimnastas españoles especialistas en Trampolín.
- Determinar el grado de extensibilidad de la musculatura isquiosural en una muestra de gimnastas españoles especialistas en Trampolín.
- Analizar la disposición sagital del raquis en estática y en dinámica en una muestra de gimnastas especialistas en Trampolín de nivel internacional.
- Realizar un estudio descriptivo de la frecuencia de los distintos morfotipos sagitales del raquis en una muestra de gimnastas especialistas en Trampolín de nivel internacional.
- Determinar el grado de extensibilidad de la musculatura isquiosural en una muestra de gimnastas especialistas en Trampolín de nivel internacional.
- Analizar la incidencia del volumen total de entrenamiento sobre la disposición sagital del raquis y la extensibilidad isquiosural en una muestra de gimnastas especialistas en trampolín.

III.

MARCO TEÓRICO



3.1. PLANO SAGITAL DE LA COLUMNA VERTEBRAL

La columna vertebral, también denominada raquis, es una estructura ósea en forma de pilar constituida por 33 ó 34 vértebras superpuestas, alternadas con discos fibrocartilaginosos a los que se unen por fuertes estructuras ligamentosas, apoyadas por los músculos. De estos 33-34 segmentos, 24 son móviles y contribuyen al movimiento del tronco (Hamill y Knutzen, 1995) (figura 1).

Esta estructura raquídea asegura tres características fundamentales para su funcionalidad: dotar de rigidez para soportar cargas axiales, proteger las estructuras del sistema nervioso central (médula, meninges y raíces nerviosas) y otorgar una adecuada movilidad y flexibilidad para los principales movimientos del tronco (Cuadrado et al., 1993; Kirby y Roberts, 1985; Miralles y Puig, 1998; Panjabi, 1985).

Columna Vertebral

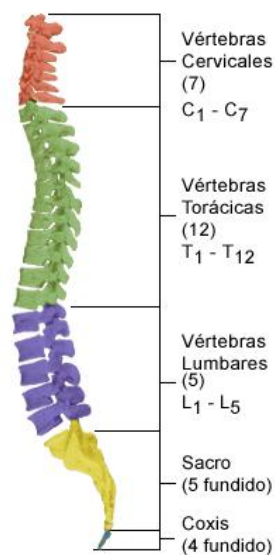


Figura 1. Curvas sagitales de la columna vertebral.

En el plano sagital, el raquis queda dividido en una serie de curvaturas de naturaleza fisiológica: la lordosis cervical, constituida por 7 vértebras (C1 a C7); la cifosis torácica o dorsal, constituida por 12 vértebras (T1 a T12); la lordosis lumbar, constituida por 5 vértebras (L1 a L5); la cifosis sacra, constituida por 5 vértebras (S1 a S5), que forman un sólo hueso, el sacro; y la coccígea, formada por 4 ó 5 vértebras que constituyen el cóccix (Cuadrado et al., 1993; Hamill y Knutzen, 1995; Miralles y Puig, 1998; Panjabi, 1985; Thompson y Floyd, 1996;). De éstas, la cervical y lumbar son las más móviles, mientras la torácica, aporta menos movilidad.

Los cuatro parámetros que justifican la presencia de las curvaturas en el plano sagital (Llanos y Martín, 1998) son: 1) incrementar la resistencia de la columna vertebral a las fuerzas de compresión axial; 2) Proporcionar mayor movilidad al conjunto arquitectural cabeza-pelvis; 3) Aumentar la estabilidad en bipedestación, debido a que la existencia de las curvas agranda el polígono de sustentación corporal delimitado entre ambos pies; 4) Colaborar en el mantenimiento del equilibrio estático de la cabeza y del tronco mancomunadamente con otros factores, como la actividad de la musculatura o la peculiar disposición de la pelvis humana.

La valoración del raquis en el plano sagital implica la complejidad de tener que discernir entre los límites fisiológicos y patológicos de su forma y función, circunstancia que precisa de un adecuado conocimiento de las estructuras anatómicas que la conforman y la biomecánica que rige su funcionalidad. Según señala Munuera (1996), los valores angulares de las curvaturas del raquis medidas por procedimientos radiológicos oscilan entre 2° y 24° en la lordosis cervical, con una media de 9°; entre 22° y 56° para la cifosis dorsal, con una media de 40°; y entre 38° y 75° para la lordosis lumbar, con una media en torno a 57°.

Hay autores que indican que estos valores medios deben ser sólo indicativos y no normativos (Bernhardt y Bridwell, 1989; Jackson y Hales, 2000; Vedantam et al., 1998), ya que existe una gran variabilidad individual, y ésta puede ir modificándose con la edad de los sujetos (Roussouly et al., 2005).

Tras valorar las curvaturas sagitales del raquis mediante procedimientos radiológicos se han propuesto como rangos de normalidad valores angulares que oscilan entre los 20°-25° y los 40°-45° para la cifosis dorsal (Bradford, 1995; Dimeglio et al., 1995; Negrini et al., 2005) y los 20°-25° y los 50°-65° para la lordosis lumbar (Zaina et al., 2009). Por otro lado, los rangos de normalidad y valores angulares propuestos para categorizar las curvaturas mediante métodos no invasivos oscilan entre los 20°-45° para la cifosis dorsal (Mejia et al., 1996; Santonja y Pastor, 2000) y los 20°-40° para la lordosis lumbar (Santonja y Pastor, 2000; Tüzün et al., 1999).

Las curvaturas del plano sagital deben permanecer en unos rangos de normalidad que permiten conseguir un equilibrio estático y dinámico, un correcto funcionamiento de la musculatura y un reparto de las cargas adecuado que minimizan el riesgo de lesión (Penha et al., 2008).

Para la adquisición de la bipedestación y la locomoción en la especie humana, el crecimiento del niño necesita una adaptación constante en la morfología y en la orientación de la pelvis y de las curvaturas sagitales de la columna vertebral para mantener un adecuado equilibrio sagital y apropiada configuración en términos de cargas en el esqueleto, fatiga muscular y gasto energético (Abitbol, 1987, 1988; Descamps et al., 1999; Mangione et al., 1997 a y b).

Durante el periodo fetal, la columna se dispone en una posición cifótica para poder ubicarse y desarrollarse en el vientre materno. Posteriormente, el bebé, para poder conocer el mundo que le rodea, comienza a elevar la cabeza cuando se le coloca en posición prona, sobre todo, a partir de los 3-4 primeros meses, favoreciendo la aparición de la lordosis cervical. Más adelante, con el gateo primero y con sus primeros pasos, comienza a desarrollarse la lordosis lumbar y la cifosis torácica para favorecer la mayor resistencia del raquis (Zaina et al., 2009). La lordosis se aprecia a partir de los tres años, se afirma a los ocho años, adoptando su forma definitiva a los diez años de edad (Kapandji, 1983; Moe et al., 1984). A medida que se adquiere esta curva lordótica, las caderas se extienden, los miembros inferiores se apoyan en línea perpendicular al suelo y la pelvis bascula hacia abajo (Cosentino, 1985), produciéndose la horizontalización del sacro (Kapandji, 1983; Marnay, 1989), mientras que en la región torácica se mantiene la cifosis primaria.

Esta adaptación evolutiva conlleva a que las curvas sagitales se modifiquen con la edad. De tal forma, que la columna de un niño no es un modelo en pequeño de la del adolescente y la del adulto, ya que conforme el niño crece, la alineación de la columna se modifica mostrando cambios en la postura y en el equilibrio del plano sagital (Boseker et al., 2000; Cil et al., 2004; Mac-Thiong et al., 2004; Murray y Bulstrode, 1996; Voutsinas y MacEwen, 1986; Widhe, 2001).

Existen pocos estudios clínicos que aporten información objetiva sobre las curvas sagitales de la columna vertebral en la edad escolar (Penha et al., 2008). Por ello, como paso inicial para conocer el estado actual de la investigación sobre este tema, se realizó una revisión bibliográfica.

La búsqueda de artículos se realizó en las bases de datos más importantes en el ámbito de la salud y la actividad física, entre las que se encuentran: SCOPUS, OVID and ISI Web of Knowledge, EBSCO, Medline, WOK, Cochrane library, Latindex Pubmed, Teseo, Sportdiscus, así como el metabuscador de google.

Las palabras plano sagital, columna vertebral y escolares fueron utilizadas como criterio de búsqueda. No se limitó el año de publicación o realización del estudio. La búsqueda finalizó en agosto de 2015.

3.1.1. VALORES DE REFERENCIA PARA LA DISPOSICIÓN SAGITAL DE LA COLUMNA VERTEBRAL EN BIPEDESTACIÓN.

La columna vertebral de un niño no es un modelo en pequeño de la del adolescente, ni la del adulto, ya que conforme el niño crece, la alineación de la columna se modifica mostrando cambios en la postura y en el equilibrio del plano sagital (Sainz de Baranda et al., 2006).

En este sentido, Voutsinas y MacEwen (1986) tras realizar un estudio radiológico del plano sagital de la columna vertebral en 670 escolares, observan una media de cifosis dorsal de 36° y de lordosis lumbar de 52° para los escolares de 5-9 años, mientras que los valores aumentan a 39° para la cifosis dorsal y a 56,6° para la lordosis lumbar en escolares de entre 15 y 20 años.

Cil et al. (2004) después de realizar una radiografía lateral de la columna vertebral en bipedestación, a 151 niños (72 niñas y 79 niños) sin patología diagnosticada de la columna, con una edad entre 3 años a 15 años, observaron que la alineación del plano sagital cambia durante el crecimiento, mostrando diferencias significativas entre los diferentes grupos de edad (tabla 1).

Tabla 1. Cifosis dorsal y lordosis lumbar durante el crecimiento. Tomado de Cil et al. (2004).

Edad	3-6 años	7-9 años	10-12 años	13-15 años
Sujetos (n)	51	37	32	31
Cifosis Dorsal	44,9°±11,4°	47,8°±10,5°	45,8°±10,6°	53,3°±9,1°
Lordosis Lumbar	44,3°±11°	51,7°±115°	57,3°±10°	54,6°±9,8°

Con el crecimiento, la cifosis y la lordosis aumentan, al igual que la inclinación sacra. Aunque, hay que destacar que la lordosis termina antes su crecimiento y que la cifosis dorsal será la última curva en cerrar su crecimiento (figura 2). Por ello, el incremento en grados no es lineal, ya que al tiempo que la lordosis acelera su crecimiento a los 10-12 años, la cifosis torácica decrece. Mientras en los años posteriores la cifosis aumenta y la lordosis disminuye, hasta que se estabilizan las curvas.

Murray y Bulstrode (1996) también observaron similar progresión de las curvas, y justifican esta progresión a que el crecimiento vertebral anterior es superior al crecimiento vertebral posterior, lo que da como resultado la disminución en los valores de cifosis y el aumento de la lordosis lumbar.

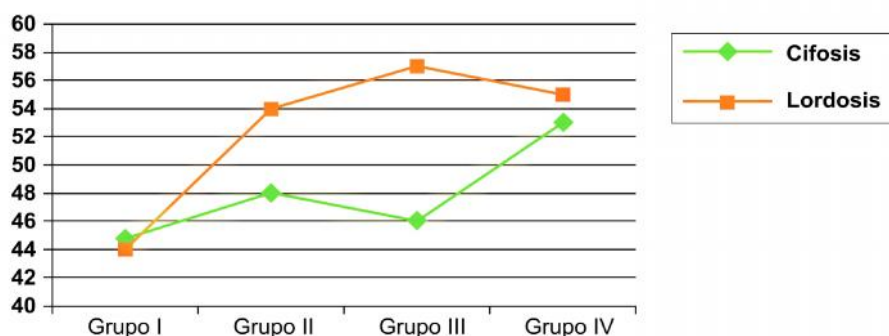


Figura 2. Evolución de la cifosis y lordosis con la edad durante las etapas de crecimiento. Tomado de Murray y Bulstrode (1996).

Mac-Thiong et al. (2004) tras realizar un estudio radiográfico a 180 niños y adolescentes, encontraron para todos los parámetros valores más pequeños en los escolares menores de 10 años cuando se compararon con los mayores de 10 años (tabla 2). Observándose tras el estudio correlacional una tendencia positiva a la asociación lineal entre la edad y todos los parámetros evaluados.

Estos autores no encuentran diferencias significativas entre chicos y chicas, aunque las chicas muestran una tendencia a presentar mayores valores para todos los parámetros. Lo cual, puede ser debido, a que el crecimiento adolescente acelera el crecimiento y se completa 2 años antes en las mujeres.

Tabla 2. Resumen de la amplitud del movimiento del raquis. Tomado de Mac-Thiong et al. (2004).

Edad	Cifosis	Lordosis	Índice Pélvico	Inclinación pélvica	Ángulo Sacro
< 10 años (n=35)	38,3°±9,8°	45,6°±12°	44,6°±10°	4,3°±8,1°	40,3°±8,7°
> 10 años (n=145)	44°±10,3°	49°±12,4°	49,3°±11°	7,9°±7,7°	41,4°±8,5°

Boseker et al. (2000) tras realizar una radiografía lateral de la columna vertebral en bipedestación, a 121 niños y adolescentes de edades comprendidas entre los 5 y los 19 años, tampoco encontraron diferencias significativas entre chicos y chicas, mientras que si observaron una tendencia a que los valores de cifosis incrementaran con la edad.

Widhe (2001) realizó un estudio longitudinal valorando a 90 niños de 5-6 años y posteriormente a los 15-16 años, utilizando el Cifómetro de Debrunner midió la columna dorsal y lumbar en flexión, grado de extensión y su disposición sagital en bipedestación. Encontrando, como se observa en la tabla 3, que la postura cambia de forma significativa durante el crecimiento, aumentando la cifosis torácica y la lordosis.

Tabla 3. Valores de la columna dorsal y lumbar en flexión, cifosis, lordosis y extensión. Tomado de Widhe (2001).

Edad	Zona Dorsal			Zona Lumbar		
	Flexión	Cifosis	Extensión	Flexión	Lordosis	Extensión
5-6 años Chicos	55,3° (7°)	30,1° (8,7°)	0° (16,8°)	46,5° (10,7°)	31,2° (86°)	50,5° (8,9°)
15-16 años Chicos	50,8° (8,8°)	37° (8,3°)	22,5° (12,7°)	35,8° (9,3°)	35,2° (7,9°)	60,2° (7,8°)
5-6 años Chicas	52,4° (8,4°)	28,4° (9,3°)	- 3,4° (16,3°)	46,9° (8,5°)	31,6° (9,9°)	53° (11,1°)
15-16 años Chicas	49,6° (5,4°)	33,7° (6,6°)	20,7° (12,2°)	28,3° (8,4°)	39,9° (5,5°)	65,2° (5,1°)
5-6 años Total	53,8° (7,8°)	29,2° (9°)	- 1,7° (16,5°)	46,7° (9,6°)	31,4° (8,2°)	51,8° (10,1°)
15-16 años Total	50,2° (7,3°)	35,3° (76°)	21,6° (12,4°)	32° (9,6°)	37,6° (7,2°)	62,7° (7°)

Con relación a la movilidad de la columna, para la columna dorsal, la flexión disminuye 9° y la extensión disminuye 18°. Para la columna lumbar, la flexión disminuye 9° y la extensión aumenta 5°. Por tanto, la movilidad total sagital disminuye durante un periodo de 10 años en la región dorsal unos 27° y en la región lumbar 4°.

Tras realizar el estudio correlacional observó que la cifosis a los 5-6 años y la cifosis a los 15-16 años mostraba una correlación positiva ($r=0.33$; $p<0.0015$), al igual que la lordosis, aunque con una significación algo menor ($r=0.21$; $p<0.05$).

Penha et al. (2005) evaluaron a 132 niñas, de 7 a 10 años de edad, mediante fotografías, valorando las diferentes desalineaciones posturales en bipedestación y analizando la frecuencia de cada una de ellas. Determinando así que existe una elevada frecuencia de hiper cifosis dorsal y lordosis lumbar en estas edades (tabla 4).

Tabla 4. Resumen de la frecuencia de las desalineaciones sagitales del raquis según la edad. Tomado de Penha et al. (2005).

Desalineación	7 años	8 años	9 años	10 años
Hipercifosis torácica (%)	21	27	45	42
Hiperlordosis lumbar (%)	55	61	52	61

Posteriormente Penha et al. (2008) realizaron un estudio valorando a 191 niños (77 niños y 114 niñas) de 7-10 años, valorando fotografías en bipedestación en el plano frontal y sagital. Tras el análisis de los resultados observaron que los niños presentaban mayor incidencia de escápula alada, desnivel de hombros, protracción de cabeza y hombros e hiperlordosis cervical (50,64% en niños/23,68% en niñas). En cambio las niñas presentaban mayor incidencia de inclinación de cabeza y mayor valor en el índice de Schöber (7,19±9 cm en niñas/ 5,21±7 cm en niños).

En España, destacar el estudio de Andújar (2010) que analiza el plano sagital de la columna vertebral, en una muestra de 523 alumnos seleccionados de forma aleatoria de 15 centros escolares y con un rango de edad de entre 6 y 14 años.

Cuando analiza la evolución de los parámetros clínicos de las curvaturas sagitales de la columna vertebral con la edad, aprecia una tendencia al incremento de la cifosis con el crecimiento, al evolucionar desde un índice cifótico de aproximadamente 45 entre los 6 a los 8 años de edad, a un índice cifótico de 58 entre los 14 y 15 años de edad (figura 3).

Cuando analiza los resultados en función del sexo observa que el IC es menor en las niñas hasta los 13 años de edad. De los 13 a los 15 años en las chicas, se produce un claro incremento del IC pasando de 49,28±17,19 a 61±12,27 (figura 4). En los niños el IC es claramente superior cuando se compara con el de las niñas de los 9 a los 13 años aunque las diferencias no llegan a ser significativas.

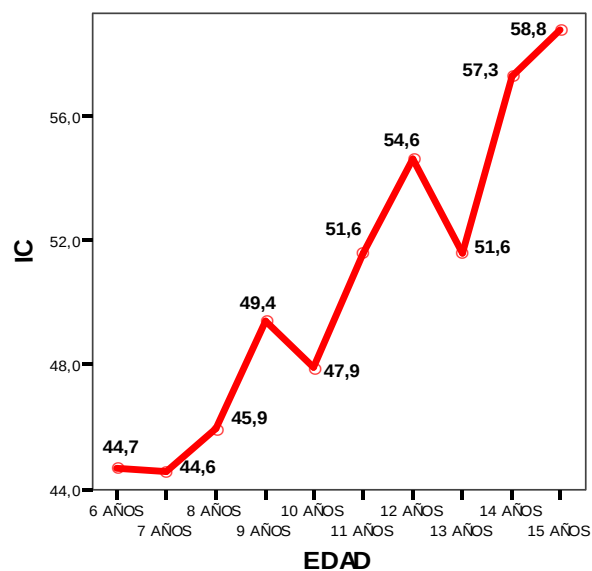


Figura 3. Evolución del IC durante el crecimiento.
Tomado de Andújar (2010).

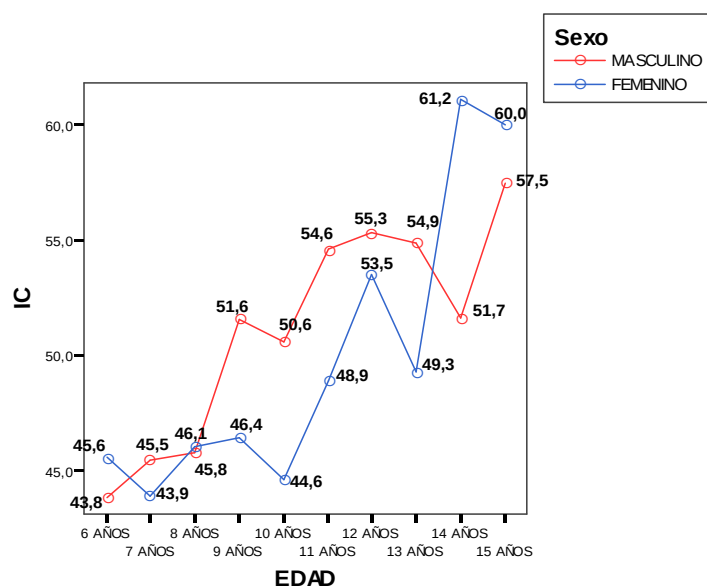


Figura 4. Evolución del IC durante el crecimiento diferenciando por sexos.
Tomado de Andújar (2010).

Con relación a la lordosis (valorada mediante el IL), aprecia una tendencia a incrementar durante el crecimiento, al pasar de un índice lordótico de aproximadamente 25 a los 6 años de edad a un índice lordótico de 36 a los 15 años de edad (figura 5).

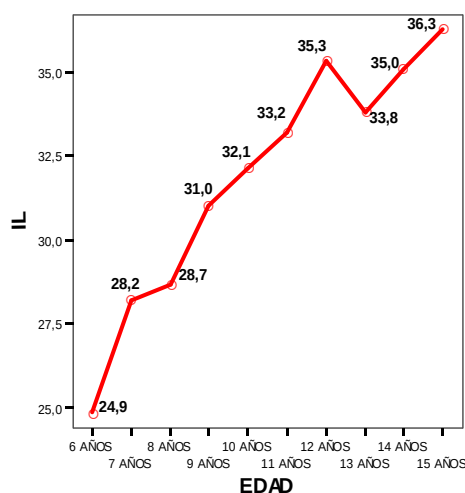


Figura 5. Evolución del IL durante el crecimiento.
Tomada de Andújar (2010).

Cuando analiza los resultados en función del sexo observa que el IL siempre es superior en las niñas, siendo estas diferencias claramente superiores a los 14 años de edad ($38,23 \pm 9,94$ versus $31,13 \pm 6,74$) ($p < 0,05$). Sólo a la edad de 7 años el IL es igual en los niños que en las niñas ($28,26 \pm 10,28$ versus $28,15 \pm 7,17$) (figura 6).

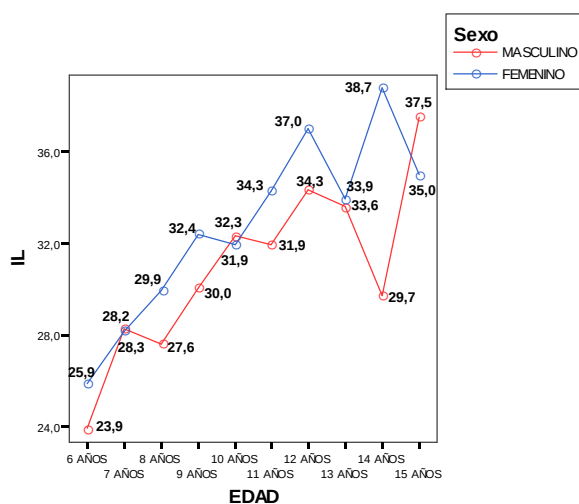


Figura 6. Evolución del IL durante el crecimiento diferenciando por sexos.
Tomada de Andújar (2010).

3.1.2. DESALINEACIONES SAGITALES DE LA COLUMNA VERTEBRAL: CRITERIOS DIAGNÓSTICOS.

El plano sagital de la columna vertebral muestra curvaturas fisiológicas con angulaciones que oscilan entre amplios márgenes de normalidad (Andújar, 2010). Sin embargo, por factores de diversa índole, las curvaturas del raquis pueden sufrir desalineaciones que, dependiendo del grado, van a modificar las condiciones de estabilidad y movilidad del raquis. Dichas desalineaciones podrán darse por incremento, disminución, abolición e incluso por inversión de las curvas fisiológicas (Serna et al., 1996). Al aumento de la curva torácica se le denomina *hipercifosis*, al aumento de la curvatura lumbar se le denomina *hiperlordosis*, a la disminución o rectificación de las curvas fisiológicas, *hipocifosis* o *dorso plano* e *hipolordosis*, y a la inversión de las curvaturas se denomina *cifosis lumbar* o *lordosis torácica* (figura 7).

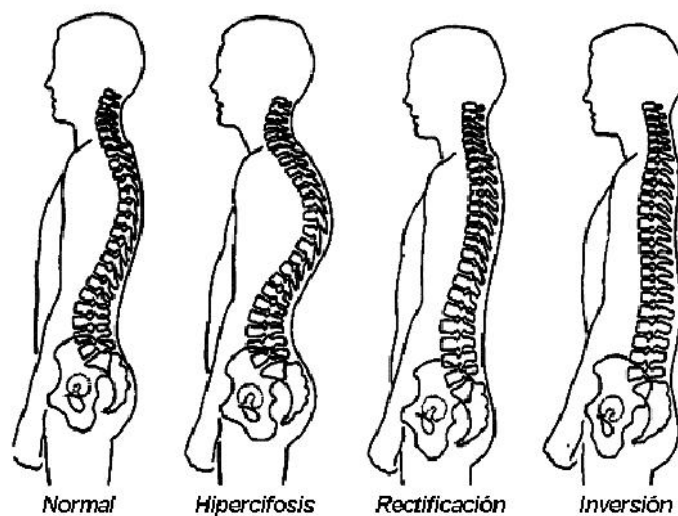


Figura 7. Diferentes disposiciones del raquis en el plano sagital.
Tomado de Serna et al. (1996).

Estas desalineaciones del raquis en el plano sagital son importantes debido a su prevalencia (Ali et al., 2000; Andújar, 2010; Ferrer, 1998; Wenger y Frick, 1999), y cualquier alteración precisará realizar el conveniente diagnóstico que determine sus características (Mac-Thiong et al., 2010).

La mayoría de estas desalineaciones son de naturaleza postural, siendo conocidas como actitudes posturales, no estructuradas o funcionales, en las cuales, no existe alteración

estructural ósea y pueden ser corregidas espontáneamente por el individuo (Santonja, 1990; Santonja et al., 2000; Stagnara, 1987,).

Las desalineaciones denominadas estructuradas o verdaderas, son de menor frecuencia de aparición y se caracterizan por la persistencia de la posición anómala que no permite la completa corrección activa ni pasiva, acompañada de deformación estructural de las vértebras y los discos intervertebrales fundamentalmente (Serna et al., 1996). No obstante, hay que tener en cuenta la evolución de las actitudes posturales, ya que pueden estructurarse si no existen las medidas de prevención adecuadas (Bradford, 1977; Chopin y David, 1989; Lowe, 1990; Moe et al., 1984; Santonja, 1996; Santonja et al., 2000; Sorensen, 1964).

Se han propuesto diversas clasificaciones para las deformidades vertebrales según su origen, causa o tipología. La Scoliosis Research Society (2006) propone 13 etiologías de desalineaciones para la cifosis y 6 para la lordosis.

En la zona dorsal, la cifosis dorsal en función de sus características se clasificará en actitud cifótica dorsal, cifosis funcional, cifosis idiopática o cifosis tipo Scheüermann. En la zona lumbar destaca la hiperlordosis lumbar, la rectificación lumbar (hipolordosis) y la actitud cifótica lumbar. Cuando la persona presente una hipercifosis dorsal y una hiperlordosis lumbar se dirá que tiene una cifolordosis.

3.1.2.1. DESALINEACIONES EN LA ZONA DORSAL

Se denomina hipercifosis dorsal al aumento de la curvatura por encima de los 40°-45°. En función de sus características se clasificarán en actitudes cifóticas dorsales, cifosis funcionales, cifosis idiopáticas o cifosis de Scheüermann (Andújar, 2010).

Actitud cifótica dorsal, hipercifosis dorsal asténica, dorso curvo postural o hipercifosis postural. Supone un incremento de la curva dorsal o torácica y se caracteriza por la forma redonda de la espalda en actitud asténica (relajada). Es frecuente su aparición durante el estirón puberal, siendo su frecuencia de un 9% durante la pubertad y alcanzando un 16% durante la adolescencia (Lalande et al., 1984; Lesur, 1969).

La radiografía muestra un aumento de la cifosis dorsal >40°, pero sin alteraciones en la morfología vertebral (no hay acúñamientos, ni irregularidades). Sin embargo, habrá que tener en cuenta que durante el periodo puberal se pueden producir cambios en la postura del niño. A veces desaparecerá, pero en muchas ocasiones, su tendencia será a incrementar la cifosis torácica o aparecerá una cifosis tóraco-lumbar (Stagnara, 1987).

En la pubertad, los cuerpos vertebrales adquieren su morfología y son susceptibles de deformidades estructurales que serán permanentes. Si estas cifosis no se tratan, pueden

transformarse en una deformidad estructurada, con dolor en la edad adulta (Chopin y David, 1989; Dolphens et al., 2012; Domisse, 1990; Lesur, 1969; Ventura, 1986;).

Cifosis funcional dorsal. La cifosis funcional dorsal fue descrita por Bado y se caracteriza por tener una cifosis dorsal en bipedestación normal pero con un notable incremento de la curvatura en flexión del tronco (Bado, 1977; Bado et al., 1964).

Dorso curvo juvenil. Es una hiper cifosis dorsal acompañada de una cortedad de la musculatura isquiosural. Bado et al. (1964) determinan que existe una relación directa entre el grado de cortedad de la musculatura isquiosural y las angulaciones alcanzadas en el dorso curvo cuando se realiza la flexión del tronco.

Cifosis idiopática. Es una cifosis de aparición muy temprana con una acentuación de la cifosis torácica durante el estirón puberal y de carácter familiar. Según Alier (1995) su incidencia dentro de las cifosis es de un 35%. Se genera una curva de naturaleza regular y no dolorosa con acuñamientos progresivos de las vértebras torácicas medias, pudiéndose alcanzar angulaciones (acuñamientos) de hasta 10° por vértebra, pero sin observarse signos de Distrofia de Scheüermann.

Cifosis de Scheüermann. Esta patología debe su nombre al autor que la descubrió en 1920 (Scheüermann, 1921). Es un tipo de cifosis que cursa en un 50% de los casos con dorsalgias. El diagnóstico de la misma se efectúa mediante estudio radiológico, al observar los defectos causados en los platillos vertebrales, presentando una cifosis característica.

Los hallazgos radiográficos serán definitivos para el diagnóstico y consisten en un incremento de la cifosis torácica, irregularidades en los platillos vertebrales, acuñamientos vertebrales (>5°) que deben afectar al menos a tres vértebras contiguas en el ápex de la cifosis o cinco discontinuas (Sorensen, 1964), siendo éste signo el más significativo; pinzamiento de espacios discales, que suele estar ausente en los estadios iniciales de la enfermedad, pero más tarde se van estrechando, sobre todo en la región central de la curva cifótica (Lowe y Line, 2007). También pueden aparecer hernias intraesponjosas vertebrales anteriores, incremento del diámetro antero-posterior de la vértebra y osteofitosis anterior del cuerpo vertebral.

3.1.2.2. DESALINEACIONES EN LA ZONA LUMBAR

En la zona lumbar destacan dos patologías, la hiperlordosis lumbar y la actitud cifótica lumbar en sedentación o en flexión del tronco. La hiperlordosis lumbar será estructurada cuando la curva lumbar sea mayor de 40°-45° en bipedestación y en flexión del tronco se mantenga la lordosis. La cifosis lumbar será estructurada cuando en bipedestación y en flexión la curva lumbar se mantenga invertida (Andújar, 2010).

Actitud hiperlordótica. Es la exageración de la lordosis lumbar en bipedestación con una anteversión de la pelvis, lo que provoca un abdomen y nalgas prominentes. La curvatura dorsal será normal. Se considera fisiológica hasta los 5 años de edad aproximadamente siendo más frecuente en el sexo femenino (Lalande et al., 1984). La reductibilidad de esta curvatura es total y se comprueba observando el comportamiento del raquis lumbar durante la flexión del tronco.

Hiperlordosis lumbar. Es la exageración estructurada de la lordosis lumbar. La pelvis está en anteversión, pero al sentarse y la flexionar el tronco no se invierte la curva lumbar o se mantiene la concavidad lumbar. Hay que pensar en una anomalía constitucional de la lordosis.

La hiperlordosis lumbar suele corregirse espontáneamente en la mayoría de los casos y sólo son causa de alarma cuando persisten o se agravan, sobre todo en las proximidades del estirón puberal del crecimiento. La radiografía en sedentación asténica confirmaría la reductibilidad de esta lordosis (Santonja y Genovés, 1992; Stagnara, 1987). La radiografía en flexión del tronco permite confirmar la reductibilidad de la hiperlordosis lumbar.

Las hiperlordosis pueden ser compensación de una hipercifosis dorsal o ser secundarias a la retracción del psoas-ilíaco, luxación bilateral de caderas o a una coxa vara bilateral entre otras etiologías. También pueden deberse a una debilidad de los músculos abdominales (Andreotti y Mauri, 1989).

Enfermedad de Scheüermann lumbar. Denominada enfermedad de Scheüermann's lumbar o atípica (Wenger y Frick, 1999), los criterios diagnósticos varían con respecto al cuadro típico. Las características en esta ubicación son: irregularidades del platillo vertebral, estrechamiento del espacio discal y formación de hernias intraesponjosas vertebrales anteriores. Suele asociarse el dolor con mayor frecuencia que en la localización torácica y en su patogénesis parece influir de una forma determinante, una actividad física intensa, especialmente el levantamiento de cargas pesadas (Callaghan y McGill, 2001; Gunning et al., 2001; McGill et al., 2000).

La edad de diagnóstico oscila entre 12 y 17 años, predominando el sexo masculino. La mayoría refieren una historia de actividad física intensa y lumbalgia de características mecánicas, de larga evolución y sin complicaciones neurológicas.

Cifosis lumbar. El primer autor en llamar la atención sobre esta patología fue Lesur (1969) haciendo referencia a la rectificación o inversión del raquis lumbar. Sin embargo, a lo largo de los años, otros autores como Andújar (1992), Santonja y Martínez-Herrada (1992), Santonja y Genovés (1992), Somhegyi y Ratko (1993), Santonja et al. (2000) y Santonja y Pastor (2003), han aportado nuevas referencias que permiten diferenciar tres tipos de cifosis lumbares: a) la actitud cifótica lumbar; b) la hipermovilidad lumbar; c) la cifosis lumbar estructurada.

La actitud cifótica lumbar, se caracteriza por presentar una columna lumbar en bipedestación dentro de la normalidad (o con curva rectificadora, pero nunca invertida), mientras que en flexión del tronco y en sedentación existe una inversión patológica por encima de los rangos de normalidad (Andújar, 2010; Santonja y Genovés, 1992; Santonja y Martínez-Herrada, 1992; Santonja et al., 2000).

En la hipermovilidad lumbar, la columna lumbar en bipedestación es hiperlordótica con un eje atrasado (postura pobre) mientras que en la flexión del tronco y sedentación presentará una inversión patológica por encima de los rangos de normalidad (Somhegyi y Ratko, 1993).

En la cifosis lumbar estructurada, en bipedestación se observa una disminución de la curvatura lumbar que puede llegar a la rectificación o inversión de la lordosis fisiológica, mientras que en la flexión del tronco y en sedentación presentará una inversión patológica por encima de los rangos de normalidad.

3.1.3. INCIDENCIA DE LAS DESALINEACIONES DE LA COLUMNA VERTEBRAL EN EL PLANO SAGITAL.

Los primeros estudios que analizan de forma específica la prevalencia de desalineaciones sagitales de la columna vertebral se remontan hasta el año 1936 (tabla 5).

Chopin y David (1989) constataron que las lesiones severas con acúñamiento vertebral e hipercifosis patológicas afectan al 5%-10% de los adolescentes, con predominio en el sexo masculino.

Hidalgo et al. (1989) en su estudio en la provincia de Córdoba, sobre 2.000 escolares, sospecharon desalineación en 389 (19,39%), de los cuales, a 252 se les realizó un estudio radiológico. Se confirmaron cifosis en el 34,91% (6,77% del total de la muestra) y cifosis asociadas a escoliosis en el 27,07% (5,25% del total de la muestra), entre otras anomalías.

Domisse (1990) afirma que de un total de 1.400 casos de una serie estudiada en Pretoria (Sudáfrica), había 290 casos (21%) de hipercifosis torácica. De éstos, 210 casos (75%) mostraban los signos típicos de la enfermedad de Scheuërmann, estando afectados los chicos más que las chicas en una proporción 5:3. Sólo el 10% excedían de 20 años.

Tabla 5. Prevalencia en las deformidades del raquis en el plano sagital. Modificado de Serna et al. (1996).

Autor	Año	Prevalencia (%)
SCHEUERMANN	1936	1,2
SORENSEN	1964	0,4-8,3
LESUR	1969	9 (en niños)-16 (en adolescentes)
ASCANI	1977	3,1
DRUMMOND	1979	0,1
ALMAGRO	1984	2,4 (cifosis > 50°)
CHOPIN	1989	5-10
HIDALGO	1989	6,7
DOMMISE	1990	21
NITZSCHKE	1990	12 (M)-15 (V)
JORDA	1991	13,5
HAZEBROEK	1992	7,1
HUESA	1992	7,5

Nitzschke y Hildenbrand (1990) realizaron una serie de estudios destinados a analizar la postura patológica de la columna. Revisaron 2.075 escolares entre 10 y 17 años, en las escuelas de Bohum (Alemania). Consideraron patológico una cifosis mayor de 40° medida con el cifómetro de Debrunner. Tras el análisis de los resultados encuentran hipercifosis en el 12% de las chicas y en el 15,3% de los chicos. De estas hipercifosis un 9,8% en las chicas y un 14,5% en los chicos eran cifosis mayores de 50°, siendo el 80% de las mismas estructuradas. Destacaron el aumento en la frecuencia de dorso curvo con el incremento de la edad.

Santonja (1990) encontró que el 14% de los universitarios de Murcia, presentaban sospecha clínica de hipercifosis y el 49% de cifolordosis con el método de las flechas sagitales y el índice cifótico. De igual forma, Ferrer et al. (1996), en Albacete, encontraron

sospecha de hipercifosis en el 36,7% de los escolares (57% si eran en mayores de 14 años), utilizando el método de las flechas sagitales y el índice cifótico.

Jordá et al. (1991) revisaron a 2.462 escolares de Algemesí (Valencia), 1.394 (56,62%) chicos y 1.068 (43,37%) chicas. Del total de escolares revisados, necesitaron control clínico por desviaciones raquídeas 338 (169 niños -12,12%- y 169 niñas -15,82%), y control radiológico 83 alumnos, 35 niños (2,51% del total) y 48 niñas (4,49% del total). La hipercifosis destacaba en niños, a partir de 6º curso de E.G.B. (3% en sexto, 4% en séptimo y 3,5% en octavo), mientras que las hiperlordosis eran más frecuentes en alumnos de 4º y 5º curso (9-10 años), a partir de los cuales tiende a normalizarse la curva lordótica.

Hazebroek-Kamschreur et al. (1992) estudiaron las anomalías del tronco en 4.915 escolares de 11 años en Rotterdam (Holanda), observando cifosis en 98 (3,9%) niños y 76 (3,2%) niñas. La mayoría eran no estructuradas. La prevalencia de cifosis estructuradas era de 0,3% (0,2% en niños y 0,5% en niñas), mientras que la hiperlordosis aparecía en el 3,5% de los casos (2,5% niños y 4,5% niñas).

Rodríguez (1998), tras valorar a 83 escolares y cuantificar la disposición de las curvaturas sagitales del raquis en Educación Primaria y Secundaria, encontró que la frecuencia de hipercifosis era del 20% en Primaria y del 50% en Secundaria, mientras que la frecuencia de hiperlordosis era de un 10%. Sainz de Baranda (2002), tras valorar a 99 escolares de primaria, encontró que la frecuencia de hipercifosis era del 23,3% y de hiperlordosis del 8,8%.

Pastor (2000) tras valorar a 345 nadadores de elite, con edades comprendidas entre los 9,5 y los 15,5 años, de los que 167 (48,4%) eran chicos y 178 (51,6%) eran chicas, observó un 57,1% de los nadadores y un 46,5% de las nadadoras con hipercifosis, sin encontrar diferencias significativas entre sexos. Con relación a la lordosis, encontró un 7,1% de los nadadores y un 32,3% de las nadadoras con hiperlordosis.

Poussa et al. (2005) analizan el porcentaje de hipercifosis (>45º), observando una mayor prevalencia de hipercifosis torácica a los 14 años tanto en los chicos como en las chicas. La hipercifosis fue más prevalente en los chicos (9,6%) cuando se comparaban con las chicas (0,9%) a los 22 años. Además, observaron que los grados de cifosis media y la prevalencia de la hipercifosis aumentaban en los chicos durante la fase de descenso del crecimiento de la columna y disminuía en las chicas.

Penha et al. (2005) realizan un estudio para identificar cuáles son las alteraciones posturales más frecuentes en escolares entre los 7 y los 10 años. Plantearon un estudio transversal con pantógrafo espinal a 132 niñas, 33 en cada grupo de edad (7, 8, 9 y 10 años). La valoración postural la realizaron mediante un estudio fotográfico en su postura habitual

relajada tanto en el plano frontal como en el plano sagital. Los resultados se muestran en la tabla 6. El grado de lordosis lumbar se mantuvo constante durante la pubertad y en la juventud.

Tabla 6. Desviaciones posturales valoradas en 133 niñas de 7 a 10 años. Tomado de Penha et al. (2005).

EDAD	7 años (n=33)	8 años (n=33)	9 años (n=33)	10 años (n=33)
Valgo de rodilla	64%	58%	58%	45%
Rotación medial de la cadera	70%	55%	73%	76%
Antepulsión	64%	45%	42%	48%
Anteversión pélvica	73%	58%	67%	64%
Hiperextensión de rodilla	67%	64%	55%	48%
Hiperlordosis lumbar	55%	61%	52%	61%
Valgo de tobillo	55%	76%	67%	67%
Desnivel de hombros	73%	82%	58%	70%
Inclinación lateral de la pelvis	58%	76%	48%	61%
Curva escoliótica	36%	45%	52%	48%
Rotación del tronco	82%	79%	91%	91%
Hipercifosis torácica	21%	27%	45%	42%
Escápula alada	70%	70%	55%	64%
Antepulsión de hombros	76%	58%	79%	82%
Abducción de escápula	55%	48%	55%	55%
Rotación medial de hombros	55%	55%	67%	67%
Inclinación de la cabeza	58%	64%	45%	76%

Las principales desviaciones posturales que observaron en el tronco fueron: hiperlordosis lumbar, inclinación lateral de la pelvis, curva escoliótica (36% en el grupo de 7 años, 45% en el grupo de 8 años, 52% en el grupo de 9 años y 48% en el grupo de 10 años), rotación del tronco, hipercifosis torácica e inclinación de la cabeza.

Las principales desviaciones posturales que observaron en las extremidades superiores fueron: desnivel de hombros, escápula alada, antepulsión de hombros, escápula abducida y rotación medial de los hombros.

Penha et al. (2005) afirman que existe una alta incidencia de alteraciones posturales en niñas en edad escolar. Aunque, algunas de las alteraciones posturales observadas, tales como valgo de rodilla, la rotación medial de la cadera y la hiperlordosis lumbar, reflejan el desarrollo fisiológico del aparato locomotor, y se suelen corregir a lo largo del crecimiento.

Sin embargo, advierten que otras alteraciones, como las actitudes escolióticas y sobre todo la hipercifosis dorsal, deben ser tenidas en cuenta ya que pueden evolucionar hacia la estructuración y están relacionadas con el dolor de espalda. Por eso, hacen hincapié en la importancia de proporcionar información a los padres y profesores sobre el problema de una mala postura y sus posibles consecuencias negativas, incluyendo el dolor y deterioro funcional, sobre la calidad de la vida, tanto en la infancia como en la edad adulta.

En España, destaca el estudio de Andújar (2010) que determina la prevalencia de las desalineaciones sagitales del raquis en escolares del Municipio de Murcia en 523 escolares con un rango de edad de 6 y 14 años. Analiza la inspección de la columna vertebral en bipedestación, flexión del tronco y sedentación. Además, para valorar las desalineaciones utiliza el método de las flechas sagitales.

En bipedestación, encuentra un 74% de cifosis y lordosis dentro de la normalidad, con una proporción entre sexos casi idéntica. Los valores de hipercifosis son tres veces más frecuentes en los niños (15,1%) que en las niñas (5%), mientras que la cifolordosis es casi el doble más frecuente en las niñas (6,6%) que en los niños (3,4%). La hiperlordosis es más frecuente en las niñas (12,4%) que en los niños (4,9%).

En la inspección de la columna vertebral en flexión anterior del tronco observa como el porcentaje de curvas dorsales y lumbares normales disminuye respecto a la bipedestación (41,7% versus 73,8%), lo que indica una tendencia a aumentar la cifosis durante el estirón puberal (cifosis funcional). Cuando compara los resultados por sexo observa un mayor porcentaje de actitudes cifóticas lumbares en los niños (27,5% versus 17,4%) y de cifosis dorsales en las niñas (22,1% versus 15,5%).

En sedentación asténica, el porcentaje de curvar dorsales y lumbares normales es sólo del 16,83%, lo que resulta claramente inferior a los valores encontrados en bipedestación (73,8%), indicando una inadecuada postura al sentarse. La cifosis dorsal está aumentada en 108 de 523 escolares (20,65%), siendo este porcentaje algo superior en las niñas (23,64%) que en los niños (17,74%). La curva lumbar está invertida en 168 escolares (32,12%), con un porcentaje similar entre sexos. Por el contrario, la cifosis total es claramente más frecuente en los niños (36,98%) que en las niñas (19,77%).

Tras analizar los resultados, Andújar (2010) encuentra una prevalencia de hipercifosis dorsal en escolares entre 6 y 10 años del 31,7%, y en escolares entre 11 y 14 años del 39,25%, estableciendo como límite de normalidad para el índice cifótico valores entre 20-50 y 20-55 respectivamente. La prevalencia de hiperlordosis lumbar fue de 11,09%, al establecer como límite de normalidad para el índice lordótico valores entre 20 y 40.

Por último, Fernández-Campos (2011) en Educación Primaria, al valorar a 85 escolares con una edad media de $11,5 \pm 0,5$ años, observa un 23,65% de hipercifosis y un 12,74% de hiperlordosis. Mientras que Peña (2010), en Educación Secundaria y Bachillerato, tras valorar a 222 sujetos pertenecientes al primer y segundo curso del segundo ciclo de Enseñanza Secundaria Obligatoria (3º y 4º de la E.S.O) y el primer curso de Bachillerato (1º de Bachillerato), observa porcentajes entre el 23,5% y 58% de hipercifosis y entre el 13,5% y 53,5% de hiperlordosis. Siendo mayores los valores de hipercifosis en los chicos y de hiperlordosis en las chicas.

3.2. COLUMNA VERTEBRAL, PLANO SAGITAL y DEPORTE

A continuación, se exponen los trabajos más relevantes que han evaluado la influencia de la práctica deportiva sobre la columna vertebral y específicamente sobre la disposición sagital del raquis.

Algunos trabajos se han centrado en valorar la curva dorsal y lumbar únicamente en bipedestación, utilizando diversas técnicas de medición, si bien otros incluyen la valoración de posiciones de flexión máxima del tronco y la sedentación. No obstante, son pocas las investigaciones que incluyen en su muestra deportistas de alto nivel o que comparan los valores angulares en función de diversas variables, tales como el volumen de entrenamiento y el grado de extensibilidad isquiosural. Además, la mayoría de estos estudios no analizan la disposición sagital del raquis en las posiciones específicas que adopta el deportista en competición.

La búsqueda de artículos se realizó en las bases de datos más importantes en el ámbito de la salud y la actividad física, entre las que se encuentran: SCOPUS, OVID and ISI Web of Knowledge, EBSCO, Medline, WOK, Cochrane library, Latindex Pubmed, Teseo, Sportdiscus, así como el metabuscador de google.

Las palabras plano sagital, columna vertebral y deporte fueron utilizadas como criterio de búsqueda. No se limitó el año de publicación o realización del estudio. La búsqueda finalizó en agosto de 2015.

En los siguientes apartados se exponen los estudios en función del deporte.

Danza

Para determinar el efecto de la práctica en la disposición sagital del raquis, Nilsson et al. (1993) evaluaron el morfotipo raquídeo, movilidad del raquis en el plano sagital y laxitud articular de niños en una escuela de danza (11 niños y 12 niñas), con un volumen de 10 horas de práctica semanal, así como en un grupo control de la misma edad que no practicaban danza (11 niños y 25 niñas).

La postura en bipedestación fue determinada con el cifómetro de Debrunner. Los resultados muestran como los niños que practicaban danza presentaban una menor cifosis torácica y lordosis lumbar que el grupo control. Siendo las diferencias en la curva dorsal

muy marcadas, de modo que los niños que practicaban danza tenían una cifosis torácica media de unos 18° menor que el grupo control.

En la evaluación del rango de movimiento con inclinómetro, los bailarines lograron una mayor movilidad torácica al realizar una extensión máxima del tronco, aunque sin diferencias significativas, respecto al grupo control.

Gómez-Lozano (2007) evaluó el morfotipo raquídeo con inclinómetro. La muestra estuvo formada por 42 bailarinas de dos disciplinas diferentes (20 de ballet clásico y 22 de danza española), con una experiencia mínima de 8 años de entrenamiento y 4 años de la especialidad correspondiente.

Al analizar los datos en función de la disciplina practicada observó que el grupo de ballet clásico presentó valores más elevados para la cifosis torácica ($28,30^\circ \pm 7,57^\circ$) y lordosis lumbar ($35,18^\circ \pm 6,32^\circ$). El grupo de danza española presentó unos valores medio de cifosis dorsal de $22,84^\circ \pm 8,67^\circ$ y de lordosis lumbar de $33,84^\circ \pm 5,92^\circ$ (tabla 7).

Tabla 7. Valores medios de las curvas sagitales del raquis en bailarinas. Tomado de Gómez-Lozano (2007).

Variable	Clásico	Español	Control
Cifosis Bipedestación	$28,30^\circ \pm 7,57^\circ$	$22,84^\circ \pm 8,67^\circ$	$37,5^\circ \pm 8,34^\circ$
Lordosis Bipedestación	$35,18^\circ \pm 6,32^\circ$	$33,84^\circ \pm 5,92^\circ$	$40,37^\circ \pm 9,17^\circ$
Curva dorsal Flexión del tronco	$49,72^\circ \pm 11,45^\circ$	$49,48^\circ \pm 12,98^\circ$	$71,90^\circ \pm 8,77^\circ$
Curva lumbar Flexión del tronco	$19,82^\circ \pm 11,45^\circ$	$19,48^\circ \pm 12,89^\circ$	$15,78^\circ \pm 6,76^\circ$
Curva dorsal Sedentación	$33,09^\circ \pm 11,74^\circ$	$30,96^\circ \pm 11,85^\circ$	$39,71^\circ \pm 9,57^\circ$
Curva lumbar Sedentación	$8,33^\circ \pm 6,44^\circ$	$8,36^\circ \pm 6,14^\circ$	$5,59^\circ \pm 8,38^\circ$

Cuando categorizó los valores de la curva dorsal en bipedestación, observó que un 18,2% de las bailarinas de clásico presentaban una curva dorsal rectificadora y un 85,8% tenían la cifosis dorsal dentro de la normalidad. En el grupo de español, un 48% de las

bailarinas presentaban rectificación y un 52% normalidad. En el grupo control, un 30,3% presentaban hipercifosis y un 69,7% tenían la cifosis dorsal dentro de la normalidad (tabla 8).

Tabla 8. Número de casos según valores de normalidad de la cifosis dorsal en bipedestación. Tomado de Gómez-Lozano (2007).

Variable	Clásico	Español	Control
Rectificación: $<20^{\circ}$	5	16 ⁺	0 ⁻
Normal: $20-40^{\circ}$	28 ⁺	17 ⁻	22
Hipercifosis: $>40^{\circ}$	0 ⁻	0 ⁻	11 ⁺

Cuando categorizó los valores de la curva lumbar en bipedestación, observó que un 15,2% de las bailarinas de clásico presentaban hiperlordosis y un 84,8% tenían la lordosis lumbar dentro de la normalidad. En el grupo de español, un 6,1% de las bailarinas presentaban hiperlordosis y un 93,9% normalidad. En el grupo control, un 41,2% presentaban hiperlordosis y un 58,8% tenían la curva lumbar dentro de la normalidad (tabla 9).

Tabla 9. Número de casos según valores de normalidad de la lordosis lumbar en bipedestación. Tomado de Gómez-Lozano (2007).

Variable	Clásico	Español	Control
Rectificación: $<20^{\circ}$	0	0	0
Normal: $20-40^{\circ}$	28	31 ⁺	19 ⁻
Hiperlordosis: $>40^{\circ}$	5	2	14 ⁺

En base a sus resultados, el autor concluye que el entrenamiento continuado de la danza clásica y española, reduce el grado de cifosis dorsal y lordosis lumbar en bipedestación, llegando a adquirir con frecuencia un “dorso plano”. Las bailarinas de español rectifican más la cifosis dorsal que las de clásico, debido a la propia actitud exagerada de autocorrección del tronco que mantienen en el estilo flamenco. Respecto a la lordosis lumbar Gómez-Lozano (2007) afirma que sólo en los casos en los que la técnica sea deficitaria, se producirá una hiperlordosis.

En el año 2015, Ambegaonkar y colaboradores evaluaron a 47 chicas (17 bailarinas y 29 gimnastas) con una edad media de $20,2 \pm 1,6$ años utilizando fotografías de 2 dimensiones del plano sagital y el instrumento de análisis de la postura Watson MacDonncha. El objetivo del estudio fue analizar el nivel de lordosis lumbar en bailarinas y gimnastas.

La mayoría de las chicas (89,4%, $n=42$) presentaron una hiperlordosis lumbar marcada (bailarinas 50%, $n=9$; gimnastas 62,1%, $n=18$) o moderada (bailarinas 27,8%, $n=5$; gimnastas 34,5%, $n=10$). Aunque la distribución de la lordosis fue similar entre los grupos ($p = 0,22$).

En base a sus resultados, estos autores exponen que los rangos de movimientos extremos requeridos durante el baile y la gimnasia pueden contribuir a aumentar la lordosis lumbar de las deportistas. Así, los entrenadores deben ser conscientes de que puede haber vínculos entre los movimientos de hiperextensión repetitivos y los niveles de la lordosis lumbar. También, plantean la necesidad de evaluar de manera proactiva el plano sagital de la columna vertebral en los deportistas para conocer si es necesario un trabajo compensatorio que mejore el plano sagital y minimice la carga inherente al gesto deportivo. También plantean la necesidad de realizar estudios longitudinales para determinar si los niveles de lordosis lumbar influyen en la incidencia de lesión lumbar en bailarines y gimnastas.

Fútbol y Fútbol Sala

Son diversos los estudios que han analizado la influencia de la práctica del fútbol y fútbol sala sobre la disposición sagital del raquis. Estos deportes se caracterizan por una posición erguida del tronco, con frecuentes cambios de dirección y ritmo.

Sainz de Baranda et al. (2001) evaluaron el morfotipo raquídeo de 78 futbolistas profesionales pertenecientes al primer equipo del Albacete Balompié S.A.D. (1ª y 2ª División). La exploración clínica del raquis en el plano sagital se realizó mediante las flechas sagitales en bipedestación habitual y en posición de autocorrección, para cuantificar así el grado de flexibilidad y estructuración de las curvas. También se realizó una valoración de la disposición dinámica del raquis en flexión máxima del tronco con rodillas extendidas y en sedentación relajada. Los valores del índice cifótico y lordótico indicaron un morfotipo raquídeo, en bipedestación, encuadrado en valores de normalidad. Por otro lado, en la valoración del morfotipo torácico en flexión máxima del tronco, encontraron un 55,1% de futbolistas con valores considerados normales, un 18% con un morfotipo leve, un 7,6% con un morfotipo moderado y el 5,3% un morfotipo marcado. En

sedentación relajada, solo un 39,7% de los futbolistas presentaban valores dentro de la normalidad.

Wodecki et al. (2002), mediante estudio radiográfico, determinaron las curvaturas sagitales del raquis en bipedestación de 31 futbolistas que entrenaban 4 horas semanales durante los últimos dos años, así como a un grupo control de 47 sujetos que no jugaban al fútbol. Los autores encontraron una menor cifosis torácica y mayor lordosis lumbar en el grupo de futbolistas. Además, estos autores destacaron que el morfotipo raquídeo encontrado en los futbolistas era comparable con el descrito en la literatura en pacientes tratados por espondilolistesis.

López et al. (2005) realizaron un análisis del morfotipo raquídeo en futbolistas en función de su categoría mediante el sistema de flechas sagitales. En su estudio participaron 137 sujetos varones de edades comprendidas entre 16 y 25 años, que fueron clasificados en 3 grupos en función de su categoría (61 futbolistas juveniles, 39 futbolistas amateur y un grupo control de 37 sujetos no deportistas). Sus resultados mostraron diferencias significativas entre los grupos en la flecha lumbar, con un mayor grado de lordosis lumbar en los futbolistas respecto al grupo control. En cuanto a la comparación entre categorías deportivas, encontraron un mayor grado de lordosis significativas en los amateur (55 ± 11 mm) respecto a los juveniles (50 ± 10 mm).

López-Miñarro et al. (2007) evaluaron, mediante un inclinómetro Unilevel, el morfotipo raquídeo en bipedestación de 11 jugadores de élite de fútbol sala. Nueve de los jugadores presentaron una hipercifosis dorsal y los 2 jugadores restantes tenían cifosis normales. En cuanto a la lordosis lumbar, 10 jugadores presentaron una curvatura normal, mientras que un jugador presentó una hiperlordosis lumbar.

Öztürk et al. (2008) compararon, mediante radiografías a 70 exjugadores de fútbol, con una experiencia deportiva de 11 años, respecto a un grupo control de 59 sujetos no deportistas. Los autores observaron una mayor degeneración vertebral, disminución en la altura de los discos intervertebrales y una menor lordosis lumbar en los exfutbolistas, en comparación con el grupo control.

Piragüismo

El piragüismo es una actividad deportiva que implica un movimiento cíclico de miembros superiores y columna vertebral al palear, con diferencias muy importantes en función de la disciplina practicada (kayak o canoa). La actividad del kayakista se basa en una sedentación prolongada con rodillas ligeramente flexionadas, y un paleo que exige

una gran implicación del raquis en el plano transversal. Por el contrario, el canoista debe realizar una marcada flexión del tronco, junto a una moderada flexión lateral y una ligera rotación vertebral.

López-Miñarro et al. (2009) evaluaron a 30 piragüistas con una edad comprendida entre los 13 y 14 años (edad: $13,27 \pm 0,49$ años; peso: $61,06 \pm 8,89$ kg; estatura: $166,12 \pm 7,07$ cm). El objetivo fue valorar la disposición sagital del raquis dorsal y lumbar, así como la extensibilidad isquiosural evaluada a través del test EPR. En bipedestación, los valores angulares medios fueron de $40,54^\circ \pm 9,17^\circ$ para la cifosis torácica y $28,68^\circ \pm 6,26^\circ$ para la curva lumbar. Al evaluar la posición de máxima flexión del tronco en posición del test distancia dedos-planta, los valores medios fueron de $72,22^\circ \pm 12,55^\circ$ para la cifosis dorsal y $35,81^\circ \pm 8,75^\circ$ para la cifosis lumbar.

En otro estudio, López-Miñarro et al. (2008), compararon el morfotipo raquídeo sagital entre kayakistas y canoistas de categoría infantil. Al valorar la postura en bipedestación, encontraron una mayor cifosis torácica en los kayakistas ($42,22^\circ \pm 7,76^\circ$) respecto a los canoistas ($37,45^\circ \pm 8,68^\circ$), aunque sin diferencias significativas entre ambos grupos. En la curva lumbar, los valores fueron de $27,91^\circ \pm 6,21^\circ$ y $25,70^\circ \pm 6,15^\circ$ ($p > 0,05$). En base a las referencias de normalidad en bipedestación, el 73,9% de los kayakistas y el 85% de los canoistas presentaban valores angulares normales para el raquis torácico. Respecto a la curva lumbar, un 91,3% de los kayakistas y el 90% de los canoistas tenían valores angulares normales. El 8,7% de los kayakistas y el 10% de los canoistas presentaban rectificación lumbar. Ninguno de estos deportistas presentó hiperlordosis lumbar, lo que relacionan los autores a la sedentación prolongada en el caso de los kayakistas y a la flexo-extensión cíclica del raquis en el caso de los canoistas.

Esquí de fondo

El estilo clásico en el esquí de fondo, exige un intenso entrenamiento durante varias horas al día, donde el deportista debe mantener el raquis ligeramente flexionado. Alricsson y Werner (2006), evaluaron con el cifómetro de Debrunner, los cambios en el morfotipo raquídeo torácico y lumbar tras 5 años de entrenamiento, en 15 esquiadores de fondo con una edad media de $13,6 \pm 0,9$ años al inicio de la investigación. Tras 5 años de entrenamiento encontraron un aumento significativo de la cifosis torácica pasando de valores medios de $33,5^\circ \pm 7,9^\circ$ a $42,9^\circ \pm 8,1^\circ$. También encuentran una mayor frecuencia de dolor lumbar en el 50% de los deportistas. Además, observaron una correlación significativa entre el aumento de la cifosis torácica y el dolor lumbar. En cuanto a la lordosis lumbar, no encontraron diferencias significativas. Tras los resultados obtenidos, los autores concluyen que en estas

edades, los esquiadores de fondo, deberían practicar otras disciplinas deportivas para intentar compensar los cambios angulares.

Tenis

Deportes con un predominio de posturas y movimientos de flexión y extensión se han asociado a alteraciones en las curvaturas de la columna vertebral en el plano sagital y a un mayor riesgo de lesión (Muyor, Sánchez-Sánchez, Sanz-Rivas y López-Miñarro, 2013).

El tenis es un deporte acíclico y unilateral donde predominan movimientos rápidos del tronco en flexión y extensión en el plano sagital, movimientos de inclinación en el plano frontal y movimientos de rotación en el plano transversal. Debido al gran volumen de gestos técnicos que implican a la columna vertebral y al elevado número de repeticiones e intensidad del juego, Muyor et al. (2013) evalúan a 40 tenistas adolescentes (24 varones y 16 mujeres) con el objetivo de describir las curvaturas de la columna vertebral y la inclinación pélvica en su posición habitual en bipedestación. Además, determinan la frecuencia de hipercifosis torácica e hiperlordosis lumbar.

Para valorar las curvas sagitales y la inclinación pélvica utilizan el sistema Spinal Mouse. Para clasificar las curvaturas utilizan los rangos propuestos por Mejia et al. (1996) para la curva dorsal (20° - 45° para la normalidad, $<20^{\circ}$ Hipocifosis y $>45^{\circ}$ Hipercifosis) y los propuestos por Tüzün et al. (1999) para la curva lumbar (20° - 40° para la normalidad, $<20^{\circ}$ Hipolordosis y $>40^{\circ}$ Hiperlordosis).

Para los chicos los valores medios encontrados fueron: $43,83^{\circ}\pm 7,87^{\circ}$ para la cifosis torácica; $27,58^{\circ}\pm 7,01^{\circ}$ para la lordosis lumbar y $13,38^{\circ}\pm 5,57^{\circ}$ de inclinación de la pelvis. Para las chicas los valores medios fueron: $36,13^{\circ}\pm 6,69^{\circ}$ para la cifosis torácica, $32,69^{\circ}\pm 5,06^{\circ}$ para la lordosis lumbar y $20,94^{\circ}\pm 5,36^{\circ}$ de inclinación de la pelvis. Al comparar los resultados en función del sexo encontraron diferencias significativas en todos los parámetros, de tal forma que los chicos presentaron una mayor cifosis dorsal y las chicas una mayor lordosis lumbar e inclinación pélvica.

Estas diferencias entre sexos, también se observan al categorizar los valores en función de la normalidad. Así, en la curva dorsal, los chicos presentan un 62,5% de normalidad y un 37,5% de hipercifosis dorsal. Mientras que las chicas presentan un 93,8% de normalidad y un 6,2% de hipercifosis dorsal.

En la curva lumbar, los chicos presentan un 83,3% de normalidad, un 12,5% de hipolordosis y un 4,2% de hiperlordosis. Mientras que las chicas presentan un 93,8% de normalidad y un 6,2% de hiperlordosis.

Tras el análisis de los resultados concluyen que debido al alto porcentaje de curvas dentro de la normalidad el tenis no altera la disposición sagital del raquis en bipedestación. Afirmando que la postura hipercifótica observada en los chicos puede estar relacionada con otros factores como al erróneo esquema postural. Además, debido a las diferencias encontradas entre chicos y chicas, recomiendan analizar por separado ambos grupos y desarrollar las estrategias posturales específicas en cada grupo.

Lucha Olímpica

La lucha es uno de los deportes competitivos más antiguos. En competiciones internacionales existen dos modalidades: la lucha greco-romana y el estilo libre. En ambas hay que vencer al adversario, pero se diferencian en la posición que adopta el cuerpo. En el estilo libre, los luchadores mantienen el raquis flexionado durante bastante tiempo. Sin embargo, en el estilo greco-romano, el tronco está más erguido.

Para comparar la influencia de la modalidad de lucha practicada, Rajabi et al. (2008), evaluaron el grado de cifosis torácica en 3 grupos de 30 sujetos cada uno, con una media de edad de 23 años. El primer grupo lo formaban deportistas de lucha libre, el segundo de lucha greco-romana y, el tercero, un grupo control que no practicaba ejercicio físico. El instrumento de medición utilizado fue un electrogoniómetro modificado. Sus resultados mostraron que el grupo de lucha libre tenía una cifosis torácica media de $30^{\circ} \pm 3,8^{\circ}$, el grupo de lucha greco-romana de $24,3^{\circ} \pm 3,7^{\circ}$ y el grupo control de $27,4^{\circ} \pm 3,2^{\circ}$. Aunque encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tres grupos, no encontraron una fuerte correlación entre los años de entrenamiento, la edad de inicio y tener un mayor o menor grado de cifosis torácica.

Escalada

La escalada deportiva es un deporte que nace a mediados de los años 80 y que ha aumentado su popularidad de forma exponencial (Giles et al., 2006).

Förster et al. (2009) analizaron el morfotipo raquídeo en escaladores de élite en función de su nivel y volumen de entrenamiento. Los escaladores fueron divididos en dos grupos: alto nivel, que entrenaban una media de 9,8 horas semanales, y escaladores recreativos con un volumen de entrenamiento de 3,4 horas a la semana. Las mediciones

fueron realizadas con el Spinal Mouse. Tras el análisis de los resultados observan que la cifosis torácica y la lordosis lumbar en bipedestación fueron significativamente mayores en los escaladores que entrenaban un mayor volumen, aunque en cuanto a la lordosis las diferencias no alcanzaron significación estadística. No hubo diferencias entre grupos al valorar el rango de movimiento de flexión y extensión. En un análisis posterior, el grupo de élite fue dividido en otros dos grupos en función de su nivel. Los de mayor nivel tenían mayor cifosis torácica. Los autores concluyen que el morfotipo raquídeo de los escaladores se caracteriza por una cifosis torácica y lordosis lumbar más acentuadas, probablemente debido a la influencia de la cortedad del pectoral mayor.

Voleibol

Una de las características del voleibol en cuanto al raquis son las continuas posiciones que tienen que adoptar los jugadores según las situaciones de juego que se presenten. Por ejemplo, la flexión del tronco mantenida en la posición de defensa y recepción del balón o las hiperextensiones lumbares en el saque en suspensión o remate en la red.

Sliwa y Clebicka (1998) evaluaron mediante un posturómetro electrónico-S, la influencia del entrenamiento específico del voleibol sobre la postura corporal y el morfotipo raquídeo en bipedestación, en un grupo de 22 jugadores y otro de 12 gimnastas acróbatas. En la gimnasia acrobática, se producen movimientos de máxima flexión y extensión del tronco en los volteos y saltos, así como situaciones de carga raquídea, al soportar el peso corporal de los demás compañeros en la creación de una figura. Al comparar ambos deportes, los autores encontraron diferencias significativas en la cifosis torácica y lordosis lumbar. El grupo de voleibol presentó un 58% de casos con una hipercifosis torácica, frente al 45,1% de los acróbatas. En cuanto a la lordosis lumbar, el grupo de jugadores de voleibol presentó un 36,8% de casos de hiperlordosis, mientras que en los acróbatas este porcentaje sólo fue del 8,3%.

Grabara y Hadzik (2009), evaluaron la postura corporal en bipedestación en un grupo de 42 jugadoras de voleibol y la compararon, con otro grupo de 43 chicas no deportistas. Las jugadoras de voleibol entrenaban diariamente de 2 a 3 horas y tenían una experiencia previa de 3 a 5 años de entrenamiento. Ambos grupos tenían edades comprendidas entre los 13 y 16 años. Los resultados evidenciaron un mayor número de morfotipos cifóticos en el grupo de jugadoras de voleibol con respecto al grupo control, con el 36% y 31% de los casos, respectivamente. En cambio, los valores angulares del raquis lumbar en el grupo de voleibol fueron menores respecto al grupo control.

Corredores

López-Miñarro et al. (2009) evaluaron a 30 corredores con una edad comprendida entre los 13 y 14 años (edad: $13,32 \pm 0,53$ años; peso: $62,33 \pm 8,71$ kg; estatura: $164,65 \pm 7,89$ cm).

El objetivo fue valorar la disposición sagital del raquis dorsal y lumbar, así como la extensibilidad isquiosural. En bipedestación, los valores angulares medios fueron $45,61^\circ \pm 6,59^\circ$ para la cifosis torácica y $31,28^\circ \pm 6,14^\circ$ para la curva lumbar. Al evaluar la posición de máxima flexión del tronco en posición del test distancia dedos-planta, los valores medios fueron $63,54^\circ \pm 8,66^\circ$ para la cifosis dorsal y $27,44^\circ \pm 7,36^\circ$ para la cifosis lumbar.

Natación

Tradicionalmente, la natación ha sido uno de los deportes más aconsejados por los terapeutas para el tratamiento y mejora de las algias y deformaciones raquídeas. Su indicación más habitual ha sido en el tratamiento de las escoliosis, si bien también se ha aconsejado para el tratamiento de desalineaciones en el plano sagital. En este sentido, con el objetivo de conocer el efecto que podía generar el entrenamiento específico de la natación, Pastor (2000) valoró el morfotipo raquídeo en una muestra de nadadores de élite de categoría infantil y promesa. La muestra seleccionada fueron 345 nadadores de élite de categoría infantil y promesa, de edades comprendidas entre los 9 y los 15 años, de los que 167 (48,4%) fueron chicos (edad: $13,31 \pm 0,95$ años; peso: $52,56 \pm 10,71$ kg; estatura: $163,7 \pm 10,51$ cm) y 178 (51,6%) chicas (edad: $11,3 \pm 0,99$ años; peso: $40,71 \pm 7,78$ kg; estatura: $150,5 \pm 9,55$ cm).

Las características antropométricas y de volumen de entrenamiento en función de la categoría se muestran en la tabla 10.

La media del grado de cifosis dorsal medida con inclinómetro en los nadadores fue de $40,43^\circ \pm 9,36^\circ$, con un valor máximo de 57° y mínimo de 20° , mientras que en las nadadoras fue de $39,56^\circ \pm 9,57^\circ$, con un valor máximo de 57° y mínimo de 12° , no apreciando diferencias significativas entre las medias.

Tabla 10. Variables antropométricas y volumen de entrenamiento en función de la categoría. Tomado de Pastor (2000).

	Promesas (Chicos)	Promesas (Chicas)	Infantiles (Chicos)	Infantiles (Chicas)
Talla	159,87±8,45	146,7±7	175,17±7,15	162,7±5,4
Peso	49,02±8,96	38,04±6,2	63,09±8,38	49,1±6,11
Años de entrenamiento	3,79±1,3	2,84±1,17	5,4±1,33	3,91±1,21
Horas/Semana entrenamiento	9,86±3,4	7,18±2,5	14,32±4,81	14,12±3,4

Cuando categoriza los valores desde el punto de vista clínico encuentra mayores casos de hipercifosis en los chicos, aunque sin ser las diferencias estadísticamente significativas (tabla 11).

Tabla 11. Distribución por sexos según el grado de cifosis medido con inclinómetro. Tomado de Pastor (2000).

	Nadadores	Nadadoras	Total
Rectificación (<20°)	0 (0%)	1 (2,3%)	1 (1,2%)
Normal (20-40°)	18 (42,9%)	22 (51,2%)	40 (47%)
Hipercifosis (>40°)	24 (57,1%)	20 (46,5%)	44 (51,8%)

La media del grado de lordosis lumbar medida con inclinómetro en los nadadores fue de 31,21°±7,36°, con un valor máximo de 47° y mínimo de 12°, mientras que en las nadadoras fue de 36,33°±8,06°, con un valor máximo de 55° y mínimo de 20°, no apreciando diferencias significativas entre las medias.

Cuando categoriza los valores desde el punto de vista clínico encuentra mayores casos de hiperlordosis en las chicas (tabla 12).

Tabla 12. Distribución por sexos según el grado de cifosis medido con inclinómetro. Tomado de Pastor (2000).

	Nadadores	Nadadoras	Total
Rectificación (<20°)	2 (4,8%)	0 (0%)	2 (2,3%)
Normal (20-40°)	37 (88,1%)	33 (76,7%)	70 (82,3%)
Hiperlordosis (>40°)	3 (7,1%)	10 (32,3%)	13 (15,4%)

Los resultados indicaron que la práctica de la natación de forma continuada en el tiempo y con un elevado volumen de entrenamiento provoca, en niños y púberes, una tendencia al incremento de la cifosis torácica sea cual sea el estilo de natación practicado, excepto en la mariposa. Los valores angulares de la curva torácica fueron mayores en los nadadores de categoría promesa. Además, encontró una mayor presencia de acúñamientos vertebrales en la transición tóraco-lumbar en aquellos nadadores que presentaban mayor cifosis torácica en flexión máxima del tronco. Aunque en las nadadoras no se encontraron modificaciones significativas en el grado de cifosis torácica ni en la lordosis lumbar, los estilos más cifosantes fueron los de braza y mariposa, siendo el de espalda el menos cifosante.

Hockey

El hockey es un deporte en el que el tronco se encuentra constantemente en flexión, ya que los jugadores deben conducir con los sticks la pelota o el disco de caucho a la portería contraria.

Rajabi et al. (2007), compararon el morfotipo raquídeo, en bipedestación, entre 50 jugadoras de hockey, con una edad media de $22,7 \pm 3,5$ años y una experiencia mínima de 3 años de entrenamiento, con un grupo control de 50 chicas con una media de edad de $23,1 \pm 3,0$ años, que no practicaban deporte. Los autores encontraron mayores valores angulares en el raquis torácico en el grupo de hockey en comparación con el grupo control. Los valores medios angulares obtenidos fueron para las jugadoras de hockey y para el grupo control de $34,1 \pm 5,6^\circ$ y $29,8 \pm 5,8^\circ$, respectivamente ($p < 0,01$). No obstante, no hubo una relación significativa entre la carrera profesional ($r = 0,53$) y la edad de comienzo en la práctica del hockey ($r = 0,36$) con el grado de cifosis torácica.

Ciclismo

Tradicionalmente, el ciclismo ha sido analizado de manera extensa en cuanto a parámetros biomecánicos, incidiendo en aspectos como la pedalada para mejorar el rendimiento deportivo y prevenir lesiones por sobrecarga de los miembros inferiores (Muyor, 2010). Diversos trabajos de revisión bibliográfica han analizado los factores de riesgo de lesiones en ciclistas, especialmente las relacionadas con el sobreuso (Burns et al., 2003; Dannenberg et al., 1996). Otros estudios se han centrado en el análisis de factores que influyen en el rendimiento físico (Faria et al., 2005a; Faria, Parker y Faria, 2005b), como, por ejemplo, la influencia de la altitud (Rodríguez-Marroyo et al., 2002) y las alteraciones inmunológicas (Jiménez y Villa, 2001).

En relación con la postura que adopta el ciclista sobre la bicicleta, se han realizado muy pocos estudios, y la mayoría de estos se han centrado más en aspectos de aerodinámica y rendimiento (Aguado et al., 1997), que en el análisis del morfotipo raquídeo estático y dinámico del ciclista.

En este sentido, Burnett et al. (2004) evaluaron a 18 ciclistas (8 hombres y 10 mujeres) con un nivel medio-alto de entrenamiento y con edades comprendidas entre 18 y 57 años. La muestra fue dividida en 2 grupos: un grupo asintomático ($n=9$), con una media de edad de $37,6\pm 7,9$ años y un segundo grupo con dolor lumbar no específico ($n=9$), con una media de edad de $42,3\pm 9,7$ años. El objeto de estudio fue determinar si existían diferencias en el rango de movimiento del raquis mientras pedaleaban en un rodillo. La prueba se detenía una vez que aparecía dolor en la zona lumbar o malestar sobre la bicicleta. El instrumento de medición utilizado fue el Fastrak. Se diferenciaron tres zonas: zona lumbar baja (2ª vértebra sacra y 3ª vértebra lumbar), zona lumbar alta (3ª vértebra lumbar y 12ª vértebra torácica) y zona dorsal alta (12ª y 6ª vértebra torácica). Aunque no encontraron diferencias significativas en el rango de movimiento del raquis entre ambos grupos, el grupo con dolor mostró una mayor rotación y flexión de la columna lumbar baja en comparación con el grupo asintomático. Sin embargo, el grupo sin dolor mostró una mayor rotación y flexión de la columna vertebral alta que el grupo con dolor. Los autores justificaron estas diferencias en base a una menor activación del músculo multifídus en el grupo con dolor lumbar, concretamente del lado izquierdo, lo que derivaría en un menor control de la región lumbo-pélvica.

En este mismo sentido, Srinivasan y Balasubramanian (2007) compararon a dos grupos de 7 ciclistas varones (edad: $25,4\pm 1,8$), uno con dolor lumbar y el otro sin dolor. Tras 30 minutos de pedaleo en sus propias bicicletas montadas sobre un rodillo, el grupo

que sufría dolor lumbar tenía menor activación en los grupos musculares latissimus dorsi medial derecho e izquierdo y en el erector spinae derecho e izquierdo, en comparación al grupo sin dolor.

En cuanto al morfotipo raquídeo, Kolehmainen et al. (1989) analizaron la influencia de tres tipos de agarre (agarre alto, agarre recto y agarre de carrera) en una bicicleta estática de laboratorio, sobre los valores angulares adoptados por el raquis cervical y torácico. Participaron 8 sujetos sanos con una edad media de 30 años. Observaron que la extensión cervical se incrementaba significativamente a medida que el agarre adoptado era más bajo. La extensión cervical media fue de 10° para el agarre alto, con respecto a la posición neutral (en sedentación vertical). El agarre recto implicaba 10° más de extensión cervical, y el agarre de carrera incrementaba la extensión cervical en otros 15° . Adoptar el agarre de carrera suponía una extensión del 29% de la máxima extensión cervical, además de aumentar significativamente la cifosis torácica, pasando de 20° de la posición de referencia a los 44° con el agarre alto y a los 75° con el agarre de carrera.

Aramendi et al. (1998) evaluaron, mediante radiografías, el morfotipo raquídeo de 3 ciclistas profesionales en diferentes posiciones: bipedestación, sobre la bicicleta de carretera con agarre transversal del manillar, en la bicicleta de carretera con agarre en la parte baja del manillar, y sobre la bicicleta de contra-reloj con los antebrazos apoyados en el manillar de triatleta. Los autores encontraron que al pasar de bipedestación a la posición en bicicleta en cualquiera de los agarres, se producía una inversión lumbar. Todos los ángulos de los discos intervertebrales cambiaron de lordosis a cifosis, excepto el disco L5-S1 que se mantuvo con un ángulo de lordosis. La inclinación del sacro mantuvo sus valores angulares. En el agarre bajo, se produjo un aumento de la flexión coxofemoral, colocándose el sacro en una posición horizontal.

Otros estudios han analizado diferentes tipos de sillines para la bicicleta sobre aspectos biomecánicos y/o prevalencia del dolor lumbar. En este sentido, Salai et al. (1999) evaluaron los efectos que producía cambiar la angulación del sillín sobre la tensión lumbar y la incidencia del dolor en dicha región. Para ello, evaluaron a 40 ciclistas aficionados con dolor lumbar, a los cuales se les inclinó 10° el sillín en la parte anterior del mismo. Tras seis meses utilizando sus bicicletas de manera habitual, el 72% de los sujetos no presentaban dolor lumbar, el 20% manifestó una reducción en la frecuencia e intensidad del dolor, y el 7% no mejoró. Estos datos muestran que la incidencia y magnitud del dolor de espalda del ciclista puede ser reducida con un ajuste adecuado en los ángulos del sillín, aspecto importante a tener en cuenta por parte de los entrenadores, vendedores de bicicletas y los propios ciclistas.

Por otro lado, Bressel y Larson (2003) evaluaron en mujeres ciclistas, si el uso de sillines con varios tipos de recortes y diseños, influían en el ángulo pélvico, ángulo del tronco y comodidad sobre la bicicleta. Para ello, 26 ciclistas pedalearon sobre una bicicleta estática con las manos sobre el manillar más alto y más bajo, utilizando tres tipos de sillines: a) convencional; b) con un recorte en forma de óvalo en la parte media (recorte parcial); y c) otro con un recorte en la parte anterior (sin punta, recorte total). El ángulo pélvico fue medido mediante un inclinómetro, mientras que para el ángulo del tronco se utilizó una técnica de digitalización por imágenes. Los resultados mostraron que el ángulo de inclinación pélvica para los sillines con recorte parcial y total fue un 8% y 16% mayor, respectivamente, que los valores obtenidos por el sillín estándar ($p<0,05$). El ángulo de flexión del tronco fue mayor para el sillín con recorte total que para los otros dos modelos ($p<0,05$). En cuanto a los tipos de agarre, las ciclistas mostraron un ángulo pélvico un 77% mayor y una flexión del tronco un 11% mayor en el agarre bajo que respecto al agarre alto ($p<0,05$).

Rajabi et al. (2000a, 2000b) evaluaron la influencia del entrenamiento específico en ciclismo sobre el raquis torácico en bipedestación. Para ello, compararon la cifosis torácica entre 120 ciclistas y 120 sujetos no deportistas. Los resultados mostraron un mayor valor angular del raquis torácico en el grupo de ciclistas en comparación con los no deportistas. Una de las limitaciones de este estudio es que sólo valoró el raquis torácico en bipedestación, sin analizar el raquis lumbar ni la posición de la pelvis. Tampoco se evaluó la posición adoptada sobre la bicicleta, ni se realizaron comparaciones por categorías deportivas o volumen de entrenamiento.

McEvoy et al. (2007) compararon el ángulo pélvico de 17 ciclistas profesionales (media de edad: $23\pm 4,2$ años) y un grupo control de 17 sujetos que no practicaban ciclismo (media de edad: $23\pm 4,1$ años). El objeto de estudio fue conocer las diferencias entre ambos grupos en el ángulo pélvico al adoptar una posición de sedentación. Para ello, los sujetos se colocaban sentados sobre una superficie plana, con la espalda recta, la pelvis en anteversión, una flexión coxofemoral de 90° , las rodillas extendidas y las plantas de los pies apoyadas en una pared. Posteriormente, debían flexionar el tronco todo lo posible desde las caderas sin que se le separasen de la superficie plana la zona poplíteas de ambas rodillas. En ese momento, se detenían y se procedía a la medición mediante un goniómetro digital. Los resultados arrojaron una mayor variabilidad de los ángulos de la pelvis en el grupo control. Los ciclistas alcanzaron mayores valores angulares ($+12,2^\circ$), con una menor variabilidad en los resultados. Los autores concluyeron que los ciclistas muestran una mayor adaptación de la posición pélvica sobre la bicicleta, debido a la calidad y especificidad del entrenamiento en su deporte.

3.3. COLUMNA VERTEBRAL, PLANO SAGITAL Y GIMNASIA

Gimnasia artística

Ölhén et al. (1989b) evaluaron el morfotipo raquídeo de 64 gimnastas de artística, con una media de edad de 12 años, utilizando el cifómetro Debrunner y el inclinómetro Myrin. Las deportistas presentaron unos valores medios para la cifosis torácica de 32º y para la lordosis lumbar de 35º. Además, el 20% de las gimnastas manifestaron dolor lumbar, que se correlacionaba positivamente con aquéllas que mostraron una lordosis lumbar superior a 41º.

Gimnasia Rítmica

En este deporte, las modalidades se caracterizan por el uso de accesorios como pelota, mazas, aro, cuerda y cinta al son de la música. Las gimnastas deben realizar una coreografía al ritmo de aquella, realizando acrobacias y posturas, que en muchas ocasiones, suponen colocar el raquis en posiciones de hiperflexión e hiperextensión, con movimientos combinados de rotación e inclinación lateral (Conesa, 2015).

Martínez-Gallego (2004) valoró mediante inclinómetro, el morfotipo raquídeo de 163 gimnastas divididas en dos grupos (82 gimnastas de competición y 81 gimnastas de equipos de base). Además, valoró a un grupo control de 79 niñas que no practicaban deporte. En cuanto a los valores angulares para el raquis torácico, los dos grupos de gimnastas mostraron mayor frecuencia de casos con normalidad en bipedestación, sedentación y en los test de distancia dedos planta y dedos suelo, que el grupo control. En cambio, para el raquis lumbar en bipedestación, las gimnastas mostraron valores superiores, con más número de casos con hiperlordosis lumbar. En sedentación relajada y en los test de distancia dedos-planta y dedos-suelo, las gimnastas mostraron una mayor cifosis lumbar que el grupo control.

Más recientemente, Kums et al. (2007) compararon las curvas del raquis y las características del tono muscular entre un grupo de 32 gimnastas de rítmica y un grupo control de 48 mujeres que no realizaban ejercicio físico. Las gimnastas presentaron menores valores angulares para el raquis torácico y lumbar con respecto al grupo control ($p < 0,001$). Sin embargo, debido a los desequilibrios musculares detectados, el 50% de las gimnastas padecían dolor lumbar.

Gimnasia Estética de Grupo

La Gimnasia Estética de Grupo (GEG) es una disciplina deportiva muy reciente, sobre todo como deporte de competición. La GEG se define como una disciplina deportiva basada en el movimiento estilizado y natural del cuerpo, que combina y realza cualidades como el dinamismo, el ritmo y la armonía de los movimientos realizados con el uso económico y natural de la fuerza. Es expresión, arte y sentimiento convertido en deporte de competición. Todo ello, realizado por un grupo de deportistas del que fluye un movimiento estético y sincronizado (IFAGG, 2012).

Recientemente, Conesa (2015) ha valorado la disposición sagital de la columna vertebral, la movilidad sagital del raquis y la extensibilidad isquiosural en un grupo de 94 gimnastas especialistas en GEG. Además, también compara sus resultados con un grupo de GRD y con un grupo control. La edad media del grupo de gimnastas de estética fue de $12,7 \pm 3$ años y la media de años de entrenamiento y horas de entrenamiento a la semana fue de $7,3 \pm 2,5$ años y de $5,4 \pm 2,8$ horas semanales respectivamente.

En el grupo de GEG, cuando analiza el grado de cifosis dorsal medida con inclinómetro encuentra unos valores medios de $29,3 \pm 9,7^0$. Cuando analiza el **Grado de Cifosis en Bipedestación** en función de la modalidad deportiva y la edad, aprecia **diferencias** estadísticamente significativas **según la modalidad deportiva** ($p=.001$), mientras que en la variable Edad ($p=.939$) y en la interacción Modalidad x Edad ($p=.898$) no observa diferencias significativas (tabla 13).

Tabla 13. Datos descriptivos del grado de cifosis dorsal en bipedestación. Tomado de Conesa (2015).

	Total (n=254)	Menor de 11 (n=67)	Entre 11-14 años (n=131)	15 o más años (n=56)	p valor
Estética	$29,3 \pm 9,7^0$	$30,0 \pm 8,3^0$	$28,9 \pm 9,3^0$	$30,3 \pm 13,9^0$	.863
Rítmica	$28,3 \pm 7,4^0$	$28,2 \pm 8,1^0$	$29,2 \pm 7,5^0$	$27,0 \pm 6,5^0$	.668
Control	$33,5 \pm 9,3^0$	$34,1 \pm 9,8^0$	$33,4 \pm 8,5^0$	$33,0 \pm 9,9^0$	.911
Total	$30,3 \pm 9,1^0$	$31,0 \pm 9,2^0$	$29,9 \pm 8,8^0$	$30,2 \pm 10,0^0$	.939
P Valor	.001	.059	.074	.085	

Cuando categoriza los valores desde el punto de vista clínico encuentra relaciones estadísticamente significativas entre los valores de cifosis y la modalidad deportiva ($p=.000$). En concreto observa que **el grupo de GEG**, tiene una **mayor** tendencia a **sujetos con rectificación**, mientras que el **grupo control** a **sujetos con hipercifosis** (tabla 14).

Tabla 14. Número de casos y porcentajes según los valores de normalidad de cifosis dorsal en bipedestación. Tomado de Conesa (2015).

CATEGORÍA	GEG	GRD	CONTROL
Rectificación: $<20^{\circ}$	22 (23,4%)	12 (14,6%)	4 (5,1%)
Normal: 20° - 40°	63 (67,0%)	66 (80,5%)	56 (70,9%)
Hipercifosis: $>40^{\circ}$	9 (9,6%)	4 (4,9%)	19 (24,1%)

GEG: Gimnasia Estética de Grupo; GRD: Gimnasia Rítmica Deportiva

Cuando analiza el **grado de lordosis en bipedestación** en el grupo de GEG encuentra unos valores medios de $32,9^{\circ}\pm 8,6^{\circ}$. Cuando compara estos valores en función de la modalidad deportiva y la edad, observa **diferencias** estadísticamente significativas según **la Edad** ($p=.000$) y una tendencia a la significación según la modalidad deportiva ($p=.050$). En cuanto a la interacción Modalidad x Edad no observa diferencias estadísticamente significativas ($p=.750$).

El mayor grado de lordosis lo encontró en el grupo de GRD, seguido del grupo control y del grupo de GEG, apreciándose tendencias a la significación estadística ($p=.050$). Al analizar las comparaciones por pares, aprecia tendencias a la significación estadística entre la GEG y la GRD ($p=.057$) (tabla 15).

Tabla 15. Datos descriptivos del grado de lordosis en bipedestación. Tomado de Conesa (2015).

	Total (n=254)	< 11 años (n=67)	Entre 11-14 años (n=131)	15 o más años (n=56)	P Valor
Estética	$32,9\pm 8,6^{\circ}$	$28,0\pm 6,8^{\circ}$	$33,3\pm 8,4^{\circ}$	$36,4\pm 9,2^{\circ}$	.034
Rítmica	$35,9\pm 8,7^{\circ}$	$33,8\pm 9,4^{\circ}$	$35,3\pm 8,0^{\circ}$	$39,2\pm 8,6^{\circ}$	.104
Control	$35,4\pm 9,2^{\circ}$	$32,3\pm 9,6^{\circ}$	$36,6\pm 7,6^{\circ}$	$37,5\pm 9,9^{\circ}$	.065
Total	$34,6\pm 8,9^{\circ}$	$31,9\pm 9,1^{\circ}$	$34,5\pm 8,2^{\circ}$	$37,8\pm 9,2^{\circ}$	.000
P Valor	.050	.165	.159	.662	

Cuando categoriza los valores desde el punto de vista clínico encuentra relaciones estadísticamente significativas entre los valores de lordosis y la modalidad deportiva (X^2 $N=255$, $=11.333$, $p=.023$). En concreto, observa que el **grupo de GRD** tiene una **mayor** tendencia a sujetos con **hiperlordosis**, al contrario de lo que sucede con la GEG que es donde menos casos aparecen (tabla 16).

Tabla 16. Número de casos y porcentajes según los valores de normalidad de lordosis en bipedestación. Tomado de Conesa (2015).

CATEGORÍA	GEG	GRD	CONTROL
Rectificación: $<20^\circ$	6 (6,4%)	3 (3,7%)	9 (11,4%)
Normal: 20° - 40°	73 (77,7%)	51 (62,2%)	50 (63,3%)
Hiperlordosis: $>40^\circ$	15 (16,0%)	28 (34,1%)	20 (25,3%)

GEG: Gimnasia Estética de Grupo; GRD: Gimnasia Rítmica Deportiva

Cuando analiza el **grado de cifosis dorsal en sedentación**, en el grupo de GEG encuentra unos valores medios de $47,9^\circ \pm 12,9^\circ$. Cuando compara estos valores en función de la modalidad deportiva y la edad (3×3), observa **diferencias** estadísticamente **significativas** según la **modalidad deportiva** ($p=.000$) y **según** la variable **Edad** ($p=.002$). En cuanto a la interacción Modalidad x Edad no observa diferencias estadísticamente significativas ($p=.962$) (tabla 17).

Tabla 17. Datos descriptivos del grado de cifosis dorsal en sedentación. Tomado de Conesa (2015).

	Total (n=254)	Menor de 11 (n=67)	Entre 11-14 años (n=131)	15 o más años (n=56)	p valor
Estética	47,9$\pm$12,9⁰	51,6 $\pm$ 9,6 ⁰	48,1 $\pm$ 13,2 ⁰	43,0 $\pm$ 14,0 ⁰	.139
Rítmica	38,5$\pm$10,8⁰	41,3 $\pm$ 13,2 ⁰	39,4 $\pm$ 8,6 ⁰	34,1 $\pm$ 9,2 ⁰	.101
Control	39,6$\pm$11,6⁰	43,6 $\pm$ 9,9 ⁰	38,8 $\pm$ 11,8 ⁰	36,0 $\pm$ 12,2 ⁰	.061
Total	42,3$\pm$12,5⁰	44,5$\pm$11,6⁰	43,6$\pm$12,6⁰	37,0$\pm$12,0⁰	.002
P Valor	.000	.027	.000	.073	

El grupo que mayor cifosis dorsal presentó en sedentación fue el grupo de GEG, seguido del grupo control y del grupo de GRD, apreciando diferencias estadísticamente significativas ($p=.000$). Al analizar las comparaciones por pares, observó diferencias estadísticamente significativas entre el grupo de GEG y los otros dos ($p=.000$).

Cuando categoriza los valores desde el punto de vista clínico encuentra relaciones estadísticamente significativas entre los valores de cifosis dorsal en sedentación y la modalidad deportiva ($p=.001$). En concreto, observa que **el grupo de GEG** presenta un **menor** número de **casos** dentro de la **normalidad** y un **mayor** número de **casos con hipercifosis dorsal moderada** (tabla 18).

Tabla 18. Número de casos y porcentajes según los valores de normalidad de cifosis dorsal en sedentación. Tomado de Conesa (2015).

CATEGORÍA	GEG	GRD	CONTROL
Normal: $<41^{\circ}$	27 (29,0%)	44 (54,3%)	43 (54,4%)
Leve: 41° - 60°	56 (60,2%)	34 (42,0%)	34 (43,0%)
Moderada: $>60^{\circ}$	10 (10,8%)	3 (3,7%)	2 (2,5%)

GEG: Gimnasia Estética de Grupo; GRD: Gimnasia Rítmica Deportiva

Cuando analiza la curva lumbar **en sedentación**, en el grupo de GEG encuentra unos valores medios de $15,9^{\circ} \pm 8,1^{\circ}$. Cuando compara estos valores en función de la modalidad deportiva y la edad (3×3), observa **diferencias** estadísticamente **significativas** según la **modalidad deportiva** ($p=.033$) y según la **variable Edad** ($p=.000$). En cuanto a la interacción Modalidad x Edad no observa diferencias estadísticamente significativas ($p=.864$). Es decir, la deportista evoluciona en la variable objeto de estudio únicamente según la modalidad deportiva a la que pertenece, pues la edad actúa de la misma manera en todos los grupos de deportistas (tabla 19).

El mayor grado de cifosis lumbar en sedentación lo observó en el grupo de GRD, seguido del grupo de GEG y del grupo control, apreciándose diferencias estadísticamente significativas ($p=.033$). Al analizar las comparaciones por pares, observó diferencias estadísticamente significativas entre la GRD y el grupo control ($p=.035$).

Tabla 19. Datos descriptivos del grado de cifosis lumbar en sedentación. Tomado de Conesa (2015).

	Total (n=254)	< 11 años (n=67)	Entre 11-14 años (n=131)	15 o más años (n=56)	P Valor
Estética	15,9±8,1⁰	19,6±5,6 ⁰	16,0±8,0 ⁰	12,1±9,0 ⁰	.024
Rítmica	16,7±6,6⁰	18,9±4,8 ⁰	16,6±7,5 ⁰	14,4±6,3 ⁰	.132
Control	13,8±7,7⁰	16,5±6,1 ⁰	14,5±7,8 ⁰	9,9±8,0 ⁰	.005
Total	15,5±7,6⁰	18,1±5,6⁰	15,9±7,8⁰	12±7,8⁰	.000
P Valor	.033	.342	.518	.119	

Cuando categoriza los valores desde el punto de vista clínico no encuentra relaciones estadísticamente significativas entre los valores de cifosis lumbar y la modalidad deportiva (p=.164), aunque aprecia que en el **grupo control** es donde **más** porcentaje de **normalidad** hay (tabla 20).

Tabla 20. Número de casos y porcentajes según los valores de normalidad de cifosis lumbar en sedentación. Tomado de Conesa (2015).

CATEGORÍA	GEG	GRD	CONTROL
Normal: ≤15 ⁰	38 (40,9%)	33 (40,7%)	47 (59,5%)
Leve: 16 ⁰ -25 ⁰	46 (49,4%)	40 (49,5%)	27 (34,2%)
Moderada: >25 ⁰	9 (9,7%)	8 (9,8%)	5 (6,3%)

GEG: Gimnasia Estética de Grupo; GRD: Gimnasia Rítmica Deportiva

Cuando analiza la curva **dorsal en flexión máxima del tronco en posición DDP**, encuentra unos valores medios de 69,1°±12,1° en el grupo de GEG. Cuando compara estos valores en función de la modalidad deportiva y la edad (3x3), observa **diferencias** estadísticamente significativas **según la modalidad deportiva** (p=.000), pero no en la variable Edad (p=.207). En cuanto a la **interacción Modalidad x Edad** observa diferencias estadísticamente significativas (p=.003), es decir, la deportista **evoluciona** en la variable objeto de estudio **según la modalidad deportiva** a la que pertenece, **dependiendo de su edad**, de manera que conforme incrementa la edad disminuye los niveles de cifosis dorsal en las gimnastas de GEG, mientras que en el grupo control aumentan (tabla 21).

Al analizar el total de la muestra, observa el mayor grado de cifosis dorsal en DD-P en el grupo de GEG, seguido del grupo de control y del grupo de GRD, siendo las diferencias significativas ($p=.000$). Al analizar las comparaciones por pares, observa diferencias significativas entre todas las modalidades ($p=.000$).

Tabla 21. Datos descriptivos del grado de cifosis dorsal en DDP. Tomado de Conesa (2015).

	Total (n=254)	Menor de 11 (n=67)	Entre 11-14 años (n=131)	15 o más años (n=56)	P Valor
Estética	69,1±12,1 ⁰	77,1±8,9 ⁰	68,7±11,6 ⁰	63,2±14,1 ⁰	.004
Rítmica	50,4±11,3 ⁰	51,1±12,1 ⁰	51,4±10,9 ⁰	48,1±11,1 ⁰	.521
Control	59,6±10,6 ⁰	55,9±8,6 ⁰	61,0±12,6 ⁰	62,2±9,1 ⁰	.098
Total	60,2±13,8 ⁰	58,8±14,1 ⁰	62,1±13,7 ⁰	57,4±13,0 ⁰	.207
P Valor	.000	.000	.000	.000	

Cuando categoriza los valores desde el punto de vista clínico encuentra relaciones estadísticamente significativas entre los valores de cifosis dorsal en DD-P y la modalidad deportiva ($p=.000$). En concreto, aprecia que **el grupo de GEG** presenta un **mayor** número de gimnastas con **cifosis leve y moderada**. Mientras que para el GRD destaca el alto porcentaje de gimnastas con valores dentro de la normalidad (tabla 22).

Tabla 22. Número de casos y porcentajes según los valores de normalidad de la curva dorsal en flexión máxima del tronco. Tomado de Conesa (2015).

CATEGORÍA	GEG	GRD	CONTROL
Normal: <68 ⁰	39 (41,5%)	78 (95,1%)	62 (78,5%)
Leve: 68 ⁰ - 76 ⁰	30 (31,9%)	4 (4,9%)	13 (16,5%)
Moderada: >76 ⁰	25 (26,6%)		4 (5,1%)

GEG: Gimnasia Estética de Grupo; GRD: Gimnasia Rítmica Deportiva

Cuando analiza la curva lumbar **en flexión máxima del tronco en posición DDP**, encuentra unos valores medios de 26,4°±7,3° en el grupo de GEG. Cuando compara estos valores en función de la modalidad deportiva y edad (3x3), observa **diferencias** estadísticamente significativas **según la modalidad deportiva** ($p=.007$) y según la variable **Edad** ($p=.000$). En cuanto a la interacción Modalidad x Edad no aparecen diferencias estadísticamente significativas ($p=.821$). Es decir, la deportista evoluciona en la variable

objeto de estudio únicamente según la modalidad deportiva a la que pertenece, pues la edad actúa de la misma manera en todos los grupos de deportistas (tabla 23).

Al analizar el total de la muestra, observa que el grupo que mayor cifosis lumbar tiene en DD-P es el grupo de GEG, seguido muy de cerca por el grupo de GRD y por último del grupo control, apreciando diferencias significativas ($p=.007$). Al analizar las comparaciones por pares, observa diferencias significativas entre los grupos de GEG y de GRD y el grupo control ($p=.037$ y $p=.012$ respectivamente).

Tabla 23. Datos descriptivos del grado de cifosis lumbar en DDP. Tomado de Conesa (2015).

	Total (n=254)	< 11 años (n=67)	Entre 11-14 años (n=131)	15 o más años (n=56)	P Valor
Estética	26,4±7,3 ⁰	29,5±6,4 ⁰	26,8±6,2 ⁰	21,4±10,7 ⁰	.022
Rítmica	26,3±6,7 ⁰	27,9±5,7 ⁰	26,4±6,5 ⁰	24,1±8,1 ⁰	.207
Control	22,9±8,9 ⁰	25,5±6,0 ⁰	23,9±9,8 ⁰	18,9±9,6 ⁰	.005
Total	25,2±7,7 ⁰	27,3±5,8 ⁰	26,0±7,2 ⁰	21,4±9,4 ⁰	.000
P Valor	.007	.218	.221	.063	

Cuando categoriza los valores desde el punto de vista clínico no encuentra relaciones significativas entre los valores de cifosis lumbar en DD-P y la modalidad deportiva ($p=.458$), aunque se observa que **el grupo de GEG presenta un mayor porcentaje de casos con cifosis lumbar de grado leve y moderado**, al contrario de lo que sucede con el grupo control que es el que presenta mayor porcentaje de casos dentro de la normalidad (tabla 24).

Tabla 24. Número de casos y porcentajes según los valores de normalidad de la curva lumbar en flexión máxima del tronco. Tomado de Conesa (2015).

CATEGORÍA	GEG	GRD	CONTROL
Normal: <30°	61 (64,9%)	57 (69,5%)	59 (74,7%)
Leve: 30°-39°	29 (30,9%)	24 (29,3%)	19 (24,1%)
Moderada: >39°	4 (4,3%)	1 (1,2%)	1 (1,3%)

GEG: Gimnasia Estética de Grupo; GRD: Gimnasia Rítmica Deportiva

Gimnasia de trampolín

Esta especialidad de gimnasia consiste en realizar una serie de ejercicios gimnásticos ejecutados en varios aparatos elásticos, donde la acrobacia es la principal protagonista (Blanco, 1997), y consta de tres disciplinas independientes entre sí, como son el trampolín o cama elástica, el tumbling y el dobleminitramp (Harringe et al., 2007). De forma general, en todas las disciplinas se necesita una gran flexibilidad de columna y un gran dominio corporal para realizar los ejercicios o pases con sus respectivos elementos acrobáticos. Además, como parte de estos elementos destacan los saltos, las rotaciones, las hiperflexiones del tronco y las posturas hiperlordóticas en la recepción de los saltos.

Sainz de Baranda et al. (2009), evaluaron mediante un inclinómetro Unilevel a 69 gimnastas de competición de la modalidad de trampolín (35 mujeres y 34 varones) pertenecientes a 19 Clubes miembros afiliados a la Real Federación Española de Gimnasia. Las medias de edad, estatura, peso, años de entrenamiento, días a la semana y horas al día fueron: $14,97 \pm 4,77$ años, $155,54 \pm 14$ cm, $51,19 \pm 13$ kg, $6,61 \pm 4$ años/entrenamiento, $4,1 \pm 0,99$ días/semana y $2,63 \pm 0,64$ horas/día respectivamente.

Los autores encontraron en bipedestación un raquis torácico con un valor medio de $44,9^\circ \pm 7^\circ$, con un gran porcentaje de casos con hiperCIFOSIS. Los valores del raquis lumbar estaban dentro de la normalidad. En sedentación relajada, observaron valores en la curva dorsal y lumbar de $50,2^\circ \pm 10^\circ$ y $17,4^\circ \pm 9,6^\circ$, respectivamente, lo que supone una tendencia a morfotipos cifóticos. En flexión máxima del tronco observaron valores medios considerados normales para la cifosis torácica ($51,5^\circ \pm 11^\circ$) y cifóticos para el raquis lumbar ($29,3^\circ \pm 7,8^\circ$) (tabla 25).

Cuando comparan los resultados obtenidos en función del sexo observan diferencias significativas en todas las mediciones, excepto en la curva dorsal en sedentación. Así, las gimnastas presentaron mayor lordosis lumbar ($p < 0.0001$) y los gimnastas mostraron mayor cifosis dorsal ($p < 0.05$). Además, los chicos gimnastas presentaron mayor curva dorsal y lumbar tanto en la flexión máxima del tronco en bipedestación, como en sedentación (tabla 25).

Tabla 25. Valores medios de las curvas sagitales del raquis en gimnastas especialistas en trampolín. Tomado de Sainz de Baranda et al. (2009).

	Chicos	Chicas	p valor
Cifosis BIP	46,91 ⁰ ±7,07 ⁰	43,06 ⁰ ±8,91 ⁰	<,05
Lordosis BIP	32,06 ⁰ ±7,7 ⁰	40,31 ⁰ ±10 ⁰	<,0001
Curva dorsal DD-S	55,74 ⁰ ±8,9 ⁰	47,49 ⁰ ±12 ⁰	<,003
Curva lumbar DD-S	31,94 ⁰ ±6,7 ⁰	26,71 ⁰ ±8,1 ⁰	<,005
Curva dorsal DD-P	62,82 ⁰ ±12,8 ⁰	53,2 ⁰ ±17 ⁰	<,01
Curva lumbar DD-P	30,3 ⁰ ±6,4 ⁰	25,2 ⁰ ±7,6 ⁰	<,004
Curva dorsal SED	51,38 ⁰ ±12 ⁰	49,2 ⁰ ±7 ⁰	,386
Curva lumbar SED	21 ⁰ ±7,9 ⁰	14 ⁰ ±10 ⁰	<,002

En otro estudio, Sainz de Baranda et al. (2010) analizaron la asociación entre el tiempo de entrenamiento y el morfotipo sagital del raquis en gimnastas de trampolín. La justificación de este estudio tiene origen en el trabajo de Wojtys et al. (2000) donde encuentran una asociación entre el aumento de las horas de entrenamiento con el aumento del grado cifosis y lordosis. El análisis de los resultados muestra como cuando se sobrepasan las 400 horas de entrenamiento al año y las 2000 horas de entrenamiento acumulado (volumen total de entrenamiento) se incrementa la cifosis torácica y la lordosis lumbar.

En la tabla 26, se exponen las media y desviación estándar de las curvas sagitales del raquis de los gimnastas especialistas en trampolín, en función del número de horas de entrenamiento al año. Mientras que en la tabla 27, se presentan en función del volumen total de entrenamiento.

Cuando se analizan los datos en función del entrenamiento anual, se observa que la cifosis dorsal disminuye con el entrenamiento en todas las posiciones, mientras que la lordosis lumbar se mantiene en bipedestación y en flexión del tronco en DD-S y aumenta en flexión del tronco en DD-P y en sedentación asténica (tabla 26). Aunque, hay que destacar que las diferencias no son significativas.

Tabla 26. Valores medios de las curvas sagitales del raquis con relación al tiempo de entrenamiento anual en gimnastas especialistas en trampolín. Tomado de Sainz de Baranda et al. (2009).

	Total		Chicos		Chicas	
	≤ 400 horas (n=35)	> 400 horas (n=46)	≤ 400 horas (n=18)	> 400 horas (n=24)	≤ 400 horas (n=17)	> 400 horas (n=22)
Cifosis BIP	45,9 ⁰ ±9 ⁰	42,5 ⁰ ±7,1 ⁰	48 ⁰ ±6 ⁰	45 ⁰ ±7 ⁰	43,6 ⁰ ±10 ⁰	39,5 ⁰ ±6,2 ⁰
Lordosis BIP	35 ⁰ ±10 ⁰	34,1 ⁰ ±9,8 ⁰	32,5 ⁰ ±8 ⁰	30,2 ⁰ ±7,2 ⁰	38,5 ⁰ ±11 ⁰	38,4 ⁰ ±10 ⁰
Curva dorsal DDS	55 ⁰ ±10,3 ⁰	47⁰±11⁰*	58 ⁰ ±8,4 ⁰	53,1 ⁰ ±10 ⁰	52 ⁰ ±11,4 ⁰	42⁰±9,8⁰*
Curva lumbar DDS	29 ⁰ ±7 ⁰	29 ⁰ ±7 ⁰	31 ⁰ ±6 ⁰	30,6 ⁰ ±6 ⁰	26 ⁰ ±6 ⁰	28 ⁰ ±8,1 ⁰
Curva dorsal DDP	60 ⁰ ±16,2 ⁰	54 ⁰ ±13,8 ⁰	64,2 ⁰ ±15 ⁰	59,4 ⁰ ±11 ⁰	56,8 ⁰ ±17 ⁰	49,8 ⁰ ±14 ⁰
Curva lumbar DDP	27,3 ⁰ ±6 ⁰	29,4 ⁰ ±8 ⁰	30 ⁰ ±6 ⁰	30,7 ⁰ ±7 ⁰	24,5 ⁰ ±6,5 ⁰	28 ⁰ ±9,2 ⁰
Curva dorsal SED	51 ⁰ ±12 ⁰	49,1 ⁰ ±8 ⁰	53,3 ⁰ ±16 ⁰	50,2 ⁰ ±6 ⁰	50,18 ⁰ ±8 ⁰	48 ⁰ ±9 ⁰
Curva lumbar SED	16,6 ⁰ ±8 ⁰	19,7 ⁰ ±10 ⁰	19,2 ⁰ ±7,8 ⁰	21,9 ⁰ ±8 ⁰	13,9 ⁰ ±7 ⁰	17,3 ⁰ ±11 ⁰

* p<,05; †p<0,01

Cuando se analizan los datos en función del volumen total de entrenamiento, se observa que la cifosis dorsal no se modifica con el entrenamiento, mientras que la lordosis lumbar aumenta en bipedestación y disminuye en flexión del tronco y en sedentación asténica, resultando estas diferencias significativas para los gimnastas y para toda la muestra de gimnastas, pero no siendo significativa para las gimnastas (tabla 27).

Tabla 27. Valores medios de las curvas sagitales del raquis con relación al volumen total de entrenamiento. Tomado de Sainz de Baranda et al. (2010).

	Total		Chicos		Chicas	
	≤ 2000 horas (n=35)	> 2000 horas (n=46)	≤ 2000 horas (n=17)	> 2000 horas (n=25)	≤ 2000 horas (n=15)	> 2000 horas (n=24)
Cifosis BIP	43,9 ⁰ ±9 ⁰	43,9 ⁰ ±7,5 ⁰	46,5 ⁰ ±6 ⁰	46,3 ⁰ ±7,5 ⁰	41 ⁰ ±11,1 ⁰	41 ⁰ ±6,9 ⁰
Lordosis BIP	31,7 ⁰ ±9,6 ⁰	36,6⁰±9⁰*	28 ⁰ ±8,2 ⁰	33,3⁰±6⁰*	36 ⁰ ±9,7 ⁰	40 ⁰ ±11,4 ⁰
Curva dorsal DDS	50,6 ⁰ ±12 ⁰	51,2 ⁰ ±11 ⁰	50,6 ⁰ ±12 ⁰	51,2 ⁰ ±11 ⁰	46,4 ⁰ ±13 ⁰	46,5 ⁰ ±10 ⁰
Curva lumbar DDS	32,31 ⁰ ±6 ⁰	27,5⁰±7⁰†	34,9 ⁰ ±5 ⁰	28,6⁰±6⁰†	29,3 ⁰ ±6 ⁰	26,3 ⁰ ±8 ⁰
Curva dorsal DDP	56,3 ⁰ ±16 ⁰	58 ⁰ ±14 ⁰	61,8 ⁰ ±11 ⁰	61,3 ⁰ ±14 ⁰	50,2 ⁰ ±18 ⁰	54,5 ⁰ ±13 ⁰
Curva lumbar DDP	30,9 ⁰ ±7,2 ⁰	27⁰±7,7⁰*	33,5 ⁰ ±7,3 ⁰	28,3⁰±5⁰*	27,9 ⁰ ±6 ⁰	25,6 ⁰ ±9,4 ⁰
Curva dorsal SED	52,4 ⁰ ±8,7 ⁰	48,9 ⁰ ±11 ⁰	53,7 ⁰ ±9,9 ⁰	50 ⁰ ±12 ⁰	50,8 ⁰ ±7 ⁰	47,7 ⁰ ±9 ⁰
Curva lumbar SED	21 ⁰ ±10 ⁰	16,4⁰±8⁰*	24,4 ⁰ ±9 ⁰	18,2⁰±6⁰*	18 ⁰ ±10 ⁰	14,5 ⁰ ±9,7 ⁰

*p<,05; †p<,01

3.4. FLEXIBILIDAD y DEPORTE. MUSCULATURA ISQUIOSURAL

La flexibilidad, definida como la habilidad para mover una articulación (o varias en serie) a través de todo el rango de movimiento (ROM) que es requerido para una actividad o acción específica (Magnusson y Renstrom, 2006), es uno de los componentes básicos del fitness para el rendimiento deportivo (Alricsson y Werner, 2004; Hahn et al., 1999).

Más concretamente, Kraemer y Gómez (2001) defienden que la flexibilidad es uno de los elementos fundamentales de la condición física para los deportistas de élite. Este hecho, se evidencia con mayor fuerza en determinadas modalidades deportivas como la gimnasia rítmica y artística, la modalidad de natación saltos y el patinaje artístico, donde la flexibilidad es un componente determinante. En estas modalidades se requiere un ROM articular máximo (expresión cuantitativa de la flexibilidad muscular) en la mayoría de las articulaciones para la ejecución de los gestos técnicos extremos que más puntúan los jueces. Por el contrario, existen otras modalidades deportivas (fútbol, baloncesto y carrera) que necesitan niveles más bajos de flexibilidad para la realización de los movimientos dinámicos implícitos en la ejecución de los gestos técnicos (Nóbrega et al., 2005). Por lo tanto, se podría decir que la flexibilidad presenta una implicación en mayor o menor medida en cada modalidad deportiva (Canda et al., 2004).

En la literatura científica se pueden leer algunos trabajos sobre la valoración de la flexibilidad en deportistas, observándose gran diferencia de resultados en función del deporte. Así, se demuestra que la flexibilidad es específica de cada articulación, acción muscular o movimiento (Hahn et al., 1999; Zakas et al., 2002), encontrando diferencias en cada articulación dentro de un mismo deporte (Chandler et al., Stone, 1990; Probst et al., 2007), entre cada puesto específico (Oberg et al., 1984), entre el lado dominante y no dominante (Chandler et al., 1990; Probst et al., 2007) y entre cada nivel competitivo en un mismo deporte (élite vs aficionados) (Battista et al., 2007; Gannon y Bird, 1999; Haff, 2006).

La musculatura isquiosural constituye un grupo muscular biarticular que, debido a su origen e inserción, tiene efectos sobre la rodilla, la cadera y la estática y dinámica de la pelvis (Ledoux, 1992). La cortedad de esta musculatura, además de suponer una limitación de la capacidad de movilidad del deportista, puede repercutir sobre la pelvis y la columna vertebral cuando ésta es acusada (Santonja et al., 1995).

Varios estudios han relacionado la reducción de la extensibilidad isquiosural con lesiones musculares (Croisier et al., 2002; Kujala et al., 1997; Sexton y Chambers, 2006; Worrell et al., 1994), algias lumbares (Biering-Sorensen, 1984; Caillet, 1988; Mierau et al., 1989; Standaer y Herring, 2000), alteraciones en el ritmo lumbo-pélvico (Esola et al., 1996), así como una reducción del rendimiento físico-deportivo (Andersen, 2006).

Con relación a la estática y dinámica de la columna vertebral, la cortedad de la musculatura isquiosural ha sido relacionada con una mayor cifosis torácica en los movimientos de flexión máxima del tronco (Gajdosik et al., 1994) con una mayor cifosis lumbar (Santonja et al., 1995) y con las repercusiones sobre el raquis lumbar (Ferrer, 1998).

Así, en un estudio efectuado sobre 27 deportistas con marcada cortedad isquiosural (grado II), Santonja et al. (1995) encontraron acuñamientos vertebrales anteriores ($22,3\% > 10^\circ$), inversiones de los espacios discales de T₁₂-L₁ en el 70,4% de los casos, de L₁-L₂ en el 81,5% de los casos y de L₂-L₃ en el 100% de los casos. El morfotipo del raquis lumbar arrojó un 70,3% de inversiones lumbares y un 33,3% de cifosis dorsales incrementadas. Se demuestra en este estudio una clara influencia de la cortedad isquiosural sobre el raquis lumbar y en menor medida sobre el raquis dorsal.

Ferrer (1998) tras analizar una muestra de 919 niños y adolescentes, con edades comprendidas entre 5 y 18 años (edad media de $12,9 \pm 2,96$), y tras realizar un estudio radiográfico de la columna lumbar en flexión del tronco en posición Tónica-II (Santonja, 1992), encuentra una clara relación entre la cortedad de la musculatura isquiosural y la retroversión de la pelvis ($p < 0,0005$), la existencia de cifosis lumbar ($p < 0,001$), la inversión de los espacios discales en T₁₂-L₁ ($p < 0,001$), L₁-L₂ ($p < 0,001$), L₂-L₃ ($p < 0,001$), y L₃-L₄ ($p < 0,02$), así como con la presencia de acuñamientos, de manera que a mayor cortedad de la musculatura isquiosural mayor probabilidad de acuñamiento en T₁₂ ($p < 0,001$). Tras su estudio, este autor expone la teoría patogénica que explica las repercusiones que la cortedad isquiosural puede desarrollar sobre el raquis lumbar.

En cuanto a la relación de la cortedad de la musculatura isquiosural con otras alteraciones, Garcés (1994), en un estudio sobre espondilolisis y espondilolistesis en el deporte, detecta la presencia de cortedad de la musculatura isquiosural, aunque destaca que es preciso valorar este hecho cuidadosamente en gimnastas y bailarines, ya que dichos deportistas pueden flexionar la cadera con rodillas extendidas unos 40° - 60° más que el resto de los deportistas.

Diversos estudios han valorado la extensibilidad isquiosural en diferentes deportistas tales como nadadores (Pastor, 2000; Sanz, 2002), corredores de larga distancia (Trehearn y Buresh, 2009; Wang et al., 1993), piragüistas (López-Miñarro et al., 2008, 2009), remeros (Stutchfield y Coleman, 2006), halterófilos (Chang et al., 1988), futbolistas (Caldwell y Peters, 2009), jugadores de fútbol sala (Cejudo et al., 2014a), jugadores de fútbol australiano (Young et al., 2005), luchadores (Mirzaei et al., 2009), jugadoras de lacrosse (Enemark-Miller et al., 2009), tenistas (Kibler y Chandler, 2003), taekwondistas (Toskovic et al., 2004) y jugadores de voleibol (Melrose et al., 2007).

Algunos trabajos valoran la flexibilidad como parte de un perfil condicional o fisiológico (Melrose et al., 2007; Mirzaei et al., 2009; Arazi et al., 2013) y otros miden la extensibilidad de la musculatura isquiosural dentro de un protocolo para definir el perfil de flexibilidad (Cejudo et al., 2013, 2014a, 2014b). Otros estudios analizan si la práctica de un deporte en concreto genera cambios en los valores de flexibilidad y específicamente en la extensibilidad de la musculatura isquiosural (Canda et al., 2004).

Además, hay estudios que categorizan los niveles de flexibilidad aportando datos de normalidad y cortedad (Ferrer, 1998; Gómez-Lozano, 2007; Martínez-Gallego, 2004; Pastor, 2000), sin existir unanimidad en la prueba de valoración utilizada.

Voleibol

Melrose et al. (2007) evaluaron a 29 jugadores de voleibol adolescentes, con un rango de edad entre los 12 y los 17 años ($14,31 \pm 1,37$ años) con el propósito de valorar las características físicas y de rendimiento de estos jugadores.

La valoración de la flexibilidad se realizó mediante el test DD-P modificado y la media obtenida fue de $38,7 \pm 7,1$ cm. Para analizar las diferencias por categorías, dividieron los jugadores en 2 grupos de edad: de 12 a 14 años (grupo A) y 15 a 17 años (grupo B). Los resultados mostraron como el grupo de menor edad conseguía una mayor distancia en el test DD-P, aunque sin diferencias significativas.

Lucha Olímpica

Mirzaei et al. (2009) evaluaron a 70 luchadores de élite ($19,8 \pm 0,9$ años) con el propósito de describir el perfil fisiológico de luchadores de élite de estilo libre. Se analizaron las siguientes variables: peso corporal, flexibilidad, el consumo máximo de oxígeno, la potencia anaeróbica máxima de las piernas, la resistencia muscular, la fuerza, la velocidad, la agilidad y la composición corporal mediante los pliegues cutáneos.

La valoración de la flexibilidad se realizó mediante el test DD-P y la media obtenida fue de $38,2 \pm 3,94$ cm. Además, cuando analizan los resultados en función del peso de los luchadores, observan que aquellos luchadores que poseían menor masa (50 kg) alcanzaban mayor distancia en el test ($39 \pm 4,5$ cm) que los luchadores más pesados (120 kg) ($35,8 \pm 4,2$ cm).

Taekondistas

Toskovic et al. (2004) evaluaron, mediante el test DD-P, la extensibilidad isquiosural de 28 taekwondistas divididos por sexo y experiencia. No se encontraron diferencias significativas entre los grupos en la distancia alcanzada. No obstante, el grupo que más distancia alcanzó fue el de hombres experimentados, siendo el grupo de hombres principiantes el que menor distancia alcanzó. Los autores justifican que los principiantes son los que peores valores presentan debido a su falta de experiencia en el entrenamiento deportivo, así como al menor volumen de trabajo de estiramientos musculares.

Fútbol

Diferentes autores han valorado los niveles de flexibilidad de la musculatura isquiosural en una muestra de futbolistas, encontrando valores medios para el rango de movimiento de la flexión de cadera entre $79,3^\circ$ y $94,6^\circ$ (Ekstrand et al., 1982; Rahnema et al., 2005; Witvrouw et al., 2003; Zakas et al., 2005, 2006). Todos estos trabajos miden la extensibilidad de la musculatura isquiosural a través del test EPR.

Fútbol sala

Cejudo et al. (2014a) evaluaron a 20 jugadores profesionales de fútbol sala (17 jugadores de campo y 3 porteros) con el propósito de describir el perfil de flexibilidad de la extremidad inferior. Utilizaron una batería de 7 pruebas para valorar los principales músculos de la extremidad inferior. Los resultados fueron analizados en función del puesto específico y diferenciando la pierna dominante o no dominante (tabla 28). La extensibilidad de la musculatura isquiosural fue valorada a través del test EPR.

Tabla 28. Valores para el test EPR en jugadores de fútbol sala. Tomado de Cejudo et al. (2014a).

	Jugadores de Campo		Porteros	
	Dominante	No dominante	Dominante	No dominante
EPR	91,7°±9,2°	90,5°±9,1°	102,9°±3,7°	103,5°±3,4°

Sainz de baranda et al. (2015) evaluaron Un total de 15 jugadoras de campo (edad: 22,3±4,9 años; peso: 57,7±7,1 Kg; talla: 166,1±4,7cm) y 5 porteras (edad: 22,2±6,2 años; peso: 64,8±2,9 Kg; talla: 167,4 ±5,18 cm) de fútbol sala, con más de 10 años de práctica deportiva (4 sesiones de entrenamiento semanal con una duración mínima de 1,5 horas por sesión). Todas las jugadoras competían en la 1ª División Nacional Femenina de Fútbol Sala durante la temporada 2009/10 y tres jugadoras formaban parte de la Selección Nacional de Fútbol Sala.

Utilizaron el protocolo ROM Sport para valorar los principales músculos de la extremidad inferior. Los resultados fueron analizados en función del puesto específico y diferenciando la pierna dominante o no dominante (tabla 29). La extensibilidad de la musculatura isquiosural fue valorada a través del test EPR.

Tabla 29. Valores para el test EPR en jugadoras de fútbol sala. Tomado de Sainz de Baranda et al. (2015).

	Jugadoras de Campo		Porteras	
	Dominante	No dominante	Dominante	No dominante
EPR	90,2°±14,1°	88,5°±13,7°	89°±7,9°	87,6°±10°

Balonmano

Dos trabajos han valorado los niveles de flexibilidad de la musculatura isquiosural en jugadores junior de balonmano, encontrando valores medios de 76,3° y 79,8° (Zakas et al., 2002; Zakas et al., 2003). Ambos estudios valoran la extensibilidad de la musculatura isquiosural a través del test EPR.

Cejudo et al. (2014b) evaluaron a 50 jugadores de campo y 6 porteros, con más de 9 años de práctica deportiva federada en balonmano (3 sesiones de entrenamiento semanal con una duración mínima de 1,5 horas por sesión). 25 jugadores jugaban en la 1ª División

Nacional (edad: 26,3±6,1 años; peso: 93±9,4 kg; talla: 1,84±0,07 m) y 31 jugadores competía en la 2ª División Nacional (edad: 26,2±4,1 años; peso: 82,5±9,3 kg; talla: 1,78±0,07 m).

El objetivo principal de este estudio era definir cuantitativamente los valores normativos del perfil de flexibilidad en jugadores senior de balonmano, midiendo para ello la extensibilidad de los principales grupos musculares de la extremidad inferior a través de pruebas angulares pasivas máximas. Los resultados los analizaron en función del puesto específico y diferenciando entre la pierna dominante o no dominante (tabla 30). La extensibilidad de la musculatura isquiosural fue valorada a través del test EPR.

Tabla 30. Valores para el test EPR en jugadores de fútbol sala. Tomado de Cejudo et al. (2014a).

Categoría	Jugadores de Campo		Porteros	
	Dominante	No dominante	Dominante	No dominante
1º División	80,7°±12,4°	78,3°±12,5°	107,8°±4,4°	104,6°±7°
2º División	86,1°±10,1°	86,69°±9,3°	80,8°±3,5°	80,3°±4°

Corredores

López-Miñarro et al. (2009) evaluaron a 30 corredores con una edad comprendida entre los 13 y 14 años (edad: 13,32±0,53 años; peso: 62,33±8,71 kg; estatura: 164,65±7,89 cm).

El objetivo fue valorar la disposición sagital del raquis dorsal y lumbar, así como la extensibilidad isquiosural evaluada a través del test EPR. La media obtenida fue de 83,83±9,86° para la pierna derecha y de 85,02±10,02° para la pierna izquierda.

Duatlón

Cejudo et al. (2013) evaluaron a 15 atletas de duatlón (edad: 32,7±7,85 años; peso: 67,1±4,8 kg; estatura: 172,9±2,8 cm), con más de 3,5 años de práctica deportiva (5 sesiones de entrenamiento semanal con una duración mínima de 2 horas por sesión).

La valoración de la flexibilidad se realizó mediante el test EPR y la media obtenida fue de 83,02°±9,9° para la pierna derecha y de 82,02°±9,8° para la pierna izquierda.

Tenis

Tres trabajos han valorado los niveles de flexibilidad de la musculatura isquiosural en jugadores junior de tenis, encontrando valores medios de 68,5° (Zakas, 2005), 77,5° (Chandler et al., 1990) y 65,9° (Kibler y Chandler, 2003). Todos valoran la extensibilidad de la musculatura isquiosural a través del test EPR.

Piragüistas

López-Miñarro et al. (2009) evaluaron a 30 piragüistas con una edad comprendida entre los 13 y 14 años (edad: 13,27±0,49 años; peso: 61,06±8,89 kg; estatura: 166,12±7,07 cm).

El objetivo fue valorar la disposición sagital del raquis dorsal y lumbar, así como la extensibilidad isquiosural evaluada a través del test EPR. La media obtenida fue de 75,27±8,79° para la pierna derecha y de 76±8,78° para la pierna izquierda.

En otro estudio, López-Miñarro et al. (2008) evaluaron a 65 piragüistas de categoría infantil con 3 objetivos: 1) valorar la extensibilidad isquiosural en kayakistas y canoistas de categoría infantil mediante diversos tests angulares y lineales; 2) comparar la extensibilidad isquiosural en función de la disciplina (canoa o kayak); 3) determinar la frecuencia de casos con una reducida extensibilidad isquiosural en función del test utilizado. La extensibilidad de la musculatura isquiosural fue medida a través de los test EPR, test DD-P y test L-H fx.

Los resultados muestran como un importante porcentaje de los piragüistas varones evaluados presentan cortedad isquiosural, especialmente los canoistas, por lo que es preciso incorporar un programa sistematizado de estiramiento isquiosural al proceso de preparación de los piragüistas jóvenes. Las chicas alcanzan valores de extensibilidad más adecuados en todos los test, aunque existen algunos casos de cortedad isquiosural. La disciplina practicada (kayak o canoa), a pesar de sus diferencias en la posición sobre la piragua no genera diferencias significativas en la extensibilidad isquiosural.

Ciclismo

En el ámbito del ciclismo es muy común la creencia de que el ciclista posee una extensibilidad isquiosural reducida debido a la continua demanda de los grupos musculares de los miembros inferiores, con una alta exigencia para ascender pendientes elevadas, vencer la resistencia del viento, generar grandes aceleraciones para formar una escapada o en el sprint (Rouffet y Hautier, 2008).

Muyor (2010) evalúa a 180 ciclistas y 60 sedentarios (edad: $30,6 \pm 10,4$ años; peso: $74,9 \pm 9,6$ kg; estatura: $170 \pm 5,9$ cm) con el objetivo de analizar y comparar el morfotipo raquídeo en el plano sagital de la columna vertebral y el grado de extensibilidad isquiosural en función de la práctica deportiva y la categoría.

La extensibilidad de la musculatura isquiosural fue evaluada a través de pruebas de flexibilidad lineales (test DD-P y test DD-S) y pruebas angulares (EPR). En la tabla 31 se muestran los resultados obtenidos.

Al valorar la extensibilidad de los ciclistas con el test EPR, todos los ciclistas alcanzaron un mayor ángulo que los sujetos del grupo control. Las mayores diferencias las encuentra entre el grupo sénior/élite y el grupo control, tanto en la pierna derecha como en la izquierda, con valores medios de $87 \pm 14^\circ$ y $87,5 \pm 12,8^\circ$ frente a $77,8 \pm 11^\circ$ y $78,1 \pm 11,5^\circ$, respectivamente.

Cuando se categorizan los valores de flexibilidad diferenciando en normal, grado I y grado II, se observa un mayor porcentaje de casos con extensibilidad normal en los ciclistas (86,1%) que en el grupo control (61,8%).

Tabla 31. Datos descriptivos de la valoración de la extensibilidad isquiosural. Tomado de Muyor (2010).

	Sénior/Élite	Máster 30	Máster 40/50	Control
EPR derecha	$87^\circ \pm 14^\circ$	$85,3^\circ \pm 12,1^\circ$	$85,1^\circ \pm 11,7^\circ$	$77,8^\circ \pm 11^\circ$
EPR izquierda	$87,5^\circ \pm 12,8^\circ$	$83,9^\circ \pm 12,2^\circ$	$84,8^\circ \pm 11,2^\circ$	$78,1^\circ \pm 11,5^\circ$
Distancia DD-P	$6,7 \pm 10,8$ cm	$2,5 \pm 8,3$ cm	$1,3 \pm 9$ cm	$-2,5 \pm 7,8$ cm
Distancia DD-S	$5,1 \pm 10,7$ cm	$0 \pm 9,4$ cm	$-0,7 \pm 9,4$ cm	$-6,1 \pm 8,1$ cm

Natación

Pastor (2000) valoró el grado de extensibilidad isquiosural en 345 nadadores de élite de categoría infantil y promesa, de edades comprendidas entre los 9 y los 15 años.

Al valorar la extensibilidad de los nadadores con el test EPR encuentra un valor medio de $70,8^\circ \pm 10,4^\circ$ para la pierna derecha y $70,4^\circ \pm 10,6^\circ$ para la pierna izquierda en nadadores de élite de la categoría promesas. En los nadadores de categoría infantil, la media fue de $70,1^\circ \pm 11,1^\circ$ para la pierna derecha y $69,07^\circ \pm 11,1^\circ$ para la pierna izquierda (tabla 32).

Cuando categoriza los valores de flexibilidad diferenciando en normal, grado I y grado II, encuentra un 34% de cortedad grado I y un 20% de cortedad grado II en los chicos. En las chicas halló una frecuencia de cortedad grado I del 24% y de grado II del 3,9%. Además, sus resultados indican que la práctica de la natación de forma continuada en el tiempo y con un elevado volumen de entrenamiento, no produce mejoras en la extensibilidad isquiosural. Por ello, recomienda realizar un correcto trabajo de estiramientos en los entrenamientos de los nadadores.

Tabla 32. Datos descriptivos de la valoración de la extensibilidad isquiosural. Tomado de Pastor (2000).

	Promesas (Chicos)	Promesas (Chicas)	Infantiles (Chicos)	Infantiles (Chicas)
EPR derecha	70,84 ⁰ ±10,49 ⁰	81,78 ⁰ ±12,48 ⁰	70,12 ⁰ ±11,12 ⁰	76,05 ⁰ ±10,6 ⁰
EPR izquierda	70,44 ⁰ ±10,6 ⁰	81,07 ⁰ ±12,3 ⁰	69,07 ⁰ ±11,1 ⁰	75,4 ⁰ ±11,2 ⁰
Distancia DD-P	1,3±8,1 cm	4,8±7,6 cm	7,5±8,9 cm	8,4±8,2 cm

Sanz (2002) encontró resultados similares al comparar a dos grupos de nadadores en función del volumen de entrenamiento (alta competición y escuela). Observando tras un periodo de 4 meses, una disminución significativa de la extensibilidad isquiosural en el grupo de competición cuyo volumen de entrenamiento era superior. Sin embargo, en el grupo de menor volumen, no se encontraron modificaciones significativas en la distancia alcanzada en el test de distancia dedos-planta. En base a estos resultados, el autor concluyó que la práctica intensa de la natación de alta competición, incide negativamente en la extensibilidad de la musculatura isquiosural, por lo que recomienda un entrenamiento específico para la mejora de dicha capacidad.

Danza

Twitchett et al. (2009), tras realizar una revisión sobre el perfil fisiológico y condicional del Ballet Clásico, afirman que las bailarinas de ballet tienen más flexibilidad en la mayoría de las articulaciones de la extremidad inferior cuando se comparan con un grupo control. En esta línea, Cohen et al. (1982) observaron en las bailarinas valores por encima de la normalidad en la flexión plantar del tobillo, aunque los valores en la dorsiflexión del tobillo fueron menores.

Reid et al. (1987) también observan en las bailarinas un mayor rango de movimiento pasivo en la rotación externa, flexión y abducción de cadera, así como en la extensión de

rodilla. Sin embargo, las bailarinas presentan un menor rango de movimiento en la aducción pasiva de cadera y la rotación interna cuando se comparan con un grupo control. Además, este patrón es más pronunciado en las bailarinas con mayor nivel y años de entrenamiento, lo que sugiere que puede ser un resultado directo del entrenamiento.

Micheli et al. (1999) también observan una mayor hiperextensión de columna vertebral en bailarinas, así como mayores valores de flexibilidad en la musculatura isquiosural y la musculatura aductora.

Oreb et al. (2006) evaluaron a 51 bailarinas, 30 del Ballet Nacional de Croacia ($30,70 \pm 8,33$ años) y 21 del Ballet Nacional de Folclore ($32,94 \pm 8,32$ años). El objetivo del trabajo era determinar las características morfológicas, funcionales y motoras de las bailarinas de folclore y compararlas con las bailarinas de clásico. La extensibilidad isquiosural fue evaluada a través del test DDP. Los resultados mostraron una mayor flexibilidad para el grupo de danza clásica ($22,80 \pm 4,12$ cm vs $12,41 \pm 6,45$ cm, $p=0.000$).

Gómez-Lozano (2007) evaluó a 66 bailarinas, 33 de danza clásica (edad: $22 \pm 3,79$ años; peso: $51,82 \pm 4,63$ kg; estatura: $161,74 \pm 4,70$ cm) y 33 de danza española (edad: $22,12 \pm 4,21$ años; peso: $53,5 \pm 4,07$ kg; estatura: $162 \pm 5,35$ cm). Todas ellas fueron seleccionadas de los dos últimos cursos del Conservatorio Profesional de Danza de Murcia en las especialidades de danza clásica y danza española, de una academia profesional de ballet clásico y de una compañía de ballet español. También valoró a un grupo control con 33 chicas de similar rango de edad (edad: $22,71 \pm 3,23$ años; peso: $55,51 \pm 5,68$ kg; estatura: $164,12 \pm 4,87$ cm).

El objetivo fue valorar la disposición sagital del raquis dorsal y lumbar, la movilidad de la columna vertebral, así como la extensibilidad de la musculatura isquiosural. Esta última fue evaluada a través de pruebas de flexibilidad lineales (test DD-P y test DD-S) y pruebas angulares (EPR).

En la tabla 33 se muestran los datos descriptivos de la valoración de la extensibilidad isquiosural. El grupo de clásico muestra, de forma significativa, mayores valores de flexibilidad que el grupo de español. Mientras que ambos grupos de bailarinas, obtienen mayores niveles de flexibilidad que el grupo control.

Cuando se categorizan los valores de flexibilidad diferenciando en normal, grado I y grado II, se observa que el 100% de las bailarinas tienen valores dentro de la normalidad. Mientras que en el grupo control encuentra: 1) con el test DD-S un 15,3% de cortedad moderada, un 12% de cortedad marcada y un 72,3% de normalidad; 2) con el test DD-P un

18,8% de cortedad moderada, un 9,9% de cortedad marcada y un 71,3% de normalidad y con el test EPR un 21,2% de cortedad moderada y un 78,8 % de normalidad.

Tras el análisis de los resultados, Gómez-Lozano (2007) concluye que las bailarinas de danza clásica y de danza española poseen amplios rangos de extensibilidad isquiosural, no existiendo ningún caso de cortedad isquiosural en esta población. La extensibilidad isquiosural es notablemente mayor en las bailarinas de danza clásica que en las de danza española debido a que las bailarinas de danza española suelen dedicar menos tiempo al trabajo de esta cualidad.

Tabla 33. Datos descriptivos de la valoración de la extensibilidad isquiosural. Tomado de Gómez-Lozano (2007).

Prueba	Clásico	Español	Control
DD-S	22,87 $\pm$ 4,51 cm	18,24 $\pm$ 7,04 cm	1,66 $\pm$ 8,33 cm
DD-P	23,97 $\pm$ 5,13 cm	19,18 $\pm$ 6,20 cm	3,04 $\pm$ 7,10 cm
EPR Dch	136,78 ⁰ $\pm$ 10,02 ⁰	124,72 ⁰ $\pm$ 12,22 ⁰	85,87 ⁰ $\pm$ 10,12 ⁰
EPR Izq	129,21 ⁰ $\pm$ 20,6 ⁰	120,3 ⁰ $\pm$ 13,33 ⁰	84,28 ⁰ $\pm$ 9,97 ⁰

3.5. FLEXIBILIDAD Y GIMNASIA

En algunos deportes, como es el caso de los deportes gimnásticos, los deportistas necesitan un ROM elevado para ejecutar determinados movimientos o adquirir unas posiciones estáticas específicas (Harvey y Mansfield, 2000), convirtiéndose así la flexibilidad en una cualidad física determinante en el rendimiento. Un gimnasta con un déficit de flexibilidad en una articulación vinculada a la ejecución de un movimiento concreto aumentará su riesgo de lesión al tener que utilizar otros mecanismos compensatorios (Gómez-Landero Rodríguez et al., 2013); ocasionará además movimientos descoordinados y de escasa amplitud, con una disminución notable en la eficiencia mecánica, un descenso en el rendimiento y un aumento en las posibilidades de lesión (Shellock y Prentice, 1985). Esa ejecución deficiente respecto al modelo establecido recibe además elevadas penalizaciones en los respectivos códigos de puntuación de los diferentes deportes gimnásticos (Gómez-Landero Rodríguez et al., 2013).

La flexibilidad es quizás la capacidad que mejor distingue las características de los gimnastas (McNitt-Gray, 1994), éstos son capaces de demostrar un mayor ROM en las posiciones que los atletas de otras disciplinas deportivas (Kirby et al., 1981). Los gimnastas deben ser competentes en ambos tipos de flexibilidad activa y pasiva (Kirkendall, 1988; Alter, 1988). La flexibilidad pasiva casi siempre precede a la flexibilidad activa en la formación; la flexibilidad activa es más difícil de conseguir y más preciada en la gimnasia (Sands y McNeal, 2000).

Las pruebas de flexibilidad tienen una presencia constante en las baterías de tests para la detección y selección de talentos deportivos (López Bedoya et al., 1996; et al., 1996 y López Bedoya y Vernetta, 1997). En su programa para la selección y seguimiento de gimnastas con talento. Bajin (1987) plantea un conjunto de tests con diversos componentes ubicados en tres niveles: físicos, motores y habilidades psicológicas; el componente físico se destaca como el más importante situándolo en dos grandes bloques de flexibilidad y fuerza, diferenciando además dentro del bloque de flexibilidad la pasiva y la activa por igual en todos los niveles. Singh et al. (1987) comprobaron como parte del rendimiento en gimnastas masculinos se explicaba por la abertura de piernas anteroposterior (espagat). Jankarik y Salmela (1987) midieron un importante conjunto de variables de diversa índole a gimnastas canadienses de élite incluyendo pruebas de flexibilidad activa y pasiva; observaron que los cambios significativos de la flexibilidad activa de la cadera y las

medidas morfológicas de los gimnastas presentan una correlación permanente con la edad en el período estudiado.

Algunos trabajos han observado mayores ROMs en las modalidades femeninas como es el caso de la Gimnasia Artística Femenina (Sands y McNeal, 2000) o la Gimnasia Rítmica Deportiva (Menezes y Filho, 2006; Douda et al., 2008) mediante estudios dirigidos a determinar posibles variables relacionadas con el rendimiento o para comparar grupos con distintos niveles de rendimiento. En términos generales, las poblaciones femeninas muestran mayor flexibilidad que las masculinas.

Para Smolevskiy y Gaverdouskiy (1996), el “modelo” de flexibilidad de las articulaciones para Gimnasia Artística está determinado por la ejecución de tres tipos de espagat (pierna derecha o izquierda delante y espagat frontal), donde la flexibilidad de la articulación coxofemoral es determinante; flexión hacia delante del tronco hasta unir pecho y muslos; capacidad para mantener la pierna durante al menos 2 segundos por delante (flexión de cadera) y lateralmente (abducción) en una altura superior a la de los hombros. Sands (2000) también indica que el conjunto articular escápulo-humeral muestra niveles elevados de flexibilidad en Gimnasia Artística.

León (2006) analizó la flexibilidad activa y pasiva de la cadera en distintos planos y posiciones en gimnastas adultos de élite de Gimnasia Artística Masculina, relacionando las medidas obtenidas del ROM con el rendimiento deportivo de los gimnastas. Observó que la flexibilidad pasiva de caderas en el plano frontal se relacionó con las mejores notas en caballo con arcos y barra fija.

En Trampolín no existen posiciones estáticas de flexibilidad como en los otros deportes gimnásticos comentados, ya que los movimientos son continuos. Durante determinadas posiciones acrobáticas, el Código de Puntuación de Trampolín (FIG, 2009) no exige el elevado ROM a nivel coxofemoral o escápulo-humeral que sí solicitan los respectivos códigos de Gimnasia Artística; sin embargo, sí exige un ROM elevado para posibilitar una flexión completa a nivel dorso-lumbar junto a la flexión de caderas manteniendo la extensión de rodillas, posiciones conocidas como en carpa o pliegue tronco-piernas y stradle (carpa abierta). También se exige una línea recta durante la extensión completa del tren inferior, finalizando con el pie “en punta”, con la consecuente exigencia en la flexión plantar de tobillos y metatarsofalángica (Gómez-Landero Rodríguez et al., 2013).

Además, es importante desde el punto de vista técnico una correcta colocación vertical del tren superior durante las salidas de la malla (Gómez-Landero Rodríguez et al., 2013). Esta hiperflexión del hombro es característica sobre todo durante las salidas con rotación hacia atrás (Kelly, 2005).

En la batería de test JumpStart Testing para la selección de talentos deportivos en Trampolín, propuesta por la Federación Estadounidense de Gimnasia (USA-Gymnastics, 2009), aparecen pruebas flexibilidad entre otras específicas de fuerza, fitness general, velocidad y habilidades técnicas. Se obtienen medidas en la flexión de tronco-piernas (sit and reach), espagat anteroposterior y flexión de hombros, siendo estas notas un porcentaje sobre la valoración total del gimnasta especialista en trampolín. Se desconocen sin embargo los datos que justifican dicha ponderación y por tanto su grado de validez (Gómez-Landero Rodríguez et al., 2013).

El único trabajo que incluye una evaluación de la flexibilidad en Trampolín corresponde al estudio de Gómez-Landero Rodríguez et al. (2013) que analizan el ROM de los principales grupos articulares participantes en los movimientos característicos del Trampolín, tanto de manera activa como pasiva forzada. Las variables estudiadas fueron el ROM activo (A) y pasivo (P) de la extensión de tronco; flexión del tronco; flexión de hombros; extensión de hombros; flexión de caderas, dato obtenido con el valor medio obtenido en la cadera derecha e izquierda; abducción de caderas pasiva. Además, analizan la relación entre los niveles de flexibilidad y el rendimiento deportivo a través de las notas máximas obtenidas en el Campeonato Nacional previo a las mediciones: Dificultad, Ejecución y Nota Final (suma ponderada de las anteriores).

Evaluaron un total de 60 gimnastas agrupados en 4 grupos atendiendo a las categorías competitivas nacionales: GM1 con 23 gimnastas de categoría Sub-15 masculina ($11,95 \pm 1,79$ años), GM2 con 18 gimnastas de categoría Absoluta masculina ($20,72 \pm 4,66$ años), GF1 con 9 gimnastas de categoría Sub-15 femenina ($11,44 \pm 1,23$ años) y GF2 con 10 gimnastas de categoría Absoluta femenina ($16,1 \pm 2,02$ años). Los trampolinistas fueron seleccionados entre la élite nacional, bajo el asesoramiento del Comité Técnico Nacional.

Tras el análisis de los resultados destacan el perfil singular que presentan los gimnastas especialistas en trampolín en relación a su ROM (tabla 34 y 35), con unas exigencias inferiores a otros deportes gimnásticos como la GRD o Gimnasia Artística, siendo además la flexión de tronco y la flexión de hombros las acciones más características y con mayores exigencias de movilidad. Cuando analizan los resultados en función del sexo observan como los grupos femeninos presentan en general ROMs superiores;

comparando GM1-GF1 aparecen diferencias estadísticamente significativas en todas las variables salvo en los ROMs de extensión de tronco activa, flexión de tronco pasiva y abducción de caderas pasiva, en la comparación GM2-GF2 sucede lo mismo salvo en los valores activos y pasivos de la extensión de tronco y flexión de hombro.

Tabla 34. Comparación de variables sobre rango de movimiento activo y pasivo entre los grupos GM1 y GM2. Tomado de Gómez-Landero Rodríguez et al. (2013).

	GM1 (Sub-15 masculina)	GM2 (Sub-18 masculina)	Significación	IC 95%	
				Inferior	Superior
ROM Flexión tronco ACT	134,56°±7,71°	125,87°±12,48°	0,018*	1,63	15,76
ROM Flexión tronco PAS	140,30°±7,16°	134,26°±11,45°	0,067	-0,45	12,53
ROM Extensión tronco ACT	27,03°±8,26°	25,53°±11,72°	0,686	-5,98	8,97
ROM Extensión tronco PAS	48,82°±13,26°	47,17°±11,20°	0,687	-6,57	9,87
ROM Flexión hombro ACT	177,29°±13,2°	186,60°±17,58°	0,967		
ROM Flexión hombro PAS	205,8°±12,43°	206°±14,50°	0,961	-8,99	8,57
ROM Extensión hombro ACT	85,75°±13,1°	64,09°±11,67°	0,000*	13,36	29,97
ROM Extensión hombro PAS	104,77°±13,2°	87,23°±13,91°	0,000*	8,61	26,47
ROM Flexión cadera ACT	93,25°±8,99°	92,32°±10,53°	0,797	-6,38	8,24
ROM Flexión cadera PAS	118,11°±14,2°	113,15°±15,29°	0,376	-6,29	16,20
ROM Abducción cadera PAS	134,39°±18,9°	121,47°±19,7°	0,096	-2,45	28,29

*p<0,05

Tabla 35. Comparación de variables sobre rango de movimiento activo y pasivo entre los grupos GF1 y GF2. Tomado de Gómez-Landero Rodríguez et al. (2013).

	GF1 (Sub-15 femenina)	GF2 (Sub-18 femenina)	Significación	IC 95%	
				Inferior	Superior
ROM Flexión tronco ACT	144,11°±7,31°	125,87°±12,48°	0,968	-9,61	9,98
ROM Flexión tronco PAS	149,99°±9,45°	151,03°±12,24°	0,643		
ROM Extensión tronco ACT	38°±10,67°	35,21°±14,48°	0,655	-10,26	15,83
ROM Extensión tronco PAS	62,47°±13,02°	54,37°±15,57°	0,208		
ROM Flexión hombro ACT	184,91°±13,9°	184,56°±21°	0,967	-17,49	18,19
ROM Flexión hombro PAS	215,7°±7,03°	203,9°±14,33°	0,044	0,36	23,26
ROM Extensión hombro ACT	92,23°±9,47°	88,24°±12,19°	0,449	-6,92	14,90
ROM Extensión hombro PAS	111,30°±9,7°	105,05°±14,18°	0,292	-5,91	18,41
ROM Flexión cadera ACT	107,59°±11,1°	105,9°±13,95°	0,790	-11,00	14,22
ROM Flexión cadera PAS	134,35°±13°	138,61°±25°	0,658	-24,72	16,20
ROM Abducción cadera PAS	147,81°±22,2°	150,34°±24,5°	0,827	-26,82	21,76

*p<0,05

3.6. FLEXIBILIDAD, MUSCULATURA ISQUIOSURAL Y GIMNASIA

Gimnasia artística

Arazi et al. (2013) evaluaron a 20 gimnastas profesionales especialistas en gimnasia artística (edad: $15,20 \pm 3,4$ años; peso: $51,35 \pm 5,2$ kg; estatura: $161,8 \pm 5,9$ cm) con el propósito de describir el perfil fisiológico y antropométrico. 8 participantes eran miembros de la Selección Nacional de Gimnasia de Irán entre 2009 y 2010. La valoración de la flexibilidad se realizó mediante el test DD-P y la media obtenida fue de $45,7 \pm 5,6$ cm.

Canda et al. (2004) valoran a través del test DD-P a 1391 deportistas (385 mujeres y 1006 varones), con una edad media de $23,3 \pm 4,6$ años (rango de 16 a 40 años). Todos los deportistas competían a nivel nacional y/o internacional, siendo la mayoría integrantes de los respectivos equipos y selecciones nacionales.

Tras el análisis de los resultados, observan como las chicas presentan mejores resultados. Cuando analizan las diferentes modalidades deportivas, observan como las especialidades de gimnasia y los saltos de natación son las que muestran mayores niveles de flexibilidad. En concreto, los gimnastas de artística presentan valores medios de $28 \pm 2,81$ cm y las gimnastas de artística $25,23 \pm 3,2$ cm.

Gimnasia Rítmica

Martínez-Gallego (2004) evaluó a 163 gimnastas de Rítmica, 82 gimnastas de competición y 81 gimnastas de escuelas de base. También valoró a un grupo control con 79 niñas de similar rango de edad y que no realizaban ninguna actividad física extraescolar.

El objetivo fue valorar la disposición sagital del raquis dorsal y lumbar, así como la extensibilidad de la musculatura isquiosural. Esta última fue evaluada a través de pruebas de flexibilidad lineales (test DD-P y test DD-S) y pruebas angulares (EPR).

En la tabla 36 se muestran los datos descriptivos de la valoración de la extensibilidad isquiosural a través los test DD-P y EPR.

El grupo de gimnastas de competición muestra, de forma significativa, mayores valores en todos los test al compararlo con el grupo de gimnastas de base. Mientras que ambos grupos de gimnastas, obtiene mayores niveles de flexibilidad en comparación con el grupo control.

Tabla 36. Datos descriptivos de la valoración de la extensibilidad isquiosural. Tomado de Martínez-Gallego (2004).

Prueba	Escuela	Competición	Control
DD-P	3,74±9,27 cm	15,47±7,72 cm	-5,71±10,71 cm
EPR Dch	83,58 ⁰ ±11,35 ⁰	106,05 ⁰ ±19,04 ⁰	73,57 ⁰ ±9,96 ⁰
EPR Izq	83,83 ⁰ ±11,16 ⁰	105,37 ⁰ ±16,68 ⁰	74,11±9,63 ⁰

Cuando se categorizan los valores de flexibilidad diferenciando en normal, grado I y grado II, se observa que el 98% de las gimnastas de competición tienen valores dentro de la normalidad. El grupo de gimnastas de escuela presenta un 17% de cortedad grado I y un 9% de cortedad grado II, mediante el test de distancia dedos-planta. En el grupo control disminuyen los casos dentro de la normalidad (37%) y se observa un 63% de casos con cortedad.

Al aplicar el test EPR, todas las gimnastas de competición presentan valores dentro de la normalidad. En el grupo de gimnastas de escuela se observa una frecuencia de cortedad grado I del 9% y de cortedad grado II del 2%. En el grupo control, la normalidad baja al 57%, mientras que los casos de cortedad grado I son el 30% y los casos de cortedad marcada el 14%. Los resultados encontrados no aportan variaciones apenas entre las dos piernas.

Canda et al. (2004) valoran a través del test DD-P a 1391 deportistas (385 mujeres y 1006 varones), con una edad media de 23,3±4,6 años (rango de 16 a 40 años). Todos los deportistas competían a nivel nacional y/o internacional, siendo la mayoría integrantes de los respectivos equipos y selecciones nacionales.

Tras el análisis de los resultados, observan como las chicas presentan mejores resultados. En concreto, las gimnastas de rítmica obtienen valores medios de 23,27±3,83 cm.

Gimnasia Estética de Grupo

Conesa (2015) evaluó la extensibilidad de la musculatura isquiosural en un grupo de 94 gimnastas especialistas en GEG. Además, también evaluó a un grupo de gimnastas especialistas en GRD y un grupo control. La musculatura isquiosural fue valorada a través de la prueba lineal el test DDP.

Cuando analiza la extensibilidad de la musculatura isquiosural a través del test DDP, encuentra unos valores medios de $15,8 \pm 7,4$ en el grupo de GEG. Cuando compara estos valores en función de la modalidad deportiva y la edad (3×3), aprecia **diferencias significativas** según la **modalidad deportiva** ($p=.000$), **según** la variable **Edad** ($p=.003$) y en cuanto a la interacción **Modalidad x Edad** ($p=.046$). Es decir, la deportista evoluciona en la variable objeto de estudio según la modalidad deportiva a la que pertenece, dependientemente de su edad, de manera que conforme incrementa la edad aumentan los niveles flexibilidad de la musculatura isquiosural, tanto en el grupo de GEG como en el grupo de GRD (tabla 37).

Al analizar el **total de la muestra**, observa **valores elevados de flexibilidad** para los **grupos** de GEG ($15,8 \pm 7,4$ cm) y de GRD ($15,5 \pm 7,7$ cm). Mientras que la media para el grupo control está dentro de los valores de cortedad de la musculatura isquiosural ($-5,7 \pm 10,7$ cm), apreciándose diferencias estadísticamente significativas entre los grupos ($p=.000$). Al analizar las comparaciones por pares, las diferencias significativas se encuentran entre el grupo control y las dos modalidades de gimnasia ($p=.000$).

Tabla 37. Datos descriptivos en la prueba Distancia Dedos-Planta en centímetros. Tomado de Conesa (2015).

	Total (n=254)	< 11 años (n=67)	Entre 11-14 años (n=131)	15 o más años (n=56)	P Valor
Estética	$15,8 \pm 7,4$	$11,5 \pm 6,6$	$15,4 \pm 7,0$	$21,8 \pm 6,6$	.006
Rítmica	$15,5 \pm 7,7$	$12,4 \pm 6,5$	$15,1 \pm 8,6$	$19,5 \pm 5,4$	.022
Control	$-5,7 \pm 10,7$	$-5,4 \pm 7,8$	$-5,4 \pm 12,2$	$-6,4 \pm 12,0$	.899
Total	$9,0 \pm 13,2$	$4,6 \pm 11,2$	$10,8 \pm 12,2$	$9,5 \pm 15,9$	.003
P Valor	.000	.000	.000	.000	

Cuando categoriza los valores desde el punto de vista clínico encuentra relaciones estadísticamente significativas entre los valores del test DDP y la modalidad deportiva (X^2 N=252, =124.015, $p=.000$), de tal forma que los grupos de GEG y de GRD presentan un mayor porcentaje de gimnastas con valores de normalidad (98,9% y 97,6% respectivamente), mientras que en el grupo control más del 60% de los casos presentan cortedad Grado I (24,1%) y cortedad Grado II (39,2%) (tabla 38).

Tabla 38. Número de casos y porcentajes según los valores de normalidad del Test DDP. Tomado de Conesa (2015).

CATEGORÍA	GEG	GRD	CONTROL
Normal: >-2 cm	90 (98,9%)	80 (97,6%)	29 (36,7%)
Grado I: -3/-9 cm	1 (1,1%)	0 (0,0%)	19 (24,1%)
Grado II: <-10 cm	0 (0,0%)	2 (2,4%)	31 (39,2%)

GEG: Gimnasia Estética de Grupo; GRD: Gimnasia Rítmica Deportiva

IV.

MATERIAL y MÉTODO



4. METODOLOGÍA

4.1. DISEÑO

Se planteó un estudio transversal y descriptivo (Hernández et al., 2000).

4.2. PROCEDIMIENTO

El equipo de investigación, aprovechó dos eventos deportivos que se celebraron durante el año 2006 y 2008 para realizar las valoraciones. Concretamente el Campeonato de España de Clubes e Individual de Trampolín que tuvo lugar los días 7, 8 y 9 de Abril del 2006 en San Javier (Murcia) y el Campeonato de España de Trampolín Individual y de Clubes y la Copa del Mundo de Trampolín y Doble minitramp que se celebró en Albacete durante los días del 25 al 29 de junio de 2008 (figura 8). Este último campeonato fue utilizado por la mayoría de los gimnastas como prueba preparatoria antes de los Juegos Olímpicos de Pekín 2008.



Figura 8. Equipo de investigación durante la Copa del Mundo celebrada en Albacete en Junio de 2008.

Unos meses antes de la realización de los campeonatos se envió información a los Clubes y Federaciones (anexo 1). Además, una vez en el campeonato se volvió a informar a los entrenadores aprovechando la reunión de la organización con los técnicos y entrenadores, con el objetivo de captar el mayor número de gimnastas (anexo 2).

El estudio fue aprobado por el Comité Ético y de Investigación de la Universidad Católica San Antonio de Murcia.

4.3. MUESTRA

Participantes.

Finalmente participaron 149 gimnastas especialistas en Trampolín. 93 gimnastas participantes en el Campeonato de España y 56 gimnastas participantes en la Copa del Mundo de Trampolín y Doble Minitramp. Todos los deportistas y sus tutores legales, fueron informados sobre los procedimientos del estudio y firmaron, voluntariamente, un consentimiento informado (anexo 3) y rellenaron un cuestionario específico sobre lesiones, columna vertebral y dolor de espalda (anexo 4).

Se establecieron como criterios de inclusión que los deportistas estuvieran federados con un mínimo de 2 años de entrenamiento y que entrenaran 2 o más días a la semana, estar asintomático de dolores de espalda en el momento de la valoración y no presentar limitaciones músculo-esqueléticas (Sainz de Baranda et al., 2009, 2010). Como criterios de exclusión se plantearon que existiese lesión traumática previa, escoliosis o sospecha de escoliosis, desalineación del plano sagital diagnosticada o haber recibido tratamiento previo de alguna patología del plano frontal o sagital, bien mediante corsé o cinesiterapia específica (Wojtys et al., 2000).

El proceso de obtención de la muestra fue realizado de forma intencionada (figura 9). Las características de los gimnastas españoles se muestran en la tabla 39, mientras que las características de los gimnastas de nivel internacional se muestran en la tabla 40. El rango de edad de los gimnastas estudiados participantes en el Campeonato de España fue de 8 a 29 años y el rango de los gimnastas estudiados participantes en la Copa del Mundo de Trampolín y Doble Minitramp fue de 17 y 28 años.

Tabla 39. Características generales de los gimnastas españoles (media $\pm$ SD).

Sexo	Chicos (n=44)	Chicas (n=47)	Total (n=91)	p valor
Edad (años)	16,56 $\pm$ 5,20	14,64 $\pm$ 3,99	15,57 $\pm$ 4,69	0,53
Peso (kg)	55,17 $\pm$ 15,61	49,54 $\pm$ 10,18	52,26 $\pm$ 13,32	0,47*
Altura (cm)	158,56 $\pm$ 19,76	151,73 $\pm$ 17,95	155 $\pm$ 19,05	0,90
Años de entrenamiento	7,38 $\pm$ 4,65	6,66 $\pm$ 3,62	7 $\pm$ 4,14	0,409
Años en el equipo nacional	3,25 $\pm$ 2,38	3,50 $\pm$ 2,42	3,36 $\pm$ 2,34	0,810
Días entrenamiento a la semana	4,8 $\pm$ 1,41	4,60 $\pm$ 1,26	4,69 $\pm$ 1,33	0,477
Sesiones de entrenamiento a la semana	8,54 $\pm$ 3,07	6,75 $\pm$ 1,42	7,68 $\pm$ 2,54	0,076
Horas al día	2,67 $\pm$ 0,79	2,6 $\pm$ 0,6	2,63 $\pm$ 0,70	0,625

*p<0,05; **p<0,001; ***p<0,0005.

Tabla 40. Características generales de los gimnastas de nivel internacional (media $\pm$ SD).

Sexo	Chicos (n=35)	Chicas (n=21)	Total (n=56)	p valor
Edad (años)	21,20 $\pm$ 3,16	20,22 $\pm$ 4,26	20,83 $\pm$ 3,61	0,328
Peso (kg)	65,59 $\pm$ 6,58	54,23 $\pm$ 5,77	61,33 $\pm$ 8,35	0,000***
Altura (cm)	168,90 $\pm$ 17,72	155,20 $\pm$ 23,49	163,76 $\pm$ 20,97	0,016*
Años de entrenamiento	11,34 $\pm$ 4,20	10,58 $\pm$ 4,91	11,06 $\pm$ 4,44	0,542
Años en el equipo nacional	5 $\pm$ 3,37	5 $\pm$ 3,46	5 $\pm$ 3,36	1,000
Días entrenamiento a la semana	5,55 $\pm$ 0,87	5,42 $\pm$ 0,69	5,50 $\pm$ 0,80	0,596
Sesiones de entrenamiento a la semana	8,25 $\pm$ 2,71	7,19 $\pm$ 2,37	7,90 $\pm$ 2,63	0,190
Horas al día	2,87 $\pm$ 0,97	2,98 $\pm$ 1,01	2,91 $\pm$ 0,98	0,700

*p<0,05; **p<0,001; ***p<0,0005.

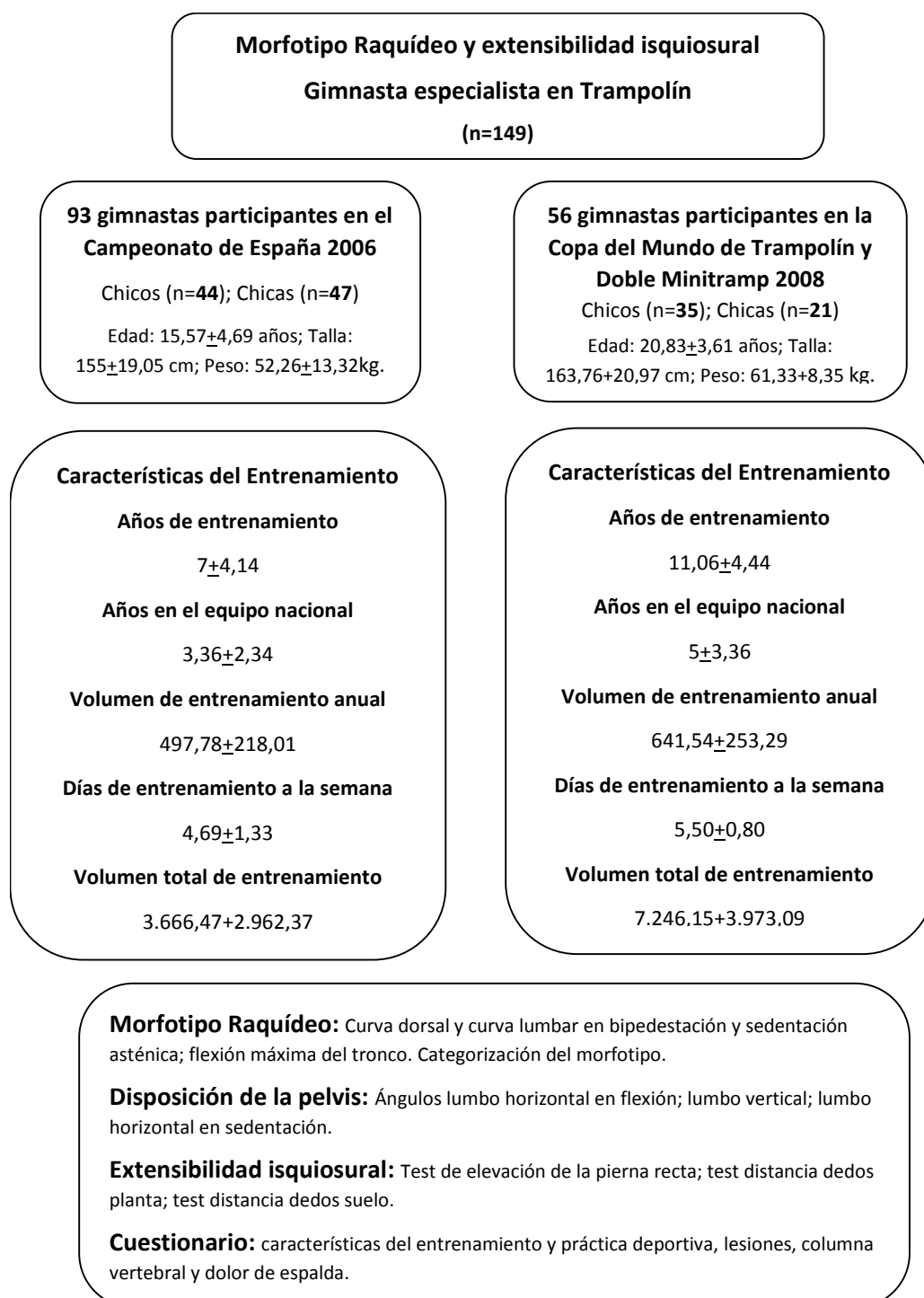


Figura 9. Diagrama de flujo de la muestra participante en el presente estudio.

Protocolo de valoración.

Los deportistas fueron examinados en ropa interior y descalzos. Todas las medidas fueron tomadas durante la misma sesión de valoración y bajo la misma temperatura ambiente. Los deportistas no realizaron ejercicios de activación o estiramientos antes de la medición, ni durante la misma. Los tests fueron realizados por un explorador experimentado. Se dejó un periodo de recuperación de 5 minutos entre cada medición. Con objeto de establecer la fiabilidad del explorador, previamente se realizó un estudio a doble ciego con 10 sujetos, obteniendo un coeficiente de correlación intraclase superior a 0'95 en todas las variables.

Los resultados del estudio de fiabilidad en las mediciones con inclinómetro para los valores angulares para la curva dorsal y lumbar en bipedestación, sedentación asténica y flexión máxima del tronco vienen representados en la tabla 41.

Tabla 41. Valores medios de la población estudiada, para la disposición del raquis dorsal y lumbar en las tres posiciones estudiadas sin modificaciones de la postura.

Prueba	Explorador	Rango
Cifosis Bipedestación	44,03 ⁰ ±1,21 ⁰	1,83 ⁰ ±1,21 ⁰
Lordosis Bipedestación	33,60 ⁰ ±1,09 ⁰	1,75 ⁰ ±1,36 ⁰
Cifosis dorsal en Flexión máxima del tronco	51,50 ⁰ ±1,42 ⁰	2,25 ⁰ ±1,64 ⁰
Cifosis lumbar en Flexión máxima del tronco	8,25 ⁰ ±0,97 ⁰	1,25 ⁰ ±1,16 ⁰
Cifosis dorsal en Sedentación Asténica	77,40 ⁰ ±3,68 ⁰	5,67 ⁰ ±4,70 ⁰
Cifosis lumbar en Sedentación Asténica	16,36 ⁰ ±1,20 ⁰	1,83 ⁰ ±0,99 ⁰

En referencia a la fiabilidad intraexplorador, los valores obtenidos fueron iguales o superiores a 0,95. La medición de la cifosis torácica aporta mayor fiabilidad que la medición de la lordosis lumbar en bipedestación y en flexión máxima del tronco (tabla 42). El grado de correlación para todas las variables fue *muy fuerte* al encontrarse todas en el intervalo de 0,90 a 1.

Tabla 42. Coeficientes de fiabilidad intraexplorador de los test de valoración del plano sagital de la columna vertebral.

VARIABLES	Fiabilidad Intraexplorador
Cifosis Bipedestación	0,99
Lordosis Bipedestación	0,95
Cifosis dorsal en Flexión máxima del tronco	0,96
Cifosis lumbar en Flexión máxima del tronco	0,96
Cifosis dorsal en Sedentación asténica	0,99
Cifosis lumbar en Sedentación asténica	0,95

De igual forma, se realizó un estudio de fiabilidad para los test de flexibilidad, siendo la fiabilidad de todos los test por encima de 0,90 (tabla 43).

Tabla 43. Coeficientes de fiabilidad intraexplorador de los diferentes test de flexibilidad.

VARIABLES	Fiabilidad Intraexplorador
Test DDP	0,92
Test EPR	0,91
Test L-V	0,91
Test L-H fx	0,94

Disposición sagital de la columna vertebral

Previo a la valoración de la disposición sagital de la columna vertebral, se marcó en la piel la apófisis espinosa de la primera vértebra dorsal (T₁), transición tóraco-lumbar (T₁₂-L₁) y quinta vértebra lumbar (L₅) (Chen et al., 1997; Gerhardt, 1994). A continuación se cuantificó de forma aleatoria las curvas dorsal y lumbar en bipedestación en la denominada postura “cero” (Debrunner, 1976; Gerhardt, 1994; Norkin y White, 1995), en flexión máxima del tronco durante el test distancia dedos planta (Santonja, 1996 y Serna et al., 1996) y en sedentación asténica (Sainz de Baranda et al., 2009; 2010).

La medición de las curvas sagitales del raquis se realizó con un inclinómetro Unilevel (ISOMED, Inc., Portland, OR) al proporcionar una considerable reproducibilidad y validez, con una buena correlación con la medición radiográfica (Mayer et al., 1984; Saur et al., 1996) (figuras 10, 11 y 12).

Bipedestación

Para la medición de las curvas en bipedestación, se colocaba al deportista en la posición cero (Debrunner, 1976; Gerhardt, 1994; Norkin y White, 1995), debiendo permanecer quieto y en posición relajada. Para la cifosis dorsal, el inclinómetro se colocó al inicio de la curvatura torácica (T₁-T₃), situándose en esta posición a 0°, a continuación se contorneaba el perfil del raquis hasta la zona donde se obtenía el mayor valor angular, generalmente coincidente con T₁₂-L₁. Para medir la lordosis lumbar, el inclinómetro se niveló a 0° en el punto donde se determinó el mayor grado de cifosis dorsal y a continuación, se contorneaba el raquis lumbar hasta la donde se obtenía el mayor valor angular, generalmente coincidente con L₅-S₁.

Para categorizar los valores angulares de la curva torácica en base a unas referencias de normalidad y patología, se utilizaron los valores descritos por Santonja (1993): Rectificación torácica <20°; Normal: 20° a 40°; Cifosis leve: 41°-60°; Cifosis moderada >60°.

Para categorizar los valores angulares de la curva lumbar, se utilizaron los valores descritos por Santonja (1993): Rectificación lumbar <20°; Normal: 20° a 40°; Hiperlordosis leve: 41°-60°; Hiperlordosis moderada >60°.



Figura 10. Valoración de la cifosis dorsal y lumbar en bipedestación relajada.

Flexión máxima del Tronco

Las curvas torácica y lumbar fueron valoradas al realizar una máxima flexión del tronco con las piernas estiradas mientras se realizaba el test distancia dedos planta (DDP), siguiendo el protocolo de medición descrito por Santonja (1996) y Serna et al. (1996). Desde la posición inicial el deportista tenía que deslizar las palmas de las manos (una sobre la otra), sobre el cajón hasta alcanzar la máxima distancia posible y mantener la posición

durante unos segundos para poder medir las curvaturas de la columna vertebral (López-Miñarro et al., 2007; Sainz de Baranda et al., 2009; 2010) (figura 11).

Para la medición de la cifosis dorsal el inclinómetro se colocó al inicio de la curvatura torácica (T₁-T₃), colocándolo a 0º grados, a continuación se colocó en T₁₂-L₁, obteniendo el grado de la cifosis dorsal. La curva lumbar, se cuantificó colocando el inclinómetro en T₁₂-L₁ a 0 grados y a continuación en L₅-S₁.

Para categorizar los valores angulares de la curva torácica en base a unas referencias de normalidad y patología, se utilizaron los valores descritos por Santonja (1993): Hipocifosis torácica <40º; Normal: 40º a 65º; Cifosis leve: 66º-80º; Cifosis moderada >80º.

Para categorizar los valores angulares de la curva lumbar, se utilizaron los valores descritos por Pastor (2000): Hipocifosis <10º; Normal: 10º a 22º; Cifosis leve: 23º-31º; Cifosis moderada >31º.



Figura 11. Valoración de la curva dorsal y lumbar en flexión máxima del tronco.

Sedentación

Las curvas torácica y lumbar fueron valoradas en posición de sedentación asténica. El deportista se sentaba sobre una camilla en posición relajada, sin apoyar los pies en el suelo y con los antebrazos apoyados sobre sus muslos (Stagnara, 1987).

Para la medición de la cifosis dorsal el inclinómetro se colocaba al inicio de la curvatura torácica (T₁-T₃), colocándolo a 0º grados, a continuación se colocaba en T₁₂-L₁, obteniendo el grado de la cifosis dorsal. La curva lumbar, se cuantificó colocando el inclinómetro en T₁₂-L₁ a 0 grados y, a continuación en L₅-S₁ (figura 12).

Para categorizar los valores angulares de la curva torácica en base a unas referencias de normalidad y patología, se utilizaron los valores descritos por Rodríguez (1998): Normal: 20º a 40º; Cifosis leve: 41º-53º; Cifosis moderada >53º.

Para categorizar los valores angulares de la curva lumbar, se utilizaron los valores descritos por Rodríguez (1998): Normal: <15º; Cifosis leve: 15º-21º; Cifosis moderada >21º.



Figura 12. Valoración de la curva dorsal y lumbar en sedentación asténica.

Para la valoración de la disposición de la pelvis se utilizó el ángulo Lumbo-Horizontal en Sedentación Asténica (L-HSA), que se obtiene al medir el ángulo generado por la horizontal y la línea más caudal de la región lumbo-sacra (Santonja et al., 1994).

Se considera de gran interés el estudio del L-HSA, ya que traduce la incompetencia de la pelvis para mantener su verticalidad en posiciones de sedentación (Santonja et al. 1995). Para la medición se apoya una rama de goniómetro directamente las espinosas de L5-S1, mientras la otra rama del goniómetro se dispone horizontalmente, calculándose en este sentido el ángulo suplementario (figura 13). Se tomaron como referencia los siguientes límites empleados por Ferrer (1998): Normal: $<100^{\circ}$; Leve retroversión: 101° - 110° ; Marcada retroversión: $>110^{\circ}$.



Figura 13. Ángulo Lumbo-Horizontal en Sedentación Asténica (L-HSA).

Extensibilidad de la musculatura isquiosural

Para evaluar la extensibilidad isquiosural, se describen en la bibliografía diferentes pruebas que se clasifican en test de recorrido angular (Ayala et al., 2012) y tests de recorrido lineal (Sainz de Baranda et al., 2012). En la presente investigación, se utilizó una prueba angular (test EPR), una prueba lineal (test DDP) y una prueba que valora el grado de flexión de la pelvis (L-Hfx) (Santonja et al., 1994; Santonja, Ferrer et al., 1995).

Test de Elevación de la Pierna Recta

Para la valoración de la extensibilidad de la musculatura isquiosural mediante el test de elevación de la pierna recta (EPR) se siguió el protocolo descrito por Santonja et al. (1995 a) y que ha sido utilizado en otras investigaciones (Ferrer, 1998; Santonja et al., 2007; Cejudo et al., 2014).

Con el deportista sentado sobre la camilla con las rodillas extendidas, se colocaba un lumbosant bajo la columna lumbar para estandarizar su curvatura (Cejudo et al., 2014 a,b; Santonja et al., 2007). Seguidamente el deportista se tumbaba y se procedía a la realización del test.

El examinador principal realizaba una flexión máxima de la extremidad evaluada de manera lenta y progresiva, evitando la flexión de la rodilla y la rotación externa del miembro. El examinador auxiliar debía evitar que la extremidad contralateral flexionase la rodilla y girase la pelvis en rotación horaria o anti horaria (despegue de la camilla de la hemipelvis del lado explorado).

La posición final y el resultado de la valoración se determinó por uno o varios de los siguientes criterios: (1) el explorador principal era incapaz de continuar el estiramiento debido a la elevada resistencia desarrollada por el/los grupo/s muscular/es estirados (AAOS, 1965); (2) el deportista explorado avisaba de sentir una sensación de estiramiento muscular que acarrearía un discomfort importante (Ekstrand et al., 1982; Rodríguez, 1998; Santonja et al., 2007); (3) uno o ambos exploradores (principal y auxiliar) apreciaban algún movimiento de compensación que incrementase el rango de movimiento (Ekstrand et al., 1982) y/o (4) por la aparición de algias en la articulación explorada.

Se registró el ángulo que forma el eje longitudinal de la extremidad inferior (siguiendo su bisectriz) con la horizontal, para lo que se utilizó un inclinómetro con varilla telescópica extensible. La varilla se colocaba sobre la cara externa de la pierna-muslo siguiendo su bisectriz (Cejudo et al., 2013, 2014). La medición se realizó en ambas piernas por separado y de forma aleatoria.

Test de Distancia Dedos-Planta (DD-P)

Para el desarrollo de esta prueba los deportistas se sentaban en el suelo con las rodillas extendidas y los pies separados a la anchura de sus caderas, con tobillos en 90 grados de flexión y apoyando las plantas de los pies sobre un cajón. Las plantas de los pies se colocaban perpendiculares al suelo, en contacto con el cajón de medición y las puntas de los pies mirando hacia. Desde esta posición realizaban la máxima flexión del tronco extendiendo los brazos hacia delante para sobrepasar los dedos de los pies. Un explorador auxiliar fijaba las rodillas en extensión. Las palmas de las manos se deslizaban sobre la regla hasta el máximo alcance, manteniéndose esta posición tres segundos midiéndose la distancia. Si el deportista no superaba la línea de la planta de los pies, se medía la distancia existente hasta los mismos, considerándose en este caso registros negativos. La medición se realizó en centímetros (Santonja et al., 1995; Ferrer et al., 1996).

Para categorizar los valores de extensibilidad isquiosural se utilizó la clasificación propuesta por Ferrer (1998): Normalidad: ≥ -2 cm; Cortedad grado I: Entre -3 y -9 cm; Cortedad grado II: ≤ -10 cm.

4.4. TÉCNICAS ESTADÍSTICAS APLICADAS

Para el análisis de los resultados, se realizó un análisis descriptivo de cada una de las variables, obteniendo sus valores medios, desviaciones típicas, mínimo y máximo. Para analizar las diferencias entre chicos y chicas se utilizó la prueba T de Student para muestras independientes. Además, para poder comparar los porcentajes de normalidad y patología se utilizó la prueba Chi cuadrado de Pearson.

Para analizar la influencia del volumen total de entrenamiento, tras aplicar el test de normalidad de Kolmogorov-Smirnov y comprobar que las variables seguían una distribución normal, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) de un factor para comparar las características antropométricas, tipo de entrenamiento, morfología raquídea y nivel de extensibilidad isquiosural de los gimnastas en función del volumen total de entrenamiento. Si se encontraban diferencias significativas en las variables dependientes para el efecto principal del ANOVA ($p < 0,05$), se procedió a realizar una comparación por pares (post hoc) usando la corrección de Bonferroni para comparaciones múltiples.

Además, una prueba t para muestras relacionadas fue empleada para determinar la existencia de diferencias entre los valores de la extremidad inferior derecha e izquierda.

Para determinar la fiabilidad intra-explorador en las mediciones con inclinómetro y en los test de flexibilidad, se utilizó el coeficiente de correlación intraclase (ICC) y sus intervalos de confianza al 95%, siguiendo la fórmula descrita por Shrout y Fleiss (1979).

Los datos fueron analizados utilizando el software SPSS (versión 20.0) y el nivel de significación se estableció en un valor de $p < 0,05$.

V.

RESULTADOS



5.1. DISPOSICIÓN DEL PLANO SAGITAL DEL RAQUIS en GIMNASTAS ESPAÑOLES ESPECIALISTAS EN TRAMPOLÍN.

5.1.1. PLANO SAGITAL EN BIPEDESTACIÓN RELAJADA.

Los valores medios y desviación típica de la curva dorsal en bipedestación se muestran en la tabla 44. Cuando se analizaron los valores en función del sexo se encontraron diferencias significativas, con valores medios superiores en los gimnastas ($t_{89}=2,281$, $p=0,025$).

Tabla 44. Valores descriptivos de la curva dorsal en bipedestación.

Curva dorsal en Bipedestación	Media	Mínimo	Máximo
Chicos*	46,18°±7,18°	32°	63°
Chicas	42,45°±8,35°	29°	63°
Total	44,25°±7,99°	29°	63°

* $p<0,05$

En la tabla 45 se muestra el porcentaje de gimnastas según los valores de normalidad para la cifosis dorsal en bipedestación. Los resultados muestran que un **54,9%** de los gimnastas presentan valores dentro de la normalidad, un 41,8% tienen hipercifosis leve, y un 3,3% hipercifosis moderada. Cuando se analizan estos resultados en función del sexo no se observan relaciones estadísticamente significativas ($X^2(n=91)=2.464$, $p=0,292$).

Tabla 45. Porcentajes y frecuencia de gimnastas en función de los valores de normalidad para la curva dorsal en bipedestación.

Total	Chicos	Chicas	Total
Normal (20°-40°)	21 (47,7%)	29 (61,7%)	50 (54,9%)
Hipercifosis leve (41°-60°)	22 (50%)	16 (34%)	38 (41,8%)
Hipercifosis Moderada (>60°)	1 (2,3%)	2 (4,3%)	3 (3,3%)

Los valores medios y desviación típica de la curva lumbar en bipedestación se muestran en la tabla 46. Cuando se analizaron los valores en función del sexo se encontraron diferencias significativas ($t_{85}=-4.248$, $p=0,000$) con valores medios de lordosis superiores en las gimnastas.

Tabla 46. Valores descriptivos de la curva lumbar en bipedestación.

Curva lumbar en Bipedestación	Media	Mínimo	Máximo
Chicos	30,95°±7,82°	12°	46°
Chicas*	39,15°±10,46°	16°	62°
Total	35,19°±10,11°	12°	62°

*p<0,0001

En la tabla 47 se muestra el porcentaje de gimnastas según los valores de normalidad para la lordosis en bipedestación. Los resultados muestran un 67% de los gimnastas dentro de la normalidad, un 27,5% de gimnastas con hiperlordosis leve y un 5,5% con hipolordosis o rectificación.

Cuando se analizan estos resultados en función del sexo se observan diferencias significativas ($X^2(n=91)=13.673$, $p=0,001$) presentando los gimnastas mayores porcentajes de normalidad, con un 84,1% frente al 51,1% de normalidad en las gimnastas. Por el contrario, las gimnastas presentan mayores valores de hiperlordosis con un 46,8% de los casos frente al 6,8% en los chicos.

Tabla 47. Porcentajes y frecuencia de gimnastas en función de los valores de normalidad para la curva lumbar en bipedestación.

Total	Chicos	Chicas	Total
Rectificación (>20°)	4 (9,1%)	1 (2,1%)	5 (5,5%)
Normal (20°-40°)	37 (84,1%)	24 (51,1%)	61 (67%)
Hiperlordosis leve (41°-60°)	3 (6,8%)	22 (46,8%)	25 (27,5%)

5.1.2. PLANO SAGITAL EN FLEXIÓN MÁXIMA DEL TRONCO.

Los valores medios y desviación típica de la curva dorsal en flexión máxima del tronco se muestran en la tabla 48. Cuando se analizaron los valores en función del sexo se encontraron diferencias significativas, con valores medios superiores en los chicos ($t_{89}=3,224$, $p=0,002$).

Tabla 48. Valores descriptivos de la curva dorsal en flexión máxima del tronco.

Curva dorsal en Flexión máxima del Tronco	Media	Mínimo	Máximo
Chicos*	63,07°±12,99°	35°	89°
Chicas	53,30°±15,69°	23°	79°
Total	58,02°±15,18°	23°	89°

*p<0,05

En la tabla 49 se muestran el porcentaje de gimnastas según los valores de normalidad para la curva dorsal en flexión máxima del tronco. Los resultados muestran un 74,7% de los gimnastas dentro de la normalidad, un 16,5% con hipercifosis leve y un 8,8% con hipercifosis moderada.

Cuando se analizan estos resultados en función del sexo no se observan relaciones estadísticamente significativas, aunque las chicas presentan mayores porcentajes de normalidad y los chicos de hipercifosis ($X^2(n=91)=2.912$, $p=0,233$).

Tabla 49. Porcentajes y frecuencia de gimnastas en función de los valores de normalidad para la curva dorsal en flexión máxima del tronco.

	Chicos	Chicas	Total
Normal (40°-65°)	30 (68,2%)	38 (80,9%)	68 (74,7%)
Hipercifosis leve (66°-80°)	8 (18,2%)	7 (14,9%)	15 (16,5%)
Hipercifosis moderada (>80°)	6 (13,6%)	2 (4,3%)	8 (8,8%)

Los valores medios y desviación típica de la curva lumbar en flexión máxima del tronco se muestran en la tabla 50. Cuando se analizaron los valores en función del sexo no se encontraron diferencias significativas aunque si una tendencia a presentar valores superiores en los gimnastas ($t_{89}=1,939$, $p=0,056$).

Tabla 50. Valores descriptivos de la curva lumbar en flexión máxima del tronco.

Curva lumbar en Flexión máxima del Tronco	Media	Mínimo	Máximo
Chicos	29,25°±7,44°	8°	45°
Chicas	25,98°±8,56°	7°	57°
Total	27,56°±8,16°	7°	57°

En la tabla 51 se muestran el porcentaje de gimnastas según los valores de normalidad para la curva lumbar en flexión máxima del tronco. Los resultados muestran como tan solo un 30,8% de los gimnastas presentan unos valores dentro de la normalidad. Por el contrario, un 40,7% presentan hipercifosis leve y un 28,6% hipercifosis moderada.

Cuando se analizan estos resultados en función del sexo no se observan relaciones estadísticamente significativas ($X^2(n=91)=4.889$, $p=0,087$), aunque las gimnastas presentan un porcentaje mayor de normalidad (40,4% versus 20,5%).

Tabla 51. Porcentajes y frecuencia de gimnastas en función de los valores de normalidad para la curva lumbar en flexión máxima del tronco.

	Chicos	Chicas	Total
Normal ($<23^\circ$)	9 (20,5%)	19 (40,4%)	28 (30,8%)
Hipercifosis leve ($23^\circ-31^\circ$)	19 (43,2%)	18 (38,3%)	37 (40,7%)
Hipercifosis moderada ($>31^\circ$)	16 (36,4%)	10 (21,3%)	26 (28,6%)

5.1.3. PLANO SAGITAL EN SEDENTACIÓN ASTÉNICA

Los valores medios y desviación típica de la curva dorsal se muestran en la tabla 52. Cuando se analizaron los valores en función del sexo no se encontraron diferencias significativas ($t_{89}=1,489$, $p=0,140$).

Tabla 52. Valores descriptivos de la curva dorsal en sedentación asténica.

Curva dorsal en sedentación	Media	Mínimo	Máximo
Chicos	$51,80^\circ \pm 11,49^\circ$	13°	76°
Chicas	$48,64^\circ \pm 8,62^\circ$	23°	63°
Total	$50,16^\circ \pm 10,17^\circ$	13°	76°

En la tabla 53 se muestran el porcentaje de gimnastas según los valores de normalidad para la curva dorsal en sedentación asténica. Los resultados muestran como sólo un 15,4% de los gimnastas disponen su raquis dorsal dentro de la normalidad, un 71,4% se sientan con leve hipercifosis y un 13,2% con hipercifosis moderada.

Tabla 53. Porcentajes y frecuencia de gimnastas en función de los valores de normalidad para la curva dorsal en sedentación asténica.

	Chicos	Chicas	Total
Normal ($20^\circ-40^\circ$)	7 (15,9%)	7 (14,9%)	14 (15,4%)
Hipercifosis leve ($41^\circ-53^\circ$)	28 (63,6%)	37 (78,7%)	65 (71,4%)
Hipercifosis Moderada ($>53^\circ$)	9 (20,5%)	3 (6,4%)	12 (13,2%)

Cuando se analizan estos resultados en función del sexo no se observan relaciones estadísticamente significativas ($X^2(n=91)=4.152$, $p=0,125$).

Los valores medios y la desviación típica de la curva lumbar en sedentación asténica se muestran en la tabla 54. Cuando se analizaron los valores en función del sexo si se observaban diferencias significativas, con valores medios superiores en los gimnastas ($t_{89}=2,295$, $p=0,024$).

Tabla 54. Valores descriptivos de la curva lumbar en sedentación asténica.

Curva lumbar en sedentación	Media	Mínimo	Máximo
Chicos*	20,11°±8,38°	3°	35°
Chicas	15,53°±10,47°	-10°	45°
Total	17,75°±9,74°	-10°	45°

* $p<0,05$

En la tabla 55 se muestra el porcentaje de gimnastas según los valores de normalidad para la curva lumbar en sedentación asténica. Los resultados reflejan que tan solo un 41,8% de los gimnastas presenta la curva lumbar dentro de la normalidad. El resto presenta en un 27,5% de hipercifosis leve y un 30,8% de hipercifosis moderada.

Cuando se analizan estos resultados en función del sexo se observan diferencias significativas presentando los gimnastas mayores porcentajes de hipercifosis moderada (38,6% versus 23,4%) y de hipercifosis leve (34,1% versus 21,3%), mientras que las gimnastas presenta mayores porcentajes de normalidad (55,3% versus 27,3%) ($X^2(n=91)=7.353$, $p=0,025$).

Tabla 55. Porcentajes y frecuencia de gimnastas en función de los valores de normalidad para la curva lumbar en sedentación asténica.

	Chicos	Chicas	Total
Normal (<15°)	12 (27,3%)	26 (55,3%)	38 (41,8%)
Hipercifosis leve (15°-21°)	15 (34,1%)	10 (21,3%)	25 (27,5%)
Hipercifosis Moderada (>21°)	17 (38,6%)	11 (23,4%)	28 (30,8%)

Los valores medios y la desviación típica del ángulo L-HSA se muestran en la tabla 56. Cuando se analizaron los valores en función del sexo si se observaban diferencias significativas, con valores medios superiores en los gimnastas ($t_{89}=3,308$, $p=0,001$).

Tabla 56. Valores descriptivos del ángulo L-HSA.

Ángulo L-HSA	Media	Mínimo	Máximo
Chicos*	110,77°±6,31°	98°	126°
Chicas	106,21°±6,81°	93°	119°
Total	108,42°±6,93°	93°	126°

* p=0,001

En la tabla 57 se muestra el porcentaje de gimnastas según los valores de normalidad para el ángulo L-HSA. Los resultados reflejan que tan solo un 14,3% de los gimnastas presentan valores dentro de la normalidad. El resto presenta un 62,6% retroversión leve y un 23,1% retroversión moderada.

Cuando se analizan estos resultados en función del sexo se observan diferencias significativas presentando las gimnastas mayores porcentajes de normalidad (25,5% versus 2,3%) ($X^2(n=91)=11.572$, $p=0,003$). Aunque, hay que destacar que en ambos casos el porcentaje de casos de normalidad es muy pequeño.

Tabla 57. Porcentajes y frecuencia de gimnastas en función de los valores de normalidad para la disposición de la pelvis sedentación asténica (L-HSA).

	Chicos	Chicas	Total
Normal (<100°)	1 (2,3%)	12 (25,5%)	13 (14,3%)
Retroversión leve (100°-110°)	29 (65,9%)	28 (59,6%)	57 (62,6%)
Retroversión Moderada (>110°)	14 (31,8%)	7 (14,9%)	21 (23,1%)

5.2. EXTENSIBILIDAD DE LA MUSCULATURA ISQUIOSURAL EN GIMNASTAS ESPAÑOLES ESPECIALISTAS EN TRAMPOLÍN

5.2.1. TEST DE ELEVACIÓN DE LA PIERNA RECTA

Los valores medios y desviación típica del test de elevación de la pierna recta se muestran en la tabla 58. Cuando se analizaron las diferencias entre la extremidad derecha e izquierda no se encontraron diferencias significativas ($p>0,05$). Cuando se analizaron las diferencias entre sexos se encontraron diferencias significativas tanto en la pierna derecha ($t_{89}=-4,616$, $p=0,000$) como en la pierna izquierda ($t_{89}=-5,023$, $p=0,000$) con valores medios superiores en las gimnastas.

Tabla 58. Valores descriptivos del test de elevación de la pierna recta en gimnastas españolas especialistas en trampolín.

Chicos	Media	Mínimo	Máximo
EPR DCH	93,43°±15,65°	64°	125°
EPR IZQ	92,59±14,54°	68°	128°
Chicas*			
EPR DCH	107,23°±12,81°	84°	140°
EPR IZQ	106,74°±12,31°	81°	140°
Total			
EPR DCH	100,56°±15,78°	64°	140°
EPR IZQ	99,9°±15,13°	68°	140°

* $p<0,0001$

En la tabla 59 se muestran los porcentajes en función del grado de extensibilidad isquiosural. De forma global, se observan porcentajes muy altos de normalidad con un 95,6% para la extremidad inferior derecha y un 96,7% para la izquierda.

Tabla 59. Porcentajes y frecuencia de casos en función del grado de extensibilidad de la musculatura isquiosural valorada con el test de elevación de la pierna recta.

Total	Normal (≥75°)	Grado I (74°-61°)	Grado II (≤60°)
EPR DCH	87 (95,6%)	4 (4,4%)	
EPR IZQ	88 (96,7%)	3 (3,3%)	

Cuando se analizan estos resultados en función del sexo no se observan relaciones significativas tanto en la pierna derecha ($t_{91}=4,469$, $p=0,051$) como en la pierna izquierda ($t_{91}=3,314$, $p=0,109$), aunque las gimnastas presentan mayores porcentajes de normalidad (100% versus 96,7%) (tabla 60).

Tabla 60. Porcentajes y frecuencia de casos en función del grado de extensibilidad de la musculatura isquiosural valorada mediante el test de elevación de la pierna recta en función del sexo.

Chicos	Normal ($\geq 75^\circ$)	Grado I ($74^\circ-61^\circ$)	Grado II ($\leq 60^\circ$)
EPR DCH	40 (90,9%)	4 (9,1%)	
EPR IZQ	41 (93,2%)	3 (6,8%)	
Chicas	Normal ($\geq 75^\circ$)	Grado I ($74^\circ-61^\circ$)	Grado II ($\leq 60^\circ$)
EPR DCH	47 (100%)		
EPR IZQ	47 (100%)		

5.2.2. TEST DISTANCIA DEDOS PLANTA

Los valores medios y desviación típica del test distancia dedos planta se muestran en la tabla 61. Cuando se analizaron las diferencias entre sexos no se encontraron diferencias significativas ($t_{89}=-1,817$, $p=0,073$), aunque existe una tendencia a que las gimnastas presente valores medios superiores.

Tabla 61. Valores descriptivos del test distancia dedos planta en gimnastas españoles especialistas en trampolín.

	Media	Mínimo	Máximo
Chicos	9,02 $\pm$ 10,15	-11,5	45
Chicas*	12,92 $\pm$ 10,33	-2,2	57,5
Total	11,03 $\pm$ 10,38	-11,5	57,5

* $p<0,0001$

En la tabla 62 se muestran los porcentajes en función del grado de extensibilidad isquiosural. De forma global, se observan porcentajes muy altos de normalidad con un 97,8% de gimnastas dentro de la normalidad. Cuando se analizan estos resultados en función del sexo no se observan relaciones significativas ($t_{91}=-2,184$, $p=0,231$) (tabla 62).

Tabla 62. Porcentajes y frecuencia de casos en función del grado de extensibilidad de la musculatura isquiosural valorada con el test distancia dedos planta.

	Normal ($\geq -2^{\circ}$)	Grado I (-3 y -9 cm)	Grado II ($\leq -10^{\circ}$)
Chicos	42 (95,5%)	2 (4,5%)	
Chicas	47 (100%)		
TOTAL	89 (97,8%)	2 (2,2%)	

5.3. DISPOSICIÓN DEL PLANO SAGITAL DEL RAQUIS EN GIMNASTAS ESPECIALISTAS EN TRAMPOLÍN DE NIVEL INTERNACIONAL

5.3.1. PLANO SAGITAL EN BIPEDESTACIÓN RELAJADA

Los valores medios y desviación típica de la curva dorsal en bipedestación se muestran en la tabla 63. Cuando se analizaron los valores en función del sexo no se encontraron diferencias significativas, aunque los valores medios son ligeramente superiores en los gimnastas ($t_{54}=1,874$, $p=0,071$).

Tabla 63. Valores descriptivos de la curva dorsal en bipedestación en gimnastas especialistas en trampolín de nivel internacional.

Curva dorsal en Bipedestación	Media	Mínimo	Máximo
Chicos	41,14°±6,37°	31°	55°
Chicas	36,14°±11,19°	14°	55°
Total	39,27°±8,75°	14°	55°

En la tabla 64 se muestra el porcentaje de gimnastas según los valores de normalidad para la cifosis dorsal en bipedestación. Los resultados muestran que un 73,2% de los gimnastas presentan valores dentro de la normalidad, un 23,2% tienen hipercifosis leve, y un 3,6% rectificación. Cuando se analizan estos resultados en función del sexo no se observan relaciones estadísticamente significativas ($X^2(n=56)=3.535$, $p=0,171$).

Tabla 64. Porcentajes y frecuencia de gimnastas en función de los valores de normalidad para la curva dorsal en bipedestación.

Total	Chicos	Chicas	Total
Rectificación (<20°)		2 (9,5%)	2 (3,6%)
Normal (20°-40°)	27 (77,1%)	14 (66,7%)	41 (73,2%)
Hipercifosis leve (41°-60°)	8 (22,9%)	5 (23,8%)	13 (23,2%)
Hipercifosis Moderada (>60°)			

Los valores medios y desviación típica de la curva lumbar en bipedestación se muestran en la tabla 65. Cuando se analizaron los valores en función del sexo no se encontraron diferencias significativas ($t_{54}=-1.735$, $p=0,093$), aunque los valores medios son ligeramente superiores en las gimnastas.

Tabla 65. Valores descriptivos de la curva lumbar en bipedestación en gimnastas especialistas en trampolín de nivel internacional.

Curva lumbar en Bipedestación	Media	Mínimo	Máximo
Chicos	27,37°±8,04°	10°	43°
Chicas	32,81°±12,94°	2°	55°
Total	29,41°±10,39°	2°	55°

En la tabla 66 se muestra el porcentaje de gimnastas según los valores de normalidad para la lordosis en bipedestación. Los resultados muestran un 67,9% de los gimnastas dentro de la normalidad, un 12,5% de gimnastas con hiperlordosis leve y un 19,6% con hipolordosis o rectificación.

Cuando se analizan estos resultados en función del sexo se observan diferencias significativas ($\chi^2(n=56)=8.002$, $p=0,018$) presentando los gimnastas mayores porcentajes de normalidad (74,3% versus 57,1%) y de rectificación (22,9% versus 14,3%). Por el contrario, las gimnastas presentan mayores valores de hiperlordosis con un 28,6% de los casos frente al 2,9% en los gimnastas.

Tabla 66. Porcentajes y frecuencia de gimnastas en función de los valores de normalidad para la curva lumbar en bipedestación.

Total	Chicos	Chicas	Total
Rectificación (>20°)	8 (22,9%)	3 (14,3%)	11 (19,6%)
Normal (20°-40°)	26 (74,3%)	12 (57,1%)	38 (67,9%)
Hiperlordosis leve (41°-60°)	1 (2,9%)	6 (28,6%)	7 (12,5%)

5.3.2. PLANO SAGITAL EN FLEXIÓN MÁXIMA DEL TRONCO

Los valores medios y desviación típica de la curva dorsal en flexión máxima del tronco se muestran en la tabla 67. Cuando se analizaron los valores en función del sexo se encontraron diferencias significativas con valores medios superiores en los gimnastas ($t_{54}=2,294$, $p=0,026$).

Tabla 67. Valores descriptivos de la curva dorsal en flexión máxima del tronco en gimnastas especialistas en trampolín de nivel internacional.

Curva dorsal en Flexión máxima del Tronco	Media	Mínimo	Máximo
Chicos*	52,66°±15,10°	22°	88°
Chicas	42,43°±17,80°	4°	79°
Total	48,82°±16,76°	4°	88°

*p<0,05

En la tabla 68 se muestran el porcentaje de gimnastas según los valores de normalidad para la curva dorsal en flexión máxima del tronco. Los resultados muestran un 91,1% de los gimnastas dentro de la normalidad, un 3,6% con hipercifosis leve y un 5,4% con hipercifosis moderada.

Cuando se analizan estos resultados en función del sexo no se observan relaciones estadísticamente significativas, aunque las chicas presentan mayores porcentajes de normalidad y los chicos de hipercifosis ($X^2(n=56)=1.286$, $p=0,526$).

Tabla 68. Porcentajes y frecuencia de gimnastas en función de los valores de normalidad para la curva dorsal en flexión máxima del tronco.

	Chicos	Chicas	Total
Normal (40°-65°)	31 (88,6%)	20 (95,2%)	51 (91,1%)
Hipercifosis leve (66°-80°)	2 (5,7%)		2 (3,6%)
Hipercifosis moderada (>80°)	2 (5,7%)	1 (4,8%)	3 (5,4%)

Los valores medios y desviación típica de la curva lumbar en flexión máxima del tronco se muestran en la tabla 69. Cuando se analizaron los valores en función del sexo no se encontraron diferencias significativas ($54=0,362$, $p=0,718$).

Tabla 69. Valores descriptivos de la curva lumbar en flexión máxima del tronco en gimnastas especialistas en trampolín de nivel internacional.

Curva lumbar en Flexión máxima del Tronco	Media	Mínimo	Máximo
Chicos	28,46°±8,22°	8°	50°
Chicas	27,62°±8,64°	7°	40°
Total	28,14°±8,31°	7°	50°

En la tabla 70 se muestran el porcentaje de gimnastas según los valores de normalidad para la curva lumbar en flexión máxima del tronco. Los resultados muestran como tan solo un 23,2% de los gimnastas presentan unos valores dentro de la normalidad. Por el contrario, un 46,4% presentan hipercifosis leve y un 30,4% hipercifosis moderada.

Cuando se analizan estos resultados en función del sexo no se observan relaciones estadísticamente significativas ($\chi^2(n=56)=1.016$, $p=0,602$).

Tabla 70. Porcentajes y frecuencia de gimnastas en función de los valores de normalidad para la curva lumbar en flexión máxima del tronco.

	Chicos	Chicas	Total
Normal ($<23^\circ$)	7 (20%)	6 (28,6%)	13 (23,2%)
Hipercifosis leve ($23^\circ-31^\circ$)	18 (51,4%)	8 (38,1%)	26 (46,4%)
Hipercifosis moderada ($>31^\circ$)	10 (28,6%)	7 (33,3%)	17 (30,4%)

5.3.3. PLANO SAGITAL EN SEDENTACIÓN ASTÉNICA

Los valores medios y desviación típica de la curva dorsal se muestran en la tabla 71. Cuando se analizaron los valores en función del sexo si se encontraron diferencias significativas con valores superiores en los gimnastas ($t_{54}=2,694$, $p=0,009$).

Tabla 71. Valores descriptivos de la curva dorsal en sedentación asténica en gimnastas especialistas en trampolín de nivel internacional.

Curva dorsal en sedentación	Media	Mínimo	Máximo
Chicos*	$51,89^\circ \pm 10,27^\circ$	27°	68°
Chicas	$44,95^\circ \pm 7,43^\circ$	34°	58°
Total	$49,29^\circ \pm 9,84^\circ$	27°	68°

* $p<0,01$

En la tabla 72 se muestran el porcentaje de gimnastas según los valores de normalidad para la curva dorsal en sedentación asténica. Los resultados muestran como sólo un 19,6% de los gimnastas disponen su raquis dorsal dentro de la normalidad, un 62,5% se sientan con leve hipercifosis y un 17,9% con hipercifosis moderada.

Cuando se analizan estos resultados en función del sexo se observan relaciones estadísticamente significativas al presentar las gimnastas mayores porcentajes de normalidad (28,6% versus 14,3%) y de hipercifosis leve (71,4% versus 57,1%) ($\chi^2(n=56)=7.792$, $p=0,020$). Los gimnastas además presentan un 28,6% de raquis dorsales con valores de hipercifosis moderada.

Tabla 72. Porcentajes y frecuencia de gimnastas en función de los valores de normalidad para la curva dorsal en sedentación asténica.

	Chicos	Chicas	Total
Normal (20°-40°)	5 (14,3%)	6 (28,6%)	11 (19,6%)
Hipercifosis leve (41°-53°)	20 (57,1%)	15 (71,4%)	35 (62,5%)
Hipercifosis Moderada (>53°)	10 (28,6%)		10 (17,9%)

Los valores medios y la desviación típica de la curva lumbar en sedentación asténica se muestran en la tabla 73. Cuando se analizaron los valores en función del sexo no se observaban diferencias significativas, con valores medios superiores en los gimnastas ($t_{54}=0,893$, $p=0,376$).

Tabla 73. Valores descriptivos de la curva lumbar en sedentación asténica en gimnastas especialistas en trampolín de nivel internacional.

Curva lumbar en sedentación	Media	Mínimo	Máximo
Chicos	20,26°±8,30°	3°	42°
Chicas	18°±10,45°	-10°	40°
Total	19,41°±9,14°	-10°	42°

En la tabla 74 se muestra el porcentaje de gimnastas según los valores de normalidad para la curva lumbar en sedentación asténica. Los resultados reflejan que tan solo un 30,4% de los gimnastas presenta la curva lumbar dentro de la normalidad. El resto presenta en un 32,1% de hipercifosis leve y un 37,5% de hipercifosis moderada.

Tabla 74. Porcentajes y frecuencia de gimnastas en función de los valores de normalidad para la curva lumbar en sedentación asténica.

	Chicos	Chicas	Total
Normal (<15°)	9 (25,7%)	8 (38,1%)	17 (30,4%)
Hipercifosis leve (15°-21°)	12 (34,3%)	6 (28,6%)	18 (32,1%)
Hipercifosis Moderada (>21°)	14 (40%)	7 (33,3%)	21 (37,5%)

Cuando se analizan estos resultados en función del sexo no se observan diferencias significativas aunque los gimnastas presentan porcentajes ligeramente mayores de hipercifosis moderada (40% versus 33,3%) y de hipercifosis leve (34,3% versus 28,6%), mientras que las gimnastas presenta mayores porcentajes de normalidad (38,1% versus

25,7%) ($X^2(n=56)=0.952$, $p=0,621$). Los valores medios y la desviación típica del ángulo L-HSA se muestran en la tabla 75. Cuando se analizaron los valores en función del sexo si se observaban diferencias significativas, con valores medios superiores en los gimnastas ($t_{54}=2,493$, $p=0,016$).

Tabla 75. Valores descriptivos del ángulo L-HSA en gimnastas especialistas en trampolín de nivel internacional.

Ángulo L-HSA	Media	Mínimo	Máximo
Chicos*	109,06°±5,89°	98°	124°
Chicas	104,90°±6,27°	93°	115°
Total	107,50°±6,31°	93°	124°

* $p=0,016$

En la tabla 76 se muestra el porcentaje de gimnastas según los valores de normalidad para el ángulo L-HSA. Los resultados reflejan que tan solo un 16,1% de los gimnastas presentan valores dentro de la normalidad. El resto presenta un 73,2% retroversión leve y un 10,7% retroversión moderada.

Cuando se analizan estos resultados en función del sexo no se observan diferencias significativas, aunque las gimnastas presenten mayores porcentajes de normalidad (28,6% versus 8,6%) ($X^2(n=56)=4.575$, $p=0,102$). Aunque, hay que destacar que en ambos casos el porcentaje de casos de normalidad es muy pequeño.

Tabla 76. Porcentajes y frecuencia de gimnastas en función de los valores de normalidad para la disposición de la pelvis sedentación asténica (L-HSA).

	Chicos	Chicas	Total
Normal ($<100^\circ$)	3 (8,6%)	6 (28,6%)	9 (16,1%)
Retroversión leve (100° - 110°)	27 (77,1%)	14 (66,7%)	41 (73,2%)
Retroversión Moderada ($>110^\circ$)	5 (14,3%)	1 (4,8%)	6 (10,7%)

5.4. EXTENSIBILIDAD DE LA MUSCULATURA ISQUIOSURAL EN GIMNASTAS ESPECIALISTAS EN TRAMPOLÍN DE NIVEL INTERNACIONAL

5.4.1. TEST DE ELEVACIÓN DE LA PIERNA RECTA

Los valores medios y desviación típica del test de elevación de la pierna recta se muestran en la tabla 77. Cuando se analizaron las diferencias entre la extremidad derecha e izquierda no se encontraron diferencias significativas ($p>0,05$). Cuando se analizaron las diferencias entre sexos se encontraron diferencias significativas tanto en la pierna derecha ($t_{54}=-3,131$, $p=0,003$) como en la pierna izquierda ($t_{84}=-3,203$, $p=0,002$) con valores medios superiores en las gimnastas.

Tabla 77. Valores descriptivos del test de elevación de la pierna recta en gimnastas especialistas en trampolín de nivel internacional.

Chicos	Media	Mínimo	Máximo
EPR DCH	106,54°±14,24°	78°	146°
EPR IZQ	104,86±14,66°	74°	144°
Chicas*			
EPR DCH	121,10°±20,52°	98°	172°
EPR IZQ	119,71°±19,93°	98°	168°
Total			
EPR DCH	112°±18,14°	78°	172°
EPR IZQ	110,43°±18,16°	74°	168°

* $p<0,001$

En la tabla 78 se muestran los porcentajes en función del grado de extensibilidad isquiosural. De forma global, se observan porcentajes muy altos de normalidad con un 100% para la extremidad inferior derecha y un 98,2% para la izquierda.

Tabla 78. Porcentajes y frecuencia de casos en función del grado de extensibilidad de la musculatura isquiosural valorada con el test de elevación de la pierna recta.

Total	Normal (≥75°)	Grado I (74°-61°)	Grado II (≤60°)
EPR DCH	56 (100%)		
EPR IZQ	55 (98,2%)	1 (1,8%)	

Cuando se analizan estos resultados en función del sexo no se observan relaciones significativas tanto en la pierna derecha como en la pierna izquierda (tabla 79).

Tabla 79. Porcentajes y frecuencia de casos en función del grado de extensibilidad de la musculatura isquiosural valorada mediante el test de elevación de la pierna recta en función del sexo.

Chicos	Normal ($\geq 75^\circ$)	Grado I (74°-61°)	Grado II ($\leq 60^\circ$)
EPR DCH	35 (100%)		
EPR IZQ	34 (97,1%)	1 (2,9%)	
Chicas	Normal ($\geq 75^\circ$)	Grado I (74°-61°)	Grado II ($\leq 60^\circ$)
EPR DCH	21 (100%)		
EPR IZQ	47 (100%)		

5.4.2. TEST DISTANCIA DEDOS PLANTA

Los valores medios y desviación típica del test distancia dedos planta se muestran en la tabla 80. Cuando se analizaron las diferencias entre sexos no se encontraron diferencias significativas ($t_{54}=-0,784$, $p=0,436$), aunque existe una tendencia a que las gimnastas presente valores medios superiores.

Tabla 80. Valores descriptivos del test distancia dedos planta en centímetros en gimnastas especialistas en trampolín de nivel internacional.

	Media	Mínimo	Máximo
Chicos	14,89 $\pm$ 9,16	-8	33
Chicas	16,79 $\pm$ 8,07	0,5	34,50
Total	15,60 $\pm$ 8,74	-8	34,50

En la tabla 81 se muestran los porcentajes en función del grado de extensibilidad isquiosural. De forma global, se observan porcentajes muy altos de normalidad con un 98,2% de gimnastas dentro de la normalidad. Cuando se analizan estos resultados en función del sexo no se observan relaciones significativas ($t_{56}=0,611$, $p=0,625$) (tabla 81).

Tabla 81. Porcentajes y frecuencia de casos en función del grado de extensibilidad de la musculatura isquiosural valorada con el test distancia dedos planta.

	Normal ($\geq$-2 cm)	Grado I (-3 y -9 cm)	Grado II ($\leq$-10 cm)
Chicos	34 (97,1%)	1 (2,9%)	
Chicas	21 (100%)		
TOTAL	55 (98,2%)	1 (1,8%)	

5.5. INCIDENCIA DEL VOLUMEN TOTAL DE ENTRENAMIENTO SOBRE LA DISPOSICIÓN SAGITAL DEL RAQUIS y LA EXTENSIBILIDAD ISQUIOSURAL

Se utilizó un cuestionario para conocer los datos sociodemográficos y los relativos al entrenamiento (número de horas de entrenamiento al día, días a la semana, meses de entrenamiento al año y años de entrenamiento en su especialidad de gimnasia de trampolín). Además, se anotó el nivel del deportista y el nivel de las competiciones en las que ha participado.

Para calcular el número de horas de entrenamiento al año y el volumen total de entrenamiento de un gimnasta se siguieron los criterios utilizados por Wojtys et al. (2000). De esta forma, para calcular el número de horas de entrenamiento al año se multiplicaron las horas de entrenamiento al día x los días a la semana x 4 semanas al mes x los meses al año. Así, un gimnasta que entrenaba 2 horas al día, 5 días a la semana y 10 meses al año, tenía un volumen de entrenamiento al año de 400 horas/año ($2 \times 5 = 10$ horas semanales x 4 = 40 horas al mes x 10 = 400 horas al año).

Para calcular el volumen total de entrenamiento se multiplicó las horas de entrenamiento al año por el número de años de entrenamiento. Así, el gimnasta anterior que llevaba 6 años de entrenamiento, tenía un volumen de entrenamiento total de 2400 horas/total ($400 \times 6 = 2400$ horas/total).

Para dividir a los deportistas según horas de entrenamiento al año y volumen total, se establecieron 3 grupos con relación al volumen total de entrenamiento: A) Menos de 2500 horas; B) Entre 2500-5000 horas y C) Más de 5000 horas.

Los valores medios y desviación típica del volumen de entrenamiento anual y del volumen de entrenamiento total para los gimnastas españoles especialistas en Trampolín se muestran en la tabla 82. Cuando se analizan las diferencias entre sexos no se observan diferencias significativas.

Los valores medios y desviación típica del volumen de entrenamiento anual y del volumen de entrenamiento total para los gimnastas especialistas en Trampolín **de nivel internacional** se muestran en la tabla 83. Cuando se analizan las diferencias entre sexos no se observan diferencias significativas.

Tabla 82. Características generales del volumen de entrenamiento para los gimnastas españoles especialistas en Trampolín (media $\pm$ SD).

Sexo	Chicos (n=44)	Chicas (n=47)	Total (n=91)	p valor
Volumen entrenamiento anual	523,64 $\pm$ 262,48	473,04 $\pm$ 163,96	497,78 $\pm$ 218,01	0,279
Volumen total de entrenamiento	4.177,73 $\pm$ 3.643,36	3.177,43 $\pm$ 2.042,57	3.666,47 $\pm$ 2.962,37	0,115

*p<0,05; **p<0,001; ***p<0,0005.

Tabla 83. Características generales del volumen de entrenamiento para los gimnastas especialistas en Trampolín de nivel internacional (media $\pm$ SD).

Sexo	Chicos (n=35)	Chicas (n=21)	Total (n=56)	p valor
Volumen entrenamiento anual	637,58 $\pm$ 256,41	648,42 $\pm$ 254,59	641,54 $\pm$ 253,29	0,884
Volumen total de entrenamiento	7.324,24 $\pm$ 3.722,03	7.110,53 $\pm$ 4.479,55	7.246,15 $\pm$ 3.973,09	0,854

*p<0,05; **p<0,001; ***p<0,0005.

5.5.1. CARACTERÍSTICAS ANTROPOMÉTRICAS

Los valores medios y desviación típica de las características antropométricas de los gimnastas en función del volumen total de entrenamiento se muestran en la tabla 84.

El ANOVA mostró diferencias significativas en todas las variables antropométricas: edad ($F=70,512$; $p<0,0001$), altura ($F=11,493$; $p<0,0001$) y peso ($F=44,977$; $p<0,0001$).

En todos los casos los valores aumentan conforme aumenta el volumen de entrenamiento total, de tal forma que los gimnastas con mayor volumen total de entrenamiento son de mayor edad, mayor altura y presentan un mayor peso (figura 14, 15 y 16).

Tabla 84. Valores descriptivos de las características antropométricas de los gimnastas en función del volumen total de entrenamiento.

	Volumen total de entrenamiento			F	p	Post hoc
	Menos de 2500 horas (n=40)	2500-5000 horas (n=43)	Más de 5000 horas (n=46)			
Edad	12,33±3,29	17,43±3,37	21,42±4,01	70,512	0,000	G1<G2<G3
Altura	149,21±14,40	161,53±16,50	165,49±18,02	11,493	0,000	G1<G2<G3
Peso	42,96±12,97	58,96±8,36	62,36±8,22	44,977	0,000	G1<G2<G3

G1=Menos de 2.500 horas; G2= Entre 2.500-5.000 horas; G3= Más de 5.000 horas

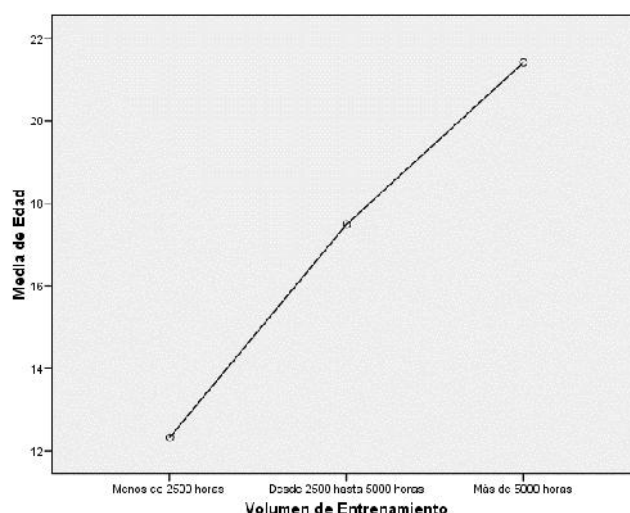


Figura 14. Evolución de la media de edad en función del volumen de entrenamiento.

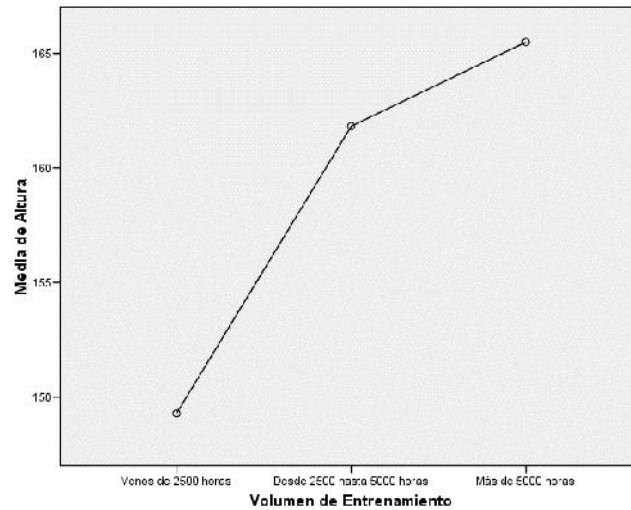


Figura 15. Evolución de la media de altura en función del volumen de entrenamiento.

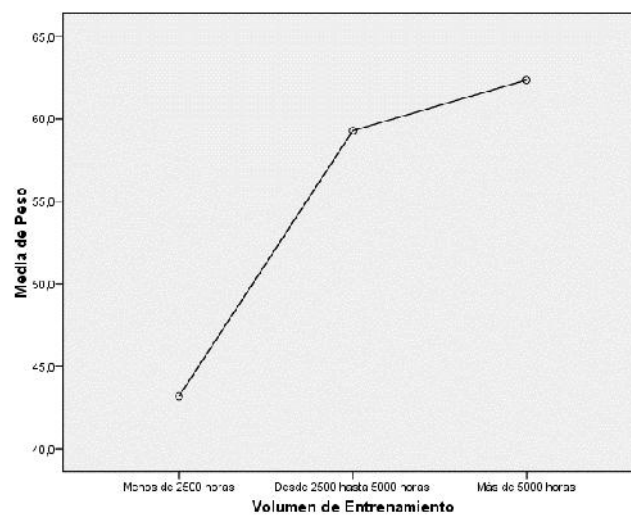


Figura 16. Evolución de la media del peso en función del volumen de entrenamiento.

5.5.2. CARACTERÍSTICAS DEL ENTRENAMIENTO

Los valores medios y desviación típica de las características del entrenamiento de los gimnastas en función del volumen total de entrenamiento se muestran en la tabla 85.

El ANOVA mostró diferencias significativas en todas las variables: Años de entrenamiento ($F=116,392$; $p<0,0001$), años equipo nacional ($F=5,715$; $p<0,005$), días entrenamiento semana ($F=24,046$; $p<0,0001$), sesiones/semana ($F=10,607$; $p<0,0001$), horas/día ($F=14,096$; $p<0,0001$), volumen entrenamiento anual ($F=32,336$; $p<0,0001$) y volumen total de entrenamiento ($F=135,701$; $p<0,0001$).

En todos los casos los valores aumentan conforme aumenta el volumen total de entrenamiento, de tal forma que los gimnastas con mayor volumen de entrenamiento acumulan más años de entrenamiento, más años formado parte del equipo nacional, entrenan un mayor número de días de entrenamiento a la semana, realizan un mayor número de sesiones a la semana, horas al día y presentan un mayor volumen de entrenamiento anual y de volumen total (figuras 17, 18, 19, 20, 21 y 22).

Tabla 85. Valores descriptivos de las características del entrenamiento en función del volumen total de entrenamiento.

	Extensibilidad de la musculatura isquiosural (EPR)			F	p	Post hoc
	Menos de 2500 horas (n=40)	2500-5000 horas (n=43)	Más de 5000 horas (n=46)			
Años de entrenamiento	3,56±1,57	8,23±2,87	12,93±3,62	116,392	0,000	G1<G2<G3
Años equipo nacional	1±1,41	3,57±2,20	5,51±3,48	5,715	0,005	G1<G2<G3
Días entrenamiento semana	4,05±1,04	4,95±1,15	5,61±0,93	24,046	0,001	G1<G2<G3
Sesiones/Semana	6	6,27±1,24	8,72±2,63	10,607	0,000	G1=G2<G3
Horas/Día	2,50±0,51	2,44±0,61	3,18±1,01	14,096	0,000	G1=G2<G3
Volumen entrenamiento anual	404,50±120,47	478,60±145,89	714,78±265,78	32,336	0,000	G1=G2<G3
Volumen total de entrenamiento	1.479±713,79	3.630±667,46	8.888,70±3.552,75	135,701	0,000	G1<G2<G3

G1=Menos de 2.500 horas; G2= Entre 2.500-5.000 horas; G3= Más de 5.000 horas

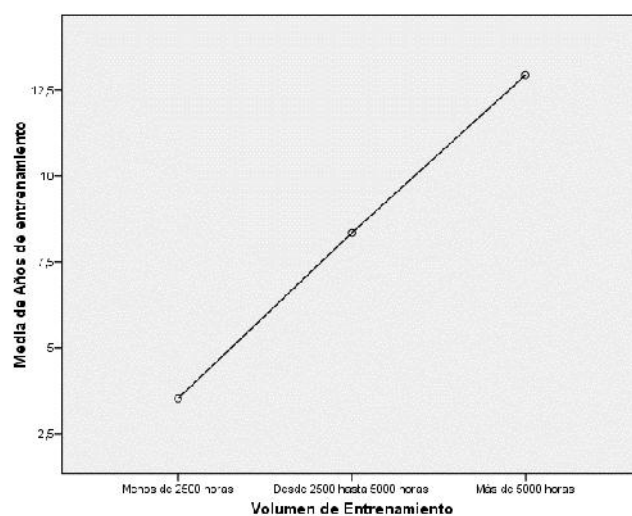


Figura 17. Evolución de la media de años de entrenamiento en función del volumen de entrenamiento.

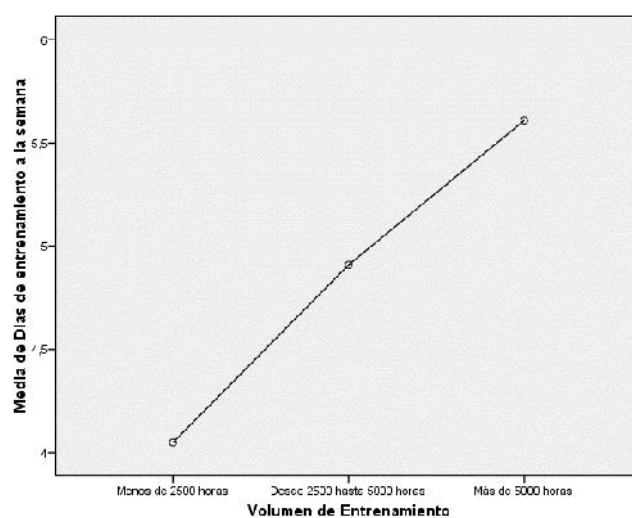


Figura 18. Evolución de la media de días de entrenamiento a la semana en función del volumen de entrenamiento.

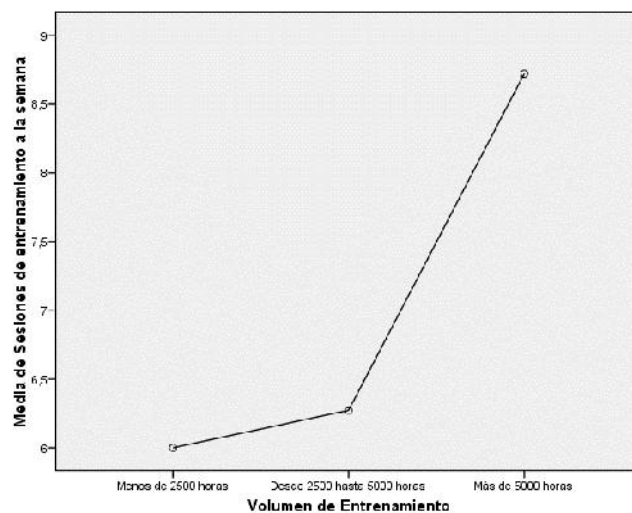


Figura 19. Evolución de la media de sesiones de entrenamiento a la semana en función del volumen de entrenamiento.

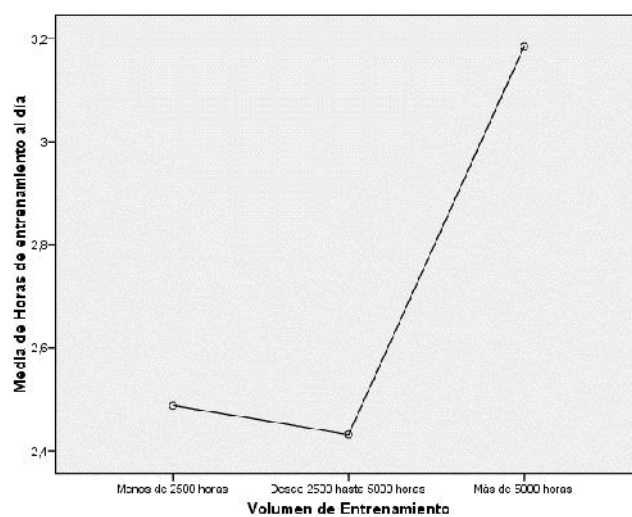


Figura 20. Evolución de la media de horas de entrenamiento al día en función del volumen de entrenamiento.

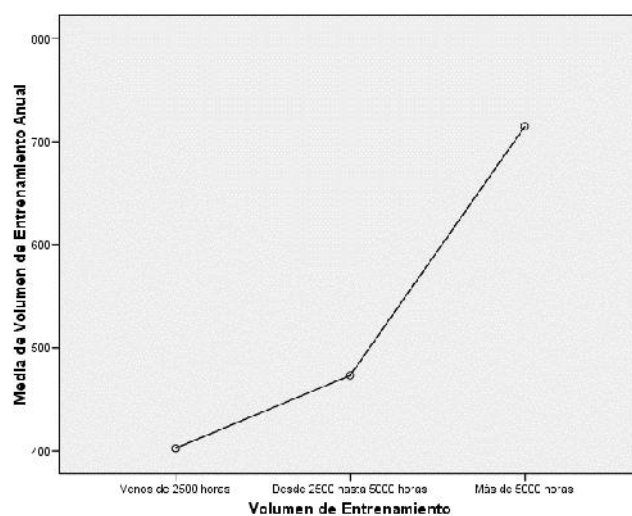


Figura 21. Evolución de la media del volumen de entrenamiento anual en función del volumen de entrenamiento.

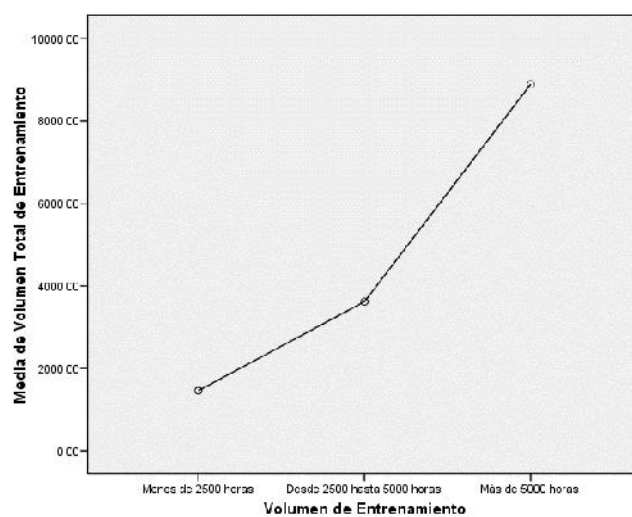


Figura 22. Evolución del volumen total de entrenamiento.

5.5.3. DISPOSICIÓN DEL PLANO SAGITAL DE LA COLUMNA VERTEBRAL

Los valores medios y desviación típica del plano sagital de la columna vertebral de los gimnastas en función del volumen total de entrenamiento se muestran en la tabla 86.

El ANOVA mostró diferencias significativas para el efecto principal de la curva lumbar en bipedestación ($F=4,909$; $p<0,001$), curva lumbar en flexión máxima del tronco ($F=3,247$; $p<0,05$) y ángulo L-HSA ($F=6,339$; $p<0,001$).

En todos los casos los valores disminuyen conforme aumenta el volumen total de entrenamiento, de tal forma que los gimnastas con mayor volumen de entrenamiento tienen menos grados en la curvatura dorsal y lumbar en todas las posiciones. Además, presentan menores valores del ángulo L-HSA (figuras 23, 24, 25, 26, 27, 28 y 29).

Tabla 86. Valores descriptivos del plano sagital de la columna vertebral en función del volumen total de entrenamiento.

	Extensibilidad de la musculatura isquiosural (EPR)			F	p	Post hoc
	Menos de 2500 horas (n=40)	2500-5000 horas (n=43)	Más de 5000 horas (n=46)			
Curva dorsal en BIP	44,33±9,24	42,07±7,91	40,57±9,03	2,017	0,137	G1>G2>G3
Curva lumbar en BIP	32,33±9,68	35,88±11,59	29,30±9,60	4,909	0,009	G1=G3<G2
Curva dorsal en FLEXT	50,18±11,90	56,42±16,75	49,80±15,52	2,333	0,101	G1=G3<G2
Curva lumbar en FLEXT	31,98±7,23	26,47±7,83	28,15±7,22	3,247	0,042	G1>G2=G3
Curva dorsal en SED	51,70±10,59	48±10,69	49,87±8,44	1,959	0,145	G1>G2=G3
Curva lumbar en SED	21,20±10	16,84±9,61	18,76±8,40	2,139	0,122	G1>G2=G3
L-HSA	111,38±7,40	107,09±5,68	107,02±6,79	6,339	0,002	G1>G2=G3
G1=Menos de 2.500 horas; G2= Entre 2.500-5.000 horas; G3= Más de 5.000 horas						

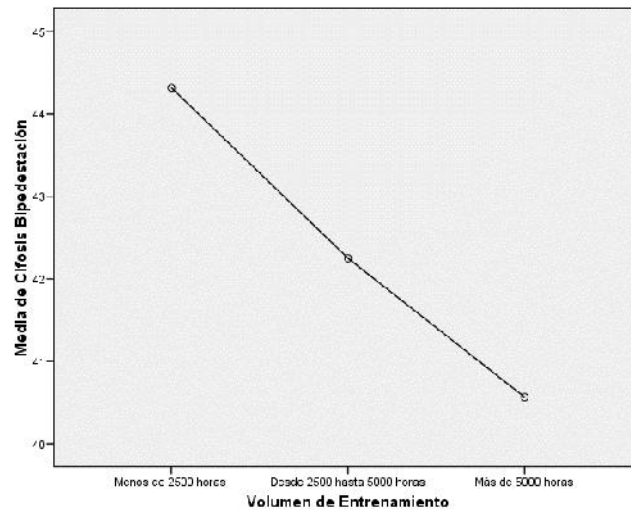


Figura 23. Evolución de la cifosis dorsal en bipedestación en función del volumen total de entrenamiento.

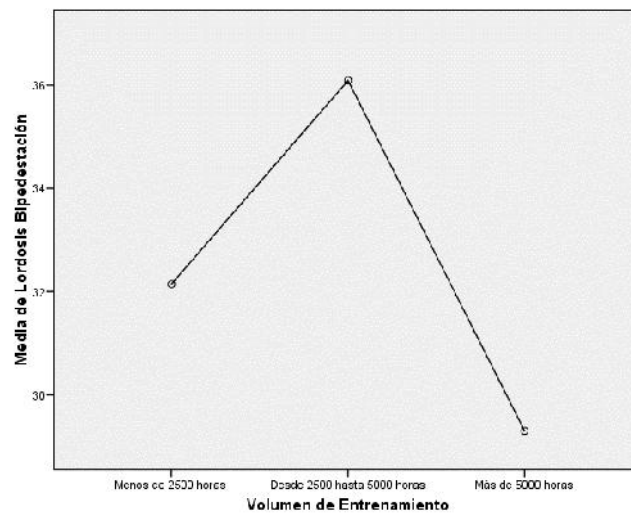


Figura 24. Evolución de la lordosis lumbar en bipedestación en función del volumen total de entrenamiento.

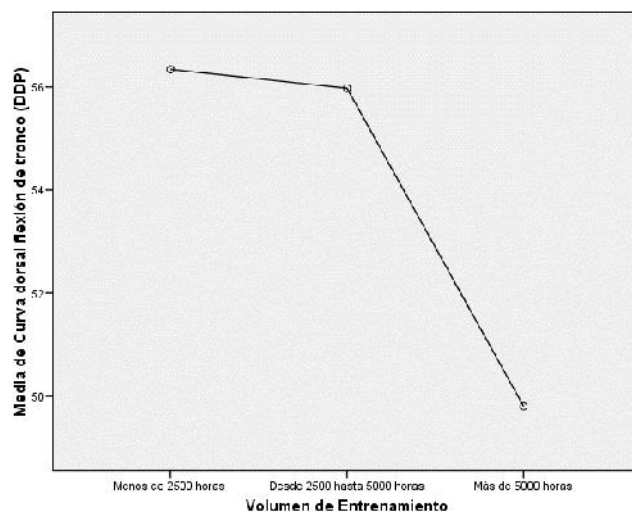


Figura 25. Evolución de la cifosis dorsal en flexión máxima del tronco en función del volumen total de entrenamiento.

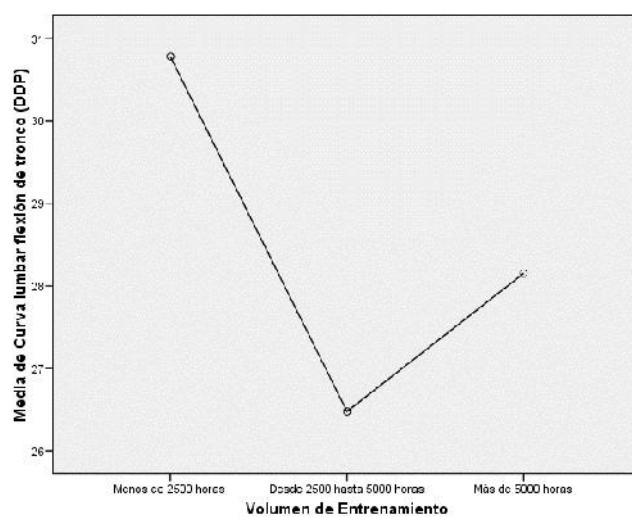


Figura 26. Evolución de la cifosis lumbar en flexión máxima del tronco en función del volumen total de entrenamiento.

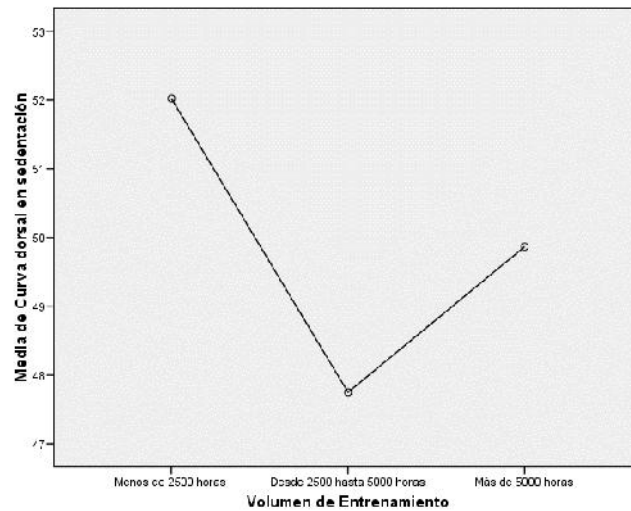


Figura 27. Evolución de la cifosis dorsal en sedentación asténica en función del volumen total de entrenamiento.

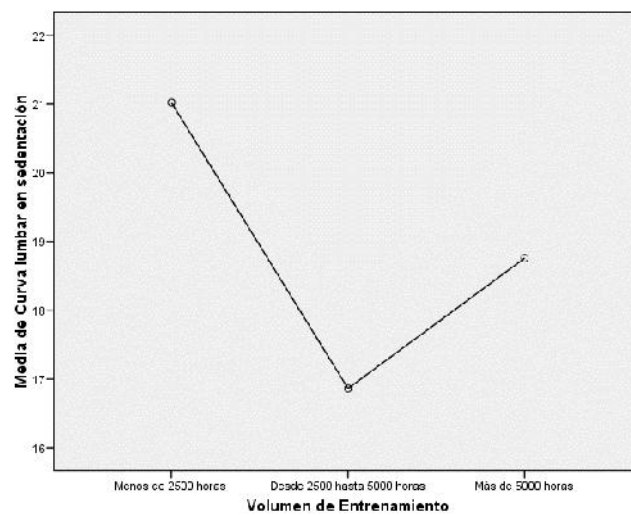


Figura 28. Evolución de la cifosis lumbar en sedentación asténica en función del volumen total de entrenamiento.

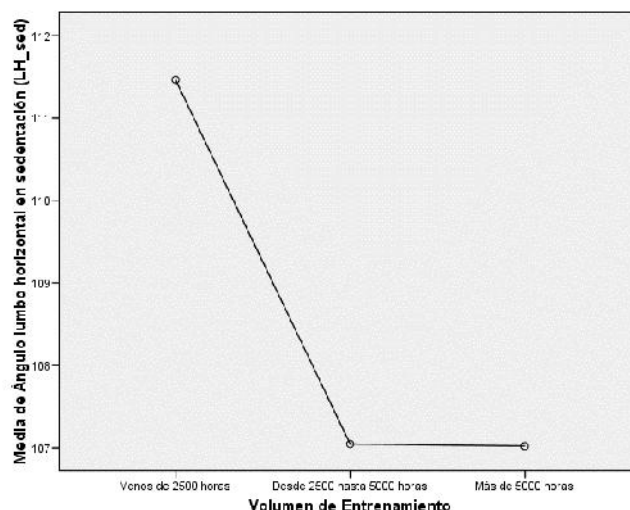


Figura 29. Evolución del ángulo lumbo horizontal en sedentación asténica en función del volumen total de entrenamiento.

5.5.4. EXTENSIBILIDAD DE LA MUSCULATURA ISQUIOSURAL

Los valores medios y desviación típica de los niveles de extensibilidad de la musculatura isquiosural en función del volumen total de entrenamiento se muestran en la tabla 87.

El ANOVA mostró diferencias significativas en el test distancia dedos planta ($F=10,323$; $p<0,0001$) y en el test de elevación de la pierna recta tanto en la extremidad derecha ($F=9,422$; $p<0,0001$) como en la izquierda ($F=6,380$; $p<0,0001$).

En todos los casos los valores aumentan conforme aumenta el volumen de entrenamiento total, de tal forma que los gimnastas con mayor volumen de entrenamiento presentan mayores valores de flexibilidad (figuras 30, 31 y 32).

Tabla 87. Valores descriptivos de los niveles de extensibilidad de la musculatura isquiosural en función del volumen total de entrenamiento.

	Extensibilidad de la musculatura isquiosural (EPR)			F	p	Post hoc
	Menos de 2500 horas (n=40)	2500-5000 horas (n=43)	Más de 5000 horas (n=46)			
Test DDP	7,28±6,94	14,98±11,65	15,55±9,09	10,323	0,000	G1<G2=G3
EPR DCHA	96,68±16,17	105,93±14,72	111,80±19,19	9,422	0,000	G1<G2<G3
EPR IZQ	97,48±15,29	104,86±14,55	109,61±19,38	6,380	0,002	G1<G2<G3

G1=Menos de 2.500 horas; G2= Entre 2.500-5.000 horas; G3= Más de 5.000 horas

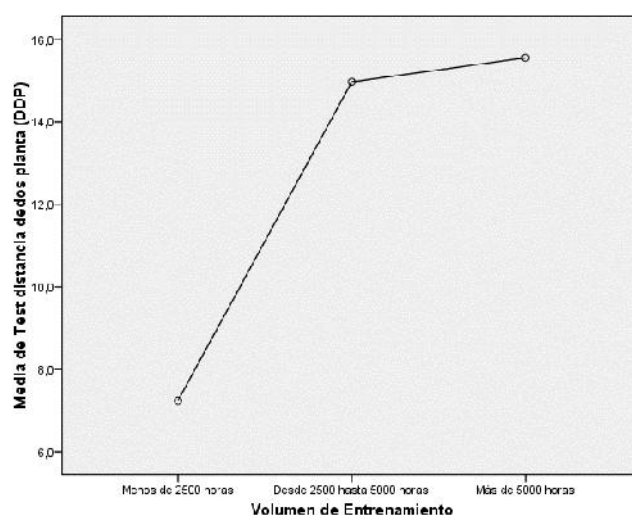


Figura 30. Evolución del test distancia dedos planta en función del volumen total de entrenamiento.

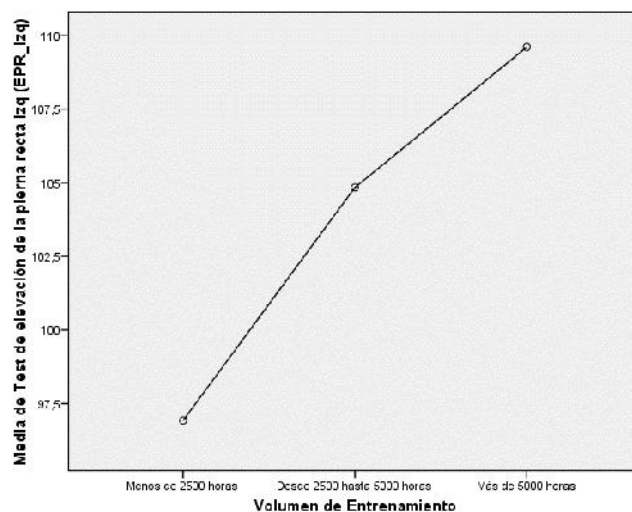


Figura 31. Evolución del test de elevación de la pierna recta izquierda en función del volumen total de entrenamiento.

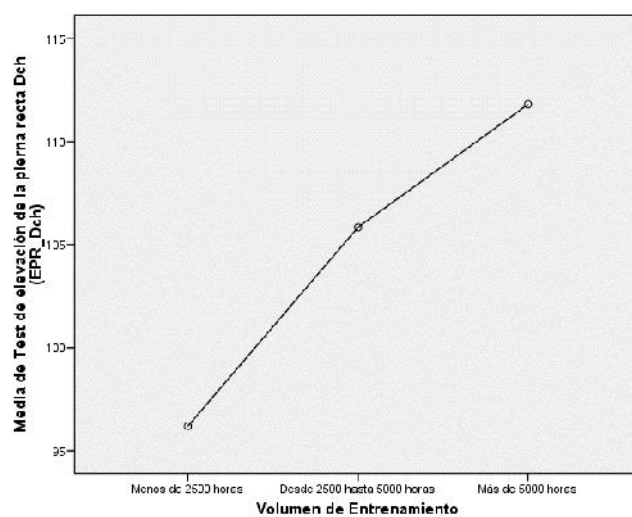


Figura 32. Evolución del test de elevación de la pierna recta derecha en función del volumen total de entrenamiento.

VI.

DISCUSIÓN



El plano sagital de la columna vertebral evoluciona con la edad, de tal forma que la columna de un niño no es un modelo en pequeño de la del adolescente, ni la del adulto, ya que conforme el niño crece, la alineación de la columna se modifica mostrando cambios en la postura y en el equilibrio del plano sagital (Sainz de Baranda et al., 2006).

La configuración de las curvaturas raquídeas demuestra gran plasticidad (Gozdziewski et al., 1989; Iwakami, 1987; Voutsinas y MacEwen, 1986; Wilner y Jonson, 1983), por lo que los diferentes movimientos y cargas de entrenamiento realizadas en los deportes pueden modificar las curvas raquídeas del plano sagital. Uetake et al. (1998) afirman que las curvas sagitales del raquis de un deportista pueden modificarse con el entrenamiento intensivo a lo largo del tiempo.

Desde las primeras observaciones publicadas por Scheüermann's (1920, 1921), se ha demostrado una asociación entre la hipercifosis torácica y el trabajo repetitivo requerido en los deportes. Hafner y Surrey (1952), Micheli (1979), Endler et al. (1980), Falter et al. (1981), Wilson y Lindseth (1982) y Sward (1992) observaron que existía asociación entre la hipercifosis y algunas actividades deportivas, como la gimnasia, el remo y la natación, al ser deportes que implican flexiones repetitivas y extremas de la columna vertebral.

En el presente estudio, se ha valorado la disposición sagital del raquis, en una muestra de gimnastas especialistas en Gimnasia Estética de Grupo, con objeto de valorar si la práctica continuada de este deporte condiciona un morfotipo raquídeo característico.

La importancia de conocer la disposición sagital del raquis se justifica en que la columna vertebral está preparada para soportar cargas dentro de unos rangos de normalidad (Propst-Proctor y Bleck, 1983; Santonja y Pastor, 2000; Winter y Hall, 1978). Sin embargo, cuando la columna se dispone con rangos mayores aumentará la posibilidad de que aparezca un daño en los distintos elementos que componen la unidad funcional de la columna: vértebra, disco intervertebral, ligamentos y músculos.

Estudios previos han encontrado una relación positiva entre el aumento de la cifosis y de la lordosis y el predominio del dolor de espalda (Christie et al., 1995; Öhlén et al., 1989; Roncarati y McMullen, 1988; Salminen et al., 1992; Salminen et al., 1993), así como las patologías en la columna vertebral (Hellström et al., 1990; Katz y Scerpella, 2003).

La adopción repetitiva o el mantenimiento de posturas hipercifóticas y de inversión del raquis lumbar, puede producir en un raquis inmaduro, un menor desarrollo en los núcleos de crecimiento de las vértebras sometidas a una excesiva presión (Ashton-Miller, 2004; Santonja y Pastor, 2003), originando acúñamientos vertebrales anteriores (Santonja y Martínez, 1992; Pastor, 2000), nódulos de Schmorl o anormalidades en el platillo vertebral (Callaghan y McGill, 2001; McGill, 2002; Yingling et al., 1997).

Las posturas hipercifóticas aumentan la presión sobre la parte anterior del disco intervertebral, provocando el desplazamiento posterior del núcleo pulposo con riesgo de desgarrar el anillo y de provocar la protrusión del disco (Cailliet, 1988; Callaghan y McGill, 2001; Krämer, 1989; Lambrinudi, 1934; Doers y Kang, 1999; Simunic et al., 2001).

Las cifosis lumbares aumentarán la tensión en las estructuras ligamentosas posteriores, de tal forma que, y en base al fenómeno de fatiga de los tejidos elásticos (Potvin, 1992; Van Dieën et al., 1998), se podrá producir una pérdida de la elasticidad de estos ligamentos, lo que podrá comprometer la estabilidad de la columna vertebral (Green et al., 2002; Jackson et al., 2001; Solomonow et al., 1999).

La postura hiperlordótica incrementará la carga en la parte posterior de la vértebra, especialmente en las articulaciones facetarias, acelerando su degeneración. La hiperlordosis lumbar puede aumentar el riesgo de espondilolisis y los movimientos continuados o intermitentes pueden predisponer a la aparición de una hernia discal (Micheli y Trepman, 1990).

Por este motivo, parece clara la necesidad de conocer cuál es el morfotipo raquídeo estático y dinámico de los deportistas y, en particular, conocer cómo afecta tanto el deporte como el tiempo de entrenamiento a la disposición del mismo.

6.1. ANÁLISIS DEL PLANO SAGITAL DEL RAQUIS EN BIPEDESTACIÓN

6.1.1. Cifosis dorsal en Bipedestación. Valores medios

Los resultados de la presente investigación, respecto a la media de cifosis dorsal en bipedestación relajada, muestran como el grado de cifosis de los gimnastas especialistas en Trampolín es superior al encontrado en otras modalidades de gimnasia (tabla 88). Además, se puede afirmar que el grado de cifosis dorsal es dependiente de la práctica deportiva y del nivel de los gimnastas (tabla 89).

Entre los estudios que valoran el plano sagital o morfotipo de gimnastas están el de Sainz de Baranda et al. (2009), Öhlen et al. (1989), Martínez-Gallego (2004), Kums et al. (2007) y Conesa (2015).

Sainz de Baranda et al. (2009), tras valorar a 69 gimnastas de competición de la modalidad de Trampolín (35 chicas y 34 chicos), encuentran un valor medio de $44,9^0 \pm 7^0$ para la cifosis dorsal. Cuando comparan los resultados en función del sexo observan diferencias significativas, con una mayor cifosis dorsal en los chicos ($46,91^0 \pm 7,07^0$) versus chicas ($43,06^0 \pm 8,91^0$).

Öhlen et al. (1989) tras valorar el morfotipo raquídeo en una muestra 64 gimnastas de la modalidad de artística, encuentran una media de cifosis torácica de $33,1^0 \pm 8^0$.

Martínez-Gallego (2004) tras valorar a 163 gimnastas de rítmica (82 gimnastas de competición; 81 gimnastas de equipos de base) observa valores medios de $28,34^0 \pm 7,44^0$ en el grupo de gimnastas de competición y de $33,48^0 \pm 7,13^0$ en el grupo de gimnastas de base.

Conesa (2015) observa valores medios de $29,3^0 \pm 9,7^0$ en el grupo de gimnastas de estética.

Cuando se comparan los resultados obtenidos en las gimnastas y los grupos controles se observa que en todos los casos los gimnastas presentan menores valores de cifosis dorsal que los controles. Así, Conesa (2015) y Martínez-Gallego (2004) observan el mayor grado de cifosis en el grupo control ($33,5^0 \pm 9,3^0$), con diferencias significativas cuando se comparan con las gimnastas de estética ($29,3^0 \pm 9,7^0$) y las gimnastas de rítmica ($28,3^0 \pm 7,4^0$).

Kums et al. (2007), al comparar las curvas del raquis y las características del tono muscular entre un grupo de 32 gimnastas de rítmica y un grupo control de 48 chicas que

no realizaban ejercicio físico, observan como las gimnastas presentan menores valores angulares para el raquis torácico con respecto al grupo control ($p < 0,001$).

Con relación al nivel de los deportistas, Martínez-Gallego (2004) tras valorar a 163 gimnastas de rítmica (82 gimnastas de competición; 81 gimnastas de equipos de base) observó una diferencia en la curva dorsal cuando comparó el grupo de gimnastas de competición ($28,34^{\circ} \pm 7,44^{\circ}$) y el grupo de gimnastas de base ($33,48^{\circ} \pm 7,13^{\circ}$). Estos resultados pueden ser debidos a la diferencia entre grupos en los años y las horas de entrenamiento a la semana. De tal forma que, el grupo de gimnastas de base, entrenaba de 2 a 3 sesiones a la semana con 1 hora de duración por sesión, y el grupo de gimnastas de competición entrenaba entre 8 y 15 horas por semana, en 4 ó 6 sesiones de 2 a 2 horas y media de duración.

Cuando se comparan los resultados del presente estudio con los encontrados en otros deportes se observa como los menores de cifosis dorsal se observa en todos los casos en el que deporte practicado es la Danza.

Nilsson et al. (1993) tras valorar el morfotipo raquídeo de niños en una escuela de danza, observan un valor medio de $11,8^{\circ}$. Además, evaluaron a un grupo control con niños de la misma edad que no practicaban danza. La postura en bipedestación fue determinada con el cifómetro de Debrunner.

Los resultados muestran como los niños que practicaban danza presentaban una menor cifosis torácica ($11,8^{\circ}$) en comparación con el grupo control ($29,4^{\circ}$). Siendo las diferencias en la curva dorsal muy marcadas, de modo que los niños que practicaban danza tenían una cifosis torácica media de unos 18° menor que el grupo control.

Gómez-Lozano (2007) evaluó el morfotipo raquídeo de 66 bailarinas (33 de danza clásica y 33 de danza española). La postura en bipedestación fue determinada con el mismo inclinómetro utilizado en el presente estudio.

Cuando comparó los datos entre las bailarinas y el grupo control observó diferencias de $14,66^{\circ}$ en la curva dorsal cuando comparaba el grupo control con las bailarinas de español. Al analizar los datos en función de la disciplina practicada observó que el grupo de ballet clásico presentó valores más elevados para la cifosis torácica ($28,30^{\circ} \pm 7,57^{\circ}$) que el grupo de danza española ($22,84^{\circ} \pm 8,67^{\circ}$).

Tabla 88. Valores descriptivos de la curva dorsal en bipedestación en Gimnastas o bailarines.

	Gimnastas Trampolín Españoles	Gimnastas Trampolín Internacionales	Gimnastas Trampolín Españoles (Sainz de Baranda et al., 2009)	Gimnasia Artística (Öhlen et al. (1989)	Gimnastas Rítmica de competición (Martínez- Gallego, 2004)	Gimnastas Estética (Conesa, 2015)	Baile Clásico (Lozano, 2007)	Danza Española (Lozano, 2007)	Danza (Nilsson et al., 1993)
Chicos	46,18°±7,18°	41,14°±6,37°	46,91°±7,07°						11,8°
Chicas	42,45°±8,35°	36,14°±11,19°	43,06°±8,91°	33,1°±8°	28,34°±7,44°	29,3°±9,7°	28,30°±7,57°	22,84°±8,67°	
Total	44,25°±7,99°	39,27°±8,75°							

Tabla 89. Valores descriptivos de la curva dorsal en bipedestación en otros deportes.

	Luchadores de estilo libre (Rajabi et al., 2008)	Luchadores de Greco- Romana (Rajabi et al., 2008)	Nadadores Mariposa (Pastor, 2000)	Canoistas (López- Miñarro et al., 2008)	Nadadores Crol (Pastor, 2000)	Nadadores Espalda (Pastor, 2000)	Nadadores Braza (Pastor, 2000)	Kayakistas (López- Miñarro et al., 2008)	Ciclistas (Muyor et al., 2012)	Tenistas (Muyor et al., 2013)
Chicos	30°±3,8°	24,3°±3,7°	34,4°±10,14°	37,45°±8,68°	40,74°±9,36°	40,8°±8,82°	42,5°±9,61°	42,22°±7,76°	47,96°±7,23°	43,8°±7,87°
Chicas			40,3°±9,40°		37,9°±9,07°	36,87°±11,66°	42,15°±9,16°			36,1°±6,69°
Total										

La tendencia al aumento de la cifosis torácica en bipedestación en deportistas, respecto a un grupo control se ha evidenciado en futbolistas prepuberales (Boldori et al., 1999), en jugadoras de hockey, en el que predominan los movimientos en flexión del tronco para el manejo del stick (Rajabi et al., 2007) y en deportistas de lucha (Rajabi et al., 2008). En este último estudio, los autores encontraron que los luchadores de estilo libre ($30^{\circ} \pm 3,8^{\circ}$), cuya técnica se caracteriza por una flexión raquídea mantenida, presentaban una mayor cifosis torácica que los luchadores de Greco-Romana ($24,3^{\circ} \pm 3,7^{\circ}$), caracterizados por posturas más erguidas del tronco.

Otros deportes en el que se han observado mayores valores de cifosis dorsal en los deportistas cuando se comparan con un grupo control son el ciclismo, la natación, la escalada o el piragüismo.

Rajabi et al. (2000a, 2000b), evaluaron la influencia del entrenamiento específico en ciclismo sobre el raquis torácico en bipedestación. Para ello, compararon la cifosis torácica entre 120 ciclistas y 120 sujetos no deportistas. Los resultados mostraron un mayor valor angular del raquis torácico en el grupo de ciclistas en comparación con los no deportistas.

Pastor (2000), con el objetivo de conocer el efecto que podía generar el entrenamiento específico de la natación, valoró el morfotipo raquídeo en una muestra de nadadores. La muestra seleccionada fueron 345 nadadores de élite de categoría infantil y promesa, de edades comprendidas entre los 9 y los 15 años.

La media del grado de cifosis dorsal medida con inclinómetro en los nadadores fue de $40,43^{\circ} \pm 9,36^{\circ}$ (rango 20-57^o), mientras que en las nadadoras fue de $39,56^{\circ} \pm 9,57$ (rango 12-57^o), no apreciando diferencias significativas entre las medias. Para valorar la influencia del estilo natatorio sobre la columna realizó un análisis de varianza en el que relacionó diversas variables clínicas con el estilo.

En la tabla 90, se muestran los valores encontrados para la cifosis dorsal en función del estilo. Los resultados muestran como el estilo más cifosante en ambos sexos es la braza y el menos cifosante fue la mariposa en los chicos y la espalda en las chicas.

Tabla 90. Valores medios del grado de cifosis dorsal en nadadores por sexo y por estilo. Tomado de Pastor (2000).

	Nadadores	Nadadoras
Crol	40,74 ⁰ ±9,36 ⁰	37,9 ⁰ ±9,07 ⁰
Espalda	40,8 ⁰ ±8,82 ⁰	36,87 ⁰ ±11,66 ⁰
Mariposa	34,4 ⁰ ±10,14 ⁰	40,3 ⁰ ±9,40 ⁰
Braza	42,5 ⁰ ±9,61 ⁰	42,15 ⁰ ±9,16 ⁰

Förster et al. (2009) analizaron el morfotipo raquídeo en escaladores de élite en función de su nivel y volumen de entrenamiento. Los escaladores fueron divididos en dos grupos: alto nivel, que entrenaban una media de 9,8 horas semanales, y escaladores recreativos con un volumen de entrenamiento de 3,4 horas a la semana. Las mediciones fueron realizadas con Spinal Mouse. Tras el análisis de los resultados observan que la cifosis torácica fue significativamente mayor en los escaladores que entrenaban más horas. En un análisis posterior, el grupo de élite fue dividido en otros dos grupos en función de su nivel. Los de mayor nivel tenían mayor cifosis torácica. Los autores concluyen que el morfotipo raquídeo de los escaladores se caracteriza por una cifosis torácica más acentuada, probablemente debido a la influencia de la técnica y a la cortedad del pectoral mayor.

En otro estudio, López-Miñarro et al. (2008), compararon el morfotipo raquídeo sagital entre kayakistas y canoistas de categoría infantil. Al valorar la postura en bipedestación, encontraron una mayor cifosis torácica en los kayakistas (42,22⁰±7,76⁰) respecto a los canoistas (37,45⁰±8,68⁰).

Todos estos estudios, demuestran como el deporte y la modalidad deportiva juegan un papel clave en las adaptaciones de la disposición sagital del raquis en bipedestación.

6.1.2. Categorización de la curva dorsal en bipedestación

Para determinar la distribución de los sujetos en base a unas referencias de normalidad, para la curva torácica, se han utilizado las referencias descritas por Santonja (1993) y Santonja y Pastor (2000), que sitúan el límite entre la normalidad y la hipercifosis en 40°.

En el presente estudio, al clasificar los valores angulares de la cifosis torácica, respecto a las referencias de normalidad, se encuentra que un 54,9% de los gimnastas españoles presentan una curva dorsal dentro de la normalidad, un 41,8% tienen hipercifosis leve y un 3,3% tienen hipercifosis moderada. Cuando se analizan estos resultados en función del sexo no se observan relaciones estadísticamente significativas, aunque las gimnastas presenta mayores porcentajes de normalidad (61,7% versus 47,7%).

Cuando se analizan a los gimnastas de categoría internacional se observa como hay un aumento significativo de la normalidad, pasando del 54,9% al 73,2% de curvas dorsales dentro de la normalidad.

Conesa (2015) y Martínez-Gallego (2004) en sus estudios con Gimnastas de Estética y de Rítmica encuentran que: a) el grupo de gimnasia estética es el que presenta un mayor porcentaje de rectificaciones (23,4%); b) el grupo de gimnasia rítmica es el que presenta mayor porcentaje de normalidad (80,5%); y c) el grupo control es el que presenta mayor porcentaje de hipercifosis (24,1%).

Estos resultados son similares a los observados por Gómez-Lozano (2007) en su estudio con bailarinas. Así, cuando categoriza los valores de la curva dorsal en bipedestación, observa que un 18,2% de las bailarinas de clásico presentan rectificación y un 85,8% tienen cifosis dorsal dentro de la normalidad. Mientras que en el grupo de español, un 48% de las bailarinas presentan rectificación y un 52% normalidad. En el grupo control, un 30,3% presentan hipercifosis y un 69,7% tienen la cifosis dorsal dentro de la normalidad.

Martínez-Gallego (2004) cuando compara el nivel de las gimnastas observa valores similares de normalidad pero mayor número de rectificaciones en las gimnastas de competición. Así, en el grupo de gimnastas de rítmica de competición encuentra un 80% de normalidad, un 15% de rectificación y un 5% de hipercifosis. Mientras que en el grupo de gimnastas de escuela, el porcentaje de curvas dorsales normales es del 83%, un 4% de rectificaciones y un 13% de hipercifosis.

El mayor porcentaje de casos dentro de la normalidad, y sobre todo el mayor porcentaje de rectificaciones en los estudios realizados con bailarinas y gimnastas de GEG y GRD, puede ser debido a la especial atención que en estos deportes se dedica a la conformación de un correcto esquema corporal, centrado en una adecuada alineación raquídea y segmentaria que facilite la adquisición de la técnica deportiva.

Parece ser que la práctica continuada de estos deportes, sobre todo el baile flamenco-español conduce a la rectificación de la cifosis, no sólo como una respuesta diaria a estímulos técnicos sino también como una adaptación específica del ser humano a esta técnica artística. Según Gómez-Lozano (2007) la propia actitud del baile flamenco-español tiende a realizar una extensión global del raquis mientras se produce el movimiento de braceo y zapateo, sobre todo en determinadas posturas tradicionales del flamenco. Este movimiento de extensión en las bailarinas de español tiene como consecuencia una amplia reducción de la cifosis dorsal cuando bailan.

Esta posición de excesiva autocorrección de la cifosis dorsal en ocasiones suele ejecutarse incorrectamente debido a que se acompaña de un incremento de lordosis lumbar sin control pélvico. La mayoría de los autores describen este hecho en la danza clásica como un error técnico cuyas repercusiones pueden llegar a ser graves (Di Tullio et al., 1989; Gelabert, 1986; Micheli y Solomon, 1987; Schafle, 1990). En la danza española y concretamente en el flamenco, este sacar pecho forma parte de su estilo y de su carácter tradicional. Por otro lado, si llegase a desaparecer la curva dorsal podría anular ciertas funciones relevantes (Herring y Dobousset, 1988), ya que una ausencia de cifosis puede predisponer a la disminución de la amortiguación del impacto contra el suelo y una mayor tendencia a la lesión del disco intervertebral (Llanos y Martín, 1998).

Sammarco (1984) ya advierte que es un propósito constante en los entrenamientos de danza clásica un tipo de cifosis dorsal rectificada originada por acciones como “estirar hacia arriba” como una obsesión en dichas clases. Las similitudes de resultados con las bailarinas conlleva a pensar que unos patrones de comportamiento comunes de técnica clásica unifican el morfotipo del raquis dorsal entre una y otra disciplina (Gómez-Lozano et al., 2013).

Por ello, será importante analizar la técnica con la que realizan los ejercicios las gimnastas de GT, para que prevalezcan las curvas fisiológicas y un raquis alineado, circunstancia que beneficiará la correcta disposición sagital de la columna vertebral.

Los porcentajes de normalidad y rectificación encontrados en las gimnastas de estética, de rítmica y las bailarinas, difieren de deportes como el piragüismo, el tenis, el voleibol y la natación, en los que existen mayores porcentajes de hipercifosis y menores valores de rectificación dorsal.

López-Miñarro et al. (2008), encontraron que el 73,9% de los kayakistas y el 85% de los canoistas presentaban valores angulares normales para el raquis torácico, mientras que el resto de deportistas presentaba una hipercifosis leve. Ninguno de estos deportistas presentó rectificación dorsal.

Muyor et al. (2013) evaluaron a 40 tenistas adolescentes (24 varones y 16 mujeres). Encontraron cifosis torácica media de $43,83^{\circ} \pm 7,87^{\circ}$ en los chicos y $36,13^{\circ} \pm 6,69^{\circ}$ en las chicas. Al comparar los resultados en función del sexo encontraron diferencias significativas, de tal forma que los chicos presentaron una mayor cifosis dorsal. Estas diferencias entre sexos, también se observaron al categorizar los valores en función de la normalidad. Así, en la curva dorsal, los chicos presentaron un 62,5% de normalidad y un 37,5% de hipercifosis dorsal. Mientras que las chicas presentaron un 93,8% de normalidad y un 6,2% de hipercifosis dorsal.

Sliwa y Clebicka (1998), evaluaron mediante un posturómetro electrónico-S, la influencia del entrenamiento específico del voleibol sobre la postura corporal y el morfotipo raquídeo en bipedestación, en un grupo de 22 jugadores y otro de 12 gimnastas acróbatas. En la gimnasia acrobática, se producen movimientos de máxima flexión y extensión del tronco en los volteos y saltos, así como en situaciones de carga raquídea, al soportar el peso corporal de los demás compañeros en la creación de una figura. Al comparar ambos deportes, los autores encontraron diferencias significativas en la cifosis torácica y lordosis lumbar. El grupo de voleibol presentó un 58% de casos con una hipercifosis torácica, frente al 45,1% de los acróbatas.

Por último, Pastor (2000) valoró el morfotipo raquídeo en una muestra de 345 nadadores de élite de categoría infantil y promesa. Cuando categorizó los valores desde el punto de vista clínico encontró mayores casos de hipercifosis en los nadadores con un 57,1% de los casos frente a un 46,5% de hipercifosis en las nadadoras. Sólo el 1,2% de los nadadores presentó rectificación dorsal y el resto presentó un raquis dorsal dentro de la normalidad (47%).

6.1.3. Lordosis lumbar en Bipedestación. Valores medios

Los resultados de la presente investigación, respecto a la media de lordosis en bipedestación relajada, muestran como el grado de lordosis de los gimnastas especialistas en Trampolín es ligeramente superior al encontrado en otras modalidades de gimnasia sobre todo en los gimnastas españoles (tabla 91). Además, se puede afirmar que el grado de lordosis lumbar es dependiente de la práctica deportiva y del nivel de los gimnastas (tabla 92).

Entre los estudios que valoran el plano sagital o morfotipo de gimnastas están el de Sainz de Baranda et al. (2009), Öhlen et al. (1989), Martínez-Gallego (2004), Kums et al. (2007) y Conesa (2015).

Sainz de Baranda et al. (2009), tras valorar a 69 gimnastas de competición de la modalidad de Trampolín (35 chicas y 34 chicos), encuentran un valor medio de $36,25^{\circ} \pm 10,1^{\circ}$. Cuando compararon los resultados en función del sexo encontraron diferencias significativas, observando mayor lordosis lumbar en las chicas ($40,31^{\circ} \pm 10^{\circ}$) versus chicos ($32,06^{\circ} \pm 7,7^{\circ}$).

Öhlen et al. (1989) tras valorar el morfotipo raquídeo en una muestra 64 gimnastas de la modalidad de artística, encuentran una media de lordosis lumbar de $35,6^{\circ} \pm 7,8^{\circ}$ medida con cifómetro de Debrunner y de $35,2^{\circ} \pm 6,9^{\circ}$ medida con el inclinómetro. El 20% de las gimnastas manifestaron dolor lumbar. Cuando compararon las diferencias entre las gimnastas con dolor ($40,6^{\circ} \pm 7,9^{\circ}$) y las gimnastas asintomáticas ($35,4^{\circ} \pm 7,2^{\circ}$) observaron que la media de lordosis era mayor en las gimnastas con dolor de espalda. Encontraron una correlación significativa entre el dolor de espalda y la lordosis superior a 41

Martínez-Gallego (2004) tras valorar a 163 gimnastas de rítmica (82 gimnastas de competición; 81 gimnastas de equipos de base) observó valores medios de $35,88^{\circ} \pm 8,69^{\circ}$ en el grupo de gimnastas de competición y de $40,30^{\circ} \pm 8,98^{\circ}$ en el grupo de gimnastas de base.

Conesa (2015) observa valores medios de $32,9^{\circ} \pm 8,5^{\circ}$ en un grupo de gimnastas de estética. Además, observa una clara influencia de la edad de las gimnastas sobre la lordosis. Así, el grupo de gimnastas de estética de menos de 11 años presenta una lordosis media de $28^{\circ} \pm 6,8^{\circ}$ y el grupo 15 o más años presenta una lordosis media de $36,4^{\circ} \pm 9,2^{\circ}$. El grupo de gimnastas de rítmica de menos de 11 años presenta una lordosis media de $33,8^{\circ} \pm 9,4^{\circ}$ y el grupo de 15 o más años presenta una lordosis media de $39,2^{\circ} \pm 8,6^{\circ}$. Mientras que el grupo

control menor de 11 años presenta una lordosis media de $32,3^{\circ} \pm 9,6^{\circ}$ y el grupo de 15 o más años presenta una lordosis media de $37,5^{\circ} \pm 9,9^{\circ}$

Esta evolución de la lordosis con la edad, se ha encontrado también en diferentes estudios realizados con niños en edad escolar (Cil et al., 2004; Murray y Bulstrode, 1996; Voutsinas y MacEwen, 1986).

Entre los estudios que encuentran menores valores de lordosis que la población control se encuentran el de Nilsson et al. (1993), Martínez-Gallego (2004), Kums et al. (2007) y Gómez-Lozano (2007). En todos los casos el deporte practicado es la Gimnasia Rítmica o la Danza.

Nilsson et al. (1993) evaluaron el morfotipo raquídeo de niños en una escuela de danza, con un volumen de 10 horas de práctica semanal con el cifómetro de Debrunner. Los niños que practicaban danza presentaban una menor lordosis lumbar ($22,1^{\circ}$) que el grupo control ($30,7^{\circ}$).

Kums et al. (2007), compararon un grupo de 32 gimnastas de rítmica y un grupo control de 48 mujeres que no realizaban ejercicio físico. Las gimnastas presentaron menores valores angulares para el raquis lumbar con respecto al grupo control ($p < 0,001$). Además, debido a los desequilibrios musculares detectados, el 50% de las gimnastas padecían dolor lumbar.

Gómez-Lozano (2007) evaluó el morfotipo raquídeo de 66 bailarinas (33 de danza clásica y 33 de danza española). La postura en bipedestación fue determinada con el mismo inclinómetro utilizado en el presente estudio. Cuando comparó los datos entre las bailarinas de español y el grupo control observó diferencias de $6,53^{\circ}$ en la curva lumbar. Al analizar los datos en función de la disciplina practicada, observó que el grupo de ballet clásico presentó valores más elevados para la lordosis lumbar ($35,18^{\circ} \pm 6,32^{\circ}$) que el grupo de danza española ($33,84^{\circ} \pm 5,92^{\circ}$).

Tabla 91. Valores descriptivos de la curva lumbar en bipedestación en Gimnastas o bailarines.

	Gimnastas Trampolín Españoles	Gimnastas Trampolín Internacionales	Gimnastas Trampolín Españoles (Sainz de Baranda et al., 2009)	Gimnasia Artística (Öhlen et al. (1989)	Gimnastas Rítmica de competición (Martínez- Gallego, 2004)	Gimnastas Estética (Conesa, 2015)	Baile Clásico (Lozano, 2007)	Danza Española (Lozano, 2007)
Chicos	30,95°±7,82°	27,37°±8,04°	32,06°±7,7°	35°				
Chicas	39,15°±10,46°	32,81°±12,94°	40,31°±10°		28,3°±7,4°	29,3°±9,7°	35,18°±6,32°	33,84°±5,92°
Total	35,19°±10,11°	29,41°±10,39°						

Tabla 92. Valores descriptivos de la curva lumbar en bipedestación en otros deportes.

	Corredores (López- Miñarro et al., 2009)	Nadadores Mariposa (Pastor, 2000)	Canoistas (López- Miñarro et al., 2008)	Nadadores Crol (Pastor, 2000)	Nadadores Espalda (Pastor, 2000)	Nadadores Braza (Pastor, 2000)	Kayakistas (López- Miñarro et al., 2008)	Ciclistas (Muyor et al., 2012)	Tenistas (Muyor et al., 2013)
Chicos	31,28°±6,14°	29,6°±7,63°	25,70°±6,15°	30,89°±7,51°	33,62°±8,66°	30,7°±6,50°	27,91°±6,21°	27,62°±6,97°	27,58°±7,01°
Chicas		35,5°±4,53°		37,17°±9,09°	32,87°±9,42°	38,31°±8,43°			32,69°±5,06°
Total									

Otros deportes en los que se ha analizado la curva lumbar en bipedestación son la natación, la escalada, el tenis o el piragüismo.

Pastor (2000), valoró el morfotipo raquídeo en una muestra de 345 nadadores de élite de categoría infantil y promesa, con edades entre los 9 y los 15 años. La media del grado de lordosis lumbar, medida con inclinómetro en los nadadores, fue de $31,21^{\circ} \pm 7,36^{\circ}$, con un rango de 12° - 47° , mientras que en las nadadoras fue de $36,33^{\circ} \pm 8,06^{\circ}$, con un rango de 20° - 55° , encontrando una mayor lordosis lumbar en las chicas que en los chicos, pero sin diferencias significativas.

En la tabla 93, se muestran los valores encontrados para la lordosis lumbar en función del estilo. Los resultados muestran como el estilo más lordosante en nadadores es la espalda y el menos lordosante mariposa, mientras que en las chicas el estilo más lordosante es la braza y el menos la espalda.

Tabla 93. Valores medios del grado de lordosis en nadadores por sexo y por estilo. Tomado de Pastor (2000).

	Nadadores	Nadadoras
Crol	$30,89^{\circ} \pm 7,51^{\circ}$	$37,17^{\circ} \pm 9,09^{\circ}$
Espalda	$33,62^{\circ} \pm 8,66^{\circ}$	$32,87^{\circ} \pm 9,42^{\circ}$
Mariposa	$29,6^{\circ} \pm 7,63^{\circ}$	$35,5^{\circ} \pm 4,53^{\circ}$
Braza	$30,7^{\circ} \pm 6,50^{\circ}$	$38,31^{\circ} \pm 8,43^{\circ}$

Förster et al. (2009) analizaron el morfotipo raquídeo en escaladores de élite en función de su nivel y volumen de entrenamiento. Observan que la cifosis torácica y la lordosis lumbar en bipedestación fueron significativamente mayores en los escaladores que entrenaban un mayor volumen, aunque en cuanto a la lordosis las diferencias no alcanzaron significación estadística.

Muyor et al. (2013) evaluaron a 40 tenistas adolescentes (24 varones y 16 mujeres). Los valores medios de lordosis lumbar fueron $27,58^{\circ} \pm 7,01^{\circ}$ en chicos y $32,69^{\circ} \pm 5,06^{\circ}$ en chicas. Al comparar los resultados en función del sexo encontraron diferencias significativas, de tal forma que las chicas presentan una mayor lordosis lumbar e inclinación pélvica.

López-Miñarro et al. (2009) evaluaron a 30 piragüistas con una edad comprendida entre los 13 y 14 años. En bipedestación, los valores angulares medios para la curva lumbar fueron $28,68^{\circ} \pm 6,26^{\circ}$.

En otro estudio, López-Miñarro et al. (2008), compararon el morfotipo raquídeo sagital entre kayakistas y canoistas de categoría infantil. En la curva lumbar, los valores fueron de $27,91^{\circ} \pm 6,21^{\circ}$ y $25,70^{\circ} \pm 6,15^{\circ}$ ($p > 0,05$).

6.1.4. Categorización de la curva lumbar en bipedestación

Para determinar la distribución de los sujetos en base a unas referencias de normalidad, se han utilizado las referencias descritas por Santonja (1993) y Santonja y Pastor (2000), que sitúan el límite entre la normalidad y la hiperlordosis en 40° .

En el presente estudio, al clasificar los valores angulares de la lordosis lumbar, respecto a las referencias de normalidad, se encuentra que un **67%** de los gimnastas españoles presentan una curva lumbar dentro de la normalidad, un 27,5% tienen hipercifosis leve y un 5,5% rectificación. Cuando se analizan estos resultados en función del sexo se observan relaciones estadísticamente significativas, presentando los gimnastas mayores porcentajes de normalidad (84,1% versus 51,1%) y las gimnastas mayores porcentajes de hiperlordosis (46,8% versus 6,8%).

Cuando se analizan a los gimnastas de categoría internacional se observa como los porcentajes de normalidad se mantienen (67,9% versus 67%) pero disminuyen los porcentajes de hiperlordosis (12,5% versus 27,5%) y aumentan los de rectificación lumbar (19,6% versus 5,5%).

Conesa (2015) en su estudio con Gimnastas de Estética y de Rítmica encuentra que: a) el grupo de gimnasia estética es el que presenta un mayor porcentaje de normalidad (77,7%); b) el grupo de gimnasia rítmica es el que presenta mayor porcentaje de hiperlordosis (34,1%); y c) el grupo control es el que presenta mayor porcentaje de rectificaciones (11,4%).

El mayor porcentaje de casos dentro de la normalidad en el grupo de gimnastas de estética en comparación con el grupo de gimnastas de rítmica, puede ser debido a la especial atención que se dedica en la GEG a la conformación de un correcto esquema corporal, centrado en una adecuada alineación raquídea y segmentaria que facilite la adquisición de la técnica deportiva. Además, el reglamento limita las hiperextensiones del tronco lo cual puede favorecer hacia una mejor disposición de la curva lumbar.

Martínez-Gallego (2004) cuando compara dos grupos de gimnasia rítmica y un grupo control, observa mayores porcentajes de hiperlordosis en las gimnastas. Así, en el grupo de gimnastas de rítmica de competición encuentra un 63% de normalidad, un 3% de rectificación y un 34% de hiperlordosis. Mientras que en el grupo de gimnastas de escuela, el porcentaje de normalidad es del 58%, un 41% de hiperlordosis y sólo 1 caso de rectificación.

Gómez-Lozano (2007) en su estudio con bailarinas, observa que un 15,2% de las bailarinas de clásico presentan hiperlordosis y un 84,8% tienen la lordosis lumbar dentro de la normalidad. Mientras que en el grupo de español un 6,1% de las bailarinas presentan hiperlordosis y un 93,9% normalidad. En el grupo control, un 41,2% presentan hiperlordosis y un 58,8% tienen la curva lumbar dentro de la normalidad.

Los porcentajes encontrados en los gimnastas y las bailarinas, difieren de los hallados por otros autores.

López-Miñarro et al. (2008), es su estudio de kayakistas y canoistas de categoría infantil, encuentra lordosis normal en un 91,3% de los kayakistas y un 90% de los canoistas. El 8,7% de los kayakistas y el 10% de los canoistas presentaban rectificación lumbar. Ninguno de estos deportistas presentó hiperlordosis lumbar, lo que relacionan los autores a la sedentación prolongada en el caso de los kayakistas y a la flexo-extensión cíclica del raquis en el caso de los canoistas.

Muyor et al. (2013), en su estudio de 40 tenistas adolescentes (24 varones y 16 mujeres), observan una mayor lordosis lumbar e inclinación pélvica en las chicas. Estas diferencias entre sexos, también se observan al categorizar los valores en función de la normalidad. En la curva lumbar, los chicos presentan un 83,3% de normalidad, un 12,5% de rectificaciones y un 4,2% de hiperlordosis. Mientras que las chicas presentan un 93,8% de normalidad y un 6,2% de hiperlordosis.

Sliwa y Clebicka (1998) observan en un grupo de jugadores de voleibol un 36,8% de hiperlordosis, mientras que en el de los acróbatas, este porcentaje sólo fue del 8,3%.

Pastor (2000) en su estudio con 345 nadadores de élite de categoría infantil y promesa, encuentra mayores casos de hiperlordosis en las nadadoras con un 32,3% de los casos frente a un 7,1% en los nadadores. Mientras que sólo el 2,3% de los nadadores presentó rectificación lumbar y el resto presentaron un raquis lumbar dentro de la normalidad (82,3%).

6.2. ANÁLISIS DEL PLANO SAGITAL DEL RAQUIS EN SEDENTACIÓN

La sedentación es una de las posiciones más frecuentes y habituales en las que permanecen más tiempo las personas a lo largo de día. Además, en deportes como la canoa, el remo o el ciclismo, la sedentación es la posición básica de entrenamiento y competición, de ahí el interés por su valoración dentro del morfotipo raquídeo. Sin embargo, son pocos los estudios que han analizado esta posición en una muestra de deportistas (Conesa, 2015; Gómez-Lozano, 2007; Martínez-Gallego, 2004; Muyor, 2010; Sainz de Baranda et al., 2009, 2010).

6.2.1. Cifosis dorsal en sedentación asténica. Valores medios

Los resultados de la presente investigación, respecto a la media de cifosis dorsal en sedentación, muestran como el grado de cifosis de los gimnastas especialistas en Trampolín es ligeramente superior al encontrado en Gimnasia Estética y muy superior con relación a los valores encontrados en Gimnasia Rítmica.

Cuando se analizan los resultados en función del sexo no se observan diferencias estadísticamente significativas con valores medios para los gimnastas de $51,80^{\circ} \pm 11,49^{\circ}$ y para las gimnastas de $48,64^{\circ} \pm 8,62^{\circ}$. Cuando se analizan los resultados en función del nivel de los gimnastas tampoco se observan diferencias significativas ($50,16^{\circ} \pm 10,17^{\circ}$ versus $49,29^{\circ} \pm 9,84^{\circ}$).

Entre los estudios que valoran en gimnastas el plano sagital en sedentación asténica se encuentran el de Sainz de Baranda et al. (2009), Martínez-Gallego (2004) y Conesa (2015).

Sainz de Baranda et al. (2009), en gimnastas de la modalidad de Trampolín, observan valores medios de $50,28^{\circ} \pm 10^{\circ}$. Cuando compararon los resultados en función del sexo no aprecian diferencias significativas, con valores de $51,38^{\circ} \pm 12^{\circ}$ en los gimnastas y de $49,2^{\circ} \pm 7^{\circ}$ en las gimnastas.

Conesa (2015) en su estudio con Gimnastas de Estética y de Rítmica encuentra como el grado de cifosis es dependiente de la práctica deportiva, siendo el mayor grado de cifosis dorsal en sedentación en el grupo de gimnastas de estética ($47,9^{\circ} \pm 12,9^{\circ}$), con diferencias significativas cuando se compara con el grupo de gimnastas de rítmica ($38,5^{\circ} \pm 10,8^{\circ}$) y con el grupo control ($39,6^{\circ} \pm 11,6^{\circ}$).

Estos resultados sorprenden, ya que se esperaban mejores valores en las gimnastas de estética en comparación con el grupo control. A nivel de la modalidad de gimnasia

(estética versus rítmica), los resultados pueden ser debidos a las diferencias en años y sistema de entrenamiento entre ambos grupos.

Martínez-Gallego (2004) encuentra valores similares cuando compara al grupo de gimnastas de rítmica de competición ($38,53^{\circ} \pm 10,47^{\circ}$) con el grupo control ($39,58^{\circ} \pm 11,59^{\circ}$). A su vez, no encuentra diferencias entre nivel deportivo, ya que las gimnastas de rítmica de base obtienen una media de $37,64^{\circ} \pm 11,24^{\circ}$, similar a las gimnastas de competición.

Por el contrario, Gómez-Lozano (2007), sí que encuentra diferencias entre los valores medios de las bailarinas y los del grupo control, pero en este caso las bailarinas presentan mejores valores de cifosis dorsal en sedentación que el grupo control. Así, en el grupo de bailarinas de clásico encontró valores medios de $33,09^{\circ} \pm 11,85^{\circ}$; en el grupo de bailarinas de español los valores medios fueron $30,96^{\circ} \pm 11,85^{\circ}$ y en el grupo control los valores medios fueron $39,71^{\circ} \pm 9,57^{\circ}$.

Por último, destacar el estudio de Muyor (2010) que analiza a 180 ciclistas de diferentes categorías: Sénior/Élite ($23,2 \pm 4,4$ años), Máster 30 ($34,2 \pm 3$ años); Máster 40/50 ($45,3 \pm 5,2$ años) y 68 sujetos sedentarios ($20,8 \pm 2,3$ años). Observa los menores valores de cifosis dorsal en sedentación en el grupo control ($41^{\circ} \pm 9,4^{\circ}$), mientras que los mayores valores angulares los encuentra en el grupo Máster 40/50 ($47,6^{\circ} \pm 8,9^{\circ}$) con diferencias significativas entre estos dos grupos ($p < 0,001$).

6.2.2. Categorización de la curva dorsal en sedentación

Para determinar la distribución de los sujetos en base a unas referencias de normalidad, para la curva torácica, se han utilizado las referencias descritas por Santonja (1993) y Sainz de Baranda et al. (2010), que sitúan el límite entre la normalidad y la hipercifosis en 40° .

En el presente estudio, al clasificar los valores angulares de la cifosis torácica, respecto a las referencias de normalidad, se encuentra que sólo un 15,4% de los gimnastas españoles presentan una curva dorsal dentro de la normalidad, un 71,4% tienen hipercifosis leve y un 13,2% tienen hipercifosis moderada. Cuando se analizan estos resultados en función del sexo no se observan relaciones estadísticamente significativas.

Cuando se analizan a los gimnastas de categoría internacional se observan resultados similares pasando del 15,4% de morfotipos dentro de la normalidad en gimnastas españoles al 19,6% en gimnastas de categoría internacional.

Conesa (2015) y Martínez-Gallego (2004) en sus estudios con Gimnastas de Estética y de Rítmica encuentran que: a) el grupo de gimnasia estética es el que presenta un menor porcentaje de normalidad, con tan solo el 29% de las gimnastas con curvas normales; b) el grupo de gimnasia rítmica y el grupo control presentan valores similares, con un 54,3% y 54,4% de los morfotipos dentro de la normalidad; un 42% y un 43% de hiper cifosis leve, y un 3,7% y un 2,5% de hiper cifosis moderadas respectivamente.

Los resultados de Conesa (2015) contrastan con los encontrados por Gómez-Lozano (2007) en bailarinas y Martínez-Gallego (2004) en gimnastas de Rítmica tanto de base como de competición. Sólo Muyor (2010), en un estudio con ciclistas, encuentra una mayor cifosis en ciclistas en comparación con el grupo control, presentando un 51% de morfotipos cifóticos leves en sedentación relajada.

Gómez-Lozano (2007) en su estudio con bailarinas observa solamente morfotipos alterados en un 15% y un 18,2% de las bailarinas de clásico y español respectivamente, demostrando actitudes cifóticas dorsales leves en esta postura. Mientras que en el grupo control encuentra un 33,4% de morfotipos alterados (15,2%, cifosis moderadas). Los datos muestran diferencias significativas entre las bailarinas de ambos estilos y las no bailarinas ($p < 0,001$).

Martínez-Gallego (2004) en gimnastas de rítmica de escuela observa un 63% de raquis dorsales dentro de la normalidad, un 30% de actitudes cifóticas leves y un 7% de actitudes cifóticas moderadas, muy similar al grupo de gimnastas de competición (56%, curvas dorsales normales, 38% de actitudes cifóticas leves y 6% de actitudes cifóticas moderadas).

Los datos de la presente investigación y los de Conesa (2015) revelan que, a pesar de que los gimnastas especialistas en Trampolín y las gimnastas de Estética trabajan el esquema corporal, ya sea por la higiene postural cotidiana, el tipo de entrenamiento o por no realizar una buena transferencia del trabajo realizado, presentan un morfotipo alterado de la curva dorsal en sedentación asténica, lo cual debe ser tenido en cuenta por los entrenadores.

6.2.3. Cifosis lumbar en sedentación asténica. Valores medios.

Los resultados de la presente investigación, respecto a la media de cifosis lumbar en sedentación asténica, muestran como el grado de cifosis de los gimnastas especialistas en Trampolín es similar al encontrado en Gimnasia Rítmica y Gimnasia Estética.

Cuando se analizan los resultados en función del sexo se observan diferencias estadísticamente significativas siendo los valores medios superiores en los gimnastas (20,11°±8,38° versus 15,53°±10,47°). Cuando se analizan los resultados en función del nivel de los gimnastas los valores son ligeramente superiores en los gimnastas de categoría internacional (19,41°±9,14° versus 17,75°±9,74°).

Entre los estudios que valoran el plano sagital en sedentación asténica en gimnastas se encuentran el de Sainz de Baranda et al. (2009), Martínez-Gallego (2004) y Conesa (2015).

Sainz de Baranda et al. (2009), en gimnastas de la modalidad de Trampolín, observan valores medios de 17,4°±9,6°. Cuando compararon los resultados en función del sexo aprecian diferencias significativas, con valores de 21°±7,9° en los gimnastas y de 14°±10° en las gimnastas ($p<0,004$).

Conesa (2015) y Martínez-Gallego (2004) en sus estudios con Gimnastas de Estética y de Rítmica muestran como el grado de la curva lumbar depende de la práctica deportiva. Aunque, en este caso, las gimnastas de ambas modalidades obtienen mayores grados de cifosis lumbar, observando valores medios de 16,7°±6,6° en las gimnastas de rítmica, 15,9°±8,1° en las gimnastas de estética y 13,8°±7,7° en el grupo control ($p=0,033$).

Martínez-Gallego (2004) también observa una mayor cifosis lumbar en sedentación en los grupos de GRD, ya sean de escuela (16,24°±7,29°) o de competición (16,8°±6,55°), cuando los compara con el grupo control (13,81°±7,72°).

Por el contrario, Gómez-Lozano (2007), en su estudio con bailarinas de clásico y español, observa valores medios de cifosis lumbares muy inferiores, con una media de cifosis lumbar de 8,33°±6,44° en las bailarinas de clásico y de 8,36°±6,14° en las bailarinas de español. Mientras que en el grupo control los valores son de 5,59°±8,38°. Datos muy por debajo de los valores encontrados en el presente estudio.

La incorrecta disposición de la columna lumbar en sedentación encontrada en las tres modalidades de gimnasia, es quizá producto del abusivo trabajo de hiperflexiones e hiperextensiones que se realizan y también del método de entrenamiento, dando como resultado un raquis hipermóvil, sobre todo en GRD donde es mayor, la lordosis lumbar en bipedestación y el porcentaje de casos de hiperlordosis.

Es conocido que la flexión provoca una deformación de los tejidos blandos lumbares debido a una inhibición mioeléctrica previa por mantener repetidamente posiciones

máximas. Este hecho produce un incremento en los grados de curvatura lumbar de manera transitoria y crónica (Brereton y McGill, 1999; Jackson et al., 2001; McGill y Brown, 1992; Solomonow et al., 2002). Sospechamos que en aquellos gimnastas que han sufrido el proceso de deformación del tejido visco-elástico, se manifiesta el aumento de la inversión lumbar en la sedentación.

6.2.4. Categorización de la curva lumbar en sedentación

Para determinar la distribución de los sujetos en base a unas referencias de normalidad, para la curva torácica, se han utilizado las referencias descritas por Rodríguez. (1998), que sitúan el límite entre la normalidad y la hipercifosis en 15°.

En el presente estudio, al clasificar los valores angulares de la cifosis lumbar, respecto a las referencias de normalidad, se encuentra que un 41,8% de los gimnastas españoles presentan una curva lumbar dentro de la normalidad, un 27,5% tienen hipercifosis leve y un 30,8% tienen hipercifosis moderada. Cuando se analizan estos resultados en función del sexo se observan relaciones estadísticamente significativas, mostrando las gimnastas mayores porcentajes de normalidad (55,3% versus 27,3%).

Cuando se analizan a los gimnastas de categoría internacional se observa como hay una disminución de la normalidad, pasando del 41,8% al 30,4% de curvas lumbares dentro de la normalidad.

Conesa (2015) y Martínez-Gallego (2004) en sus estudios con Gimnastas de Estética y de Rítmica encuentran que: a) ambos grupos de gimnastas presentan menor porcentaje de morfotipos dentro de la normalidad (40,9% en el grupo de GEG y 40,7% en el grupo de GRD) que el grupo control (59,5%).

Los resultados del presente estudio son similares a los encontrados por Martínez-Gallego (2004) en gimnastas de rítmica, tanto de base (42%) como de competición (34%). Sin embargo, Gómez-Lozano (2007) en su estudio con bailarinas observa porcentajes de normalidad mayores (75,7% y 87,8% para el grupo de clásico y de español respectivamente). Por el contrario, Muyor (2010) en su estudio con ciclistas, observa menores porcentajes de normalidad (28,9%).

Martínez-Gallego (2004) en gimnastas de rítmica de escuela encuentra un 34% de actitudes cifóticas lumbares leves y un 24% de actitudes cifóticas moderadas. En el grupo de gimnastas de competición obtiene un 40% de actitudes cifóticas leves y un 26% de

actitudes cifóticas moderadas y dentro del grupo control encuentra un 31% de actitudes cifóticas leves y un 17% de actitudes cifóticas moderadas.

Gómez-Lozano (2007) en su estudio con bailarinas observa solamente morfotipos alterados en un 24,3% y un 6,1% de las bailarinas de clásico y español respectivamente, demostrando actitudes cifóticas dorsales leves en esta postura. Mientras que en el grupo control encuentra un 9,3% de morfotipos alterados leves. Los datos muestran diferencias significativas entre las bailarinas de ambos estilos y las no bailarinas ($p < 0,001$).

6.2.5. Ángulo Lumbo Horizontal en sedentación asténica (L-H SA)

Los resultados de la presente investigación, respecto al ángulo L-H SA, muestran como el grado de ángulo L-H SA de los gimnastas especialistas en Trampolín es similar al encontrado en Gimnasia Rítmica y Gimnasia Estética.

Cuando se analizan los resultados en función del sexo se observan diferencias estadísticamente significativas siendo los valores medios superiores en los gimnastas ($110,77^\circ \pm 6,31^\circ$ versus $106,21^\circ \pm 6,81^\circ$). Cuando se analizan los resultados en función del nivel de los gimnastas los valores son similares ($108,42^\circ \pm 6,93^\circ$ versus $107,5^\circ \pm 6,31^\circ$).

Entre los estudios que valoran el ángulo L-H SA en gimnastas se encuentran el de Martínez-Gallego (2004) y Conesa (2015).

Conesa (2015), respecto al ángulo L-H SA, observa como el grado de basculación de la pelvis es dependiente de la práctica deportiva, observando mayores valores en ambos grupos de gimnastas ($p = 0,003$). Los valores medios para el grupo de gimnastas de estética fueron de $107,4^\circ \pm 12,5^\circ$, para el grupo de gimnastas de rítmica $105,5^\circ \pm 9,6^\circ$ y para el grupo control $102,4^\circ \pm 9,8^\circ$.

Martínez-Gallego (2004) también observa un mayor ángulo L-H SA en los grupos de GRD, ya sean de escuela ($104,31^\circ \pm 8,56^\circ$) o de competición ($105,46^\circ \pm 9,59^\circ$), cuando los compara con el grupo control ($102,44^\circ \pm 9,83^\circ$).

Por el contrario, Gómez-Lozano (2007), en su estudio con bailarinas de clásico y español, observa valores medios del ángulo L-H SA menores. Encuentra un valor medio de $99,09^\circ \pm 6,62^\circ$ en las bailarinas de clásico, de $98,63^\circ \pm 7,65^\circ$ en las bailarinas de español y de $101,18^\circ \pm 9,36^\circ$ en el grupo control.

Cuando se categorizan los resultados en función de las referencias de normalidad, en el presente estudio se observa que tan solo un 14,3% de los gimnastas especialistas en Trampolín presentan valores dentro de la normalidad. El resto presenta un 62,6% retroversión leve y un 23,1% retroversión moderada. Cuando se analizan estos resultados en función del sexo se observan diferencias significativas presentando las gimnastas mayores porcentajes de normalidad (25,5% versus 2,3%). Aunque, hay que destacar que en ambos casos el porcentaje de casos de normalidad es muy pequeño.

Estos porcentajes son similares a los encontrados por Martínez-Gallego (2004) y Conesa (2015).

Conesa (2015) cuando categoriza a las gimnastas en función de las referencias de normalidad, observa en el grupo de gimnastas de GEG un 15% de normalidad, un 67% de pelvis con leve retroversión y un 18% de pelvis en notable retroversión.

Martínez-Gallego (2004) encuentra para el grupo de gimnastas de GRD que sólo un 19% de las gimnastas presentan valores dentro de la normalidad, un 70% presentan valores de leve retroversión y un 11% presentan valores en notable retroversión; para el grupo de gimnastas de escuela un 29% presenta la pelvis verticalizada, un 60% se dispone en leve retroversión y un 11% en notable retroversión y para el grupo control hay un 36% de normalidad, un 56% en leve retroversión y un 8% en notable retroversión.

Estos resultados, están relacionados con los mayores valores de cifosis lumbar que presentan tanto las gimnastas de GEG y de GRD como los gimnastas especialistas en Trampolín.

Estos datos indican que sería preciso establecer, tal y como señalan Andújar y Santonja (1996), un trabajo específico centrado en la toma de conciencia de la postura en sedentación habitual, enseñando al gimnasta a tomar conciencia de los gestos que le van a procurar una mejor salud de su posición corporal (corrección en la disposición de la pelvis y tronco).

6.3. ANÁLISIS DEL PLANO SAGITAL DEL RAQUIS EN FLEXIÓN DEL TRONCO

La flexión del tronco es un movimiento que debido a la frecuencia con la que se realiza, tanto en actividades de la vida diaria como en actividades deportivas, puede condicionar la dinámica de la columna vertebral (Santonja y Martínez, 1995; Scrutton, 1991).

En la literatura científica se ha utilizado el estudio de la flexión del tronco para valorar la movilidad de la columna vertebral, restringiendo muchos autores los estudios a la zona lumbar, con el objetivo de buscar una relación de la movilidad lumbar con las lumbalgias (Maller et al., 1997; Mellin, 1986, 1987 y 1988; Mellin y Poussa, 1992; Pamela et al., 1987).

Sin embargo, el análisis del morfotipo raquídeo en máxima flexión del tronco es importante ya que complementa el diagnóstico que se realiza en bipedestación (Bradford, 1977; Chopin y David, 1989; Stagnara, 1987), pudiendo catalogar mejor la patología y, por lo tanto, hacer un protocolo de tratamiento o de prevención más adecuado.

Rodríguez-García y Santonja (2001) exponen que en muchas ocasiones, en la realización de gestos deportivos donde se utiliza la flexión del tronco, se utilizan posturas hipercifóticas o de inversión lumbar, originando un incremento de la presión sobre la porción anterior de los cuerpos vertebrales dorsales y lumbares, que a la larga puede ocasionar lesión. El movimiento característico de flexión del tronco, implica cierto nivel de carga y presión sobre las estructuras anteriores del raquis lumbar (McGill, 1995, Wilke et al., 2001) y en la Gimnasia de Trampolín es un movimiento muy utilizado.

Una mayor cifosis torácica se ha relacionado con un incremento del estrés compresivo. La cifosis torácica en unos valores fisiológicos soporta en torno al $61,9 \pm 6,8\%$ del peso corporal (Keller et al., 2005). Cuando las articulaciones intervertebrales torácicas se disponen en mayor flexión, se incrementan los niveles de presión intradiscal y el estrés de cizalla anterior, por lo que disminuye el margen de seguridad de los tejidos raquídeos, aumentando el riesgo de alteraciones (Briggs et al., 2007; Polga et al., 2004) y el riesgo de algia vertebral (Christie et al., 1995; Öhlen et al., 1989), especialmente cuando la cifosis torácica supera los 40° (Widhe, 2001).

6.3.1. Cifosis dorsal en flexión máxima del tronco. Valores medios

Los resultados de la presente investigación, respecto a la media de cifosis dorsal en flexión máxima del tronco, muestran como el grado de cifosis de los gimnastas especialistas en Trampolín es ligeramente superior al encontrado en Gimnasia Rítmica pero inferior a los valores encontrados en Gimnasia Estética. Además, se puede afirmar que el grado de cifosis dorsal es dependiente de la práctica deportiva y del nivel de los gimnastas.

Cuando se analizan los resultados en función del sexo se observan diferencias estadísticamente significativas con valores medios superiores en los gimnastas ($63,07^{\circ} \pm 12,99^{\circ}$ versus $53,30^{\circ} \pm 15,69^{\circ}$). Cuando se analizan los resultados en función del nivel de los gimnastas también se observan diferencias significativas observando una disminución de los valores tanto en chicos ($52,66^{\circ} \pm 15,10^{\circ}$ versus $63,07^{\circ} \pm 12,99^{\circ}$) como en chicas ($42,43^{\circ} \pm 17,80^{\circ}$ versus $53,30^{\circ} \pm 15,69^{\circ}$) cuando se aumenta el nivel de los gimnastas.

Entre los estudios que valoran el plano sagital en flexión máxima del tronco se encuentran el de Sainz de Baranda et al. (2009), Martínez-Gallego (2004) y Conesa (2015).

Sainz de Baranda et al. (2009), en gimnastas de la modalidad de Trampolín, observan valores medios de $57,94^{\circ} \pm 15^{\circ}$. Cuando compararon los resultados en función del sexo aprecian diferencias significativas, con valores de $62,82^{\circ} \pm 12,8^{\circ}$ en los gimnastas y de $53,2^{\circ} \pm 17^{\circ}$ en las gimnastas ($p < 0,01$).

Conesa (2015) en su estudio con Gimnastas de Estética y de Rítmica encuentra como el grado de cifosis dorsal en flexión máxima del tronco es dependiente de la práctica deportiva. El mayor grado de cifosis se observa en el grupo de gimnastas de estética ($69,1^{\circ} \pm 12,1^{\circ}$), con diferencias significativas cuando se compara con el grupo de gimnastas de rítmica ($50,4^{\circ} \pm 11,3^{\circ}$) y con el grupo control ($59,6^{\circ} \pm 10,6^{\circ}$).

Martínez-Gallego (2004) también observa, en los dos grupos de gimnasia rítmica, menores valores que los encontrados en el grupo de GEG, con valores medios de $50,44^{\circ} \pm 11,27^{\circ}$ en el grupo de competición y de $56,72^{\circ} \pm 10,53^{\circ}$ en el grupo de escuela.

Gómez-Lozano (2007) en su estudio sobre bailarinas observa una media de cifosis dorsal en flexión máxima del tronco de $49,72^{\circ} \pm 11,45^{\circ}$ para las bailarinas de clásico y de $49,48^{\circ} \pm 12,89^{\circ}$ para las bailarinas de español, sin observar diferencias significativas entre modalidades.

Otros deportes en los que se ha analizado la curva dorsal en flexión máxima del tronco son la natación (Pastor, 2000), el piragüismo (López-Miñarro et al., 2008, 2009) y el ciclismo (Muyor, 2010).

Pastor (2000), valoró el morfotipo raquídeo incluyendo la flexión máxima del tronco en nadadores. La media de cifosis dorsal dinámica en el grupo de nadadores fue de $78,45^{\circ} \pm 11,9^{\circ}$, con un rango entre 46° - 107° . En el grupo de nadadoras la media fue de $73,4^{\circ} \pm 11^{\circ}$, con un rango entre 43° - 95° .

En la tabla 94, se muestran los valores encontrados en función del estilo. En nadadores el estilo braza es el que presenta una mayor cifosis dinámica y el estilo de mariposa el que menos, encontrando diferencias significativas entre braza-mariposa ($t=2,83$; $p<0,006$) y braza-espalda ($t=2,05$; $p<0,05$). En nadadoras, el estilo braza es el que presenta mayor grado de cifosis dinámica y los que menos la espalda y la mariposa.

Tabla 94. Valores medios del grado de cifosis dorsal dinámica en nadadores por sexo y por estilos. Tomado de Pastor (2000).

	Nadadores	Nadadoras
Crol	$77,89^0 \pm 8,54^0$	$74,41^0 \pm 14,25^0$
Espalda	$75,62^0 \pm 13,7^0$	$70,25^0 \pm 6,45^0$
Mariposa	$69,2^0 \pm 13,33^0$	$71^0 \pm 8,74^0$
Braza	$86,4^0 \pm 12,2^0$	$76,23^0 \pm 11,44^0$

López-Miñarro et al. (2009) evaluaron a 30 piragüistas con una edad comprendida entre los 13 y 14 años. La cifosis dorsal en máxima flexión del tronco durante el test distancia dedos-planta, fue de $72,22^\circ \pm 12,55^\circ$.

En el estudio de kayakistas y canoistas de categoría infantil, López-Miñarro et al. (2008), encontraron una mayor cifosis torácica en los canoistas ($65,35^\circ \pm 11,48^\circ$) respecto a los kayakistas ($63,78^\circ \pm 6,21^\circ$), aunque sin diferencias significativas entre ambos grupos.

Por último, Muyor (2010) evalúa a 180 ciclistas y 60 sedentarios ($30,6 \pm 10,4$ años). En la tabla 95 se muestran los resultados obtenidos para la cifosis dorsal en máxima flexión del tronco.

Tabla 95. Datos descriptivos de la valoración de la cifosis dorsal en flexión máxima del tronco. Tomado de Muyor (2010).

	Sénior/Élite	Máster 30	Máster 40/50	Control
Cifosis dorsal en flexión máxima del tronco	$61,7^0 \pm 13,5^0$	$59,8^0 \pm 10,2^0$	$62,4^0 \pm 10,4^0$	$63,2^0 \pm 9,3^0$

6.3.2. Categorización de la curva dorsal en flexión máxima del tronco

Para determinar la distribución de los sujetos en base a unas referencias de normalidad, para la curva torácica, se han utilizado las referencias descritas Santonja (1993), que sitúa el límite entre la normalidad y la hipercifosis en 65°.

En el presente estudio, al clasificar los valores angulares de la cifosis torácica, respecto a las referencias de normalidad, se encuentra que un 74,7% de los gimnastas españoles presentan una curva dorsal dentro de la normalidad, un 16,5% tienen hipercifosis leve y un 8,8% tienen hipercifosis moderada. Cuando se analizan estos resultados en función del sexo no se observan relaciones estadísticamente significativas, aunque las gimnastas presenta mayores porcentajes de normalidad (80,9% versus 68,2%).

Cuando se analizan a los gimnastas de categoría internacional se observa como hay un aumento significativo de la normalidad, pasando del 74,7% al 91,1% de curvas dorsales dentro de la normalidad.

Conesa (2015) y Martínez-Gallego (2004) en sus estudios con Gimnastas de Estética y de Rítmica encuentran que: a) el grupo de gimnasia estética es el que presenta un menor porcentaje de normalidad, con tan solo el 41,5% de las gimnastas con curvas normales; b) el grupo de gimnasia rítmica y el grupo control presentan mayores porcentajes de normalidad, con un 95,1% y un 78,5% respectivamente.

Con relación a los morfotipos alterados, la mayoría de los morfotipos son leves tanto en el grupo de gimnasia rítmica, con un 4,9% de hipercifosis leves, como en el grupo control con un 16,5% de hipercifosis leves y un 5,1% de hipercifosis moderadas. En el grupo de gimnasia estética se encontraron un 31,9% de hipercifosis leves y un 26,6% de hipercifosis moderadas.

Martínez-Gallego (2004) en su estudio con gimnastas de rítmica observa mayores porcentajes de normalidad, tanto en el grupo de competición como en el grupo de base. Así, dentro del grupo de gimnastas de rítmica de escuela observa un 84% de raquis dorsales dentro de la normalidad, un 14% de actitudes cifóticas leves y un 2% de actitudes cifóticas moderadas. Para el grupo de gimnastas de competición observan un 95% de los morfotipos dentro de la normalidad, un 5% de actitudes cifóticas leves y ningún caso dentro de la cifosis moderada.

Gómez-Lozano (2007) en su estudio con bailarinas observa solamente morfotipos alterados en un 6,1% y un 3% de las bailarinas de clásico y español respectivamente,

demostrando actitudes cifóticas dorsales leves en esta postura. Mientras que en el grupo control encuentra un 39,4% de cifosis leves y un 27,3% de cifosis moderadas. Los datos muestran diferencias significativas entre las bailarinas de ambos estilos y las no bailarinas ($p<0,001$).

Otros deportes en los que ha categorizado los morfotipos en flexión máxima del tronco son la natación (Pastor, 2000), el piragüismo (López-Miñarro et al., 2008, 2009) y el ciclismo (Muyor, 2010).

Pastor (2000), en nadadores observa sólo un 24,7% de los morfotipos dentro de la normalidad, un 29,4% de los morfotipos con cifosis leve y un 45,9% con cifosis moderada.

Este mismo autor realiza un estudio radiológico en la posición de DD-P y observa para la zona dorsal curvas moderadas y marcadas ($p<0,05$) en un mayor porcentaje y una tendencia significativa a aumentar el número de acúñamientos vertebrales según se incrementa el valor de la cifosis y la edad. Además estos acúñamientos se relacionan con la cifosis dorsal dinámica, de tal forma que los nadadores con mayor número de acúñamientos tóraco-lumbares presentaron mayores valores de cifosis dorsal dinámica ($p<0,05$).

Muyor (2010) observa que el 63,7% de los ciclistas tienen un morfotipo dorsal dentro de la normalidad, un 28,2% presentan un morfotipo cifótico leve y un 8,1% presentan un morfotipo cifótico moderado. Cuando compara los resultados por modalidades observa que el grupo máster 30 es el que presenta mayor porcentaje de normalidad (71,7%), seguido del grupo senior y del master 40/50. El grupo control es el que menor porcentaje de morfotipos dentro de la normalidad tiene, siendo el que presenta más casos de hipercifosis leve y menos casos de hipercifosis marcada.

6.3.3. Cifosis lumbar en flexión máxima del tronco. Valores medios

Los resultados de la presente investigación, respecto a la media de cifosis lumbar en flexión máxima del tronco, muestran como el grado de cifosis de los gimnastas especialistas en Trampolín es similar al encontrado en Gimnasia Rítmica y Gimnasia Estética.

Cuando se analizan los resultados en función del sexo no se observan diferencias estadísticamente significativas aunque los valores medios son superiores en los gimnastas ($29,25^{\circ}\pm 7,44^{\circ}$ versus $25,98^{\circ}\pm 8,56^{\circ}$). Cuando se analizan los resultados en función del nivel

de los gimnastas también no se observan diferencias significativas ($27,56^{\circ} \pm 8,16^{\circ}$ versus $28,14^{\circ} \pm 8,31^{\circ}$) cuando se aumenta el nivel de los gimnastas.

Entre los estudios que valoran el plano sagital en flexión máxima del tronco en gimnastas se encuentran el de Sainz de Baranda et al. (2009), Martínez-Gallego (2004) y Conesa (2015).

Sainz de Baranda et al. (2009), en gimnastas de la modalidad de Trampolín, observan valores medios de $27,72^{\circ} \pm 7,51^{\circ}$. Cuando compararon los resultados en función del sexo aprecian diferencias significativas, con valores de $30,3^{\circ} \pm 6,4^{\circ}$ en los gimnastas y de $25,2^{\circ} \pm 7,6^{\circ}$ en las gimnastas ($p < 0,004$).

Conesa (2015) y Martínez-Gallego (2004) en sus estudios con Gimnastas de Estética y de Rítmica encuentran que en relación a la media de cifosis lumbar en máxima flexión del tronco, los resultados muestran como el grado de cifosis lumbar es dependiente de la práctica deportiva. Encontrando un mayor grado de cifosis en los grupos de gimnastas cuando se compara con el grupo control ($p = 0,007$). En el grupo de estética se observan valores medios de $26,4^{\circ} \pm 7,3^{\circ}$, en el grupo de gimnastas de rítmica se observan valores medios de $26,3^{\circ} \pm 6,6^{\circ}$ y el grupo control $22,9^{\circ} \pm 8,9^{\circ}$.

Estas diferencias, también se han encontrado en los estudios de Martínez-Gallego (2004) en su estudio con gimnastas de rítmica y Gómez-Lozano (2007) en su estudio con bailarinas. En todos ellos, las gimnastas y las bailarinas presentan mayores valores de cifosis lumbar que el grupo control.

Gómez-Lozano (2007) en su estudio sobre bailarinas observa una media de cifosis lumbar en flexión máxima del tronco de $19,82^{\circ} \pm 11,45^{\circ}$ para las bailarinas de clásico y de $19,48^{\circ} \pm 12,89^{\circ}$ para las bailarinas de español, sin observar diferencias significativas entre modalidades. En el grupo control observa valores medios de $15,78^{\circ} \pm 6,76^{\circ}$.

Martínez-Gallego (2004) también observa valores superiores en las gimnastas de rítmica cuando los compara con el grupo control. Los valores medios fueron $26,30^{\circ} \pm 6,65^{\circ}$ en el grupo de competición, $25,13^{\circ} \pm 6,14^{\circ}$ en el grupo de escuela y $22,92^{\circ} \pm 8,92^{\circ}$ en el grupo control.

Otros deportes en los que se ha analizado la curva lumbar en flexión máxima del tronco son la natación (Pastor, 2000), el piragüismo (López-Miñarro et al., 2008, 2009) y el ciclismo (Muyor, 2010).

Pastor (2000), valoró el morfotipo raquídeo en nadadores incluyendo la flexión máxima del tronco. La media de cifosis lumbar dinámica en el grupo de nadadores fue de $24,62^{\circ} \pm 7,7^{\circ}$, con un rango de 11° - 46° . En el grupo de nadadoras la media fue de $21^{\circ} \pm 6,5^{\circ}$, con un rango de 10° - 36° . Los nadadores presentan un mayor grado de cifosis lumbar dinámica aunque las diferencias no son significativas.

En la tabla 96, se muestran los valores encontrados en función del estilo. En nadadores se presenta una mayor cifosis lumbar en mariposa y espalda, siendo la menor en braza, encontrando diferencias significativas entre mariposa-braza ($t=2,29$; $p<0,03$) y espalda-braza ($t=2,61$; $p<0,02$). En nadadoras, se observa una mayor cifosis lumbar en mariposa y la menor en braza pero sin diferencias significativas.

Tabla 96. Valores medios del grado de cifosis lumbar dinámica en nadadores por sexo y por estilos. Tomado de Pastor (2000).

	Nadadores	Nadadoras
Crol	$23,95^0 \pm 6,31^0$	$20,67^0 \pm 4,05^0$
Espalda	$28,87^0 \pm 9,82^0$	$21,25^0 \pm 7,67^0$
Mariposa	$29^0 \pm 9,62^0$	$22,8^0 \pm 6,3^0$
Braza	$20,3^0 \pm 5,21^0$	$19,77^0 \pm 7,88^0$

López-Miñarro et al. (2009) en 30 piragüistas con edades entre 13 y 14 años, encontraron una cifosis lumbar en máxima flexión del tronco de $28,68^{\circ} \pm 6,26^{\circ}$.

En el estudio de kayakistas y canoistas de categoría infantil, López-Miñarro et al. (2008), encontraron una mayor cifosis lumbar en los kayakistas ($27,91^{\circ} \pm 6,21^{\circ}$) respecto a los canoistas ($25,70^{\circ} \pm 6,15^{\circ}$), aunque sin diferencias significativas entre ambos grupos.

Por último, Muyor (2010) evalúa a 180 ciclistas y 60 sedentarios ($30,6 \pm 10,4$ años). En la tabla 97 se muestran los resultados obtenidos para la cifosis lumbar en máxima flexión del tronco.

Tabla 97. Datos descriptivos de la valoración de la cifosis lumbar en flexión máxima del tronco. Tomado de Muyor (2010).

	Sénior/Élite	Máster 30	Máster 40/50	Control
Cifosis lumbar en flexión máxima del tronco	33,8°±9,5°	30,5°±8,5°	27,5°±9,8°	30,5°±9,1°

6.3.4. Categorización de la curva lumbar en flexión máxima del tronco

Para determinar la distribución de los sujetos en base a unas referencias de normalidad, para la curva torácica, se han utilizado las referencias descritas por Pastor (2000) que sitúan el límite entre la normalidad y la hipercifosis en 22°.

En el presente estudio, al clasificar los valores angulares de la cifosis lumbar, respecto a las referencias de normalidad, se encuentra que un 30,8% de los gimnastas españoles presentan una curva lumbar dentro de la normalidad, un 40,7% tienen hipercifosis leve y un 28,6% tienen hipercifosis moderada. Cuando se analizan estos resultados en función del sexo no se observan relaciones estadísticamente significativas, aunque las gimnastas presenta mayores porcentajes de normalidad (40,4% versus 20,5%).

Cuando se analizan a los gimnastas de categoría internacional se observa como hay una ligera disminución de la normalidad, pasando del 30,8% al 23,2% de curvas lumbares dentro de la normalidad.

Conesa (2015) y Martínez-Gallego (2004) en sus estudios con Gimnastas de Estética y de Rítmica encuentran que: a) tanto el grupo de gimnasia estética como el grupo de gimnasia rítmica presentan un porcentaje de normalidad del 64,9% y un 69,5% respectivamente; b) el grupo control presenta mayores porcentajes de normalidad, con el 74,7% de los morfotipos dentro de la normalidad.

Con relación a los morfotipos alterados, en el grupo de gimnasia estética se observó un 30,9% de cifosis lumbares leves y un 4,3% de cifosis lumbares moderadas; en el grupo de gimnasia rítmica se observó un 29,3% de cifosis lumbares leves y un 1,2% de cifosis lumbares moderadas; y en el grupo control un 24,1% de cifosis lumbares leves y un 1,3% de cifosis lumbares moderadas.

Martínez-Gallego (2004) en su estudio con gimnastas de rítmica observa similares porcentajes de normalidad, tanto en el grupo de competición como en el grupo de base. Así, dentro del grupo de gimnastas de rítmica de escuela observa un 33% de cifosis lumbares dentro de la normalidad, un 54% de cifosis lumbares leves y un 13% de cifosis lumbares moderadas. Para el grupo de gimnastas de competición observan un 34% de cifosis lumbares dentro de la normalidad, un 45% de cifosis lumbares leves y un 18% de cifosis lumbares moderadas.

Gómez-Lozano (2007) en su estudio con bailarinas observa similares porcentajes de morfotipos lumbares dentro de la normalidad. En el grupo de clásico, observa un 75,7% de normalidad, un 18,2% cifosis lumbares leves y un 6,1% de cifosis lumbares moderadas. En el grupo de español observa un 69,7% de normalidad, un 21,2% de cifosis lumbares leves y un 9,1% de cifosis lumbares moderadas. Y en el grupo control observa un 87,9% de cifosis lumbares dentro de la normalidad y un 12,1% de cifosis lumbares leves.

Otros deportes en los que han categorizado los morfotipos en flexión máxima del tronco son la natación (Pastor, 2000), el piragüismo (López-Miñarro et al., 2008, 2009) y el ciclismo (Muyor, 2010).

Pastor (2000), tras estudiar el morfotipo en flexión del tronco en nadadores, observa en el raquis lumbar un 50,6% de los morfotipos dentro de la normalidad, un 37,6% de los morfotipos con cifosis leve y un 11,8% con cifosis moderada.

Muyor (2010), observa que sólo el 16,9% de los ciclistas tienen un morfotipo lumbar dentro de la normalidad, un 37,5% presentan una cifosis lumbar leve y un 45,6% presentan una cifosis lumbar moderada. Cuando compara los resultados por modalidades observa que el grupo máster 40/50 es el que presenta mayor porcentaje de normalidad (26,7%), seguido del grupo máster 30 y del senior. El grupo control es el que tiene menor porcentaje de morfotipos dentro de la normalidad, y más casos de cifosis lumbar marcada.

Todos estos estudios, demuestran como el deporte y la modalidad deportiva juegan un papel clave en las adaptaciones de la disposición sagital del raquis, no solo en la estática sino también en la dinámica, y en este caso en concreto sobre la curva lumbar.

6.4. ANÁLISIS DE LA EXTENSIBILIDAD DE LA MUSCULATURA ISQUIOSURAL

La flexibilidad es uno de los componentes básicos de la condición física y, en función del deporte practicado, tendrá una mayor o menor relevancia para el deportista (Canda et al., 2004; Irurtia et al., 2010).

En la literatura científica se pueden leer algunos trabajos sobre la valoración de la flexibilidad en deportistas, observándose gran diferencia en los resultados en función del deporte evaluado. En este sentido, es necesario destacar el estudio realizado por Canda et al. (2004) donde valoran a través del test DDP a 1391 deportistas (385 mujeres y 1006 varones), con una edad media de $23,3 \pm 4,6$ años (rango de 16 a 40 años). Todos los deportistas competían a nivel nacional y/o internacional, siendo la mayoría integrantes de los respectivos equipos y selecciones nacionales.

En las tablas 98 y 99 se presentan los valores medios obtenidos para cada modalidad deportiva y por sexo. Tras el análisis de los resultados, observan como las chicas presentan mejores resultados. Cuando analizan las diferentes modalidades deportivas, observan como las especialidades de gimnasia y los saltos de natación son las que muestran mayores niveles de flexibilidad.

Tabla 98. Valores medios obtenidos en el test distancia dedos-planta por modalidad deportiva en chicas. Tomado de Canda et al. (2004).

Modalidad deportiva	distancia alcanzada	Modalidad deportiva	distancia alcanzada
Tiro olímpico	$8,8 \pm 8,3$	Triatlón	$15,14 \pm 6,07$
Pádel	$9,23 \pm 6,13$	Halterofilia	$15,15 \pm 6,61$
Maratón	$11,19 \pm 6,29$	Salto de altura	$16,1 \pm 6,19$
Atletismo. Velocidad	$11,25 \pm 7,32$	Béisbol	$16,1 \pm 4,8$
Hockey hierba	$11,37 \pm 7,35$	Salto de pértiga	$16,1 \pm 7,64$
Atletismo. Fondo	$11,42 \pm 6,82$	Atletismo. Pruebas combinadas	$16,42 \pm 6,97$
Bádminton	$11,7 \pm 7,17$	Esquí alpino	$16,68 \pm 5,31$
Judo	$12,41 \pm 7,23$	Lanzamientos	17
Voleibol	$12,44 \pm 6,68$	Natación	$17,63 \pm 9,52$
Karate	$13 \pm 2,51$	Remo	$18,9 \pm 1,82$
Baloncesto	$14,14 \pm 5,86$	Piragüismo	$18,96 \pm 5,76$
Ciclismo	$14,56 \pm 6,35$	Gimnasia rítmica	$23,27 \pm 3,83$
Atletismo. Medio fondo	$14,7 \pm 2,31$	Gimnasia artística	$25,23 \pm 3,2$
Salto longitud	$14,88 \pm 4,27$	Natación saltos	$27,56 \pm 1,45$
Esgrima	$15,1 \pm 4,84$		

En el presente estudio los resultados del test DDP muestran como la flexibilidad es dependiente del nivel de competición, de tal forma que los valores medios para los gimnastas españoles han sido de $11,03 \pm 10,38$ cm. y los valores medios para los gimnastas de nivel internacional han sido de $15,60 \pm 8,74$ cm.

Cuando se comparan estos resultados con los de Canda et al. (2004), se observa como en las chicas, 7 modalidades deportivas presentan valores más bajos y 22 modalidades presentan valores similares o mayores. Mientras que en los chicos, 14 modalidades presentan valores menores y 15 modalidades presentan valores similares o mayores.

Tabla 99. Valores medios obtenidos en el test distancia dedos planta por modalidad deportiva en chicos. Tomado de Canda et al. (2004).

Modalidad deportiva	distancia alcanzada	Modalidad deportiva	distancia alcanzada
Maratón	$-1,39 \pm 7,93$	Salto longitud	$10,44 \pm 7,03$
Waterpolo	$1,9 \pm 7,59$	Rugby	$10,54 \pm 7,36$
Tiro olímpico	$3,78 \pm 8,52$	Judo	$11,42 \pm 8,04$
Escalada	$4,57 \pm 11,54$	Esgrima	$11,44 \pm 7,91$
Alpinismo	$6,35 \pm 6,01$	Lucha	$11,5 \pm 6,68$
Atletismo medio fondo	$6,56 \pm 8,18$	Voleibol	$11,62 \pm 7,05$
Esquí de fondo	$7,3 \pm 9,01$	Piragüismo	$11,88 \pm 7,19$
Tiro con arco	$7,38 \pm 9,84$	Atletismo. Velocidad	$12,66 \pm 7,23$
Baloncesto	$7,94 \pm 9,84$	Triatlón	$13,27 \pm 7,3$
Golf	$8,25 \pm 10,81$	Bádminton	$13,29 \pm 5,4$
Tenis	$8,25 \pm 7,17$	Lanzamiento de Jabalina	$13,5$
Hockey hierba	$8,51 \pm 7,44$	Salto de pértiga	$13,69 \pm 9,12$
Atletismo. Pruebas combinadas	$8,89 \pm 8,05$	Halterofilia	$14,45 \pm 6,74$
Fútbol	$8,98 \pm 6,63$	Natación	$15,06 \pm 8,27$
Lanzamientos	$9,08 \pm 5,41$	Ciclismo	$15,61 \pm 8,73$
Fútbol sala	$9,13 \pm 5,79$	Karate	$16,17 \pm 4,76$
Boxeo	$9,44 \pm 8,11$	Salto altura	$16,22 \pm 9,17$
Atletismo. Fondo	$9,66 \pm 6,66$	Esquí alpino	$16,29 \pm 5,79$
Pádel	$9,96 \pm 6,83$	Trampolín	$17,31 \pm 2,22$
Esquí de montaña	$10,25 \pm 6,66$	Natación saltos	$24,79 \pm 2,51$
Remo	$10,43 \pm 7,23$	Gimnasia artística	$28 \pm 2,81$

En concreto, tanto los gimnastas de artística ($28 \pm 2,81$ cm) y trampolín ($17,31 \pm 2,22$ cm), como las gimnastas de rítmica ($23,27 \pm 3,83$ cm) y artística ($25,23 \pm 3,2$ cm) evaluadas por Canda et al. (2004), presentan mayores valores que los gimnastas del presente estudio.

Cuando se analizan los resultados de otras investigaciones, se observa como el resultado es dependiente del deporte analizado, de la modalidad deportiva dentro de un mismo deporte y del nivel de los deportistas. Así, los deportes con mejores valores en el test DDP son la gimnasia y la danza.

Arazi et al. (2013) tras evaluar a 20 gimnastas profesionales de la especialidad de gimnasia artística ($15,20 \pm 3,4$ años) encuentran unos valores medios de $45,7 \pm 5,6$ cm.

Oreb et al. (2006), tras valorar a 51 bailarinas, 30 del Ballet Nacional de Croacia ($30,70 \pm 8,33$ años) y 21 del Ballet Nacional de Folclore ($32,94 \pm 8,32$ años), encuentran valores medios de $22,80 \pm 4,12$ cm en el grupo de danza clásica y de $12,41 \pm 6,45$ cm en el grupo de folclore, con diferencias significativas entre grupos ($p=0.000$).

Gómez-Lozano (2007) tras evaluar a 66 bailarinas, 33 de danza clásica (edad: $22 \pm 3,79$ años) y 33 de danza española (edad: $22,12 \pm 4,21$ años), observa valores medios de $23,97 \pm 5,13$ cm en el grupo de clásico y de $19,18 \pm 6,20$ cm en el grupo de español. El grupo de clásico presenta, de forma significativa, mayores valores de flexibilidad que el grupo de español, y ambos grupos de bailarinas, obtienen mayores valores de flexibilidad que el grupo control ($3,04 \pm 7,10$ cm).

Martínez-Gallego (2004) tras medir a 163 gimnastas de Rítmica, 82 gimnastas de competición y 81 gimnastas de escuelas de base, observa valores medios de $15,47 \pm 7,72$ cm en el grupo de competición y de $3,74 \pm 9,27$ cm en el grupo de escuela, siendo las diferencias significativas. Para el grupo control encuentra valores medios de $-5,71 \pm 10,71$ cm.

Conesa (2015) observa como la flexibilidad es dependiente de la práctica deportiva. Encontrando un mayor grado de flexibilidad en los grupos de gimnastas cuando se comparan con el grupo control ($p=0,000$). Así, en el grupo de gimnasia de estética observa valores medios de $15,8 \pm 7,4$ cm, en el grupo de gimnasia rítmica observa valores medios de $15,5 \pm 7,7$ cm y en el grupo control valores medios de $-5,7 \pm 10,7$ cm.

Pastor (2000) en nadadores encuentra rangos que van desde $1,3 \pm 8,1$ cm en la categoría promesas chicos ($12,86 \pm 0,55$ años) a los $8,4 \pm 8,2$ cm en la categoría infantiles chicas ($12,75 \pm 0,61$ años), observando mejores valores de flexibilidad en las chicas. Además,

cuando analiza los resultados en función de la edad, observa una mayor extensibilidad isquiosural en los nadadores de menor edad (categoría promesa) en comparación con los de mayor edad (categoría infantil).

Estos resultados con relación a la edad, no concuerdan con los de Conesa (2015), ya que en los dos grupos de gimnastas encuentra un aumento de los valores conforme aumenta la edad. Esta discrepancia en la evolución de la flexibilidad puede deberse al deporte evaluado y a la presencia o no de un trabajo de flexibilidad específico dentro de las rutinas de entrenamiento. Por ello, aquellos autores que encuentran bajos valores de flexibilidad en sus deportistas recomiendan realizar un correcto trabajo de estiramientos en los entrenamientos (López-Miñarro et al., 2008; Pastor, 2000; Sanz, 2002).

Muyor (2010), en ciclistas, observa valores medios de $6,7 \pm 10,8$ cm en la categoría Sénior/Élite (23,2 $\pm$ 4,4 años), $2,5 \pm 8,3$ cm en la categoría Máster 30 (34,2 $\pm$ 3 años), $1,3 \pm 9$ cm en la categoría Máster 40/50 (45,3 $\pm$ 5,2 años) y de $-6,1 \pm 8,1$ cm en el grupo control (20,8 $\pm$ 2,3 años).

Para determinar la distribución de los sujetos en base a unas referencias de normalidad, se han utilizado las referencias propuestas por Ferrer (1998), que sitúan el límite de normalidad para el test DD-P en valores superiores a -2 cm, la cortedad grado I en valores entre -3 cm y -9 cm, y la cortedad grado II en valores menores a -10 cm.

En el presente estudio, al clasificar los valores respecto a las referencias de normalidad, sólo se han encontrado 2 gimnastas españoles con cortedad leve. El resto de gimnastas ya sea de categoría nacional o internacional tienen valores dentro de la

Gómez-Lozano (2007), cuando categoriza los valores de flexibilidad, encuentra que el 100% de las bailarinas tienen valores dentro de la normalidad. Mientras que en el grupo control un 18,8% de las chicas tienen cortedad moderada, un 9,9% cortedad marcada y un 71,3% tienen valores dentro de la normalidad. Tras el análisis de los resultados, Gómez-Lozano (2007) concluye que las bailarinas de danza clásica y danza española poseen amplios rangos de extensibilidad isquiosural, no existiendo ningún caso de cortedad isquiosural en esta población. La extensibilidad isquiosural es notablemente mayor en las bailarinas de danza clásica que en las de danza española debido a que las bailarinas de danza española suelen dedicar menos tiempo al trabajo de esta cualidad.

Martínez-Gallego (2004), cuando categoriza los valores de flexibilidad observa que el 98% de las gimnastas de competición y el 74% de las gimnastas de escuela tienen valores dentro de la normalidad. El grupo de gimnastas de escuela presenta un 17% de cortedad grado I y un 9% de cortedad grado II. En el grupo control disminuyen los casos dentro de la normalidad (37%) y se observa un 63% de casos con cortedad.

Con relación a los resultados obtenidos mediante el test de elevación de la pierna recta, comentar que la tendencia es similar aunque las diferencias en función del nivel de competición son aún mayores, de tal forma que los gimnastas españoles presentan valores medios de $100,56^{\circ} \pm 15,78^{\circ}$ y los gimnastas de nivel internacional presentan valores de $112^{\circ} \pm 18,14^{\circ}$. Cuando se analizan las diferencias entre sexos se observan diferencias significativas a favor de las gimnastas.

Cuando se comparan los resultados del presente estudio con los encontrados por otros trabajos se observan valores superiores de extensibilidad isquiosural en todos los casos a excepción del estudio de Gómez-Lozano (2007) con bailarinas.

Tras el análisis de los resultados, Gómez-Lozano (2007) concluye que las bailarinas de danza clásica y de danza española poseen amplios rangos de extensibilidad isquiosural, no existiendo ningún caso de cortedad isquiosural en esta población. La extensibilidad isquiosural es notablemente mayor en las bailarinas de danza clásica que en las de danza española debido a que las bailarinas de danza española suelen dedicar menos tiempo al trabajo de esta cualidad (tabla 100).

Tabla 100. Datos descriptivos de la valoración de la extensibilidad isquiosural. Tomado de Gómez-Lozano (2007).

Prueba	Clásico	Español	Control
EPR Dch	$136,78^0 \pm 10,02^0$	$124,72^0 \pm 12,22^0$	$85,87^0 \pm 10,12^0$
EPR Izq	$129,21^0 \pm 20,6^0$	$120,3^0 \pm 13,33^0$	$84,28^0 \pm 9,97^0$

6.5. ANÁLISIS DE LA INCIDENCIA DEL VOLUMEN DE ENTRENAMIENTO SOBRE LA CONFIGURACIÓN DEL PLANO SAGITAL DEL RAQUIS

Uetake et al. (1998) afirman que el plano sagital raquídeo de un deportista puede ser modificado con el entrenamiento intensivo a lo largo del tiempo, sobre todo en niños y adolescentes (Gozdziewski et al., 1989; Iwakami, 1987; Voutsinas y MacEwen, 1986; Willner y Jonson, 1983).

Desde las primeras observaciones publicadas por Scheüermann's (1920, 1921), se ha demostrado una asociación entre la hipercifosis torácica y el trabajo repetitivo requerido en deportes. Hafner y Surrey (1952), Micheli (1979), Endler et al. (1980), Falter et al. (1981), Wilson y Lindseth (1982) y Sward (1992) observaron que existía asociación entre la hipercifosis y algunas actividades deportivas, como la gimnasia, el remo y la natación, al ser deportes que implican flexiones repetitivas y extremas de la columna vertebral.

Los resultados del presente estudio, muestran una asociación entre el volumen total de entrenamiento y el morfotipo raquídeo sagital, ya sea para la curva dorsal o lumbar. Además, también se ha observado una correlación positiva entre el volumen total de entrenamiento y los valores de flexibilidad. Estos resultados sugieren que a mayor volumen total de entrenamiento mejores valores del plano sagital del raquis y mayores niveles de extensibilidad isquiosural.

Wojtys et al. (2000) tras analizar a una muestra de deportistas adolescentes, encuentran una asociación entre el aumento de las horas de entrenamiento con el aumento del grado cifosis dorsal y lordosis lumbar. Así, observan como el incremento en las curvaturas de los deportistas es proporcional al tiempo de entrenamiento para la cifosis torácica y para la lordosis lumbar en bipedestación.

Alricsson y Werner (2006) encontraron un incremento significativo de la cifosis torácica en esquiadores tras un período de 5 años de entrenamiento (de $33,5^{0\pm 7,9^0}$ a $42,9\pm 8,1^0$). Este aumento se asoció al volumen de entrenamiento. Por ello, estos autores recomiendan que es necesario incorporar a la planificación del entrenamiento de los deportistas, un programa de educación postural para mejorar la disposición sagital de su columna vertebral.

Förster et al. (2009) analizaron el morfotipo raquídeo en escaladores de élite en función de su nivel y volumen de entrenamiento. Los escaladores de más alto nivel entrenaban más horas que los escaladores recreativos. Encontraron que la cifosis torácica

y lordosis lumbar en bipedestación fueron significativamente mayores en los escaladores de mayor nivel, aunque en la lordosis las diferencias no alcanzaron significación estadística. Posteriormente, se realizó otro análisis dividiendo al grupo de élite a su vez en otros dos grupos en función del nivel, en donde hallaron que los escaladores que poseían mayor cifosis torácica eran aquellos de mayor nivel. Por tanto, el cambio del morfotipo raquídeo puede estar influido también por el nivel.

Por el contrario, Rajabi et al. (2008) tras analizar la cifosis torácica de dos grupos de elite de lucha greco romana y estilo libre, no observan relación entre el tiempo de entrenamiento y la cifosis ($r=0,36$).

Sainz de Baranda et al. (2010) analizan la asociación entre el tiempo de entrenamiento y el morfotipo sagital raquídeo de 81 gimnastas de trampolín, no encuentra asociación entre el volumen de entrenamiento y el grado de cifosis dorsal pero sí un aumento de la lordosis lumbar en bipedestación y una disminución de la cifosis lumbar en flexión del tronco y en sedentación asténica.

Respecto a la relación entre el volumen de entrenamiento y los valores de extensibilidad isquiosural, Sanz (2002) encontró en el test de distancia dedos-planta, resultados similares en dos grupos de nadadores cuyo volumen de entrenamiento era diferente.

Muyor (2010), en cuanto al grado de extensibilidad en función del número de horas de entrenamiento al día, no encontró diferencias significativas en el test angular EPR, aunque sí las hubo en los test de distancia DD-P y DD-S, de modo que a más horas de entrenamiento, mayor distancia alcanzada.

Estas diferencias entre los estudios podrían explicarse por la gran variedad de deportes incluidos, la diferencia en la edad, los años de entrenamiento, el tamaño de la muestra, la forma de calcular el volumen total y la metodología (protocolo, sistemas de medición y referencias de normalidad utilizadas).

6.6. PERSPECTIVAS Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Existen pocos estudios científicos que aporten información objetiva sobre las curvas sagitales de la columna vertebral en deportistas de élite y específicamente en gimnastas especialistas en Trampolín.

Con el objeto de dar a conocer los efectos que proporciona la práctica de la GT se ha realizado el presente estudio, para describir el morfotipo raquídeo en el plano sagital y los niveles de extensibilidad isquiosural necesarios para su práctica. Además, se ha comprobado la influencia del nivel competitivo y del volumen total de entrenamiento sobre la configuración sagital del raquis y los valores de extensibilidad isquiosural.

Los resultados del presente estudio ayudarán a comprender mejor las peculiaridades de este deporte con relación a la columna vertebral y la extensibilidad isquiosural y sentarán las bases para la creación de un programa preventivo que minimice la sobrecarga que el entrenamiento y la competición generan sobre el raquis.

Como futuras líneas de investigación se plantean valorar la influencia del plano sagital del raquis y los morfotipos sobre la incidencia, tipo de lesión y dolor de espalda. Así como analizar la influencia de la modalidad específica del GT (trampolín o cama elástica, tumbling y el doble minitramp) sobre el plano sagital del raquis y la extensibilidad isquiosural.

También, sería interesante realizar un seguimiento longitudinal a los gimnastas de este estudio para conocer la evolución de su raquis y el efecto que la GT ha efectuado sobre el mismo a lo largo de los años de entrenamiento.

Otra posibilidad, sería el estudio de la relación o influencia entre la calidad en la ejecución técnica de los ejercicios y los valores del plano sagital y los niveles de flexibilidad.

VII.

CONCLUSIONES



1ª. Los valores medios del plano sagital de la columna vertebral en bipedestación, de los gimnastas españoles especialistas en trampolín, muestran valores de hipercifosis dorsal ($44,25^{\circ} \pm 7,99^{\circ}$) y de lordosis normal ($35,19^{\circ} \pm 10,11^{\circ}$). Los porcentajes de normalidad se sitúan en el 54,9% para la curva dorsal y del 67% para la curva lumbar. Cuando se analizan las diferencias en función del sexo de los gimnastas se encuentran diferencias significativas tanto en la curva dorsal como en la curva lumbar de tal forma que los gimnastas presentan mayores valores de hipercifosis dorsal (52,3% versus 38,3%) y las gimnastas mayores valores de hiperlordosis lumbar (46,8% versus 6,8%).

2ª. En la flexión máxima del tronco se observan medias dentro de la normalidad para la curva dorsal ($58,02^{\circ} \pm 15,18^{\circ}$), mientras que para la curva lumbar los valores medios están dentro del rango hipercifótico ($27,56^{\circ} \pm 8,16^{\circ}$). Cuando se categorizan los morfotipos los valores de normalidad son mayores en la curva dorsal (74,7% versus 30,8%). Cuando se analizan las diferencias en función del sexo se encuentran diferencias significativas en la curva dorsal, aunque en ambos casos los gimnastas presentan mayores valores de hipercifosis dorsal (31,8% versus 19,2%) y de hipercifosis lumbar (79,6% versus 59,6%).

3ª. En sedentación se observan valores medios hipercifóticos tanto en la curva dorsal ($50,16^{\circ} \pm 10,17^{\circ}$) como en la lumbar ($17,75^{\circ} \pm 9,74^{\circ}$). Cuando se categorizan los morfotipos se observa tan sólo un 15,4% de los morfotipos dorsales y un 41,8% de los morfotipos lumbares dentro de los rangos de normalidad. Cuando se analizan estos resultados en función del sexo se observan relaciones estadísticamente

significativas en la curva lumbar, mostrando las gimnastas mayores porcentajes de normalidad (55,3% versus 27,3%).

4^a. Los gimnastas especialistas en Trampolín poseen amplios rangos de extensibilidad isquiosural ($100,56^{\circ} \pm 15,78^{\circ}$ extremidad derecha y $99,9^{\circ} \pm 15,13^{\circ}$ extremidad izquierda), con elevados porcentajes de normalidad (95,6% y 96,7% para la extremidad derecha e izquierda respectivamente).

5^a. Cuando se compara el plano sagital de la columna vertebral de los gimnastas especialistas en Trampolín en función de su nivel de competición se observan diferencias significativas. De tal manera que, los gimnastas de categoría internacional presentan menores valores de cifosis dorsal y lordosis lumbar en bipedestación y menores valores de cifosis dorsal en flexión máxima del tronco. Por el contrario, no se observan diferencias en la curva lumbar en flexión máxima del tronco y en la sedentación.

6^a. Cuando se comparan los valores de extensibilidad de la musculatura isquiosural en función de su nivel de competición se observan diferencias significativas. De tal manera que los gimnastas de categoría internacional presentan mayores valores de flexibilidad.

7^a. Se ha encontrado una asociación entre el volumen total de entrenamiento y el morfotipo raquídeo sagital, ya sea para la curva dorsal o lumbar. Además, también se ha observado una correlación positiva entre el volumen total de entrenamiento y los valores de flexibilidad. Estos resultados sugieren que a mayor volumen total de entrenamiento mejores valores del plano sagital del raquis y mayores niveles de extensibilidad isquiosural.

8ª. Cuando se compara el plano sagital de la columna vertebral de los gimnastas especialistas en Trampolín con el plano sagital de gimnastas especialistas en otras modalidades de Gimnasia se observan diferencias significativas. Concretamente, el grado de cifosis dorsal de los GT es superior al encontrado en otras modalidades. El grado de lordosis lumbar en bipedestación es ligeramente superior al encontrado en otras modalidades. El grado de cifosis dorsal en sedentación asténica de los GT es superior al encontrado en Gimnasia Estética y en Gimnasia Rítmica. Mientras que el grado de cifosis lumbar en sedentación asténica y el grado de cifosis lumbar en flexión máxima del tronco es similar al encontrado en Gimnasia Rítmica y Gimnasia Estética.

IX.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

- ✓ Abitbol, M.M. (1987). Evolution of the lumbosacral angle. *American Journal of Physical Anthropology*, 72(3), 361–372.
- ✓ Abitbol, M.M. (1988). Effect of posture and locomotion on energy expenditure. *American Journal of Physical Anthropology*, 77(2), 191–199.
- ✓ Aggrawal, N. D., Kaur, R., Kumar, S., & Mathur, D. N. (1979). A study of changes in the spine in weight lifters and other athletes. *British Journal of Sports Medicine*, 13(2), 58-61.
- ✓ Aguado, X., Izquierdo, M., & González, J. L. (1997). *Biomecánica fuera y dentro del laboratorio*. León: Universidad de León.
- ✓ Ali, R. M., Green, D. W., & Patel, T. C. (2000). Scheuermann's kyphosis. *Current opinion in Orthopedics*, 11(2), 131-136.
- ✓ Alier, A. (1990). Cifosis. En R. Viladot, O. Cohi y S. Clavell (Eds.), *Ortesis y Prótesis del Aparato Locomotor*. Tomo I. Columna vertebral (pp. 69-76). Barcelona: Masson.
- ✓ Alricsson, M., & Werner, S. (2004). The effect of pre-season dance training on physical indices and back pain in elite cross-country skiers: a prospective controlled intervention study. *British Journal of Sports Medicine*, 38, 148-153.
- ✓ Alricsson, M., & Werner, S. (2006). Young elite cross-country skiers and low back pain. A 5 year study. *Physical Therapy in Sport*, 7(4), 181-184.
- ✓ Alter, MJ. (1988). *Science of Stretching*. Champaign, Human Kinetics.
- ✓ Andersen, J. C. (2006). Flexibility in performance: Foundational concepts and practical issues. *Athletic Therapy Today*, 3, 9-12.
- ✓ Andrade, R., Previnaire, J. G., & Sturbois, X. (1990). Crecimiento y ejercicio físico. *Archivos de Medicina del Deporte*, VII (27), 285-293.
- ✓ Andreotti, L., & Mauric, A. (1989). *Atlas de semiología reumatológica. Columna vertebral*. Barcelona: Grass.

- ✓ Andújar, P. (1992). Indicaciones sobre la prevención y el tratamiento de las alteraciones del desarrollo del aparato locomotor. En F. Santonja e I. Martínez (Eds.), *Valoración Médico-Deportiva del Escolar* (pp.303-314). Murcia: Universidad de Murcia.
- ✓ Andújar, P. (2010). *Prevalencia de las desalineaciones del raquis en edad escolar en el Municipio de Murcia*. [Tesis doctoral]. Universidad de Murcia.
- ✓ Andújar, P., & Santonja, F. (1996). Higiene postural en el escolar. En: V. Ferrer, L. Martínez y F. Santonja (Eds.), *Escolar: Medicina y Deporte* (pp.342-367). Albacete: Diputación Provincial de Albacete.
- ✓ Aramendi, J., Terrados, N., Poza, J., Crespo, R., & Usabiaga, J. (1998). La columna vertebral lumbar en las diferentes posiciones del ciclismo profesional en ruta. *Archivos de Medicina del Deporte*, 25(66), 343-347.
- ✓ Arazi, H., Faraji, H., & Mehrtash, M. (2013). Anthropometric and physiological profile of iranian junior elite gymnasts. *Facta universitatis-series: Physical Education and Sport*, 11(1), 35-41.
- ✓ Arendt, Y. D., & Kerschbaumer, F. (2003). Injury and overuse pattern professional ballet dancers. *Z Orthop Grenzgeb*, 141(3), 349-356.
- ✓ Ashton-Miller, J. A. (2004). Thoracic hyperkyphosis in the young athlete: a review of the biomechanical issues. *Current Sports Medicine Report*, 3, 47-52.
- ✓ Ayala, F., Sainz de Baranda, P., Cejudo, A., & Santonja, F. (2012). Pruebas angulares de estimación de la flexibilidad isquiosural: análisis de la fiabilidad y validez. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 5, 67-74.
- ✓ Bachrach R. M. (1988). Team physician #3. The relationship of low back/pelvic somatic dysfunctions to dance injuries. *Orthopaedic Review*, 17(10), 1037-1043.
- ✓ Bado, J. L. (1977). *Dorso Curvo*. Montevideo: Artecólor.
- ✓ Bado, J. L., Barros, P. C., Ruiggero, A., & Navillat, M. (1964). Análisis estadístico de la frecuencia del Síndrome de "Retracción de los Isquiotibiales" estudiando en colectividades infantiles sanas y su relación con el Dorso Curvo. *Anales de la Facultad de Medicina. Montevideo*, 49(1), 328-337.

- ✓ Bajin, B. (1987) Talent identification program for Canadian female gymnastics. En: Petiot, B., Salmela, J.H., Hoshizaki, T.B. (ed) World Identification Systems for Gymnastics Talent. Montreal, Canadá: Sport Psyche Editions.
- ✓ Balias, R., Balias, R., & Balias, X. (1987). Columna vertebral y deporte. *Apunts*, 24, 223-9.
- ✓ Barreto, C. M. (2006). Arquitectura corporal: pasiones deportivas e identificaciones estéticas. *Revista de Dialectología y Tradiciones Populares*, 61(2), 59-77.
- ✓ Battista, R. A., Pivarnik, J. M., Dummer, G. M., Sauer, N., & Malina, R. M. (2007). Comparisons of physical characteristics and performances among female collegiate rowers. *Journal of Sports Sciences*, 25(6), 651-657.
- ✓ Bejjani F. J. (1987). Occupational biomechanics of athletes and dancers: a comparative approach. *Clinical Pediatric Medicine Surgery*, 4(3), 671-711.
- ✓ Bejjani, F. J., Halpern, H., & Pavlidis, L. (1990). Spinal motion and strength measurements of flamenco dancers. *Medical Problems of Performing Artists*, 5(3), 121-126.
- ✓ Bernhardt, M., & Bridweell, K. H. (1989). Segmental analysis of the sagittal plane alignment of the normal thoracic and lumbar spines and thoracolumbar junction. *Spine*, 14, 717-721.
- ✓ Biering-Sorensen, F. (1984). Physical Measurements as Risk Indicator for Low-back trouble over a one year period. *Spine*, 9(2), 106-119.
- ✓ Blanco, E. (1997). Historia de la Gimnasia en Langreo. Langreo (Asturias). Langreo: Patronato Deportivo del Ayuntamiento de Langreo.
- ✓ Boldori, L., Da Soldá, M., & Marelli, A. (1999). Anomalies of the trunk. An analysis of their prevalence in young athletes. *Minerva Pediatrica*, 51, 259-264.
- ✓ Borenstein, D. G., & Wiesel, S. W. (1989). Dolor lumbar: Diagnóstico y tratamiento. Barcelona: Ancora.
- ✓ Boseker, H., Moe, H., Winter, R. B., & Koop, E. (2000). Determination of "Normal" thoracic kyphosis: a reontgenographic study of 121 "Normal" children. *Spine*, 20 (6), 796-798.

- ✓ Bradford, D. S. (1977). Juvenile Kyphosis. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 128, 45-55.
- ✓ Brereton, L. C., & McGill, S. M. (1999). Effects of physical fatigue and cognitive challenges on the potential for low back injury. *Human Movement Science*, 18, 839-857.
- ✓ Bressel, E., & Larson, B. J. (2003). Bicycle seat designs and their effect on pelvic angle, trunk angle, and comfort. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35(2), 327-332.
- ✓ Briggs, A. M., Van Dieën, J. H., Wrigley, T. V., Greig, A. M., Phillips, B., Lo, S. K., & Bennell, K. L. (2007). Thoracic kyphosis affects spinal loads and trunk muscle force. *Physical Therapy*, 87(5), 595-607.
- ✓ Bronner, S., & Ojofeitimi, S. (2011). Pelvis and hip three-dimensional kinematics in grand battement movements. *Journal of Dance Medicine & Science*, 15(1), 23-30.
- ✓ Bueno, M., Sarria, A., Bueno-Lozano, M., & Bueno-Lozano, G. (1993). *Crecimiento y Desarrollo Humanos y sus trastornos*. Madrid: Ediciones Ergón.
- ✓ Burnett, A. F., Cornelius, M. W., Dankaerts, W., & O'Sullivan, P. B. (2004). Spinal kinematics and trunk muscle activity in cyclists: a comparison between healthy controls and non-specific chronic low back pain subjects—a pilot investigation. *Manual Therapy*, 9(4), 211-219.
- ✓ Burns, J., Keenan, A., & Redmonf, A. (2003). Factors associated with triathlon-related overuse injuries. *Journal of Orthopaedics and Sports Physical Therapy*, 33(4), 177-184.
- ✓ Cailliet, R. (1988). *Low back pain syndrome*. Philadelphia: Davis, FA.
- ✓ Calais-Germain, B. (2010). *Anatomía para el Movimiento. Introducción para el análisis de las técnicas corporales, tomo I*. Barcelona: Los libros de la liebre de Marzo.
- ✓ Caldwell, B., & Peters, D. (2009). Seasonal variation in physiological fitness of a semiprofessional soccer team. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(5), 1370-1377.
- ✓ Callaghan, J. P., & McGill, S. M. (2001). Low back joint loading and kinematics during standing and unsupported sitting. *Ergonomics*, 44(3), 280-294.

- ✓ Canda, A. S., Heras, E., & Gómez, A. (2004). Valoración de la flexibilidad de tronco mediante el test del cajón en diferentes modalidades deportivas. *Selección*, 13(4), 148-154.
- ✓ Casais, L. (2008). Revisión de las estrategias para la prevención de lesiones en el deporte desde la actividad física. *Apunts de Medicina de L'Esport*, 157, 30-39.
- ✓ Casimiro, A. J. (1999). *Comparación, evolución y relación de hábitos saludables y nivel de condición física-salud en escolares, al finalizar los estudios de Educación Primaria (12 años) y de Educación Secundaria Obligatoria (16 años)*. [Tesis Doctoral]. Universidad de Granada.
- ✓ Cejudo, A., Sainz de Baranda, P., Ayala, F., & Santonja, F. (2013). Rango de movimiento de la extremidad inferior en atletas de Duetlón. *SporTK*, 2 (2), 31-40.
- ✓ Cejudo, A., Sainz de Baranda, P., Ayala, F., & Santonja, F. (2014a). Perfil de flexibilidad de la extremidad inferior en jugadores de fútbol sala. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 14 (55), 509-525.
- ✓ Cejudo, A., Sainz de Baranda, P., Ayala, F., & Santonja, F. (2014b). Perfil de flexibilidad de la extremidad inferior en jugadores senior de balonmano. *Cuadernos de Psicología del Deporte*, 14(2), 111-120.
- ✓ Cil, A., Yazici, M., Uzumcugil, A., Kandemir, U., Alanay, A., Alanay, Y., Acaroglu, E., & Surat, A. (2004). The evolution of sagittal segmental alignment of the spine during childhood. *Spine*, 30, 93-100.
- ✓ Cohen, J. L., Segal, K. R., & McArdle, W. D. (1982). Heart rate response to ballet stage performance. *The Physician and Sports Medicine*, 10, 120-133.
- ✓ Cornbleet, S. L., & Woolsey, N. (1996). Assesment of hamstring muscle lenght in school-aged children using the sit-and-reach test and the inclinometer measure of hip joint angle. *Physical Therapy*, 76(8), 850-855.
- ✓ Cosentino, R. (1985). *Raquis: semiología con consideraciones clínicas y terapéuticas*. Buenos Aires: El Ateneo.
- ✓ Croisier, J. L., Forthomme, B., Namurois, M. H., Vanderthommen, M., & Crielaard, J. M. (2002) Hamstring muscle strain recurrence and strength performance disorders. *American Journal of Sports Medicine*, 30(2), 199-203.

- ✓ Cuadrado, R., López, T., & Reñones, B. (1993). Higiene postural en la etapa escolar. *Fisioterapia*, 15(3), 97-126.
- ✓ Cupisti, A., D'Alessandro, C., Evangelisti, I., Piazza, M., Galetta, F., & Morelli, E. (2004). Low back pain in competitive rhythmic gymnasts. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 44(1), 49-53.
- ✓ Cupisti, A., D'Alessandro, C., Evangelisti, I., Umbri, C., Rossi, M., Galetta, F., Panicucci, E., Lopes-Pegna, S., & Piazza, M. (2007). Injury survey in competitive sub-elite rhythmic gymnasts: results from a prospective controlled study. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 47(2), 203-207.
- ✓ Chandler, T. J., Kibler, W. B., Uhl, T. L., Wooten, B., Kiser, A., & Stone, E. (1990). Flexibility comparisons of the junior elite tennis players to other athlete. *American Journal of Sports Medicine*, 18(2), 134-136.
- ✓ Chang, D., Buschbacher, L., & Edlich, R. (1988). Limited joint mobility in power lifters. *The American Journal of Sports Medicine*, 16(3), 280-284.
- ✓ Chopin, D., & David, T. (1989). Cyphoses pathologiques, *Enciclopedia Médico Quirúrgica. Aparato Locomotor*, 15872, A10, 10.
- ✓ Christie, H. J., Kumar, S., & Warren, S. A. (1995). Postural aberrations in low back pain. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 76, 218-224
- ✓ Dannenberg, A., Needle, S., Mullady, D., & Kolodner, K. (1996). Predictors of injury among 1638 riders in a recreational long-distance bicycle tour: cycle across Maryland. *The American Journal of Sports Medicine*, 24(6), 747-753.
- ✓ Deighton, C. (2005). The updated BSR guidelines for anti-TNF in adults with RA: What has changed and why? *Musculoskeletal Care*, 3(3), 122-130.
- ✓ Descamps, H., Commare-Nordmann, M.C., Marty, C., Hecquet, J., & Duval-Beaupère, G. (1999). Modification of pelvic angle during the human growth [in French]. *Biométrie Humaine et Anthropologie*, 17, 59-63.
- ✓ Devís, J. (2000). *Actividad física, deporte y salud*. Barcelona: INDE.

- ✓ Di Tullio, M., Wilczek, L., Paulus, D., Kiriakatis, A., Pollack, M., & Eisenhardt, J. (1989). Comparison of hip rotation in female classical ballet dancers versus female no dancers. *Medical Problems of Performing Artists*, 4(4), 154-158.
- ✓ Doers, T. M., & Kang, J. D. (1999). The biomechanics and biochemistry of disc degeneration. *Current Opinion in Orthopedics*, 10(2), 117-121.
- ✓ Dolan, P., & Adams, P. (2001). Recent advances in lumbar spinal mechanics and their significance for modelling. *Clinical Biomechanics*, 1, S8-S16.
- ✓ Domisse, G. F. (1990). The vulnerable, rapidly growing thoracic spine of the adolescent. *South African Medical Journal*, 78(4), 211-213.
- ✓ Douda, H.T., Toubekis, A.G., Avloniti, A.A., & Tokmakidis, S.P. (2008) Physiological and Anthropometric Determinants of Rhythmic Gymnastics Performance. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 3, 41-54.
- ✓ Ekstrand, J., & Guillquist, J. (1982). The frequency of muscle tightness and injuries in soccer players. *American Journal of Sport Medicine*, 10(2), 75-78.
- ✓ Ekstrand, J., Wiktorsson, M., Öberg, B., & Gillquist, J. (1982). Lower Extremity Goniometric Measurements: A Study to Determine Their Reliability. *Archives Physical Medicine and Rehabilitation*, 63, 171-175.
- ✓ Endler, M., Haber, P., & Hofner, W. (1980). Spinal deformities and their mechanopathology in oarsmen. *Zeitschrift für Orthopädie und ihre Grenzgebiete*, 118(1), 91-100.
- ✓ Enemark-Miller, E., Seegmiller, J., & Rana, S. (2009). Physiological profile of women's lacrosse players. *Journal Strength and Conditioning Research*, 23(1), 39-43.
- ✓ Ensink, F. M., Saur, P. M., Frese, K., Seeger, D., & Hildebrandt, J. (1996). Lumbar range of motion: influence of time of day and individual factors on measurements. *Spine*, 21(11), 1339-1343.
- ✓ Esola, M. A., McClure, P. W., Fitzgerald, G. K., & Siegler, S. (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.
- ✓ Esparza, F. (1993). *Manual de Cineantropometría*. Pamplona: GREC-FEMEDE.

- ✓ Falter, E. W., Aigner, R., Hellerer, O., & Frey, K. W. (1981). Spinal lesions following modified exercises in adolescent high performance gymnasts. *Fortschritte der Medizin*, 99(5), 145-148.
- ✓ Faria, E., Parker, D., & Faria, I. (2005a). The science of cycling. Physiology and training. Part 1. *Sports Science*, 35(4), 285-312.
- ✓ Faria, E., Parker, D., & Faria, I. (2005b). The science of cycling. Factors affecting performance. Part 2. *Sports Science*, 35(4), 313-337.
- ✓ Fasting, K., Pfister, G., & Vázquez, B. (2000). *Experiencia y significado del ejercicio físico en la vida de las mujeres de algunos países europeos*. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales: Instituto de la Mujer. Madrid.
- ✓ Fédération Internationale de Gymnastique. (2009). *Código de Puntuación de Gimnasia en Trampolín*. Lausane: FIG.
- ✓ Fernández, E. (2001). Algunos interrogantes sobre la práctica de actividad físico-deportiva en las mujeres adolescentes y su abandono. En *Actas del Congreso Mujer y Deporte*. Bilbao.
- ✓ Fernández-Campos, M. J. (2011). *Efecto de un programa de educación postural en Educación Física en Primaria: Tres años de seguimiento*. [Tesis Doctoral]. Universidad de Murcia.
- ✓ Ferrer, V. (1998). *Repercusiones de la cortedad isquiosural sobre la pelvis y el raquis lumbar*. [Tesis Doctoral]. Universidad de Murcia.
- ✓ Ferrer, V., Santonja, F., & Carrión, M. (1996). Síndrome de isquiosurales cortos y actividad física. En: V. Ferrer, L. Martínez y F. Santonja (Coords.). *Escolar: Medicina y Deporte* (pp. 283-296). Albacete: Diputación Provincial de Albacete.
- ✓ Förster, R., Penka, G., Bösl, T., & Schöffl, V. R. (2009). Climber's back-form and mobility of the thoracolumbar spine leading to postural adaptations in male high ability rock climbers. *International Journal of Sports Medicine*, 30(01), 53-59.
- ✓ Gajdosik, R., Albert, C., & Mitman, J. (1994). Influence of hamstring length on the standing position and flexion range of motion of the pelvic angle, lumbar angle and thoracic angle. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 20(4), 213-219.

- ✓ Gamboian, N., Chatfield, S. J., & Woollacott, M. H. (2000). Further effects of somatic training on Pelvis Tilt and Lumbar Lordosis Alignment during quiet stance and Dynamic Dance Movement. *Journal Dance Medicine Science*, 4(3), 90-98.
- ✓ Gannon, L. M., & Bird, H. A. (1999). The quantification of joint laxity in dancers and gymnasts. *Journal of Sports Sciences*, 17(9), 743-50.
- ✓ Garcés, G. (1994). Espondilolisis y espondilolistesis en el deporte. *Archivos de Medicina del Deporte*, XI (42), 181-186.
- ✓ Gelabert R. 1986. Dancer's Spinal Syndromes. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 7(4), 180-191.
- ✓ Giles, L. V., Rhodes, E. C., & Taunton, J. E. (2006). The physiology of rock climbing. *Sports Medicine*, 36, 529-545.
- ✓ Goertzen, M., Ringelband, R., & Schulitz, K. P. (1989). Injuries and damage caused by excessive stress in classical ballet. *Z Orthop Ihre Grenzgeb*, 127(1), 98-107.
- ✓ Gómez-Landero Rodríguez, L.A., López Bedoya, J., & Vernetta Santana, M. (2013). Evaluación de la flexibilidad activa y pasiva en trampolinistas españoles. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 13(49), 55-72.
- ✓ Gómez-Landero, L.A., López, J., Vernetta, M., & Fernández, E. (2006a) Relaciones entre características funcionales y morfológicas en gimnastas de Trampolín. En González, M.A., Sánchez, J.A. y Areces, A. (ed), *IV Congreso Asoc. Esp. CC. de Deporte*. A Coruña.
- ✓ Gómez-Landero, L.A; López, J.; Vernetta, M.; Jiménez, J., & Gutiérrez, A. (2006b) Análisis de las características funcionales de la Selección Española de Trampolín. En *I Congreso Internacional de Ciencias del Deporte*. Vigo: Universidad de Vigo.
- ✓ Gómez-Lozano, S. (2007). *Estudio sagital del raquis en bailarinas de danza clásica y danza española*. [Tesis doctoral]. Universidad de Murcia.
- ✓ Gómez-Lozano, S., Vargas-Macías, A., Santonja, F., & Canteras, M. (2013). Estudio descriptivo del morfotipo raquídeo sagital en bailarinas de flamenco. *Revista del Centro de Investigación Flamenco Telethusa*, 6(7), 19-28.
- ✓ Gozdziensk, S., Porwollik, K., Suder, E., Porwollik, M., & Trzaska, M. (1989). Occupationally conditioned antero-posterior spinal curvatures among manual workers. *Medycyna Pracy*, 40, 177-182.

- ✓ Grabara, M., & Hadzik, A. (2009). Postural variables in girls practicing volleyball. *Biomedical Human Kinetics*, 1, 67-71.
- ✓ Green, E. M., & Nelham, R. L. (1991). Development of sitting ability, assessment of children with a motor handicap and prescription of appropriate seating system. *Prosthetics and Orthotics International*, 15, 203-216.
- ✓ Green, J. P., Grenier, S. G., & McGill, S. M. (2002). Low back stiffness is altered with warm-up and bench rest: implications for athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34(7), 1076-1081.
- ✓ Gunning, J. L., Callaghan, J. P., & McGill, S. M. (2001). Spinal posture and prior loading history modulate compressive strength and type of failure in the spine: a biomechanical study using a porcine cervical spine model. *Clinical Biomechanics*, 16(6), 471-480.
- ✓ Haff, G. (2006). Roundtable Discussion: Flexibility training. *Strength and Conditioning Journal*, 28(2), 64-85.
- ✓ Hafner, R. H., & Surrey, C. (1952). Localised osteochondritis (Scheuermann's disease). *Journal Bone Joint Surgery*, 34B, 38-40.
- ✓ Hahn, T., Foldspang, A., Vestergaard, E., & Ingemann-Hansen, T. (1999). Active knee joint flexibility and sports activity. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 9(2), 74-80.
- ✓ Hald, R. D. (1992). Dance Injuries. *Primary Care*, 19(2), 393-411.
- ✓ Hamilton, W. G., Hamilton, L. H., Marshall, P., & Molnar, M. (1992). A profile of the musculoskeletal characteristics of elite professional ballet dancers. *The American Journal Sports Medicine*, 20(3), 267-273.
- ✓ Hamill, J., & Knutzen, K. M. (1995). *Biomechanical basic of human movement*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
- ✓ Handley, J. (1986). Posture education: an essential component of the health based physical education programme. *British Journal of Physical Education*, 17, 1, 37-38.
- ✓ Harbourne, R. T., Giulina, C., & Neela J. (1993). A kinematic and electromyographic analysis of the development of sitting posture in infants. *Developmental Psychobiology*, 26(1), 51-64.

- ✓ Harringe, M. L., Nordgren, J. S., Arvidsson, I., & Werner, S. (2007). Low back pain in young female gymnasts and the effect of specific segmental muscle control exercises of the lumbar spine: a prospective controlled intervention study. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 15, 1264-1271.
- ✓ Hazebroek-Kamschreur, H.A, Van Dijk, A.P., & Van Linge, B. (1992). Prevalence of trunk abnormalities in eleven-year-old schoolchildren in Rotterdam, The Netherlands. *Journal of Pediatric Orthopaedics*, 12(4), 480-484.
- ✓ Hellström, M., Jacobsson, B., Swärd, L., & Peterson, L. (1990). Radiologic abnormalities of the thoraco-lumbar spine in athletes. *Acta Radiologica*, 31, 127-132.
- ✓ Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2000). *Metodología de la Investigación*. Madrid: McGraw-Hill Interamericana.
- ✓ Herrera, E., Pavía, C., & Yturriaga, R. (1994). *Actualizaciones en Endocrinología-1. La pubertad*. Madrid: Díaz de Santos.
- ✓ Howell, D. W. (1984). Musculoskeletal profile and incidence of musculoskeletal injuries in lightweight women rowers. *The American Journal of Sports Medicine*, 12(4), 278-282.
- ✓ Howley, H. T., & Franks, B. D. (1995). *Manual del técnico en salud y fitness*. Paidotribo: Barcelona.
- ✓ Howse J. (2002). *Técnica de la danza y prevención de lesiones*. Barcelona: Editorial Paidotribo.
- ✓ Hutchinson, R. (1999). Low back pain in elite rhythmic gymnasts. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 31(11), 1686-1688.
- ✓ International Federation of Aesthetic Group Gymnastics (IFAGG) (2012). Recuperado el 10 de septiembre de 2014 de <http://www.ifagg.com/wp-content/uploads/2013/10/Competition-rules-2013-2014.pdf>
- ✓ Ireland, M. L., & Micheli, L. J. (1987). Bilateral stress fracture of the lumbar pedicles in a ballet dancers. A case report. *Journal of Bone & Joint Surgery*, 69(1), 140-142.
- ✓ Irurtia, A., Busquets, A., Carrasco, M., Ferrer, B., & Marina, M. (2010). Control de la flexibilidad en jóvenes gimnastas de competición mediante el método

- trigonométrico: un año de seguimiento. *Apunts Medicine de L'Sport*, 45(168), 235-242.
- ✓ Iwakami, T. (1987). Studies on posture of the healthy Japanese child: A classification of postures and their relation to changes in different age groups. *Journal of the Japanase Orthopaedic Association*, 61, 185-196.
 - ✓ Jackson, J., Solomonow, M., Zhou, B., Baratta, R. V., & Harris, M. (2001). Multifidus EMG and tension-relaxation recovery after prolonged static lumbar flexion. *Spine*, 26(7), 715-723.
 - ✓ Jackson, R. P., & Hales, C. (2000). Congruent spinopelvic alignment on standing lateral radiographs of adult volunteers. *Spine*, 25, 2808-2815.
 - ✓ Jankarik, A., & Salmela, J.H. (1987). Longitudinal changes in physical, organic and perceptual factors in canadian male gymnasts. En Petiot B., Salmela, J.H, Hoshizaki, T.B. (ed) World Indentification Systems for Gymnastics Talent. Montreal, Canada: Sport Psyche Editions.
 - ✓ Jiménez, J. F., & Villa, J. G. (2001). Mononucleosis infecciosa en ciclista profesional. *Archivos de Medicina del Deporte*, 18(86), 631-634.
 - ✓ Joyce, M. (1987). *Técnica de danza para niños*. Barcelona: Martínez Roca.
 - ✓ Kapandji, I. A. (2002). *Cuadernos de Fisiología Articular. Tronco y raquis*. (Tomo 3º, 2ª edición). Barcelona: Masson.
 - ✓ Katz, D. A., & Scerpella, T. A. (2003). Anterior and middle column thoracolumbar spine injuries in young female gymnasts. *The American Journal of Sports Medicine*, 31(4), 611-616.
 - ✓ Kelly, J. (2005). Understanding Landings – part 2. *GymCraft Magazine*, 15. Obtenido en: http://www.trampolining-online.co.uk/trampolining/articles/gymcraft/14_landing2.php [12/04/2009].
 - ✓ Keller, T. S., Colloca, C. J., Harrison, D. E., Harrison, D. D., & Janik, T. J. (2005). Influence of spine morphology on intervertebral disc loads and stresses in asymptomatic adults: implications for the ideal spine. *Spine Journal*, 5, 297-300.

- ✓ Kendall, F. P., & Kendall, E. (1985). *Músculos: pruebas y funciones*, 2ª ed. Barcelona: Jims.
- ✓ Kibler, W. B., & Chandler, T. J. (2003). Range of movement in junior tennis player participating in an injury risk modification program. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 6, 51-62.
- ✓ Kippers, V., & Parker, A. W. (1987). Toe-tuch test. A measures of its validity. *Physical Therapy*, 67(11), 1680-1684.
- ✓ Kirby, R., & Roberts, J. A. (1985). *Introductory Biomechanics*. Ithaca, NY: Mouvement Publications.
- ✓ Kirby, R.L., Simms, F.C., Symigton, V.J., & Garner, J.B. (1981). Flexibility and musculoskeletal symptomatology in female gymnasts and age-matched controls. *American Journal of Sports Medicine*, 9(3), 160-164.
- ✓ Kirkendall, D.T. (1998). Physiologie aspect of gymnastics. *Clinics in Sports Medicine*, 4(1), 17-22.
- ✓ Kleenola, I (1996). *Naikliikuntaa. 100 Vuotta*. Helsinki: Otava.
- ✓ Klemp P., & Chalton. D. (1989). Articular mobility in ballet dancers: a follow-up study after four years. *The American Journal of Sports Medicine*, 17, 72-75.
- ✓ Klemp, P., & Learmonth, I. D. (1984). Hypermobility and Injuries in a professional Ballet Company. *British Journal of Sports Medicine*, 18(3), 143-148.
- ✓ Klemp, P., Stevens, J. E., & Isaacs, S. (1984). A hypermobility study in ballet dancers. *The Journal of Rheumatology*, 11(5), 692-696.
- ✓ Kolehmainen, I., Harms-Ringdhal, K., & Lanshammart, H. (1989). Cervical spine position and load moments during bicycling with different handlebars positions. *Clinical Biomechanics*, 4(2), 105-110.
- ✓ Kraemer, W. J., & Gómez, A. L. (2001). Establisihing a Solid Fitness Base. In B. Foran (ed). *High-Performance Sports Conditioning*, (pp.3-17). Champaign, IL: Human Kinetics.
- ✓ Krämer, J. (1989). *Síndrome Lumbar. Patología del disco intervertebral*. Barcelona: Doyma.

- ✓ Kujala, U. M., Salminen, J. J., Taimela, S., Oksanen, A., & Jaakkola, L. (1992). Subject characteristics and low back pain in young athletes and nonathletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 24, 627-632.
- ✓ Kujala, U. M., Taimela, S., & Oksanen, A. (1997). Lumbar mobility and low back pain during adolescence. *American Journal of Sports Medicine*, 25, 363-368.
- ✓ Kums, T., Ereline, J., Gapeyeva, H., Pääsuke, M., & Vain, A. (2007). Spinal curvature and trunk muscle tone in rhythmic gymnasts and untrained girls. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*, 2-3, 87-95.
- ✓ Kuo, L., Chung, W., Bates, E., & Stephen, J. (1997). The hamstring index. *Journal of Pediatric Orthopedics*, 17(1), 78-88.
- ✓ Lalande, G., Kalifa, G., & Dobousset, J. (1984). Les déformations sagitales. *Enciclopedia Médico Quirúrgica*, Paris, Radiodiagnostic II, 31671 B50: 4.
- ✓ Lambrinudi, C. (1934). Adolescent and senile kiphosis. *British Medical Bulletin*, 2, 800-804.
- ✓ Langlade, A. & Langlade, N. (1986). *Teoría general de la gimnasia*. Editorial Stadium SRL.
- ✓ Lapierre, A. (1996). *La reeducación física*. Tomo I. Madrid: Dossat 2000.
- ✓ Ledoux, P. (1992). L'extensibilité des ischio-jambiers. *Kinésithérapie Scientifique*, 313, 6-8.
- ✓ León, J.A. (2006) *Estudio del uso de tests físicos, psicológicos y fisiológicos para estimar el estado de rendimiento de la selección nacional de Gimnasia Artística Masculina*. [Tesis Doctoral]. Universidad Pablo de Olavide.
- ✓ Lesur, J. (1969). *La gimnasia médica en pediatría*. Barcelona: Toray-Masson.
- ✓ Levine, D., & Whittle, M. W. (1996). The effects of pelvic movement on lumbar lordosis in the standing position. *The Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 24, 130-135.
- ✓ Lindsay, D., & Horton, J. (2002). Comparison of spine motion in elite golfers with and without low back pain. *Journal of Sports Sciences*, 20(8), 599-605.

- ✓ Lisitskaya, T. (1995). Gimnasia Rítmica: Deporte y Entrenamiento. Barcelona: Paidotribo.
- ✓ López, N., Alburquerque, F., Quintana, E., Domínguez, R., Rubens, J., & Calvo J. I. (2005). Evaluación y Análisis del morfotipo raquídeo del futbolista juvenil y amateur. *Fisioterapia*, 27(4), 192-200.
- ✓ López Bedoya, J., & Vernetta, M. (1997). Aplicación de una prueba gimnástica básica para la detección de talentos en gimnasia artística en la fase genérica de adaptación e iniciación a la actividad físico-deportiva. *Motricidad*, 3, 67-87.
- ✓ López Bedoya, J., Vernetta, M., & Morenilla, L. (1996). Detección y selección de talentos en gimnasia. En Indicadores para la detección de talentos deportivos. (pp. 106-144). Madrid. Ministerio de Educación y Ciencia. Consejo Superior de Deportes. ICD nº3
- ✓ López-Miñarro, P. A. (2003). *Análisis de ejercicios de acondicionamiento muscular en salas de musculación. Incidencia sobre el raquis en el plano sagital*. [Tesis Doctoral]. Universidad de Murcia.
- ✓ López-Miñarro, P. A., Alacid, F., & Casimiro, A. J. (2012). Disposición sagital del raquis torácico en el ciclista de élite. *Revista Española de la Educación Física y Deportes*, 23, 53-62.
- ✓ López-Miñarro, P. A., Alacid, F., Ferragut, C., & García, A. (2008). Valoración y comparación de la disposición sagital del raquis entre canoistas y kayakistas de categoría infantil. *Cultura, Ciencia y Deporte*, 9, 171-176.
- ✓ López-Miñarro, P. A., Alacid, F., & Muyor, J. M. (2009). Comparación del morfotipo raquídeo y extensibilidad isquiosural entre piragüistas y corredores. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 9(36), 379-392.
- ✓ López-Miñarro, P. A., Sánchez, J., Yuste, J. L., & Sainz de Baranda, P. (2007). Valoración de la extensibilidad isquiosural y morfotipo raquídeo en jugadores de fútbol sala. En *III Congreso de Ciencias del Deporte*. Pontevedra, España.
- ✓ Lowe, T. G. (1990). Scheuermann's disease. *American Journal of Bone and Joint Surgery*, 72(6), 940-945.

- ✓ Lowe, T. G., & Line, B. G. (2007). Evidence Based Medicine. Analysis of Scheuermann Kyphosis. *Spine*, 32(19S), S115-S119.
- ✓ Luttgens, K., & Wells, K. F. (1982). Kinesiología. Bases científicas del movimiento humano (7ª ed.). Madrid: Saunders Collage publishing. Library of Congress.
- ✓ Llanos, L. F., & Martín C. (1998). Anatomía funcional y biomecánica del raquis lumbar. En E. Cáceres y R. Sanmartí (Coords). Lumbalgia y lumbociatalgia (pp. 1-21). Barcelona: MASSON.
- ✓ Mac-Thiong, J. M., Berthonnaud, E., Dimar, J. R., Betz, R. R., & Labelle, H. (2004). Sagittal alignment of the spine and pelvis during growth. *Spine*, 29(15), 1642-1647.
- ✓ Magnusson, P., & Renstrom, P. (2006). The European College of Sports Sciences Position statement: The role of stretching exercises in sports. *European Journal of Sport Science*, 6(2), 87-91.
- ✓ Maller, T., Kondraske, G., Beals, S., & Gatchel, R. (1997). Spinal range the motion. Accuracy and sources of error with inclinometric measurement. *Spine*, 22(17), 1976-1984.
- ✓ Marnay, T.H. (1989). Embriologie, croissance et étude d'ensemble du raqchis. *Enciclopedia Médico Quirúrgica. Radiodiagnostic I*. 30500A10, 6.
- ✓ Maroon, J. C., & Bailes, J. E. (1996). Athletes with Cervical Spine Injury. *Spine*, 21(19), 2294-2299.
- ✓ Martín, D., Klaus, C., & Klaus, L. (2001). *Manual de metodología del entrenamiento deportivo*. Pidotribo: Barcelona.
- ✓ Martínez-Gallego, F. M. (2004). *Disposición del plano sagital y extensibilidad isquiosural en gimnasia rítmica deportiva*. [Tesis Doctoral]. Murcia. Universidad de Murcia.
- ✓ Martínez-Gallego, F., & Rodríguez-García, P. L. (2005). *Metodología para una Gimnasia Rítmica saludable*. Madrid: Consejo Superior de Deportes.
- ✓ Mata, H. (1999). *Adecuación del Código de Puntuación de Gimnasia Rítmica a la Iniciación*. Tesis Doctoral. Universidad de Barcelona.
- ✓ McEvoy, M. P., Wilkie, K., & Williams, M. T. (2007). Anterior pelvic tilt in elite cyclists—A comparative matched pairs study. *Physical Therapy in Sport*, 8(1), 22-29.

- ✓ McGill, S. M. (1995). The mechanics of torso flexion: situps and standing dynamic flexion manoeuvres. *Clinical Biomechanics*, 10(4), 184-192.
- ✓ McGill, S. M. (2002). Low Back Disorders: Evidence based prevention and rehabilitation. Champaign, IL: Human Kinetics.
- ✓ McGill, S. M., & Brown, S. (1992). Creep response of the lumbar spine to prolonged full flexion. *Clinical Biomechanics*, 7, 43-46.
- ✓ McGill, S. M., Hughson, R. L., & Parks, K. (2000). Lumbar erector spinae oxygenation during prolonged contractions: implications for prolonged work. *Ergonomics*, 43(4), 486-493.
- ✓ McNitt-Gray, J.L. (1999). Neuromuscular control and performance of landings in gymnastics; in Leglise M (ed): Symposium Medico –Technique. Lyss. International Gymnastics Federation. 55-66.
- ✓ Melrose, D., Spaniol, F., Bohling, M., & Bonnette, R. (2007). Physiological and performance characteristics of adolescent club volleyball players. *Journal Strength and Conditioning Research*, 21(2), 481-486.
- ✓ Mellin, G. (1986). Measurement of thoracolumbar posture and mobility with a Myrin inclinometer. *Spine*, 11, 759-762.
- ✓ Mellin, G. (1987). Correlation of spinal mobility with degree the degree of chronic low back pain after correction for age and anthropometric factors. *Spine*, 12, 464-468.
- ✓ Mellin, G. (1988). Correlation of hip mobility with degree of back pain and lumbar spine mobility in chronic low-back pain patients. *Spine*, 13(6), 668-670.
- ✓ Mellin, G., & Poussa, M. (1992). Spinal mobility and posture in 8- to 16-years old children. *Journal Orthopedic Research*, 10(2), 211-216.
- ✓ Mendizábal, S. (2000). *Patología en gimnastas de rítmica de alto rendimiento retiradas*. Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.
- ✓ Menezes, L.S., & Filho, J.F. (2006) Identification and comparison of dermatoglyphics, somatotype and basic physical aptitude characteristics of rhythmic gymnasts of different qualification levels. *Fitness & Performance Journal*, 5(6), 47-64.

- ✓ Micheli, L.J. (1986). Overuse injuries in children's sports: the growth factor. *Orthopedic Clinics of North America*, 14(2), 337-360.
- ✓ Micheli, L. J. (1979). Low-Back pain in the adolescent: Differential diagnosis in low back pain in the athletes. *American Journal of Sport Medicine*, 7, 361-369.
- ✓ Micheli, L. J. (1983). Back Injuries in Dancers. *Clinics in Sports Medicine*, 2(3), 473-484.
- ✓ Micheli, L. J., Micheli, L. J., Solomon, R., Solomon, J., & Gerbino, P. J. (1999). Low back pain in dancers. *Medscape Orthopaed Sports Medicine*, 3, 5.
- ✓ Micheli, L. J., & Solomon, R. (1987). Training the Young dancers. En: Ryan AJ, Stephens RE, edit. *Dance Medicine. A Comprehensive Guide*. Chicago: Pluribus Press. Inc-. P 51-72.
- ✓ Micheli, L. J., & Trepman, E. (1990). Spinal deformities. En: F. J. Torg, R. P. Welsh, y R. J. Shephard (eds.), *Current therapy in sports medicine*, segunda edición, (pp. 335-340). Philadelphia, PA: B.C. Decker.
- ✓ Mierau, D., Cassidy, J. D., & Yong-Hing, K. (1989). Low-Back pain and straight in children and adolescents. *Spine* 14(5), 526-528.
- ✓ Miralles, R. C., & Puig, M. (1998). Columna vertebral. En R.C. Miralles (Ed.). *Biomecánica clínica del aparato locomotor*. (pp.171-198). Barcelona: Masson.
- ✓ Mirosnhychenko, T., & Martínez-Gallego, F. (2013). *Conferencia Científica sobre Gimnasia Estética de Grupo*. Facultad de Ciencias del Deporte de la Universidad de San Petesburgo.
- ✓ Mirzaei, B., Curby, D., Rahmani-Nia, F., & Moghadasi, M. (2009). Physiological profile of elite Iranian junior Freestyle wrestlers. *Journal Strength and Conditioning Research*, 23(8), 2339-2344.
- ✓ Moe, J. H., Winter, R. B., Bradford, D. S., & Lonstein, J. E. (1982). *Deformaciones de la columna vertebral*. Barcelona: Salvat.
- ✓ Munuera, L. (1996). *Introducción a la Traumatología y Cirugía Ortopédica*. Madrid: Interamericana-McGraw-Hill.
- ✓ Murray, D. W., & Bulstrode, C. J. (1996). The development of adolescent idiopathic scoliosis. *European Spine Journal*, 5, 251-257.

- ✓ Muyor, J. M. (2010). *Evaluación del morfotipo raquídeo en el plano sagital y grado de extensibilidad isquiosural del ciclista*. [Tesis Doctoral]. Universidad de Almería.
- ✓ Muyor, J. M., Sánchez-Sánchez, E., Sanz-Rivas, D., & López-Miñarro, P. A. (2013). Sagittal spinal morphology in highly trained adolescent tennis players. *Journal of Sports Science & Medicine*, 12, 588-593.
- ✓ Muyor, J. M., López-Miñarro, P. A., & Alacid, F. (2013). Valoración del raquis torácico, lumbar e inclinación pélvica en ciclistas de categoría de élite y máster 30. *Apunts. Educación Física y Deportes*, 108, 17-25.
- ✓ Nilsson, C., Wykma, A., & Leanderson, J. (1993). Spinal mobility and joint laxity in young ballet dancers. A comparative study between first-year students at the Swedish ballet school and a control group. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 1(3-4), 206-208.
- ✓ Nóbrega, A. C., Paula, K. C., & Carvalho, A. C. (2005). Interaction between resistance training and flexibility training in healthy young adults. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(4), 842-846.
- ✓ Oberg, B., Ekstrand, J., Möller, M., & Gillquist, J. (1984). Muscle strength and flexibility in different positions of soccer players. *International Journal of Sports Medicine*, 5(4), 213-216.
- ✓ Öhlen, G., Spangfort, E., & Tingvall, C. (1989). Measurement of spinal sagittal configuration and mobility with Debrunner's Kyphometer. *Spine*, 14(6), 847-850.
- ✓ Öhlen, G., Wredmark, T., & Spangfort, E. (1989). Spinal sagittal configuration and mobility related to low-back pain in the female gymnast. *Spine*, 14(8), 847-850.
- ✓ Oreb, G., Ruzic, L., Matkovic, B., Misigoj-Durakovic, M., Vlastic, J., & Ciliga, D. (2006). Physical fitness, menstrual cycle disorders and smoking habit in Croatian national ballet and national folk dance ensembles. *Collegium Antropologicum*, 30, 279-283.
- ✓ Öztürk, A., Özkan, Y., Özdemir, R., Yaçın, N., Agöz, S., Saraç, V., & Aykut, S. (2008). Radiographic changes in the lumbar spine in former professional football players: a comparative and matched controlled study. *European Spine Journal*, 17(1), 136-141.
- ✓ Pamela, J., Salisbury, W., Richard, W., & Porter, M. (1987). Measurement of lumbar sagittal mobility a comparison of methods. *Spine*, 12(2), 190-193.

- ✓ Panjabi, M. M. (1985). *The human spine: story of its Biomechanical Functions*. Biomechanics IX-A, 219-223, Champaign: Human Kinetics.
- ✓ Paquet, N., Malouin, F., Richards, C., Dionne, J., & Comeau, F. (1991). Validity and reliability of a new electrogoniometer for the measurement of sagittal dorsolumbar movements. *Spine*, 16(5), 516-519.
- ✓ Pastor, A. (2000). *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.
- ✓ Pastor Pradillo, J. L. (1994). *Psicomotricidad escolar*. Alcalá de Henares. Universidad de Alcalá de Henares.
- ✓ Penha, P.J., Amado, S.M., Aparecida, R., Junichiro, C., & Caielli, D. (2005). Postural assessment of girls between 7 and 10 years of Age. *Clinics*, 60(1), 9-16.
- ✓ Penha, P.J., Casarotto, R.A., Sacco, I.C.N., Marques, A.P., & João, S.M.A. (2008). Qualitative postural analysis among boys and girls of seven to ten years of age. *Revista Brasileira de Fisioterapia*, 15(5), 386-391.
- ✓ Peña, W. A. (2010). *Educación Física y Salud: Programa para la mejora del raquis en el plano sagital y la extensibilidad Isquiosural en Secundaria y Bachillerato*. [Tesis Doctoral]. Universidad de Murcia.
- ✓ Piazza, M., Di Cagno, A., Cupisti, A., & Santoro, G. (2009). Prevalence of low back pain in former rhythmic gymnast. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 49(3), 297-300.
- ✓ Polga, D. J., Beaubien, B. P., Kallemeier, P. M., Schellhas, K. P., Lew, W. D., Buttermann, G. R., & Wood, K. B. (2004). Measurement of in vivo intradiscal pressure in healthy thoracic intervertebral discs. *Spine*, 29, 1320-1324.
- ✓ Potvin, J. R. (1992). The influence of fatigue on hypothesized mechanisms of injury to the low back during repetitive lifting. [Tesis Doctoral]. Universidad de Waterloo.
- ✓ Probst, M. M., Fletcher, R., & Seeling, D. S. (2007). A comparison of lower-body flexibility strength, and knee stability between karate athletes and active controls. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(2), 451-455.

- ✓ Propst-Proctor, S. L., & Bleck, A. A. (1983). Radiographic Determination of Lordosis and Kyphosis Normal and Scoliotic Children. *Journal of Pediatric Orthopedics*, 3, 344-346.
- ✓ Rachbauer, F., Sterzinger, W., & Eibl, G. (2001). Radiographic abnormalities in the thoracolumbar spine of young elite skiers. *The American Journal of Sports Medicine*, 29(4), 446-449.
- ✓ Rahnema, N., Less, A., & Bambacichi, E. (2005). A comparison of muscle strength and flexibility between the preferred and non-preferred leg in English soccer players. *Ergonomics*, 48(11-14), 1568-1575.
- ✓ Rajabi, R., Alizadeh, M., & Mobarakabadi, L. (2007). Comparison of thoracic kyphosis in group of elite female hockey players and a group on on-athletic female subjects. 24th Universidade Banhhok. FISU Conference 9-12, August, pp. 366-370.
- ✓ Rajabi, R., Doherty, P., Goodarzi, M., & Hemayattalab, R. (2008). Comparison of thoracic kyphosis in two groups of elite Greco-Roman and freestyle wrestlers and a group of non-athletic subjects. *British Journal of Sports Medicine*, 42, 229-232.
- ✓ Rajabi, R., Freemont, A., & Doherty, P. (2000a). The investigation of cycling position on thoracic spine. 2000 Pre-Olimpic Congress if Sports Medicine & Physical Education. 7-13 September, Australia.
- ✓ Rajabi, R., Freemont, A., & Doherty, P. (2000b). The investigation of cycling position on thoracic spine (a novel method of measuring thoracic kyphosis in the standing position. *Archives of Physiology and Biochemistry*, 108(1-2), 142-142.
- ✓ Reid, D. C., Burnham, R. S., Saboe, L. A., & Kushner, S. F. (1987). Lower extremity flexibility patterns in classical ballet dancers and their correlation to lateral hip and knee injuries. *The American Journal of Sports Medicine*, 15(4), 347-352.
- ✓ Reynolds, M. G. (1975). Measurement of spinal mobility: a comparison of three methods. *Rheumatology and Rehabilitation*, 14, 180-185.
- ✓ Rodríguez Abreu, M. (2010). La evolución histórica de la gimnasia rítmica deportiva y su legado pedagógico. *Lecturas, Educación Física y Deportes. Revista Digital*, 143. Recuperado de <http://www.efdeportes.com/>

- ✓ Rodríguez-García, P. L. (1998). *Educación Física y salud del escolar: programa para la mejora de la extensibilidad isquiosural y del raquis en el plano sagital*. [Tesis Doctoral]. Universidad de Granada.
- ✓ Rodríguez-García, P. L., López-Miñarro, P. A., Yuste, J. L., & Sainz de Baranda, P. (2008). Comparison of hamstring criterion related validity, sagittal spinal curvatures, pelvic tilt and score between sit and reach and toe touch tests in athletes. *Medicina dello Sport*, 61(1), 11-20.
- ✓ Rodríguez-García, P. L., & 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-Marroyo, J. A., García-López, J., Ávila, C., Jiménez, F., Córdova, A., & Villa-Vicente, J. G. (2002). Influencia de la altitud moderada en el esfuerzo realizado por ciclistas profesionales. *Archivos de Medicina del Deporte*, 19(90), 289-295.
- ✓ Roncarati, A., & McMullen, W. (1988). Correlates of low back pain in a general population sample: A multidisciplinary perspective. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*, 11, 158-164.
- ✓ Ross, W. D., & Marfell-Jones, R. J. (1995). Cineantropometria. En J. Duncan, H. MacDougall, A. Wenger & H. J. Green (Eds.). *Evaluación fisiológica del deportista*. Barcelona: Paidotribo.
- ✓ Rouffet, D., & Hautier, C. (2008). EMG normalization to study muscle activation in cycling. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 18(5), 866-878.
- ✓ Roussouly, P., Gollogly, S., Berthonnaud, E., & Dimmet, J. (2005). Classification of the normal variation in the sagittal alignment of the human lumbar spine and pelvis in the standing position. *Spine*, 30(3), 346-353.
- ✓ Sainz de Baranda, P. (2002). *Educación Física y Actividad Extraescolar: programa para la mejora del raquis en el plano sagital y la extensibilidad isquiosural en Primaria*. [Tesis doctoral]. Universidad de Murcia.
- ✓ Sainz de Baranda, P., Ayala, F., Cejudo, A., & Santonja, F. (2012). Descripción y análisis de la utilidad de las pruebas Sit and Reach para la estimación de la flexibilidad de la musculatura isquiosural. *Revista Española de Educación Física y Deportes*, 396, 119-133.

- ✓ Sainz de Baranda, P., Ferrer, V., Martínez, L., Santonja, F., Rodríguez-García, P. L., Andújar, P., Carrión, M., & García, M. J. (2001). *Morfotipo del futbolista profesional*. En Actas del II Congreso Internacional de Educación Física y Diversidad (pp.293-295). Murcia.
- ✓ Sainz de Baranda, P., Rodríguez-García, P. L., Santonja, F., & Andújar, P. (2006). *La columna vertebral del escolar*. Sevilla: Wanceulen editorial deportiva SL.
- ✓ Sainz de Baranda, P., Santonja, F., & Rodríguez-Iniesta, M. (2009). Valoración de la disposición sagital del raquis en gimnastas especialistas en trampolín. *Revista Internacional de Ciencias del Deporte*, 16(5), 21-33.
- ✓ Sainz de Baranda, P., Santonja, F., & Rodríguez-Iniesta, M. (2010). Tiempo de entrenamiento y plano sagital del raquis en gimnastas de trampolín. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 10(40), 521-536.
- ✓ Sainz de Baranda, P., Cejudo, A., Ayala, F., & Santonja, F. (2015). Perfil de flexibilidad de la extremidad inferior en jugadoras senior de fútbol sala. *Revista Española de Educación Física y Deportes*, 409(0), 36-48.
- ✓ Sands, W.A., & McNeal, J.R. (2000). Predicting athlete preparation and performance: A theoretical perspective. *Journal of Sports Behavior*, 23(3), 289-310.
- ✓ Sands, W.A. (2000) Enhancing flexibility in gymnastics. *Technique*, 20, 6-9.
- ✓ Salai, M., Brosh, T., Blankstein, A., Oran, A., & Chechik, A. (1999). Effect of changing the saddle angle on the incidence of low back pain in recreational bicyclist. *British Journal of Sport Medicine*, 33(6), 398-400.
- ✓ Salisbury, P. J., & Porter, R. W. (1987). Measurement of lumbar sagittal mobility. A comparison of methods. *Spine*, 12(2), 190-193.
- ✓ Salminen, J. J., Oksanen, A., Maki, P., Pentti, J., & Kujala, U. M. (1993). Leisure time physical activity in the young: correlation with low back pain, spinal mobility, and trunk muscle strength in the 15 year old school children. *International Journal Sports Medicine*, 14, 406-410.
- ✓ Salminen, J. J., Pentti, J., & Terho, P. (1992). Low back pain and disability in 14-year-old schoolchildren. *Acta Paediatrica*, 81, 1035-1039.

- ✓ Sammarco, G. J. (1984). Diagnosis and Treatment in Dancers. *Clinical Orthopedics* 187, 176-187.
- ✓ Santonja, F. (1990). *Alteraciones axiales sagitales del raquis. Estudio de la población deportista universitaria de Murcia*. [Trabajo fin de especialidad]. Escuela Profesional de Medicina de la Educación Física y el Deporte. Universidad Complutense de Madrid.
- ✓ Santonja, F. (1996a). Las desviaciones sagitales del raquis y su relación con la práctica deportiva. En V. Ferrer, L. Martínez y F. Santonja (Coords.), *Escolar: Medicina y Deporte* (pp. 251-268). Albacete: Diputación Provincial de Albacete.
- ✓ Santonja, F. (1996b). Desalineaciones del Raquis ¿Natación Terapéutica? En F. Santonja e I. Martínez (Eds.), *Deporte y Salud: Natación y Vela* (pp. 96-110). Murcia: Universidad de Murcia.
- ✓ Santonja, F., Andújar, P., & Martínez, I. (1994). Ángulo lumbo-horizontal y valoración de repercusiones del Síndrome de Isquiosurales Cortos. *Apunts de Medicina del Deporte*, 31, 103-111.
- ✓ Santonja, F., & Ferrer, V. (2000). Síndrome de los isquiosurales cortos. En J.M. Arribas, N. Rodríguez, F. Santonja et al. *Cirugía Menor y Procedimientos en Medicina de Familia*. Vol. 1. (pp. 793-803) Madrid: Jarpyo.
- ✓ Santonja, F., Ferrer, V., & Canteras, M. (1995). Alteraciones morfológicas raquídeas en la cortedad isquiosural. En *Abstracts del VIII Congreso Europeo de Medicina del Deporte* (pp.154).
- ✓ Santonja, F., Ferrer, V., & Martínez, I. (1995). Exploración clínica del síndrome de isquiosurales cortos. *Selección*, 4 (2), 81-91.
- ✓ Santonja, F., & Genovés, J. L. (1992). Radiología: Consideraciones en Ortopedia. En F. Santonja y I. Martínez (Eds.), *Valoración médico-deportiva del escolar* (pp. 279-301). Murcia: Universidad de Murcia.
- ✓ Santonja, F., & Martínez, I. (1992a). Clínica y exploración de las alteraciones axiales del raquis y pelvis. En: F. Santonja y I. Martínez. *Valoración Médico-deportiva del escolar* (pp.207-221). Secretariado de Publicaciones: Universidad de Murcia.

- ✓ Santonja, F., & Martínez, I. (1992b). Síndrome de acortamiento de la musculatura isquiosural. En F. e I. Martínez (Eds.), *Valoración médico-deportiva del escolar* (pp. 245-258). Murcia: Universidad de Murcia.
- ✓ Santonja, F., & Martínez, I. (1995). Raquis y deporte ¿cuál sí y cuándo? *Selección*, 4(1), 28-38.
- ✓ Santonja, F., & Pastor, A. (2003). Cortedad isquiosural y actitud cifótica lumbar. *Selección*, 12(3), 150-154.
- ✓ Santonja, F., & Pastor, A. (2000). Cifosis y Lordosis. En J.M. Arribas, N. Rodríguez, F. Santonja et al. *Cirugía Menor y Procedimientos en Medicina de Familia*. Vol. 1. (pp. 783-792) Madrid: Jarpyo.
- ✓ Santonja, F., Pastor, A., & Serna, L. (2000). Valoración radiográfica de las desalineaciones sagitales del raquis. *Selección*, 9(4), 216-229.
- ✓ Santonja, F., Ramos, B., Martínez, I., & Canteras, M. (1995). Estudio de la cortedad isquiosural en el municipio de Murcia. En *Abstracts del VIII Congreso Europeo de Medicina del Deporte* (pp.193).
- ✓ Sanz, I. (2002). Natación y flexibilidad. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 6, 128-142.
- ✓ Scoliosis Research Society (2006). *Clasificación*, en www.srs.org/ Extraído el 26 de Octubre de 2006.
- ✓ Scrutton, D. (1991). The causes of developmental deformity and their implication for seating. *Prosthetics and Orthotics International*, 15, 199-202.
- ✓ Schafle, M. D. (1990). The Child Dancer: Medical Considerations. *Pediatric Clinics of North America*, 37(5), 1211-1221.
- ✓ Scheüermann, H. W. (1920). Kyfosis dorsalis juvenilis. *Ugeskrift for laeger*, 82, 385-393.
- ✓ Scheüermann, H. W. (1921). Kyfosis dorsalis juvenilis. *Zeitschrift für Orthopädie Chirurgie*, 41, 305-317.
- ✓ Serna, L., Santonja, F., & Pastor, A. (1996). Exploración clínica del plano sagital del raquis. *Selección*, 5(2), 36-50.

- ✓ Sexton, P., & Chambers, J. (2006). The importance of flexibility for functional range of motion. *Athletic Therapy Today*, 3, 13-17.
- ✓ Shrout, P. E., & Fleiss, J. L. (1979). Intraclass correlations: uses in assessing rater reliability. *Psychological Bulletin*, 86(2), 420-428.
- ✓ Sierra, E. (2008). La creatividad en la gimnasia estética de grupo. En A. Martínez Vidal y P. Díaz (Coord.), *Creatividad y deporte: consideraciones teóricas e investigaciones breves* (pp. 185-204). Sevilla: Wanceulen editorial deportiva.
- ✓ Simunic, I., Broom, D., & Robertson, P. (2001). Biomechanical factors influencing nuclear disruption of the intervertebral disc. *Spine*, 26(11), 1223-1230.
- ✓ Singh, H., Rana, R.S., & Walia, S.S. (1987) Effect of strength and flexibility on performance in mens gymnastics. En Petiot B., Salmela, J.H., Hoshizaki, T.B. (ed) *World Identification Systems for Gymnastics Talent*. Montreal, Canada: Sport Psyche Editions.
- ✓ Sliwa, W., & Chlebicka, E. (1998). The changes in body posture and spinal curves under the influence of loads in volleyball players and sports acrobats. *16th Symposium of the International Society of Biomechanics in Sports*. July 21-25, Germany.
- ✓ Smith, A., O'Sullivan, P., & Straker, L. (2008). Classification of sagittal thoraco-lumbo-pelvic alignment of the adolescent spine in standing and its relationship to low back pain. *Spine*, 33(19), 2101-2107.
- ✓ Sohl, P., & Bowling, S. (1990). Injuries to dancers. Prevalence, treatment and prevention. *Sports Medicine*, 9(5), 317-322.
- ✓ Solomonow, M., Zhou, B., Barratta, R.V., Lu, Y., & Harris, M. (1999). Biomechanics on increased exposure to lumbar injury caused by cyclic loading: part 1. Loss of reflexive muscular stabilization. *Spine*, 24(23), 2426-2441.
- ✓ Solomonow, M., Zhou, B., Baratta, R. V., Zhu, M., & Lu, Y. (2002). Neuromuscular disorders associated with static lumbar flexion: a feline model. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 12, 81-90.
- ✓ Somhegyi, A., & Ratko, I. (1993). Hamstring Tightness and Scheuermann's Disease. *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*, 72(1), 44.
- ✓ Sorensen, H. K. (1964). *Scheuermann Juvenile Kipphosis*. Copenhagen: Munksgaard.

- ✓ Sparger C. (1949). *Anatomy and Ballet: a handbook for teachers and Ballet*. Chapter 5. London: A&C Black.
- ✓ Srinivasan, J., & Balasubramanian, V. (2007). Low back pain and muscle fatigue due to road cycling-An sEMG study. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 11(3), 260-266.
- ✓ Stagnara, P. (1987). *Deformaciones del raquis*. Barcelona: Masson.
- ✓ Standaert, C. J., & Herring, S. A. (2000). Spondylolysis: a critical review. *British Journal of Sports Medicine*, 34, 415-422.
- ✓ Steinberg, N., HersHKovitz, I., Peleg, S., Dar, G., Masharawi, Y., Heim, M., & Siev-Ner, I. (2006). Range of Joint Movement in Female Dancers and Nondancers Aged 8 to 16 years: Anatomical and Clinical implications. *The American Journal of Sports Medicine*, 34(5), 814-823.
- ✓ Stutchfield, B. M., & Coleman, S. (2006). The relationships between hamstring flexibility, lumbar flexion, and low back pain in rowers. *European Journal of Sport Science*, 6(4), 255-260.
- ✓ Sward, L. (1992). The thoracolumbar spine in young elite athletes. Current concepts on the effects of physical training. *Sport Medical Journal*, 13(5), 257-264.
- ✓ Tanner, J. M. (1962). *Growth at adolescence*. Springfield: Thomas.
- ✓ Thompson, C. W., & Floyd, R. T. (1996). *Manual de kinesiología estructural*. Barcelona: Paidotribo.
- ✓ Toskovic, N., Blessing, D., & Williford, H. (2004). Physiologic profile of recreational male and female novice and experienced Tae Kwon Do practitioners. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 44(2), 164-172.
- ✓ Trehearn, T., & Buresh, R. (2009). Sit and reach flexibility and running economy of men and women collegiate distance runners. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(1), 158-162.
- ✓ Twitchett, E. A., Koutedakis, Y., & Wyon, M. A. (2009). Physiological fitness and professional classical ballet performance: a brief review. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(9), 2732-2740.

- ✓ Uetake, T., Ohtsuki, F., Tanaka, H., & Shindo, M. (1998). The vertebral curvature of sportsmen. *Journal of Sports Sciences*, 16(7), 621-628.
- ✓ USA-Gymnastics. (2009). *Jump Start Testing*. Federación Estadounidense de Gimnasia.
- ✓ Van Dieën, J. H., Van der Burg, P., Raaijmakers, T. A., & Toussaint, H. M. (1998). Effects of repetitive lifting on kinematics: inadequate anticipatory control or adaptive changes?. *Journal of Motor Behavior*, 30, 20-32.
- ✓ Ventura, N. (1986). Las desviaciones de la columna vertebral. *Medicina Integral*, 8(10), 461-467.
- ✓ Voutsinas, S. A., & MacEwen, G. D. (1986). Sagittal profiles of the spine. *Clinical Orthopaedic*, 210, 235-42.
- ✓ Wang, S. S., Whitney, S. L., Burdett, R. G., & Janosky J. E. (1993). Lower extremity muscular flexibility in long distance runners. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 17(2), 102-107.
- ✓ Wenger, D. R., & Frick, S. L. (1999). Scheuermann kyphosis. *Spine*, 24(24), 2630-2644.
- ✓ Widhe, T. (2001). Spine: posture, mobility and pain. A longitudinal study from childhood to adolescence. *European Spine Journal*, 10, 118-123.
- ✓ Wilke, H. J., Neef, P., Hinz, B., Seidel, H., & Claes, L. E. (2001). Intradiscal pressure together with anthropometric data-a data set for the validation of models. *Clinical Biomechanics*, 1, S111-S126.
- ✓ Wilner, S., & Johnson, B. (1983). Thoracic kyphosis and lumbar lordosis during the growth period in children. *Acta Paediatrica Scandinavica*, 72, 873-878.
- ✓ Wilson, F. D., & Lindseth, R. E. (1982). The adolescent "swimmer's back". *American Journal of Sports Medicine*, 10(3), 174-176.
- ✓ Willner, S. (1981). Spinal pantograph: a non invasive technique for describing kyphosis and lordosis in the thoracolumbar spine. *Acta Orthopaedica Scandinavica*, 52, 525-529.
- ✓ Winter, R. B., & Hall, J. E. (1978). Kyphosis in childhood and adolescence. *Spine*, 3(4), 285-308.

- ✓ Winter, R. B., Carr, P., & Mattson, H. L. (1997). An study of functional spinal motion in woman after instrumentation and fusion for deformity or trauma. *Spine*, 22(15), 1760-1764.
- ✓ Witvrouw, E., Danneels, L., Asselman, P., D'Have, T., & Cambier, D. (2003). Muscle Flexibility as a Risk Factor for Developing Muscle Injuries in Male Professional Soccer Players. *American Journal of Sports Medicine*, 31(1), 41-46.
- ✓ Wodecki, P., Guigui, P., Hanotel, M. C, Cardinne, L., & Deburge, A. (2002). Sagittal alignment of the spine: comparison between soccer players and subjects without sports activities. *Revue de. Chirurgie. Orthopaedic et . Reparatrice de L'appareil Moteur*, 88, 328-36.
- ✓ Wojtys, E. M., Ashton-Miller, J. A., Huston, L. J., & Moga, P. J. (2000). The association between athletic training time and the sagittal curvature of the immature spine. *The American Journal of Sports Medicine*, 28(4), 490-498.
- ✓ Worrell, T. W., Smith, T. L., & Winegardner, J. (1994). Effect of hamstring stretching on hamstring muscle performance. *The Journal of Orthopaedic and Sport Physical Therapy*, 20(3), 154-159.
- ✓ Yingling, V. R., Callaghan, J. P., & McGill, S. M. (1997). Dynamic loading affects the mechanical properties and failure site of porcine spines. *Clinical Biomechanics*, 12(5), 301-305.
- ✓ Young, W., Newton, R., Doyle, T., Chapman, D., Cormack, S., Stewart, G., & Dawson, B. (2005). Physiological and anthropometric characteristics of starters and non-starters and playing positions in elite Australian Rules football: a case study. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 8(3), 333-345.
- ✓ Zaina, F., Atanasio, S., Ferraro, C., Fusco, C., Negrini, A., Romano, M., & Negrini, S. (2009). Review of rehabilitation and orthopedic conservative approach to sagittal plane diseases during growth: hyperkyphosis, junctional kyphosis, and Scheuermann disease. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*, 45(4), 595-603.
- ✓ Zakas, A. (2005). The effect of warming up on the flexibility of adolescent élite tennis players. *Journal of Human Movement Studies*, 48, 133-146.
- ✓ Zakas, A., Galazoulas, C., Zakas, N., Vamvakoudis, E., & Vergou, A. (2005). The Effect of stretching duration on flexibility during warming up in adolescent soccer players. *Physical Training*.

- ✓ Zakas, A., Grammatikopoulou, M. G., Zakas, N., Zahariadis, P., & Vamvakoudis, E. (2006). The effect of active warm-up and stretching on the flexibility of adolescent soccer players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 46(1), 57-61.
- ✓ Zakas, A., Vergou, A., Zakas, N., Grammatikopoulou, M. G., & Grammatikopoulou, G.T. (2002). Handball match effect on the flexibility of junior handball players. *Journal of Human Movement Studies*, 43, 321-330.
- ✓ Zakas, A., Vergou, M., Grammatikopoulou, N., Sentelidis, T., & Vamvakoudis, S. (2003). The effect of stretching during warming up on the flexibility of junior handball players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 43, 145-149.

ANEXOS

ANEXO 1

Murcia, 15 de marzo de 2006

A/A: Clubes Deportivos.

De: Área de investigación y divulgación.

Expone:

Es nuestra intención mejorar todo lo que concierne al estamento de Gimnasia en la modalidad de Trampolín, con este objetivo estamos impulsando el área de investigación y divulgación desde la Universidad Católica San Antonio de Murcia un estudio con rigor científico, que nos empujará a una evolución positiva en nuestro deporte, por ello os haremos conocedores de las conclusiones de dicho estudio.

Esta área tendrá lugar para sus investigaciones en el Campeonato de España de Clubes e Individual de Trampolín que se celebrará los días 7, 8 y 9 de Abril del 2006 en San Javier (Murcia). En este estudio se valorará la musculatura isquiosural y el comportamiento de la columna vertebral de cada deportista. Ambas pruebas serán realizadas por investigadores/expertos en la materia en colaboración con sus universidades, por lo que sus resultados tienen una especial importancia para nuestro interés y deporte.

Por ello solicito y ruego vuestra colaboración para que los deportistas realicen las pruebas, informando de que no son pruebas que exijan esfuerzo físico, ni análisis clínicos de ningún tipo, por lo que se hará la toma de datos a lo largo del Campeonato.

Si no desea colaborar con estas iniciativas del Área de Investigación de la UCAM, no aceptando que los deportistas sean sometidos a dichas mediciones, ruego que nos envíe un e-mail donde se niegue la colaboración en el presente estudio a ser posible antes del 31 de marzo del 2006.

Agradezco de antemano su colaboración y ayuda para la mejora de nuestro deporte.

Un afectuoso saludo,

ANEXO 2

October 15, 2007

Attention: NATIONAL FEDERATIONS and GYMNASTICS COACHES.

From: Area of research and dissemination.

Our intention is to improve gymnastics' knowledge in the modality of Trampoline. With this goal in mind, from the area of research and dissemination at the Catholic University San Antonio of Murcia (Spain), we are promoting a study with scientific rigor, which will benefit our sport. The conclusions of this research will be provided for the participants of this study.

This study will take place during the World Cup and International Junior Tournament on June 25-29, 2008, in Albacete, Spain. In this study, the sagittal plane of the spine and the hamstring muscle flexibility of each athlete will be evaluated. Both measurements will be done by researchers, who are experts on the subject, in collaboration with their universities.

The importance of this study for coaches resides in the fact that, with the results, they will become aware of the current spinal morphotype of these gymnasts. They will then be able to introduce a complementary training program both for strengthening and improving the flexibility of the trunk musculature to avoid the harmful effects produced by gymnastics training. This would improve the athletic performance of the athletes due to a decrease in back pain as well as injuries related to the spine.

Therefore, I ask for your collaboration so that your athletes may take part in the study. These are not measurements that demand physical effort nor clinical analysis of any type. Therefore, data collection will be taken throughout the practice, and it will not take more than 20 minutes per gymnast. The testing will take place in the same stadium where the championship is held, during the days leading up to the competition (June 25-26) and during the competition (June 27-28).

One of our research group members will be in contact with each team to confirm their participation and set a date to carry out the measurements. If you would like to receive additional information, do not hesitate to contact us at the following email address: maria_rodrigueziniesta@yahoo.es. I thank you in advance for the collaboration and help in the improvement of our sport.

Sincerely,

ANEXO 3

CONSENTIMIENTO INFORMADO

Yo,, con DNI:.....:

DECLARO:

Haber sido suficientemente informado/a del estudio y procedimientos de Columna Vertebral y Trampolín, con código de investigación: PMAFI-PI-06/1C/03. Asimismo, he podido hacer preguntas sobre el estudio, comprendiendo que me presto de forma voluntaria al mismo y que en cualquier momento puedo abandonarlo sin que me suponga perjuicio de ningún tipo y sin tener que dar explicaciones.

CONSIENTO:

1.-) Libremente en someterme a las siguientes pruebas y procedimientos:

- Valoración de la columna vertebral.
- Valoración de la extensibilidad isquiosural, utilizando los tests EPR, DD-P, DD-S y ángulo poplíteo.

2.-) El uso de los datos obtenidos según lo indicado en el párrafo siguiente:

En cumplimiento de la Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre, de Protección de Datos de Carácter Personal, le comunicamos que la información que ha facilitado y la obtenida como consecuencia de las exploraciones de Columna Vertebral y Trampolín a las que se va a someter pasará a formar parte del fichero automatizado INVESALUD, cuyo titular es la FUNDACIÓN UNIVERSITARIA SAN ANTONIO, con la finalidad de INVESTIGACIÓN Y DOCENCIA EN LAS ÁREAS DE CONOCIMIENTO DE SALUD Y DEPORTES. Tiene derecho a acceder a esta información y cancelarla o rectificarla, dirigiéndose al domicilio de la entidad, en Avda. de los Jerónimos de Guadalupe 30107 (Murcia). Esta entidad le garantiza la adopción de las medidas oportunas para asegurar el tratamiento confidencial de dichos datos.

En, a de de 200....

Fdo:.....

INFORMED CONSENT

IWITH IDENTITY NUMBER.....

DECLARE:

That I have been sufficiently informed of all related procedures of Spine and Trampoline study with investigation code: PMAFI-PI-06/1C/03. As such, I have been able to ask questions about the study, understanding that I present myself voluntarily to the same study and that in any moment I can abandon (leave) without having to give explanations.

CONSENT:

1.-) I freely present myself to the following physical exams:

- Evaluation of the spine.
- Evaluation of the hamstring using the test EPR, Sit and Reach, DD-S and popliteo angle.

2.-) The use of the any/all obtained Data is according to the following paragraph:

Follow the General Law 15/1999, of December 13, of the protection of personal character data, we communicate to you that all information that you offer here and obtained as a consequence of the tests of the SPINE AND TRAMPOLINE, to which you will take, will pass to form part of your automatic INVESALUD file, whose documentation is THE SAN ANTONIO UNIVERSITY FOUNDATION with the objective of INVESTIGATION AND TEACHING IN THE AREAS OF KNOWLEDGE OF HEALTH AND SPORTS, you have the right to access this information and cancel or rectify by in Avenida de los Jerónimos of Guadalupe 30107 (Murcia -Spain-). This entity guarantees to you the adoption of the appropriate measures to ensure the confidential treatment of said data.

In Albacete, a de July de 2008

ANEXO 4

QUESTIONNAIRE

FIRST AND LAST (SUR) NAMES: _____ Number (#) _____
BIRTH DATE (date/month/year): ____ / ____ / ____ SEX: Male
Female

ATHLETIC SPECIALTY/ POSITION: _____

General training questions

1. How long have you been continuously training?
2. How many years have you been part of the national team?

Specific training questions

3. How many days/week do you train?
4. How many training sessions do you do per week?
5. How long do you generally train per day?

Injuries

6. If you have ever had an injury during your career, please indicate what the injury was:

Ankle _____
Knee _____
Thigh _____
Hip _____
Spine _____

Shoulder _____
Elbow and hand _____
Other _____

7. If you have had an injury in the last year, please indicate what the injury was:

Spine and back pain

8. Do you suffer from any back problem?

No

I don't know

Yes. Please indicate what the problem is:

a. Scoliosis

b. Hyperkyphosis

c. Hyperlordosis

d. Disk hernia

e. Sciatic

f. Spondylolysis

g. Spondylolisthesis

h. Other: _____

9. Have you had any treatment for this problem?

No

Yes. Please indicate what kind of treatment: _____

10. Does your back usually hurt?

Always

Sometimes

Rarely

Never

11. Where is this pain? In what area?

Cervical pain (upper part of the back)

Dorsal pain (middle part of the back)

Lumbar pain (lower part of the back)

12. What time of day does your back tend to hurt?

When I wake up

After training

After weight training

All day

At night

Other _____

13. In what position does your back hurt?
- Seated
 - Standing
 - Lying down
 - Trunk flexion
 - Trunk extension
14. Which leg is your dominant leg?
- Right
 - Left
 - Both

Thank you for your collaboration